

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR – ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année 2019

Faculté des Sciences de la Terre  
Département de Géologie

## Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences

**Impact des rejets urbains et domestiques sur la qualité des  
eaux de l'Oued Boussellam, Sétif Nord-Est algérien  
Inventaire et mise en évidence de polluants et leurs  
conséquences sur l'environnement**

Option: Hydrogéologie

Par

**BOULGUERAGUER Zouhir**

Directeur de Thèse: CHAFFAI Hicham

Professeur (U.B.M. Annaba)

Co-directeur de Thèse : DJORFI Saâdane

Professeur (U.B.M. Annaba)

DEVANT LE JURY

Président: HANI Azzedine

Professeur (U.B.M. Annaba)

Examineurs:

LABAR Sofiane

Professeur (Univ. D'El Tarf)

BAHROUNE Sofia

Maître de Conférences A (Univ. D'El Tarf)

ZENATI Nouredine

Maître de Conférences A (Univ. Souk Ahras)

**« IMPACT DES REJETS URBAINS ET INDUSTRIELS SUR LA QUALITE DES  
EAUX DE L'OUED BOUSSELLAM », (SÉTIF, NORD-EST ALGÉRIEN)  
INVENTAIRE ET MISE EN EVIDENCE DE POLLUANTS ET LEURS  
CONSEQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT**

**Résumé**

La pollution est un phénomène mondial qui affecte le continent, l'eau et l'air. La pollution de l'eau est une menace majeure et un défi mondial qui met en risque la subsistance de la vie sur terre car l'eau joue un rôle primordial dans la vie quotidienne.

La pollution de l'eau issue de plusieurs sources, on peut les classer en trois types: la pollution domestique qui est liée à l'activité quotidienne de l'homme, comme les eaux usées, etc ..., une pollution liée aux activités agricoles qui conduit à la contamination des eaux. Le troisième type est la pollution résultante de l'activité industrielle et des déchets solides et liquides souvent rejetés dans l'environnement sans traitement et sans recyclage.

L'Algérie ne fait pas l'exception vis-à-vis ce phénomène, car beaucoup de zones ont été déjà contaminées, y compris la zone que nous avons étudiée, qui est la région de Boussellam à la Wilaya de Sétif.

La plaine de Boussellam fait la grande partie du sous bassin versant de Boussellam amont, où il se passe l'oued Boussellam, qui représente le seul oued dans le sous bassin, est considéré comme une zone d'évacuation des différents déchets solides et liquides qui sont liés à l'activité quotidienne de l'homme ; domestique, agricole et industrielle, ce qui changeait sa couleur en Noire surtout dans la période d'épuisement de ces eaux.

La plupart des déchets rejetés dans les eaux d'oued Boussellam proviennent de la ville de Sétif et de la zone industrielle ainsi que de l'activité agricole le long de l'oued qui alimente le barrage d'Ain Zada. Ce barrage représente la principale source d'eau potable pour les eaux de surfaces dans une région qui contient près d'un million d'habitants.

A cet effet, nous avons fait ce travail afin de déterminer l'évolution de la contamination due à cette pollution et son impact sur l'environnement, en particulier la plaine de Boussellam, qui englobe une grande activité agricole, en essayant de développer des approches et des mécanismes pour corriger la situation.

**Mots clés :** Oued Boussellam, Eau, Pollution Domestique, Agricole, Industrielle, Sétif.

**"IMPACT OF URBAN AND INDUSTRIAL DISCHARGES ON THE WATER  
QUALITY OF OUED BOUSSELLAM", (SETIF, NORTHEAST ALGERIA).  
INVENTORY AND IDENTIFICATION OF POLLUTANTS AND THEIR  
CONSEQUENCES ON THE ENVIRONMENT**

**Abstract**

Pollution is a global phenomenon that affects the continent, water and air. Water pollution is a major threat and a global challenge that threatens the livelihood of life on earth because water plays a vital role in everyday life.

Pollution of water from several sources, we can classify them into three types: domestic pollution which is related to the daily activity of the man, like the waste water, etc ..., a pollution related to the agricultural activities which lead to water contamination. The third type is pollution resulting from industrial activity and solid and liquid wastes often released into the environment without treatment and without recycling.

Algeria is no exception to this phenomenon, because many areas have already been contaminated, including the area we studied, which is the region of Boussellam to the Wilaya de Setif.

The plain of Boussellam makes the great part of the sub-catchment of Boussellam upstream, where the oued Boussellam, which represents the only oued in the sub-basin, is considered as a zone of evacuation of the various solid and liquid waste which are related to the daily activity of the man; domestic, agricultural and industrial, which changed that color in Black especially in the period of exhaustion of these waters.

Most of the waste discharged into oued Boussellam waters comes from the town of Sétif and the industrial zone as well as from agricultural activity along the oued that feeds the Ain zada dam. This dam is the main source of drinking water for surface water in a region of about one million inhabitants.

To this end, we have done this work in order to determine the evolution of the contamination by this pollution and its impact on the environment, in particular the Boussellam plain, which includes a great agricultural activity, by trying to develop approaches and mechanisms to correct the situation.

**Keywords :** Boussellam Wadi, Water, Domestic Pollution, Agricultural, Industrial, Sétif.

# " تأثير مياه الصرف الحضرية والصناعية على نوعية مياه وادي بوسلام "

( سطيف ، شمالي شرق الجزائر )

## جرد وتحديد الملوثات وعواقبها على البيئة

### ملخص

إن التلوث هو ظاهرة عالمية تصيب اليابسة و الماء و الهواء، تلوث المياه يمثل خطورة كبيرة و تحدي عالمي يهدد باستمرار الحياة على الأرض لما للمياه من دور فعال في الحياة اليومية.

ينتج تلوث المياه عن عدة طرق يمكن جمعها في ثلاثة أنواع: التلوث الناتج عن النفايات المنزلية و التي ترتبط بالنشاط اليومي للإنسان كالصرف الصحي و غيره كذلك هناك تلوث يمكن ربطه بالنشاط الزراعي و الفلاحي حيث تستعمل كثير من الأسمدة و الأدوية الزراعية و التي تختلط بالمياه السطحية أو الجوفية فتؤدي إلى تلوثها، النوع الثالث هو التلوث الناتج عن النشاط الصناعي و ما ينتج عنه من نفايات صلبة و سائلة و التي كثيرا ما ترمى في المحيط دون أي علاج أو إعادة التدوير.

إن الجزائر لا تمثل استثناء بالنسبة لهذه الظاهرة، حيث تعاني مناطق كثيرة منها، من بينها المنطقة التي قمنا بدراستها و هي منطقة سهل بوسلام بولاية سطيف.

يمثل سهل بوسلام الجزء الأكبر من حوض بوسلام المنبع حيث يتوسطه واد بوسلام و الذي يمثل الرافد الوحيد في الحوض هذا الواد يتعرض إلى كارثة بيئية حيث يعتبر مفرغا للنفايات بكل أنواعها منها المرتبطة بالنشاط اليومي للإنسان و الفلاحي و كذا الصناعي مما عرض مياهه للتلوث حتى أنها تتغير للون الأسود خاصة في فترة الجفاف.

أغلب النفايات التي تلوث واد مياه بوسلام مصدرها مدينة سطيف و المنطقة الصناعية كما النشاط الفلاحي على طول الوادي الذي يصب في سد عين زادة، هذا السد الذي يعتبر المصدر الرئيسي لمياه الشرب في المنطقة التي تحتضن ما يقارب المليون نسمة.

من أجل هذا قمنا بهذا العمل من أجل تحديد متى تأثر واد بوسلام بهذا التلوث و تأثيره على المحيط خاصة سهل بوسلام الذي يحتضن نشاط فلاحي كبير محاولين وضع مقاربات و آليات لاستدراك الوضع.

**كلمات مفتاحية:** واد بوسلام، ماء، تلوث ناتج عن نشاط بشري، زراعي، صناعي، سطيف.

## ***PENSÉE***

***À l'esprit de mon père***

***Mon père,***

***Vous nous avez laissé sans permission, au cours de ton combat pour nous assurer les conditions de vie malgré la maladie et la souffrance***

***Vous nous avez laissé derrière vous et laissé derrière vous un terrible vide dans lequel il n'y a aucun sens de la vie mais la foi en Dieu***

***Un jour, un de vos amis m'a dit :***

***J'ai dit à votre père :***

***Prenez un peu soin de vous et réduisez les heures de travail car votre fils commençait à travailler et que vous êtes malade***

***Il m'a répondu: Cela n'a pas d'importance tant que mon fils devient un jour Docteur, même si ma vie doit être le prix***

***Grand – vous êtes mon père***

***Dieu a ratifié la vérité***

***Que Dieu vous bénisse de sa miséricorde et nous réunisse avec vous dans son vaste Paradis***

***Votre fils, Zouhir***

## Remerciements

*A la fin de ce travail de thèse, je ne manquerais pas d'adresser mes sincères remerciements à notre Dieu le Grand Créateur qui m'a guidé dans mes pas pour arriver à ce niveau.*

*Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidé et encouragé, je leur présente mes sincères remerciements:*

*J'ai l'honneur d'exprimer ma reconnaissance à mon Directeur de thèse Monsieur le Professeur CHAFFAI Hicham, qui n'a pas hésité à me faire confiance, et d'avoir accepté de partager ses connaissances et son expérience pour mener à bien ce travail de thèse, qu'il soit remercié pour ses conseils et son soutien constant tout au long de ces années d'apprentissage et de recherche.*

*Je tiens aussi à remercier mon Co-Directeur de Thèse Monsieur le Professeur DJORFI Saâdane pour sa contribution, ses conseils et les corrections des différentes parties de ma thèse.*

*Je ne manquerais pas d'adresser mes remerciements aux Professeurs et Collègues de Tunisie, pour la formation et l'apprentissage des logiciels de cartographie et SIG qui ont été d'un grand apport pour la réalisation de ma thèse, de l'accueil et la gentillesse qu'ils ont eu à mon égard, j'exprime ma reconnaissance à : Professeur Ben Mammou Abdellah et Professeur Saidi Salwa (Département de Géologie- Université Al Manar – Tunis- Tunisie), Professeur Kamel Samir et Dr Toumi Najet (Institut Supérieur des Sciences et Techniques des Eaux, Gabès-Tunisie).*

*Je voudrais également remercier tous mes enseignants du département de Géologie de l'Université Badji Mokhtar de Annaba, ainsi que mes collègues de la promotion de Post Graduation en Hydrogéologie.*

*J'adresse également mes vifs remerciements à Monsieur le Professeur HANI Azzedine d'avoir accepté de présider ce Jury et aux membres du jury, Monsieur le Professeur LABAR Sofiane, Melle BAHROUN Sofia (Maître de Conférences) et Monsieur ZENATI Noureddine (Maître de Conférences) pour avoir accepté de lire, d'examiner et débattre mon travail.*

*Que mes amis sans exception soient remerciés pour toute aide précieuse pendant la réalisation de ce travail et surtout pendant les moments difficiles.*

*Enfin, si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tout.*

**Zouhir**

## Table des Matières

<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Partie I</b> .....	03
<b>Chapitre I. Portrait de la plaine de Boussellam</b> .....	04
Introduction .....	05
1. Le Bassin versant du Soummam .....	05
II. Description du sous bassin versant de Boussellam amont .....	05
II.1. Situation géographique .....	05
II.2. Etude socio-économique .....	07
II.2.1. Le contexte démographique .....	07
II.3. L'agriculture dans la plaine .....	09
II.4. Le tissu industriel .....	10
II.4.1. Les zones industrielles .....	10
III. Géomorphologie générale et le chevelu hydrographique de la plaine .....	13
III.1. Les ensembles morfo-structuraux du sous bassin versant de Boussellam ...	13
III.2. La morphologie et la topographie du sous bassin versant de Boussellam .....	14
III.3. Les reliefs .....	14
III.4. Les caractéristiques physiques et morfo-métriques .....	15
III.4.1. La superficie .....	15
III.4.2. La forme du sous bassin .....	16
III.4.3. Les dimensions du rectangle équivalent .....	18
III.4.4. La répartition des tranches d'altitudes et la courbe hypsométrique .....	18
III.4.5. Les indices de pente et le relief .....	20
III.5. La classification des pentes .....	21
III.5.1. Les pentes faibles .....	21
III.5.2. Les pentes moyennes .....	21
III.5.3. Les pentes fortes .....	21
III.6. Le temps de concentration .....	23
III.7. Constitution du réseau hydrographique .....	23
Conclusion .....	25
<b>Chapitre II. la géologie de la zone d'étude</b> .....	26
II. Cadre géologique local .....	31
II.1. Les formations peu ou pas tectonisées .....	31
II.1.1. Quaternaire (formation récente) .....	31
d. Glacis polygénique .....	32
II.1.2. Mio-pliocène .....	33
II.2. Formations tectonisées .....	33
II.2.2. Nappe tellienne/ Nappe ultra- tellienne .....	33
II.2.3. Ensemble allochtone Sud- sétifien .....	34
II.2.4. Parautochtone et autochtone Hodnneéns .....	35
II.2.5. Trias exotique ou extrusif .....	38
III. Les mouvements tectoniques .....	38
III.1. Failles .....	38
III.2. Les plis .....	38
III.3. Tectonique tangentielle .....	30
Conclusion .....	30

<b>Chapitre III. Les caractéristiques hydro-climatiques .....</b>	<b>41</b>
Introduction .....	42
I. Généralités sur le climat de la zone d'étude .....	42
I.1. Les températures .....	48
I.2. Relation température-précipitation .....	51
I.2.1. Diagramme ombro-thermique .....	51
I.2.2. Méthode d'Euverte (humidité du sol) .....	53
I.3. Les indices climatiques .....	55
I.3.1. Indice d'aridité de De Martonne .....	56
I.3.2. Le quotient pluviométrique annuel de Moral .....	59
II. Bilans hydrologiques .....	59
II.1. Bilan hydrologique de Thornthwaite .....	59
II.1.1. Interprétations des résultats .....	60
II.2. Calcul du ruissellement .....	64
II.3. Calcul de l'infiltration .....	65
Conclusion .....	65
<b>Chapitre IV. Les caractéristiques hydrogéologiques .....</b>	<b>67</b>
Introduction .....	68
I. Aperçu sur l'hydrogéologie de la plaine de Boussellam .....	68
I.1. Géologie .....	68
I.1.1. Djebels Guergour et Anini .....	68
I.1.2. Djebels Youssef, Braou et Tnoutit .....	68
I.1.3. Djebel Sekrine .....	69
I.2. Les formations aquifères du sous bassin versant de Boussellam .....	69
I.2.1. Extension du Trias .....	69
I.2.2. Aquifère du Crétacé inférieur .....	69
I.2.3. Aquifère du Crétacé moyen et supérieur .....	70
I.2.4. Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire .....	71
II. Hydrogéologie .....	72
II.1. La nappe phréatique de Boussellam .....	72
II.2. La Structure de la nappe phréatique dans la plaine de Boussellam .....	72
II.2.1. Niveau aquifère supérieur .....	72
II.2.2. Niveau aquifère inférieur .....	73
II.2.3. Etablissement des cartes piézométriques .....	73
II.2.4. Analyse et interprétation des cartes piézométriques .....	74
a) La Zone septentrionale .....	75
b) La zone méridionale .....	75
c) La zone centrale .....	75
II.3. Alimentation et décharge de l'aquifère .....	78
Conclusion .....	78
<b>Partie II .....</b>	<b>79</b>
<b>Chapitre V. Affectation des ressources en eau .....</b>	<b>80</b>
Introduction .....	81
I. Le potentiel hydrique dans la plaine de Boussellam .....	81
I.1. Le potentiel hydrique superficiel .....	81
I.1.1. Les oueds .....	81
I.1.2. Les barrages .....	81
I.1.3. Les retenues collinaires .....	82
I.2. Le potentiel hydrique souterrain .....	84

I.2.1. Les forages .....	84
I.2.2. Les puits .....	84
I.2.3. Les sources .....	84
II. La mobilisation des ressources en eau dans la plaine de Boussellam .....	84
II.1. La mobilisation des eaux superficielles .....	88
II.2. La mobilisation des eaux souterraines .....	89
II.3. L'affectation des ressources en eau la plaine de Boussellam .....	90
<b>Chapitre VI. Qualité des eaux et pollution .....</b>	<b>92</b>
<b>I. Qualité des eaux .....</b>	<b>93</b>
Introduction .....	93
1. Etude physico-chimique de l'aquifère superficiel .....	93
1.1. Température (T) .....	93
1.2. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	93
1.3. Conductivité électrique (CE) .....	94
1.4. Dureté totale (D.H.T) .....	97
2.1. Cations .....	97
2.1.1. Calcium ( $Ca^{2+}$ ) .....	97
2.1.2. Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) .....	98
2.1.3. Sodium et Potassium ( $Na^{+}+K^{+}$ ) .....	98
2.2. Anions .....	98
2.2.1. Chlorures ( $Cl^{-}$ ) .....	98
2.2.2. Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) .....	98
2.2.3. Bicarbonates ( $HCO_3^{-}$ ) .....	98
3. Classification des eaux .....	99
3.1. Les formules ioniques .....	99
3.2. Classification de Piper .....	99
4. Sources de la pollution dans l'oued de Boussellam .....	103
4.1. Pollution domestique .....	103
4.2. Pollution agricole .....	103
4.3. Pollution industrielle .....	103
Conclusion .....	103
<b>II. Evolution de la pollution dans les eaux de l'oued de Boussellam et son impact sur l'environnement .....</b>	<b>105</b>
Introduction .....	105
1. Evolution des éléments majeurs .....	109
1.1. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Calcium dans l'oued de Boussellam .....	109
1.1.2. Impact sur les eaux de la plaine .....	110
1.2. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Magnésium dans l'oued de Boussellam .....	113
1.2.2. Impact sur les eaux de la plaine .....	114
1.3. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Sodium dans l'oued de Boussellam .....	117
1.3.2. Impact sur les eaux de la plaine .....	118
1.4. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Chlorures dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	121
1.4.2. Impact sur les eaux de la plaine .....	122
1.5. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Sulfates dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	125
1.5.2. Impact sur les eaux de la plaine .....	126
1.6. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Bicarbonates dans les eaux .....	129

de l'oued de Boussellam .....	130
1.6.2. Impact sur les eaux de la plaine .....	130
Conclusion .....	133
2. Evolution des polluants organiques .....	134
2.1. Evolution des teneurs en Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	134
2.1.1. Evolution des Nitrites dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	134
2.1.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine .....	134
2.2. Evolution des teneurs en Nitrates $\text{NO}_3^-$ .....	139
2.2.1. Evolution des Nitrates dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	139
2.2.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine .....	139
2.3. Evolution des teneurs en Phosphates $\text{PO}_4^{3-}$ .....	144
2.3.1. Evolution des Phosphates dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	144
2.3.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine .....	144
2.4. Evolution des teneurs Ammonium $\text{NH}_4^+$ .....	149
2.4.1. Evolution de l'Ammonium dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	149
2.4.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine .....	149
Conclusion .....	154
3. La pollution industrielle de l'oued de Boussellam et son impact sur son environnement .....	155
3.1. Le Cadmium (Cd) .....	155
3.1.1. Evolution annuelle de la teneur en Cadmium dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	155
3.1.2. Evolution saisonnière des teneurs en Cadmium .....	158
3.1.3. Impact sur les eaux la plaine de Boussellam .....	158
3.2. Le Cuivre (Cu) .....	158
3.2.1. Evolution annuelle du Cuivre dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	159
3.2.2. Evolution saisonnière du teneur en Cuivre .....	159
3.2.3. Impact sur les eaux de la plaine de Boussellam .....	161
3.3. Le Plomb (Pb) .....	161
3.3.1. Evolution annuelle du Plomb dans les eaux de l'oued de Boussellam .....	162
3.3.2. Evolution saisonnière du teneur en Plomb .....	162
3.3.3. Impact sur les eaux de la plaine de Boussellam .....	164
3.4. Zinc (Zn) .....	164
3.4.1. Evolution annuelle du teneur en Zinc .....	164
3.4.2. Evolution saisonnière du teneur en Zinc .....	166
3.4.3. Impact sur les eaux la plaine de Boussellam .....	166
Conclusion .....	166
4. Barrage Ain Zada un cas évident .....	167
4.1. Les éléments majeurs .....	167
4.1.1. Les cations .....	167
4.1.2. Les anions .....	168
4.2. Les éléments organiques .....	169
4.3. Les métaux lourds .....	170
<b>Conclusion générale et recommandations</b> .....	172
<b>Bibliographie</b> .....	175
Abréviation .....	182
Annexe .....	184

## Liste des Figures

Figure N°		Page
1	Situation géographique du sous bassin versant de l'oued Boussellam amont.....	6
2	Situation géographique de la plaine de Boussellam amont.....	8
3	Limites administratives des communes dans la zone d'étude.....	12
4	Profil en long de oued Boussellam et ses principaux affluents.....	17
5	Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques dans le sous bassin de Boussellam amont.....	19
6	Topographie du sous bassin versant de Boussellam.....	22
7	Le réseau hydrographique de l'oued Boussellam.....	24
8	Carte structurale de l'Algérie du Nord (modifiée) d'après la carte géologique de l'Algérie.....	30
9	Tableau de corrélation des séries typiques de l'ensemble Sud-sétifien.....	36
10	Schéma structural simplifié de l'ensemble sétifien.....	40
11	Variations des précipitations moyennes mensuelles interannuelles (Série ancienne).....	43
12	Variations des précipitations moyennes mensuelles interannuelles (Série récente).....	43
13	Précipitations moyennes interannuelles des stations pluviométriques de la zone d'étude (Série ancienne).....	46
14	Précipitations moyennes interannuelles des stations pluviométriques de la zone d'étude (Série récente).....	47
15	Variations des températures moyennes mensuelles à la station d'Ain Zada (1989/1990 -2014/2015).....	48
16	Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Sétif (1971/1972-2014/2015).....	49
17	Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Tixter (1989/1990-2014/2015).....	50
18	Diagramme Ombro-thermique de la station d'Ain Zada.....	51
19	Diagramme Ombro-thermique de la station de Sétif.....	52
20	Diagramme Ombro-thermique de la station de Tixter.....	53
21	Indice d'Euverte de la zone d'étude.....	56
22	Indice de De Martonne.....	58
23	Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station d'Ain Zada (1989/1990 -2014/2015).....	61
24	Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Sétif (1971/1972-2014/2015).....	62
25	Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Tixter (1989/1990-2014/2015).....	63
26	Inventaire des points d'eau dans la plaine de Boussellam basses et hautes eaux (2016).....	74

27	Carte piézométrique de la nappe phréatique dans la plaine de Boussellam (Mars/Avril 2016).....	76
28	Carte piézométrique de la nappe phréatique de la plaine de Boussellam (Octobre/Novembre 2016).....	77
29	Recharge au barrage d'Ain Zada (Bordj Bou Arréridj).....	82
30	Répartition du potentiel hydrique dans la plaine de Boussellam.....	85
31	Répartition des ressources mobilisables dans la plaine de Boussellam.....	87
32	Répartition des ressources mobilisées dans la plaine de Boussellam.....	88
33	Taux de mobilisation des ressources en eaux superficielles et souterraines.....	90
34	Affectation des ressources en eau dans la plaine de Boussellam.....	90
35	Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans la plaine de Boussellam (2016)	91
36	Diagrammes de Wilcox dans la plaine de Boussellam (Avril/ Octobre 2014).....	95
37	Diagrammes de Wilcox dans la plaine de Boussellam (Avril/ Octobre 2016).....	96
38	Diagrammes de Piper dans la plaine de Boussellam (Avril/Octobre 2014).....	101
39	Diagrammes de Piper dans la plaine de Boussellam (Avril/Octobre 2016).....	102
40	Les points de prélèvement dans la plaine de Boussellam.....	108
41	Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Calcium dans l'oued de Boussellam (2014/2016).....	109
42	Evolution saisonnière des teneurs en Calcium dans la plaine de Boussellam (2014).....	111
43	Evolution saisonnière des teneurs en Calcium dans la plaine de Boussellam (2016).....	112
44	Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Magnésium dans l'oued de Boussellam (2014/2016)	113
45	Evolution saisonnière des teneurs en Magnésium dans la plaine de Boussellam (2014)	115
46	Evolution saisonnière des teneurs en Magnésium dans la plaine de Boussellam (2016).....	116
47	Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Sodium dans l'oued de Boussellam (2014/2016).....	117
48	Evolution saisonnière des teneurs en Sodium dans la plaine de Boussellam (2014).....	119
49	Evolution saisonnière des teneurs en Sodium dans la plaine de Boussellam (2016).....	120
50	Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Chlorures dans l'oued de Boussellam (2014/2016).....	121
51	Evolution saisonnière des teneurs en Chlorure dans la plaine de Boussellam (2014).....	123
52	Evolution saisonnière des teneurs en Chlorure dans la plaine de Boussellam en (2016).....	124
53	Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Sulfates dans les eaux l'oued de Boussellam (2014/2016).....	125
54	Evolution saisonnière des teneurs en Sulfates dans la plaine de Boussellam (2014).....	127

55	Evolution saisonnière des teneurs en Sulfates dans la plaine de Boussellam (2016).....	128
56	Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Bicarbonates dans l'oued de Boussellam (2014/2016).....	129
57	Evolution saisonnière des teneurs en Bicarbonates dans la plaine de Boussellam (2014).....	131
58	Evolution saisonnière des teneurs en Bicarbonates dans la plaine de Boussellam (2016).....	132
59	Evolution annuelle et saisonnière des Nitrites dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	135
60	Evolution saisonnière des teneurs en Nitrites dans les eaux de la plaine de Boussellam (2014).....	137
61	Evolution saisonnière des teneurs en Nitrites dans les eaux de la plaine de Boussellam (2016).....	138
62	Evolution annuelle et saisonnière des Nitrates dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	140
63	Evolution saisonnière des teneurs en Nitrates dans la plaine de Boussellam (2014).....	142
64	Evolution saisonnière des teneurs en Nitrates dans la plaine de Boussellam (2016).....	143
65	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Phosphates dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	145
66	Evolution saisonnière des teneurs en Phosphates dans la plaine de Boussellam (2014).....	147
67	Evolution saisonnière des teneurs en Phosphates dans la plaine de Boussellam (2016).....	148
68	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Ammonium dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	150
69	Evolution saisonnière des teneurs en Ammonium dans la plaine de Boussellam (2014).....	152
70	Evolution saisonnière des teneurs en Ammonium dans la plaine de Boussellam (2016).....	153
71	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Cadmium dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	157
72	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Cuivre dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	160
73	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Plomb dans les eaux de l'oued Boussellam (2014/2016).....	163
74	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Zinc dans les eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016).....	165
75	Evolution annuelle des teneurs en Cations dans le barrage d'Ain Zada.....	168
76	Evolution annuelle des teneurs en anions dans le barrage d'Ain Zada.....	169
77	Evolution annuelle des teneurs en éléments organiques au barrage d'Ain Zada...	170
78	Evolution annuelle des teneurs en métaux lourds dans le barrage d'Ain Zada....	171

## Liste des Tableaux

Tab. N°		Page
1	La population des communes dans la plaine de Boussellam.....	9
2	Répartition de la S.A.U dans la plaine Boussellam amont.....	10
3	Localisation des unités industrielles de la wilaya de Sétif.....	11
4	Superficie des unités industrielles à travers la plaine de Boussellam amont.....	13
5	Altitudes des reliefs dans le sous bassin versant de Boussellam.....	15
6	Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le sous bassin versant de Boussellam amont.....	18
7	Paramètres morphométriques de l'oued Boussellam amont.....	23
8	Caractéristiques des stations pluviométriques.....	43
9	Précipitations moyennes mensuelles interannuelles en mm (série ancienne).....	43
10	Précipitations moyennes mensuelles interannuelles en mm (série récente).....	44
11	Températures moyennes mensuelles interannuelles de la station d'Ain Zada.....	48
12	Températures moyennes mensuelles interannuelles de la station de Sétif.....	49
13	Températures moyennes mensuelles interannuelles de la station de Tixter.....	50
14	Relation Température-précipitation selon la station d'Ain Zada.....	51
15	Relation Température-précipitation selon la station de Sétif.....	52
16	Relation Température-précipitation selon la station de Tixter.....	52
17	Evaluation de l'humidité du sol selon la station d'Ain Zada.....	54
18	Evaluation de l'humidité du sol selon la station de Sétif.....	54
19	Evaluation de l'humidité du sol selon la station de Tixter.....	55
20	Indice d'aridité de De Martonne.....	57
21	Indices d'aridité de Moral.....	59
22	Bilan hydrologique selon Thornthwaite, Station d'Ain Zada (1989/1990 - 2014/2015).....	61
23	Bilan hydrologique selon Thornthwaite, Station de Sétif (1971/1972- 2014/2015).....	62
24	Bilan hydrologique selon Thornthwaite, Station de Tixter (1989/1990- 2014/2015).....	63
25	Le ruissellement selon la méthode de Tixeront et Berkaloff.....	64
26	Les différents paramètres du bilan hydrologique.....	65
27	Recharge du barrage d'Ain Zada (Bordj Bou Arréridj).....	77
28	Les retenues collinaires dans la plaine de Boussellam.....	83
29	Production Annuelle des forages dans la plaine de Boussellam.....	84
30	Potentiel hydrique global dans la plaine de Boussellam.....	85
31	Répartition des ressources en eau dans la plaine de Boussellam.....	86
32	Répartition des ressources en eau dans la plaine de Boussellam.....	87
33	Taux des ressources en eau par rapport au reconnu total.....	89
34	Taux des eaux mobilisées par rapport aux ressources mobilisables.....	89
35	Les stations de prélèvements domestiques dans l'oued de Boussellam.....	106
36	Les stations de prélèvements industriels dans l'oued de Boussellam.....	107
37	Les points de prélèvement dans la plaine de Boussellam.....	107

38	Moyennes annuelles et saisonnières des teneurs en Nitrites dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016).....	135
39	Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Nitrites sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016).....	136
40	Moyennes annuelle et saisonnière des teneurs en Nitrates dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016).....	140
41	Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Nitrates sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016).....	141
42	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Phosphates dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016).....	145
43	Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Phosphates sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016).....	146
44	Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Ammonium dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016).....	150
45	Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Ammonium sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016).....	151

## **Introduction générale**

La plaine de Boussellam représente une des plus riches plaines en Algérie car elle est connue par son importante activité agricole notamment les céréales et contribue de ce fait à l'économie nationale par un apport considérable.

Actuellement, cette plaine est vulnérable à pollution de ces eaux, ceci peut mettre en danger sa riche production et la perte des caractéristiques pédologiques, hydrologiques et hydrogéologiques (qualité des eaux superficielles et souterraines). Pour cette raison, la collecte de données sur une période de deux années (2014/2016) peut nous informer sur l'évolution annuelle et saisonnière de certains paramètres chimiques et physico-chimiques des eaux de l'oued de Boussellam et leur impact sur la plaine.

Ce travail est structuré en deux parties :

La première partie concernant la situation géographique, la géologie de la zone et les caractéristiques climatiques et hydrogéologiques, car la connaissance de ces éléments aide à comprendre les phénomènes de la pollution dans la zone comme ils permettent de proposer des solutions suivant les résultats que peuvent procurer les différentes données.

Cette partie comporte donc quatre chapitres:

Le premier chapitre s'intéresse à Boussellam dans son contexte général (localisation géographique, l'habitat, le secteur agricole et industriel et leurs paramètres morphométriques).

Le deuxième chapitre concerne la géologie de la région de Boussellam et les différents domaines géologiques qui caractérisent cette zone.

Le troisième chapitre donne un aperçu sur la climatologie de la région et les caractéristiques climatiques de la zone comme les précipitations, la température, l'humidité et leur évolution sur le bilan hydrologique.

Dans la partie hydrogéologique qui représente le quatrième chapitre, les différents aquifères qui constituent la plaine de Boussellam ont été explorés.

La deuxième partie est composée de deux chapitres représentant la problématique de notre travail de thèse avec un cinquième chapitre qui donne une évaluation générale de toutes les ressources en eau dans la zone considérée (superficielles et souterraines) du point de vue de leur répartition dans la plaine de Boussellam et leur affectation vers tous secteurs.

Dans le dernier et sixième chapitre, le suivi de l'évolution de la pollution annuelle et saisonnière avec des paramètres représentatifs de tous les types de pollution (urbaine,

agricole, et industrielle) et la représentation des résultats sur des cartes qui situent leurs répartitions dans les différentes périodes, dont :

En premier lieu on a étudié l'évolution des éléments majeurs les cations (le Calcium, le Magnésium, le Sodium et le Potassium) et les anions (les Chlorures, les Sulfures, et les Bicarbonates) car l'augmentation des teneurs de ces éléments aura un impact sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau, ainsi l'évolution de la minéralisation peut rendre les eaux très dure à utiliser pour les nombreux usagers des différents secteurs.

Un suivi de l'évolution annuelle et saisonnière des éléments organiques (Nitrites, Nitrates, phosphates et Ammonium) a été fait dans les eaux de l'oued de Boussellam qui impacte sur la qualité des eaux de la plaine ainsi que l'échange entre la qualité des eaux des deux systèmes cités précédemment.

Nous avons également suivi l'évolution temporelle et spatiale entre 2014 et 2016 des métaux lourds (Cadmium, Cuivre, Plomb et le Zinc) issus des rejets de la zone industrielle et la ville de Sétif dans l'oued de Boussellam et son influence sur la qualité des eaux de la plaine.

Cette approche permet une meilleure observation de l'état de la pollution dans l'espace et le temps afin de pouvoir donner des approches pour minimiser les risques de cette pollution et envisager les moyens possibles pour y remédier.

## **Partie I**

---

Portrait de la plaine de Boussellam

La géologie de la zone d'étude

Les caractéristiques hydroclimatiques et hydrogéologiques

## **Chapitre I**

---

### Portrait de la plaine de Boussellam

## **Introduction**

La plaine de Boussellam qui fait l'objet de notre étude couvre la quasi-totalité du sous bassin versant amont de l'oued Bousselam. Elle est limitée à l'Est et à l'Ouest par les bordures naturelles du sous bassin et au Nord par les limites administratives septentrionales des communes de Sétif et d'Ain Arnat et au Sud par les limites méridionales des communes de Tixter de Ain Taghrout et de Guidjel.

Le sous bassin versant amont de l'oued Boussellam dispose de 35 % de la surface du grand Bousselam. Il s'étend sur les hauts plateaux sétifiens avec une superficie de 1785 Km<sup>2</sup> et s'inscrit dans le territoire de la wilaya de Sétif située au Nord-Est de l'Algérie. Son code 15 06 d'après l'Agence des Bassins Hydrographiques ou passe l'oued Boussellam avec une longueur de 65 Km.

## **I. Le Bassin versant du Soummam**

Le territoire du bassin de la Soummam s'étend sur l'Est de l'Algérois à 100 Km au Sud de la capitale Alger, avec une superficie de 9125 Km<sup>2</sup>, soit 19 % de la superficie totale du grand bassin Algérois-Hodna-Soummam (AHS). Sa position exacte est définie par l'espace se trouvant entre les méridiens 3°.38 et 5°.38 et les parallèles 35°.45 et 36°.45, il est limité par les chaînes montagneuses du Djurdjura et ses contreforts qui s'étendent jusqu'à la mer au Nord, les contreforts du mont du Hodna au Sud, les chaînes des Babors et le plateau de Sétif à l'Est et le plateau de Bouira à l'Ouest (Fig. 1 et 2).

Le réseau hydrographique du bassin de la Soummam compte 09 principaux oueds lesquels sont : Azerou, Ziane, Ftaissa, O'kriss, Bouktou, Eddous, El Main, Boussellam et Soummam, ils totalisent une longueur de 726 Km dont le plus court est de 23 Km (O'kriss) et le plus long de 226 Km (Soummam).

## **II. Description du sous bassin versant de Boussellam amont**

### **II.1. Situation géographique**

L'oued Boussellam est le principal affluent du Soummam avec une longueur de 150 Km et une surface de 5010 Km<sup>2</sup>, leur bassin est subdivisé en quatre sous bassin (le Boussellam amont (C/ 15 06, S/ 1785 Km<sup>2</sup>), le Boussellam moyen (C/ 15 07, S/1234 Km<sup>2</sup>), El Main (C/ 15 08, S/930 Km<sup>2</sup>), et le Boussellam aval (C/ 15 09, S/1061 Km<sup>2</sup>)).

C : Code du sous bassin selon l'ABH, S : Surface du sous bassin.

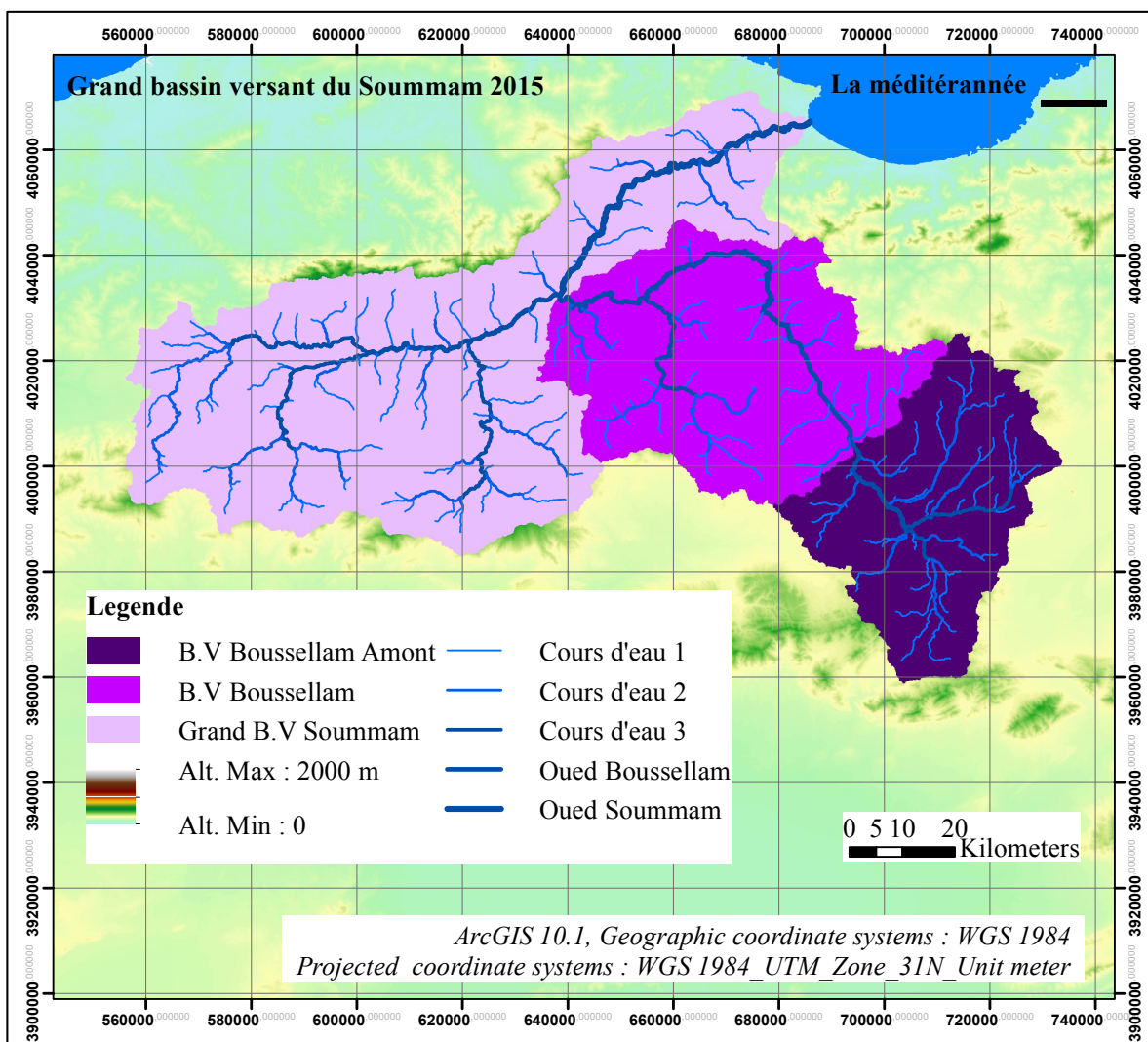
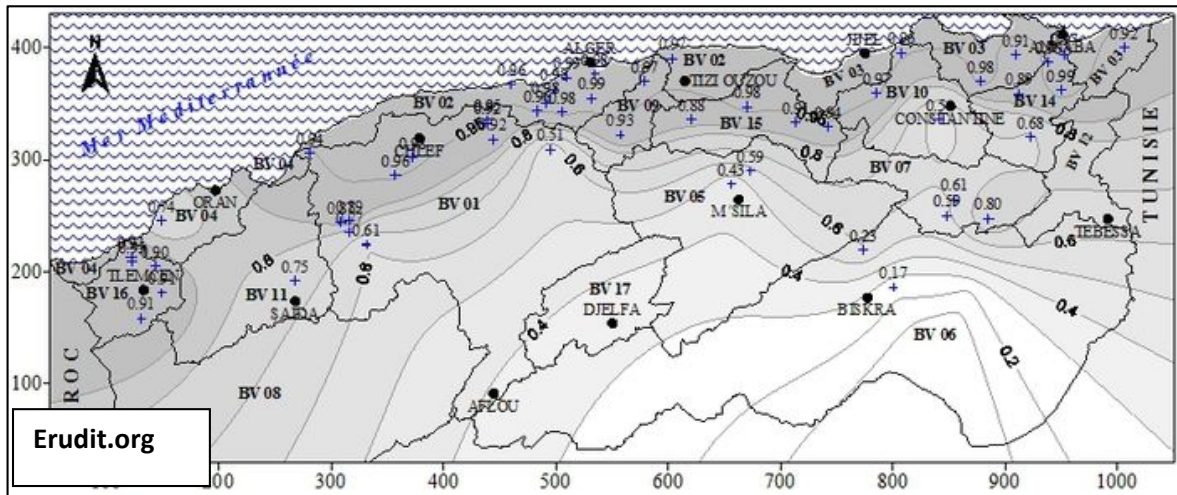


Figure 1. Situation géographique du sous bassin versant de l'oued Boussemam amont

Le sous bassin du Boussellam amont qui fait l'objet de cette étude contient 35 % de la surface du grand Boussellam (1785 Km<sup>2</sup>) de code 15 06 d'après l'Agence des Bassins Hydrographiques, et une longueur de 65 Km, il est situé entre le grand bassin Constantinois à l'Est, celui de Hodna au Sud, et le sous bassin de Boussellam moyen à l'Ouest, il est limité :

- Au Nord par Dj. Medjounes, Dj. Aissel, Dj. Megris, et Dj. Matrona.
- A l'Est par Kef Boudjemline, Dj. Merouane, Dj. Youssef, et Dj. Sekrine.
- Au Sud par Dj. Hassane, Dj. Sattor, et Kef Della.

Le sous bassin du Boussellam amont s'étend sur les hautes plaines sétifiennes avec une superficie de 1785 Km<sup>2</sup> et s'inscrit dans le territoire de la wilaya de Sétif située au Nord-est de l'Algérie.

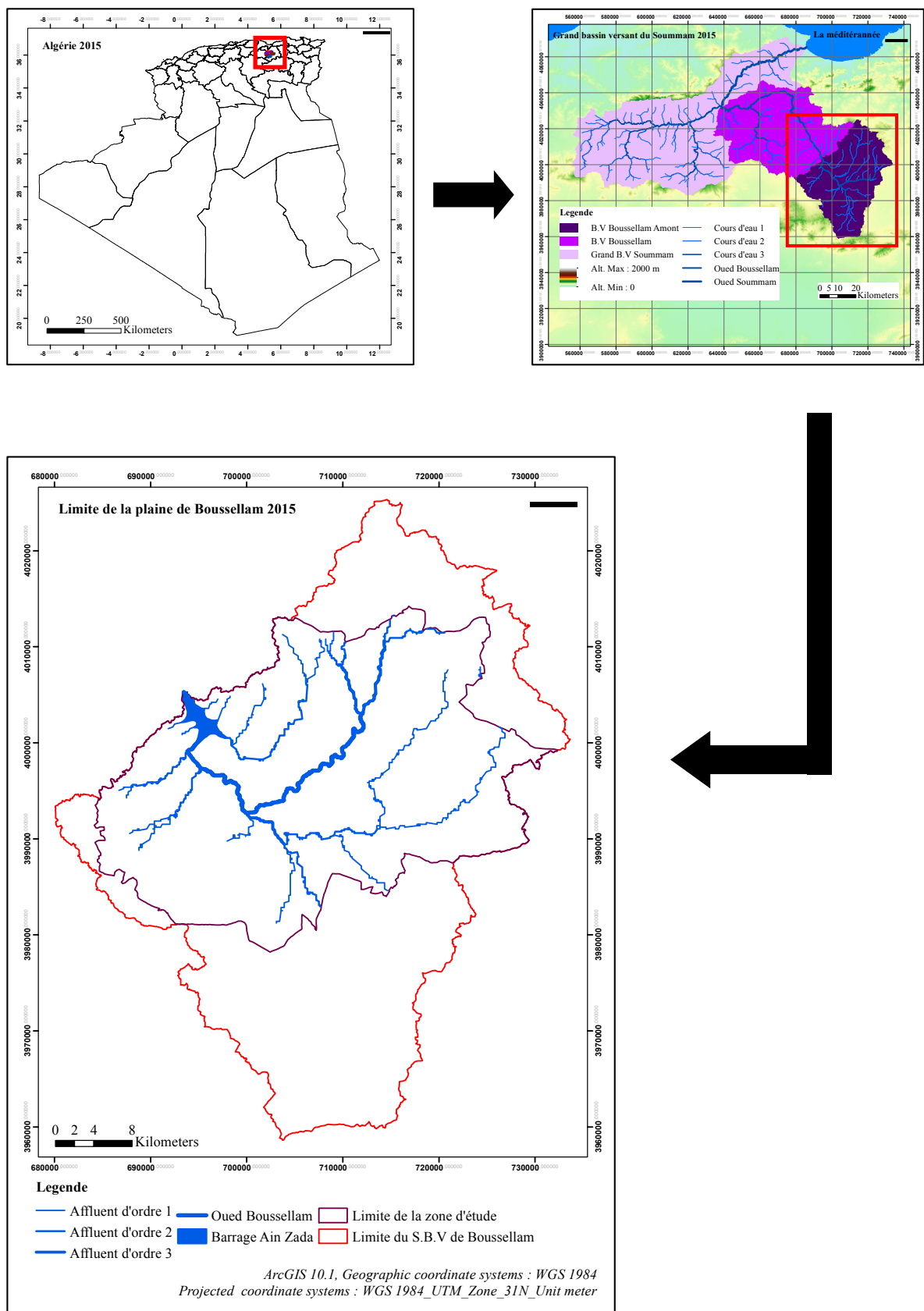
## **II.2. Etude socio-économique**

### **II.2.1. Le contexte démographique**

La plaine de Boussellam amont occupe la partie occidentale de la Wilaya de Sétif, quatre daïras appartiennent à ce bassin : Sétif, Ain Arnat, Guidjel et une partie à l'Est de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj représentée par la Daïra de Ain Taghrout. Ces Daïras contiennent 08 communes, 06 pour Sétif et les 02 restantes de Bordj Bou Arreridj (Tab. 1). Les données enregistrées dans le tableau ci-dessous sont collectées de plusieurs sources d'Internet notamment pour l'année 2016. D'après ces résultats, la population de la plaine est de 573 170 Habitants avec un taux de croissance démographique moyen annuel de l'ordre de 1.9 %.

La commune de Sétif contient 380 917 habitants soit 66% de la population globale de la plaine et 71 % de la population appartient à la wilaya de Sétif. 94 % de la population de la wilaya de Sétif occupe la plupart de la plaine de Boussellam alors que le reste 6 % est représenté par les communes de Tixter et Ain Taghrout qui appartiennent à la wilaya de Bordj Bou Arreridj. En réalité, seulement la commune de Tixter car le chef lieu de la commune de Ain Taghrout est situé en dehors du territoire de la plaine de Boussellam.

La plupart de la population à travers la zone d'étude habite des agglomérations ayant des aspects ruraux et traditionnels sauf celles qui vivent dans les grandes villes comme Sétif et Ain Arnat.



**Tableau 1.** La population des communes dans la plaine de Boussellam

Wilaya	Daïra	Commune	Population 1998 (hab)	Population 2007 (hab)	Population 2016(hab)	Milieu de résidence	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densité (hab/km <sup>2</sup> )
Sétif	Sétif	Sétif	257 373	323 583	380 917	Urbain	127.30	2992,27
	Ain Arnat	Ain Arnat	31 563	39 683	46 714	Urbain	202.55	230,62
		Mezloug	13 039	16 394	19 299	Rural	135.55	142,37
		Guellal	16 055	20 186	23 763	Rural	125.60	189,19
		Ksar El Abtal	19 486	24 500	28 841	Rural	118.40	243,58
	Guidjel	Guidjel	27 043	34 000	40 024	Rural	231.43	172,94
<b>Total</b>	<b>03</b>	<b>06</b>	<b>364 559</b>	<b>458 346</b>	<b>539 558</b>	/	<b>940,83</b>	<b>573,49</b>
Bordj Bou-Arredidj	Ain Taghrout	Ain Taghrout	12 778	15 392	18 119	Rural	124.03	146,08
		Tixter	10 926	13 161	15 493	Rural	109.43	141,57
<b>Total</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>23 704</b>	<b>28 553</b>	<b>33 612</b>	/	<b>233,46</b>	<b>143,97</b>
<b>Total Plaine</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	<b>388 263</b>	<b>486 899</b>	<b>573 170</b>	/	<b>1174,29</b>	<b>488,09</b>

*Source.* Direction d'urbanisme et d'habitat  
Autres sources d'Internet

### II.3. L'agriculture dans la plaine

La plaine de Boussellam est une zone connue pour ses vastes activités agricoles notamment les céréales.

Cette agriculture se fonde sur l'utilisation des eaux de la plaine pour l'irrigation surtout pendant la période de sécheresse ce qui met ces eaux en risque d'épuisement d'une part et de contamination d'autre part. Cependant, l'activité agricole connaît des contraintes liées aux conditions climatiques et au relief d'une part et à l'érosion qui affecte les sols d'autre part, on observe une coexistence de deux types d'agriculture :

- Une agriculture de montagne.
- Une agriculture extensive avec association céréaliculture jachère sur les hautes plaines.

Les céréales, les légumes secs, les maraîchages, les fourrages et l'arboriculture représentent les cultures les plus prédominantes (Tab. 2).

**Tableau 2.** Répartition de la S.A.U dans la plaine Boussellam amont

Terre agricole	S.A.U (ha)		Irriguées (ha) 2008		Irriguées (ha) 2015	
	Wilaya	S.B.V. Boussellam	Wilaya	S.B.V. Boussellam	Wilaya	S.B.V. Boussellam
Sétif	363 686	90 921	11 000	2 500	17 038	4 530
Bordj Bou Arreridj	187 817	35 470	7 342	827	9 832	1 200
Total	551 503	126 391	18342	3 327	26 870	5 730

#### II.4. Le tissu industriel

L'activité industrielle dans la plaine de Boussellam est fortement concentrée autour des grandes agglomérations telles que : Sétif, Ain Arnat et Bougaa (Fig. 3). Il existe deux secteurs d'activité, petite et moyenne industrie, localisées principalement dans la zone industrielle et les autres zones d'activités.

On distingue :

1. Industrie de l'agro-alimentaire
2. Matériaux de construction, carrière, bois et lièges
3. Imprimerie- papier - carton
4. Bâtiments, travaux publics et hydrauliques
5. Industrie de cuir et de la chaussure
6. Industrie du textile et de la confection
7. Bureau d'étude et engineering
8. Transit, Transport, Tourisme et Hôtellerie
9. Industries sidérurgiques, métallurgiques, mécaniques et électrotechniques
10. Industrie du plastique, du caoutchouc, chimie et verre

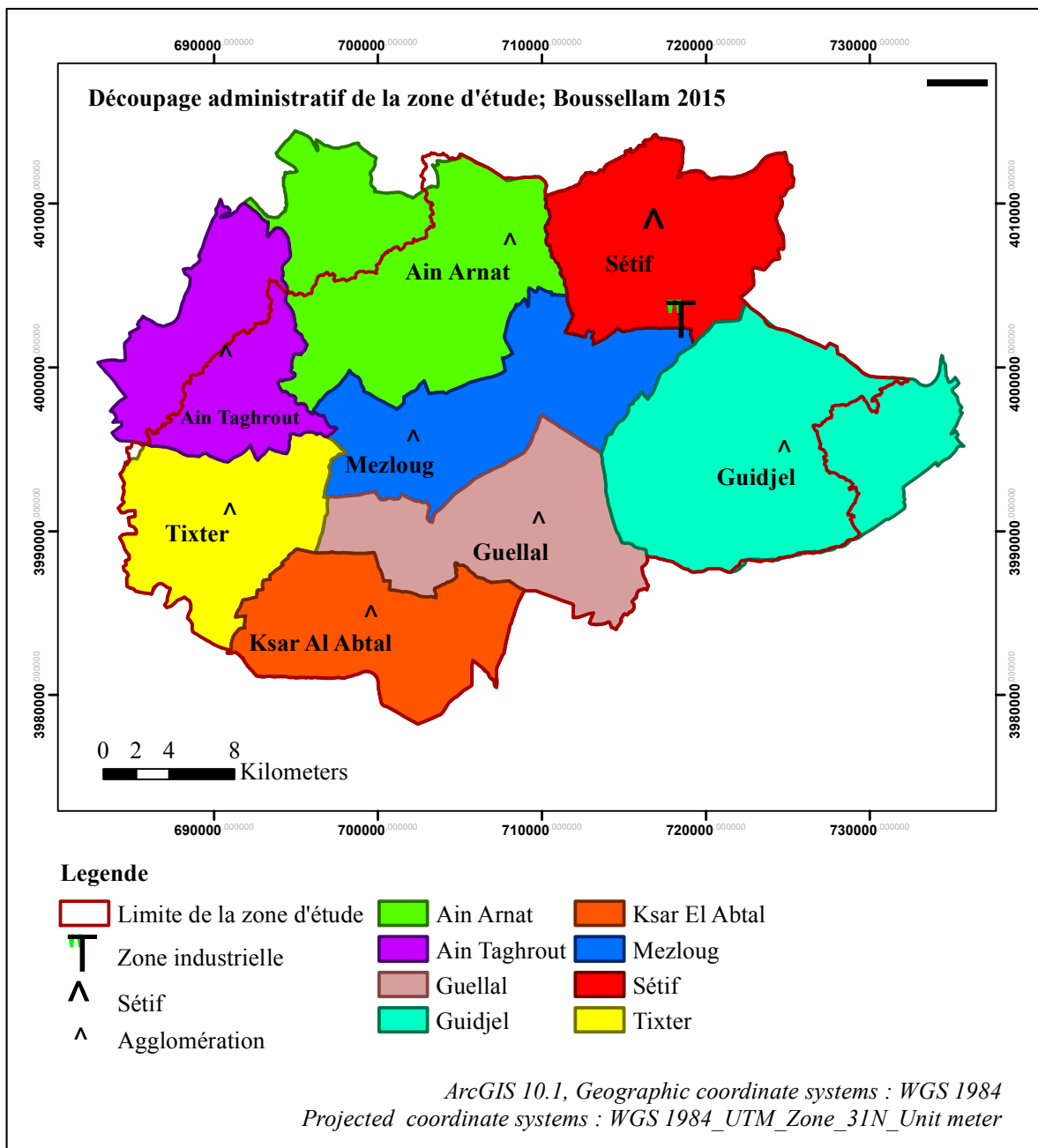
##### II.4.1. Les zones industrielles

La plaine de Boussellam dispose d'une des grandes zones industrielles en Algérie localisée à la commune de Sétif, elle couvre une superficie de 291 ha, leur production en générale est dominée par les plastiques, la chimie et les dépôts (Tab. 3). Elle comporte tous les types de l'industrie sauf celle de des hydrocarbures (Tab. 4).

**Tableau 3.** Localisation des unités industrielles de la wilaya de Sétif

Numéro	Type de l'industrie	Commune
1	Industrie agro-alimentaire et pêche	Sétif, El-Eulma, Mezloug, Beni Aziz, Bougaa, Ain Lahdjar,
2	Matériaux de construction, carrière, bois et lièges.	Sétif, El-Eulma, Mezloug, Ammoucha, Guellal, Ain Kbira, Ain Arnat, Ain Oulmène
3	Imprimerie - Papier carton	Sétif
4	Bâtiments, travaux publics et hydrauliques	Sétif, El-Eulma, Bougaa
5	Industrie du cuir et de la chaussure	Sétif, Ain Lahdjar
6	Industrie du textile et de la confection	Sétif, Bougaa, Salah bay
7	Bureau d'étude et engineering	Sétif
8	Transit, Transport, Tourisme et Hôtellerie	Sétif
9	Industries sidérurgiques, Métallurgiques, Mécaniques, électroniques et électrotechniques.	Sétif, El-Eulma, Bougaa
10	Industrie du Plastique, du Caoutchouc, Chimie et Verre	Sétif, El-Eulma, Ain Oulmène, Ammoucha,

Sources : Direction de l'énergie et des mines  
Internet  
Sgp zi est



**Figure 3.** Limites administratives des communes dans la zone d'étude

**Tableau 4.** Superficie des unités industrielles à travers la plaine de Boussellam amont

Localisation	Produits fabriqués	Superficie disponible en (ha) (2009)	Superficie disponible en (ha)(2016)
Ain Arnat	Plastique	/	7.7
Ain Taghrout	Carreaux granito	/	/
Sétif	Chimie, et dépôts et autres	/	283
Guellal	Plâtre	0.24	5.8
Guidjel	Agro-alimentaire	0.29	6.4
Mezloug	Lait et produits laitiers. Faïence, et Plinthe	/	9.9

Source : Sgp zi est

### III. Géomorphologie générale et le chevelu hydrographique de la plaine

#### III.1. Les ensembles morpho- structuraux du sous bassin versant de Boussellam

D'après des études réalisées précédemment, on peut constater que l'oued de Boussellam est le plus grand oued des hautes plaines sétifiennes, de direction SW en amont et NW au centre et en aval, il prend naissance sur les pentes des Djebels Megris et Aissel à la partie Nord et sur les pentes du Djebel Sekrine au Sud représenté par le principal affluent l'oued Ftaïssa. L'oued Boussellam amont contient deux principaux sous bassin :

- **Sous bassin de l'oued Boussellam amont**

Drainé par le Talweg principal (oued Boussellam) et ses affluents qui constituent les petits sous bassins suivants :

- Petit sous bassin d'Ain Taghrout
- Petit sous bassin de Boussellam amont
- Petit sous bassin d'El Berdia
- Petit sous bassin de Fermatou
- Petit sous bassin de Khlil
- Petit sous bassin de Kharoua
- Petit sous bassin de Malah
- Petit sous bassin de Txter

- **Sous bassin de l'oued Ftaissa**

Oued Ftaissa est le principal affluent de l'oued Boussellam amont, il draine la région des plaines de Mezloug et Hammam Yelles où les écoulements sont lents. Le sous bassin est subdivisé en cinq petits sous bassins.

- Petit sous bassin de Ben Diab
- Petit sous bassin de El Malah
- Petit sous bassin de Fareh
- Petit sous bassin de Ftaissa
- Petit sous bassin de Guellal

### **III.2. La morphologie et la topographie du sous bassin versant de Boussellam**

Le sous bassin dans sa totalité morphologique est caractérisé par une évolution qui a commencé au Quaternaire et qui continue jusqu'à l'heure actuelle, l'hétérogénéité morphologique est caractérisée de l'amont vers l'aval par :

- Les terrasses au Nord du bassin formées par un relief couvert de dépôts quaternaires en majorité (les formations à matériel éocène intermédiaire, en petite partie par les flyschs à l'amont du bassin et la formation éocène favorisant une zone semi-aride).
- Au piémont (milieu), la structure du sol est en grande partie couverte des dépôts quaternaires, on note également la présence d'une très petite partie de couvert allochtone Sud sétifien, favorisant une bonne perméabilité.
- Au Sud-ouest le sol est en majorité formé par une couverture de parautochtone et autochtone Hodnées associés à du Trias exotique.
- Au centre, le sol est formé par du matériel éocène parautochtone, autochtone et allochtones, on note également la présence des formations mio-pliocènes au Nord-ouest.

### **III.3. Les reliefs**

Le sous bassin est une zone des hautes terres avec généralement des altitudes moyennes et fortes où trois zones se distinguent : Des montagnes, des piémonts, des hauts plateaux et des vastes plaines au centre du sous bassin dont se situe la zone de notre étude (Tab. 5).

**Tableau 5.** Altitudes des reliefs dans le sous bassin versant de Boussellam

Nom du relief	Altitude (m)	Nom du relief	Altitude (m)
Djebel Megris	1737	Kef El Ahmer	1351
Djebel Medjounes	1461	Djebel Zdimm	1160
Djebel Matrona	1426	Djebel Leknef	1050
Djebel Tarmount	1409	Kef Della	1048
Djebel Mnaguer	1426	Djebel Hassane	1240
Djebel Aissel	1336	Djebel Lougrine	1213
Djebel Youssef	1442	Kef Bouhallala	1274
Kef Diedi	1098	Djebel Sekrine	1453

(Boulguerager, 2009)

L'irrégularité du profil et l'accentuation des pentes en amont de la confluence de l'oued Fermatou, l'oued Khalfoun et l'oued Boussellam témoignent de l'importance de l'érosion, ceci est probablement dû à l'absence de champs d'inondation.

La première rupture R1 (Fig. 4) est observée à l'altitude 986m puis elle devient plus faible, ce qui ralentit l'écoulement et donne l'occasion à l'eau de s'infiltrer.

La deuxième rupture R2 (Fig. 4) est observée à l'altitude de 973m, où la pente est plus accentuée faisant accélérer l'écoulement et donnant naissance à un régime défavorisant l'infiltration.

Les principaux affluents du bassin de l'oued Boussellam sont Ftaiza, Mellah, Tbinet, Guellal, Tixter, Fatmatou, et Khalfoun.

### III.4. Les caractéristiques physiques et morphométriques

#### III.4.1. La superficie

Le sous bassin versant du Boussellam amont 1785 Km<sup>2</sup> est une grande partie du bassin versant de Boussellam (35% de 5010 Km<sup>2</sup>). Ce dernier fait partie du grand bassin Soummam, sa superficie est délimitée par une ligne de partage des eaux de 175 km représentant le périmètre du bassin.

### III.4.2. La forme du sous bassin

La forme du sous bassin peut être caractérisée par l'indice de compacité de Gravelius  $K_c$  ayant une influence certaine sur l'écoulement et la forme du bassin détermine l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée, où un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée.

Elle est exprimée par l'indice de compacité, qui correspond au rapport du périmètre  $P$  du bassin et sa surface  $A$ .

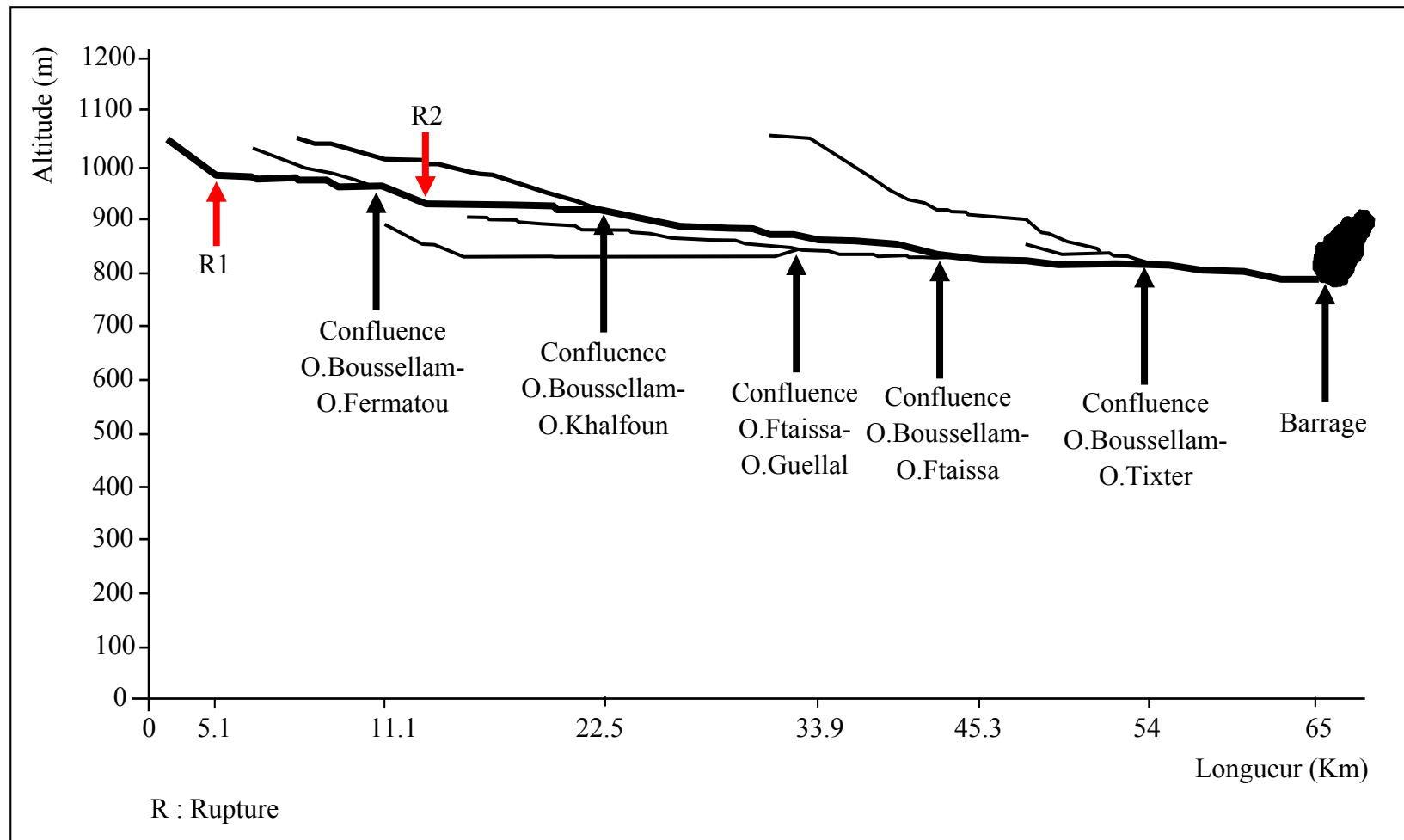
$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 1.15$$

$K_c$  : indice de compacité de Gravelius

$P$  : périmètre (km)

$A$ : superficie (km<sup>2</sup>)

Dans notre cas et pour le sous bassin versant de Boussellam amont, l'indice  $K_c$  a été estimé à 1.15 ce qui donne l'aspect d'une forme allongée avec des dimensions du rectangle équivalent de 53.22 et 33.53 km.



**Figure 4.** Profil en long de oued Boussellam et ses principaux affluents (Boulguerager, 2009)

### III.4.3. Les dimensions du rectangle équivalent

Cette notion introduite par Roche en 1963, permet la comparaison des bassins versants entre eux, quant à l'influence de leurs caractéristiques physiques sur l'écoulement global. Quand l'indice de compacité est supérieur à 1.12, les dimensions du rectangle équivalent sont obtenues à l'aide des relations suivantes:

$$L_e = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \quad l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$L_e$  : Longueur du rectangle équivalent en Km

$l$  : Largeur du rectangle équivalent en Km

$K_c$  : Indice de compacité

$S$  : Superficie du bassin versant en Km<sup>2</sup>

Nous obtenons :

$$L_e = 53.22 \text{ Km}$$

### III.4.4. La répartition des tranches d'altitudes et la courbe hypsométrique

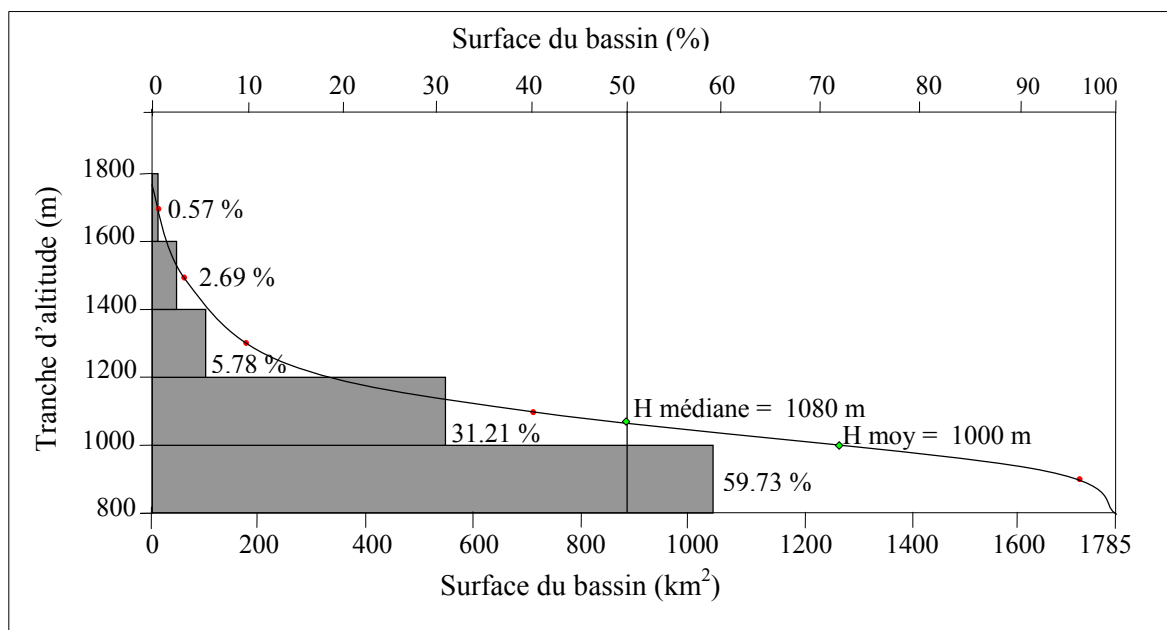
L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief, elle met en évidence le profil type du bassin et les pentes, facteur déterminant de l'écoulement, il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par tranche d'altitude, à partir de la carte topographique de Sétif (1 / 200 000), on a pu réaliser le tableau 6.

**Tableau 6.** Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le sous bassin versant de Boussellam amont

Tranche d'altitude (m)	Hauteur moyenne (m)	Surface partielle Si (km <sup>2</sup> )	Surface cumulée Si (km <sup>2</sup> )	Surface partielle Si (%)	Surface cumulée Si (%)
≤ 800	0	0	0	0	0
800- 1000	900	1066.28	1785	59.73	100
1000-1200	1100	557.14	718.72	31.21	40.25
1200-1400	1300	103.27	161.58	5.78	9.04
1400-1600	1500	48.05	58.31	2.69	3.26
1600- 1800	1700	10.26	10.26	0.57	0.57
<b>Total bassin</b>	-	<b>1785</b>	-	<b>100</b>	-

(Boulguerauer, 2009)

Nous avons calculé l'altitude moyenne du sous bassin de Boussellam à partir de la courbe hypsométrique (Fig. 5) réalisée à partir du tableau 6, elle est de l'ordre de 1000 m. Cette valeur traduit une altitude moyenne assez forte ou le diagramme des fréquences altimétriques fait ressortir la répartition par tranche d'altitude de la superficie du bassin, ainsi donc, nous pouvons aisément constater les diverses altitudes caractéristiques du bassin.



**Figure 5.** Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques dans le sous bassin de Boussellam amont (Boulguerager, 2009)

Le secteur d'altitude dépassant les 1600 m est très peu étendu dans le bassin (0.57 %) et correspond à la montagne située au Nord du bassin Djebel Megris (1737) m. Les zones d'altitudes comprises entre 1200 et 1600 m couvrent 151.32 km<sup>2</sup>, soit environ 8.47 % de la superficie totale et correspondent aux fronts Sud des monts de Megris, Medjounes, Matrana, Tarmount, Mnaguer, et Aissel. Les zones d'altitudes allant de 1000 à 1200 m couvrent une superficie de 557.15 km<sup>2</sup>, soit 31.21 % de la superficie totale et concernent les hautes plaines sétifiennes au Nord et au Sud. Enfin, la tranche d'altitudes entre 800 et 1000 m, s'étale sur une superficie de 1066.28 km<sup>2</sup> soit 59.73 %, et concerne largement la vallée du Boussellam et ses vallées affluentes représentées par les vastes hautes plaines sétifiennes jusqu'au barrage d'Ain Zada.

### III.4.5. Les indices de pente et le relief

Elles permettent de caractériser les pentes d'un bassin versant et d'établir une classification des différents reliefs pour faire ensuite des comparaisons entre les différents bassins, l'appréhension du relief peut être faite à l'aide d'au moins deux indices.

- **Indice de pente global ( $I_g$ )**

L'indice de pente globale présente l'avantage d'être très simple et facile à calculer, l'indice de pente global ( $I_g$ ), exprimé en m/km, est donné par le rapport de la dénivelée utile ( $D$  en m), estimée à partir de la courbe hypsométrique, à la longueur du rectangle équivalent en km ( $L_e$ ) d'où:

$$I_g = \frac{D}{L_e}$$

La dénivelée utile ( $D$ ) est estimée, à partir de la courbe hypsométrique, par la différence des altitudes correspondant à 5% et 95% de la superficie totale du bassin étudié, altitudes dénotées, respectivement, par  $H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$ . Ceci dit que 90% de la superficie s'étend entre ces altitudes.

$$I_g = \frac{460}{53.22} = 8.64 \Rightarrow I_g = 0.008$$

L'indice de pente global ' $I_g$ ' est estimé à 8.64 m/ km, ou 0.008 cela implique que le relief du bassin de Boussellam est assez faible ( $0.005 > I_g > 0.010$ ) selon la classification de l'O.R.S. T.O.M.

Alors pour classer le relief du bassin de Boussellam, il semble plus fiable de se baser sur la dénivelée spécifique ( $D_s$ ) au lieu de l'indice de pente global ( $I_g$ ), car ce dernier ne peut être significatif qu'en cas des bassins de plus de 25 km<sup>2</sup> de superficie.

$$D_s = I_g \cdot \sqrt{A}$$

La  $D_s$  estimée est de 365 m, donne au relief du bassin Boussellam la qualification de relief fort ( $250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$  selon la classification de l'O.R.S.T.O.M), ce relief fort est un élément déterminant de la réaction du bassin vis-à-vis les pluies.

### **III.5. La classification des pentes**

#### **III.5.1. Les pentes faibles < 7.5 %**

Représentées par les hautes plaines, elles s'étendent des piémonts des monts au Nord et au Sud jusqu'au barrage d'Ain Zada à l'Ouest. Au Nord, elle est limitée par les hauteurs de Djebels Megris, Aissel, et Mdjounes et au Sud, par les monts Sekrine et Sattor.

Cette zone se caractérise par un relief ondulé dont les parties hautes voient affleurer le substrat marneux et dont les parties basses sont noyées par des alluvions et colluvions (Fig. 6).

Les pentes diminuent parfois jusqu'à 0 % comme la zone située entre l'altitude de 862m et 937m où le Boussellam prend un tracé régulier.

#### **III.5.2. Les pentes moyennes 7.5v% < p < 14 %**

Le cadre montagneux du Nord formé par les monts Megris, Aissel, et Medjounes s'étendent au Nord et Sekrine et Sattor au Sud, présentent les piémonts des Ouricia, Salah bey, et Ain Oulmène, les flyschs des montagnes du Nord sont des argiles schisteuses épaisses entrecoupées par des bancs de calcaires et de grès. L'ensemble est très sensible à l'érosion mécanique, les terres cultivables où domine l'arboriculture (oliviers, figuiers, etc...) sont quasi inexistantes (Boulgueraguer.Z, 2009).

#### **III.5.3. Les pentes fortes > 14%**

Représentés par les sommets des monts au Nord, Nord-est et au Sud :

- Au Nord: Dj. Medjounes, Aissel, Megris, Metrona.
- Au Nord-est : Dj.Merouane, Youssef, et Sekrine, Kef El Ahmer, et Kef Boudjemline.
- Au Sud : Dj. Hassane, Dj.Sattor, et Kef Della.

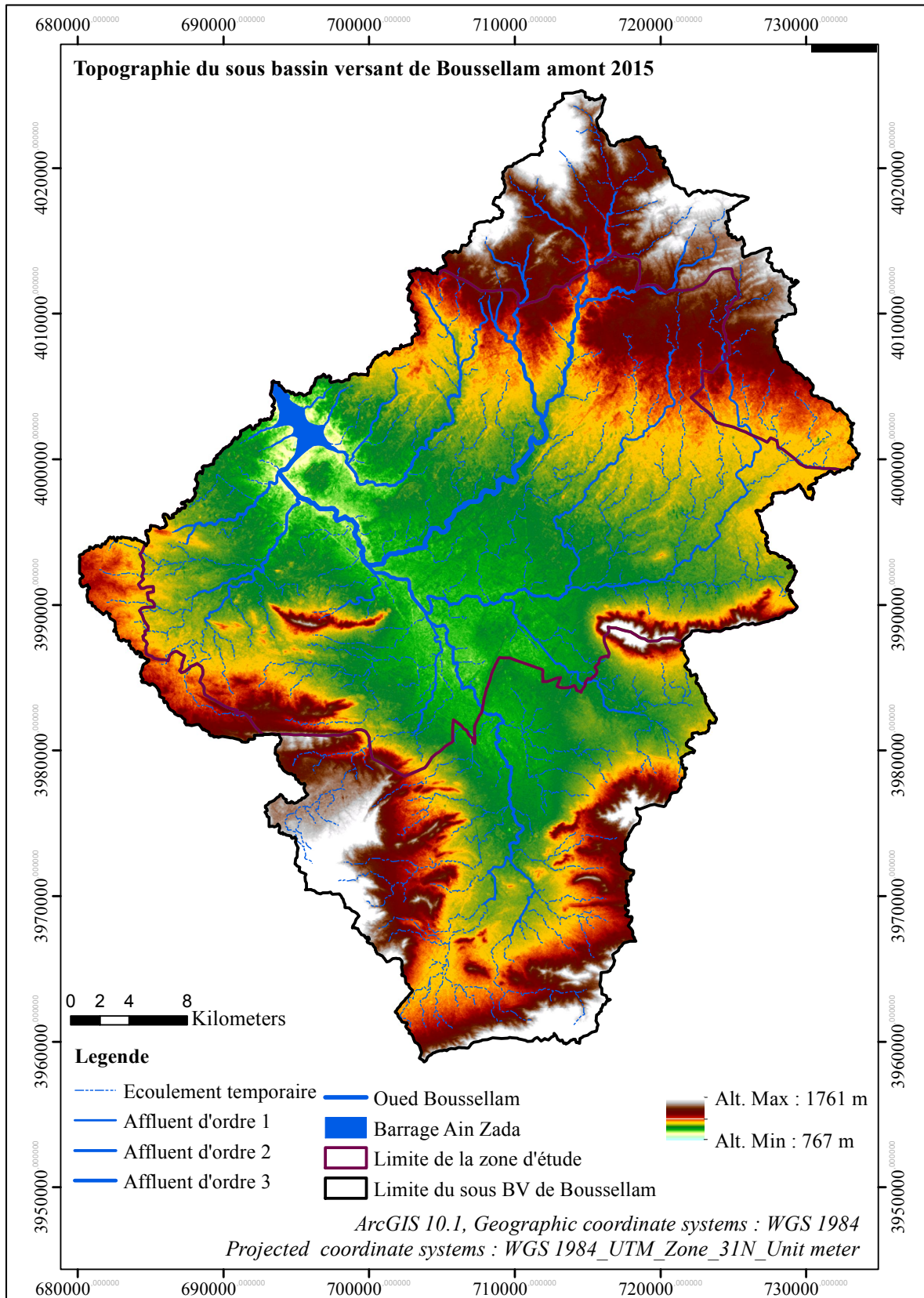


Figure 6. Topographie du sous bassin versant de Boussellam

### III.6. Le temps de concentration

Le temps de concentration c'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire (Tab. 7), ce paramètre exprimé dans ce cas en heures, peut être estimé par la formule de Giandotti, applicable pour les bassins étendus à pentes plus ou moins uniformes:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \quad T_c = 27.19 \text{ h}$$

**Tableau 7.** Paramètres morphométriques de l'oued Boussellam amont

Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Superficie	S	1785	km <sup>2</sup>
Périmètre	P	175	km
Coefficient de capacité	Kc	1.15	/
Altitude maximale	H max	1737	m
Altitude minimale	H min	850	m
Altitude moyenne	H moy	1000	m
Dénivelée spécifique	Ds	364	m
Temps de concentration	Tc	27.19	h
Densité de drainage	Dd	3.03	km/km <sup>2</sup>
Longueur du Talweg principal	L <sub>p</sub>	65	km
Pente moyenne	Pm	2.71	m/km
Longueur du rectangle équivalent	Le	53.22	km
Largeur du rectangle équivalent	l	33.53	km

(Boulguerager, 2009)

### III.7. Constitution du réseau hydrographique

L'étude des caractéristiques morpho-métriques, en plus de l'analyse hydrologique d'un bassin versant constitue une plate-forme essentielle pour l'explication et la compréhension de son comportement hydrologique, la forme, la superficie, le relief et les pentes influentes sur le mouvement et le ruissellement superficiel dans un bassin versant. Le sous bassin de l'oued Boussellam à Ain Zada, draine un ensemble de régions hétérogènes des hautes altitudes au Nord, à sa tête, par un relief accidenté où les écoulements ont un régime torrentiel, par contre à la région des plaines de Mezloug et Hammam Yelles, les écoulements sont lents (Fig. 7). Le profil en long irrégulier du Talweg principal (oued Boussellam) et ses principaux affluents tels qu'oued : Ftaïssa, Fermatou, Khalfoun, Tbinet, Guellal, Mellah et Tixter, à la sortie de la partie de Mezloug le bassin perd sa torrencialité en abandonnant une partie de sa charge solide.

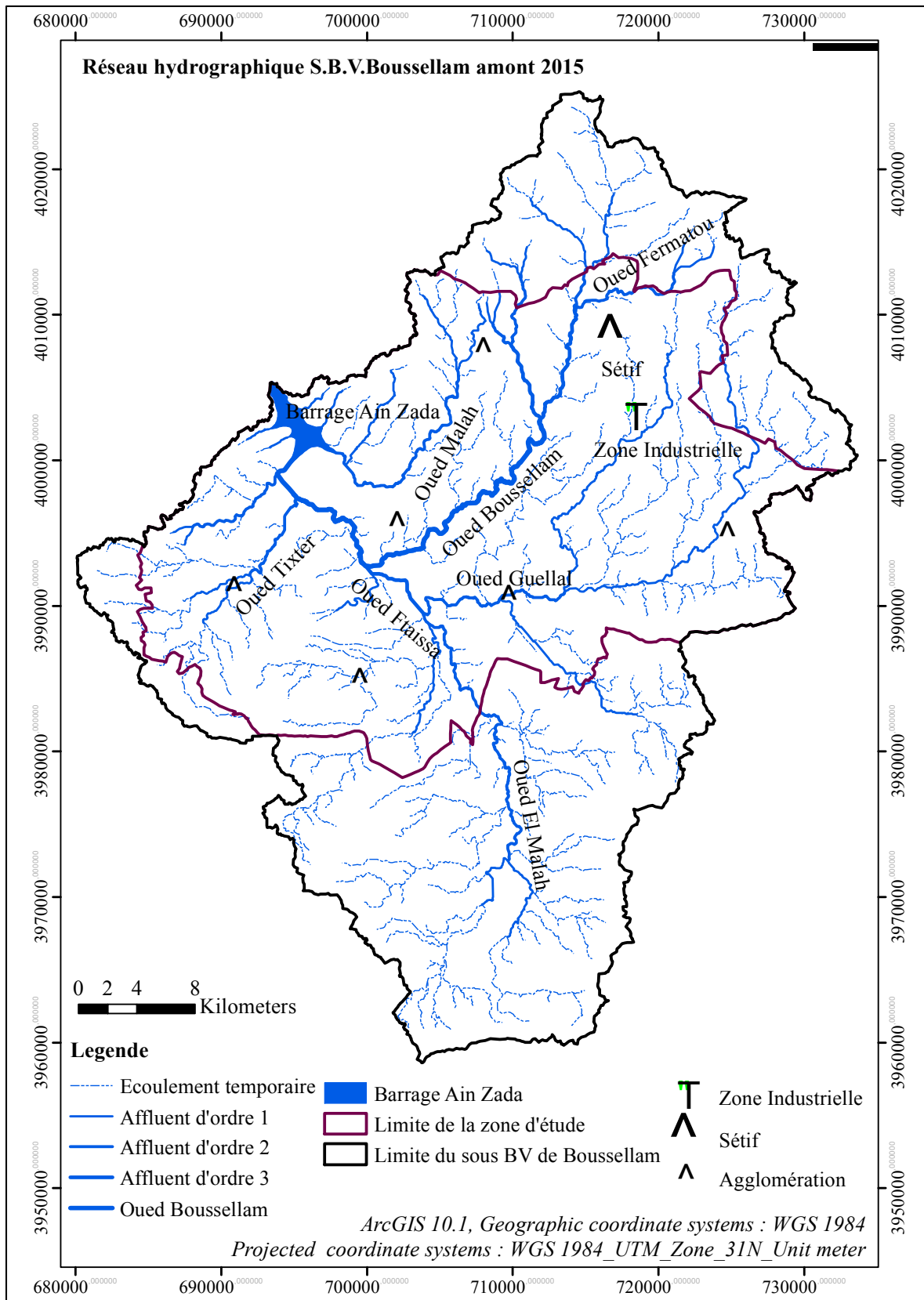


Figure 7. Le réseau hydrographique de l'oued Boussellam

## Conclusion

L'étude et l'interprétation de la morphométrie et de la topographie du sous bassin versant amont de Boussellam nous permet d'évaluer un certain nombre de paramètres très importants qui doivent être étroitement liés à la nature lithologique du terrain et la topographie du bassin.

Le sous bassin de l'oued Boussellam d'une superficie de 1785 Km<sup>2</sup> est caractérisée par :

- une forme allongée ce qui fait que les eaux précipitées mettent plus de temps pour atteindre l'exutoire, ceci est confirmé par les résultats du temps de concentration qui est de 27.19 h, c'est une importance durée pour l'évaluation des crues.
- Il est caractérisé par une altitude moyenne de 1000 m, elle donne l'aspect d'une morphométrie assez forte au sous bassin.
- La densité de drainage est de 3.03 km/km<sup>2</sup> ce qui entraîne un ruissellement un peu rapide des eaux, surtout que le bassin est caractérisé par un relief fort (250 m < Ds < 500 m).
- Le lieu d'une activité agricole et industrielle intense, ce qui met leurs ressources en eaux en risque de pollution surtout le talweg principale celui de Boussellam qui représente le seul oued dans la zone.

## **Chapitre II**

---

### La géologie de la zone d'étude

## **Introduction**

Les travaux de J.F. Raoult (1974), J.P. Bouilin (1977) et J.M. Vila (1980) dans l'Est algérien, ont pu mettre en évidence plusieurs unités tectoniques qui se présentent schématiquement du Nord au sud : Le socle métamorphique et la chaîne calcaire, les séries des flyschs (mauritaniens et massyliens) et les séries telliennes.

Recouvrant ces unités, on trouve les argiles et les grés numidiens, les formations continentales, les post-nappes d'âge Miocène du bassin de Constantine et le Pliocène marin des plaines.

La géologie est une étape nécessaire et importante dans l'étude hydrologique, hydrogéologique et hydrochimique. En outre, la lithologie, la tectonique et la structure jouent un rôle primordial dans la détermination des zones perméables et imperméables conditionnant la présence des aquifères.

Suivant des études faites précédemment, on peut énumérer les résultats suivants:

## **I. Cadre géologique régional**

Au plan géologique régional, le sous bassin versant de Boussellam appartient à la chaîne tellienne qui constitue l'ossature des reliefs de l'Algérie du Nord s'étendant entre la mer méditerranée au Nord et les hautes plaines des lacs salés au Sud. Cette orogénèse Magrébine elle même n'est qu'une partie des chaînes qui ceignent la méditerranée occidentale depuis les Baléares jusqu'à Gibraltar et de ce point jusqu'au Confins Colabro-Siciliens (Fig. 8).

### **I.1. Le socle métamorphique et la chaîne calcaire**

Le socle métamorphique, constitué de formations Paléozoïques, se développe surtout en petite Kabylie comme substratum à la chaîne calcaire, il est formé de gneiss, de phyllades de marne et de schistes.

### **I.2. L'Oligo-Miocène kabyle (zone interne ou kabyle)**

Il constitue la couverture sédimentaire du socle kabyle, c'est une formation détritique comportant un terme basal conglomératique, un terme médian formé de grés micacés et un terme supérieur constitué de silex.

### **I.3. Les séries telliennes**

Se sont des formations qui comprennent plusieurs unités qui s'étendent au Nord-ouest de Sétif :

### **I.3.1. Le sillon tellien**

- Les babors : à relief de calcaire jurassique, masqué par des discordances internes (Néocène, Cénomane, Santonien).
- Les zones telliennes proprement dite où l'on trouve :
  - Les Crétacés supérieurs
  - Paléocènes marneux
  - Eocène moyen, marneux
  - Calcaire à silex
  - Eocène moyen supérieur marneux

### **I.3.2. L'avant pays des formations telliennes**

Il s'agit des formations calcaires du massif Guergour, ainsi que leurs équivalents qui se trouvent à Djebel Zdim, Youcef, Braou, Kalaoun, et Sekrine, les formations constituent un parautochtone caractérisé à sa base par des contacts anormaux de chevauchements importants.

Les formations autochtones sont représentées par le massif du mont de Hodna constituant le début de l'atlas saharien qui développe ses grandes structures plissées et faillées jusqu'aux portes du désert.

Du Nord au Sud de la région de Sétif, on distingue les unités suivantes:

#### **• Les séries des flyschs**

Trois séries caractéristiques ont été définies: se sont les flyschs mauritaniens, les flyschs massyliens, et les flyschs numidiens.

#### **a) Les flyschs maurétaniens**

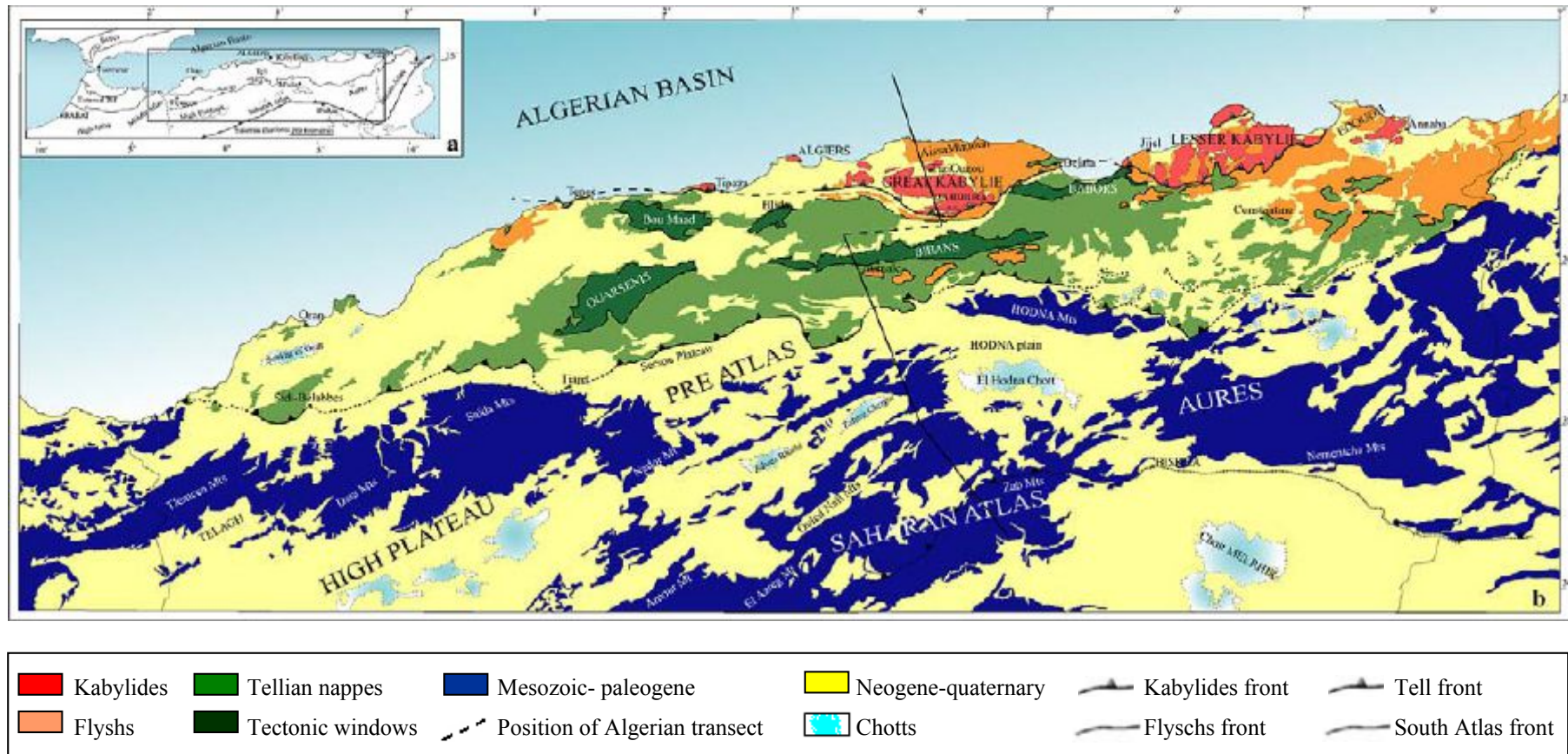
Le flysch joue un rôle important dans la morphologie, en effet, cette série est composée d'alternance de bancs argileux, calcaire et gréseux, d'âge allant du dogger au Lutécien.

**b) Le flysch massylien**

C'est une alternance de micro-brèches, de phtanites et d'argiles quartziques d'âge Albo-Sénonien, les flyschs à micro-brèches sont associés à des marnes grises et des calcaires fins jaunes et rosés, les flyschs Argilo-quartseux se présentent sous forme de bancs minces. Le niveau à phtanites montre des calcaires microbréchiq.

**c) Le flysch numidien**

Cette série se compose de grés alternant avec des argiles de couleur verdâtre à rouge sombre présentant des intercalations de silexites.



*Source.* N. Benaouali-Mebarek et al, C. R. Geoscience 338 (2006) Académie des sciences, Publié par Elsevier SAS

**Figure 8.** Carte structurale de l'Algérie du Nord (modifié d'après la carte géologique de l'Algérie à 1:500 000 et [27,50])  
(a. carte de localisation)

## II. Cadre géologique local

Les vastes surfaces du sous bassin étudié sont recouvertes sur leur quasi-totalité par des faciès très hétérogènes de graviers, de galets, de sables, de limons, d'argiles et de marnes calcaires lacustres. Cependant, un mamelon plus ou moins élevé se dresse à proximité de front de chauvauchement près de Sebket Melloul, représentant le trias.

Les parties les plus élevées formant les limites du bassin et les reliefs sont d'âge divers. Du point de vue géologique, les formations du bassin peuvent-être divisées en deux formations tectoniques :

- Les formations peu ou pas tectonisées.
- Les formations tectonisées.

Selon A. Marre (1987), le paroxysme orogénique s'est situé essentiellement pendant le Tertiaire, cependant antérieurement des mouvements tectoniques précoces, de plus ou moins grande importance, ont eu lieu, on est donc conduit à distinguer.

### II.1. Les formations peu ou pas tectonisées

#### II.1.1. Quaternaire (formation récente)

• Le Quaternaire est une formation récente constituée essentiellement par des formations alluviales, d'argiles, des sables, des graviers et de conglomérats de petite taille appelée: Quaternaire ancien.

• Le Quaternaire moyen est développé le long des vallées des oueds constitués en générale par des mélanges alluvionnaires (cailloux, sable, et limons) correspondant à des terres agricoles.

• Le Quaternaire récent est caractérisé par des aires lacustres dominées des faciès sablo-limoneux et par des formations sableuses d'origine marine, de cailloux roulés, de limons, de galets et de graviers mêlés à un ciment marneux.

• Le Quaternaire actuel est caractérisé par le sable et les alluvions, il constitue le lit des oueds. Le Quaternaire du bassin de l'oued Boussellam à Ain Zada est formé par:

#### a. Les éboulis

Les éboulis sont des formations dûes au cône de déjection à blocs, à gangue marneuse en masse.

Les cônes torrentiels sont limités au revers septentrional des monts de Hodna à la bordure méridionale du bassin.

Les éboulis à blocs sont plus fréquents et les plus récentes sont localisées à la base des corniches calcaires ou gréseuses.

C'est sur la bordure septentrionale du bassin que l'on rencontre le plus fréquent, les éboulis à gangue marneuse, ils sont dus à l'existence simultanée d'importants niveaux marneux et d'exurgences relativement abondantes.

Les éboulis en masse restent des phénomènes isolés, les plus spectaculaires sont situés sur la limite Nord de la table numidienne gréseuse du Djebel Megris.

#### **b. Alluvions récents**

Dans le Nord du bassin, leur composition est plus nettement argileuse, alors que dans le Sud de celui-ci il s'agit surtout de sable et de gravier.

#### **c. Terrasses, formation de pente et Quaternaire indéterminé**

La formation de pente correspond à des terrasses dilacérées ou des alluvions anciennes sur lesquelles sont développés des sols brus peu ou pas calcaires.

Au Quaternaire indéterminé sont rapportés des placages dispersés de nature variée qui prennent un grand développement sur les niveaux anciens et qui en gênent considérablement l'observation.

#### **d. Glacis polygéniques**

C'est une formation caractéristique des hautes plaines sétifiennes, ces glacis correspondent à des surfaces très faiblement pentées près des plaines dont la pente augmente progressivement vers la montagne, ils sont recouverts d'un matériel classique faiblement calibré, en profondeur la genèse dans un glacis est récente et leur épandage sur les croûtes villafranchiennes est clair.

Au moment des fortes pluies, ces glacis sont localement le siège d'un écoulement en nappe ou des galets et des limons superficiels sont remis en mouvement.

#### **e. Sebkha**

Se sont des vases salés, souvent inondés, surtout l'hiver et recouverts l'été par des croûtes de sel.

**f. Formations dunaires**

Se sont des amas réalisés de sable calcaireux et de poussières limoneuses à des débris coquilliers fin ou des végétaux.

**j. Tuf hydrothermal**

Ils correspondent aux surfaces planes ou faiblement inclinées de Hammam Guergour sur les revers Nord du djebel Medjounes. Il s'agit des surfaces modestes liées à des sources chaudes, toujours plus ou moins en activité associée à des failles normales très récentes.

**II.1.2. Mio-pliocène**

Il occupe des surfaces étendues au Nord du bassin et sont des faciès très variés. En bordures des reliefs actuels, les formations mio-pliocènes s'enrichissent en conglomérats rougeâtres mal cimentés.

**II.2. Formations tectonisées****II.2.1. Nappe de flyschs****a. Nappe numidienne**

Le sous bassin de l'oued Boussellam présente un seul affleurement en massif isolé à Djebel Megris au Nord de Sétif. Le flysch numidien correspond à plusieurs centaines de mètres d'alternances de grès grossiers hétérométriques à dragées de quartz et d'argiles, c'est une série azoïque. On note que le bassin ne renferme aucun affleurement de nappes de flysch maurétanien et massylien (Fig. 9).

**II.2.2. Nappe tellienne/ Nappe ultra- tellienne****a. Nappe de type DRAA et ARBA**

Les affleurements de cette unité sont situés à la bordure septentrionale du bassin formé par:

- Sénonien:

Se sont des marnes et marno- calcaires.

**b. Nappe de type BENI ABDELLAH**

Cette nappe affleure loin du bassin, constituée des klippes des Beni Abdellah et de Ras El Fedh au Nord de Ain Roua et un lambeau sous le Numidien du Djebel Chauf Karoun.

**c. Unité supérieure à matériel éocène**

Située au Nord-Ouest du bassin du côté droit de l'exutoire, il s'agit de l'Yprésien et du Lutétien, elle est formé par les calcaires marneux.

**d. Nappe de Djemila et unité inférieure à matériel éocène**

Elle occupe la totalité Nord du bassin, on rencontre :

- Le Lutétien et le Priabonien:

Se sont des marnes qui présentent un affleurement très réduit au Nord du bassin.

- Yprésien et Lutétien :

Se sont des calcaires marneux noirâtres, parfois à intercalations décimétrique de calcaire gréseux roux situé au Nord.

- Paléocène :

Se sont des marnes à affleurement très réduites à la limite Ouest du bassin.

- Marnes finies Crétacées et Paléocènes:

Se sont des marnes qui affleurent au Nord du bassin.

- Séonien supérieur: cc

Le Companien supérieur et le Mæstrichtien, sont des calcaires lités en alternance avec des bancs marneux.

- Séonien supérieur: cb

Il est formé par des marnes à boules jaunes au Nord du bassin.

**e. Nappe du Djebel Sattor et unité éocènes à Nummulites et Huîtres**

Cette nappe est développée du Nord-Ouest du bassin jusqu'à la dépression située entre Djebel Zdim et Djebel Hsane.

- Miocène marin- transgressif:

Se sont des conglomérats surmontés de grés calcaireux roux.

- Lutétien:

Il s'agit des marnes à huîtres.

- Yprésien et Lutétien:

Ils sont constitués de calcaires à débris de gastéropodes et lamellibranche.

### II.2.3. Ensemble allochtone Sud- Sétifien

- Miocène marin transgressif:

Il débute par des conglomérats rougeâtres puis au-dessus on retrouve des calcaires gréseux qui se terminent par des marnes.

- Séonien:

Il affleure au Nord de Dj. Sekrine et au Dj. Kalaoun, il s'agit de calcaires qui débutent par un haut Harground à l'Ouest de Dj. Zdim.

- Cénomaniens et Turoniens:

Il est constitué par une formation carbonatée et par des niveaux dolomitiques.

- Albien et Vraconien:

Il correspond à un ensemble à dominance marneuse.

- Aptien marneux:

Il est formé en grande partie par des marnes jaunes.

- Barrémien:

C'est une série complexe composée de calcaire, de dolomies et de grès avec de minces intercalations argileuses ou marneuses.

- Néoconien:

Il correspond à des argiles ou des marnes.

- Jurassique supérieur:

C'est une masse calcaire massive en gros bancs

- Jurassique dolomitique indifférencié:

Il est caractérisé par un envahissement dolomitique.

- Dogger calcaire:

Au Dj. Sekrine on observe, au-dessus des dolomites des calcaires gris en petits bancs à grain fin.

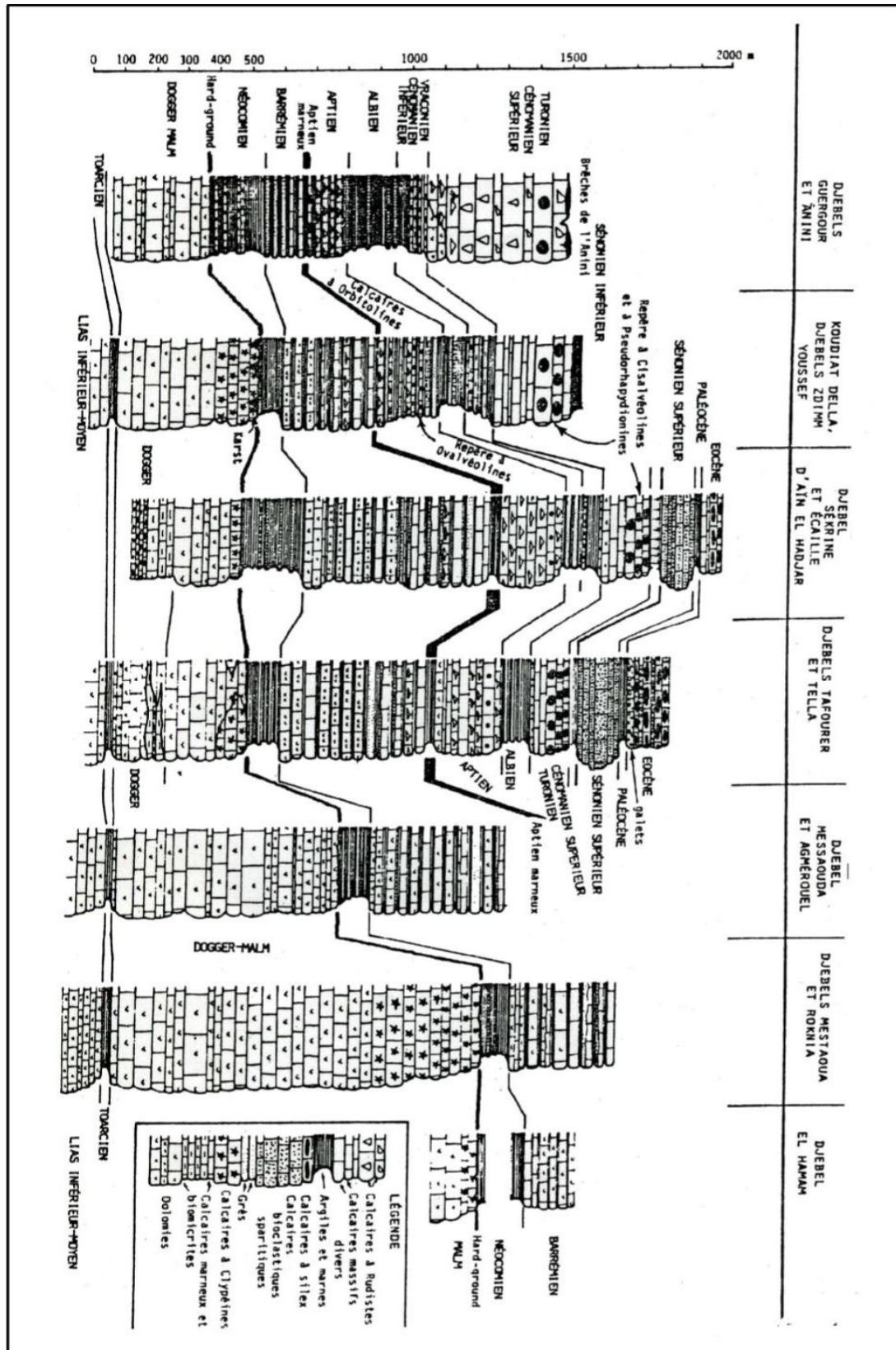
- Lias:

Il correspond à une mince série argilo-marneuse.

### II.2.4. Parautochtone et autochtone Hodnneés

- Miocène marin transgressif:

Le Miocène débute par des poudingues rouges et des grès au-dessus desquels se développe une série marneuse.



Source. A.Malika, mémoire de magistère, univ-Batna ,2006

Figure 9. Tableau de corrélation des séries typiques de l'ensemble Sud-sétifien (J. M. Villa, 1980)

- Lutétien supérieur:

Il débute par des niveaux dolomitiques massifs au-dessus desquels vient une série de calcaires grisâtres, lités, marneux ou gréseux alternant avec des marnes grises.

- Ypréso- lutétien:

Il est constitué essentiellement par des calcaires à silex et des niveaux phosphatés.

- Paléocène:

Le Tertiaire débute par des marnes sombres attribuées au Damo-montien.

- Sénonien supérieur:

Le Campanien débute par une série marneuse riche en intercalation de lumachelles. Le Mæstrichtien au Sud-ouest de Ras El-oued correspond à des calcaires compacts à intercalations marneuses.

- Sénonien inférieur:

Il est composé de marnes, de dolomies et de calcaires marneux.

- Turonien:

Au Sud-ouest du bassin, la série est calcaro-dolomitique.

- Cénomaniens:

Débute par une série marneuse au-dessus, le Cénomaniens supérieur est représenté à l'Ouest par des calcaires marneux, le Turonien présente des faciès analogues et n'a pas pu être isolé.

- Vraconien Albien:

L'Albien franc est représenté dans les monts du Hodna par des calcaires noduleux avec des marnes grises.

- Barrémien:

C'est une puissante série calcaro- dolomitique et gréseuses à minces intercalations argileuses ou marneuses.

- Aptien marneux:

C'est une série de masse gréseuse.

- Néocomien pélitique:

Il débute par des pelites à intercalations macro- calcaires, le Vallanginien est caractérisé par les pelites à intercalations gréseuses.

- Jurassique et Berriasien pélagiques:

C'est un ensemble marneux et surtout marno-calcaire riches en microfaune pélagique et en ammonites. C'est une masse calcaro-dolomitique à faciès oolitique, le Domérien est représenté au sommet par des calcaires à silex, le Toarcien transgressif est représenté par un faciès marneux.

### **II.2.5. Trias exotique ou extrusif**

En dehors des secteurs autochtones méridionaux où le Trias occupe une position anticlinale clairement extrusive, les masses broyées argilo-gypseuses des Trias jalonnent, les contacts anormaux tangentiels, il englobe les débris de taille variée généralement broyés représentant le Trias moyen et l'infra Lias.

## **III. Les mouvements tectoniques**

Les structures actuelles du bassin de l'oued Boussellam sont la conséquence d'une tectonique intense, il s'agit de failles, de plis, de chauvechement et de nappes de charriage.

### **III.1. Failles**

Les failles sont très nombreuses et visibles sur les formations carbonatées des limites, l'analyse des grands réseaux de faille permet de distinguer plusieurs ensembles :

- Un ensemble de failles de direction Est- ouest qui domine à l'Est surtout à Dj. Youcef et Haddjar Labiad.
- Un ensemble de failles de direction Nord-ouest et Nord-est à Sud Ouest surtout à Dj. Megriss, Matrona et Youcef.
- Un ensemble de failles de direction Nord- sud qui affectent Dj. Zdim et le Crétacé du Dj. Haddjar Labiad suit un Flanc Est.

### **III.2. Les plis:**

Les plis sont rencontrés sous forme:

- D'anticlinaux qui forment l'ensemble des hauts reliefs et présentent deux axes de direction:
  - Soit Nord- ouest, Sud- est comme à djebel Sekrine.
  - Soit Nord- est, Sud- ouest comme Dj. Haddjar Labiad.

Les synclinaux forment en général les dépressions, ces anticlinaux et synclinaux sont fréquents surtout au Sud à Dj Kennder.

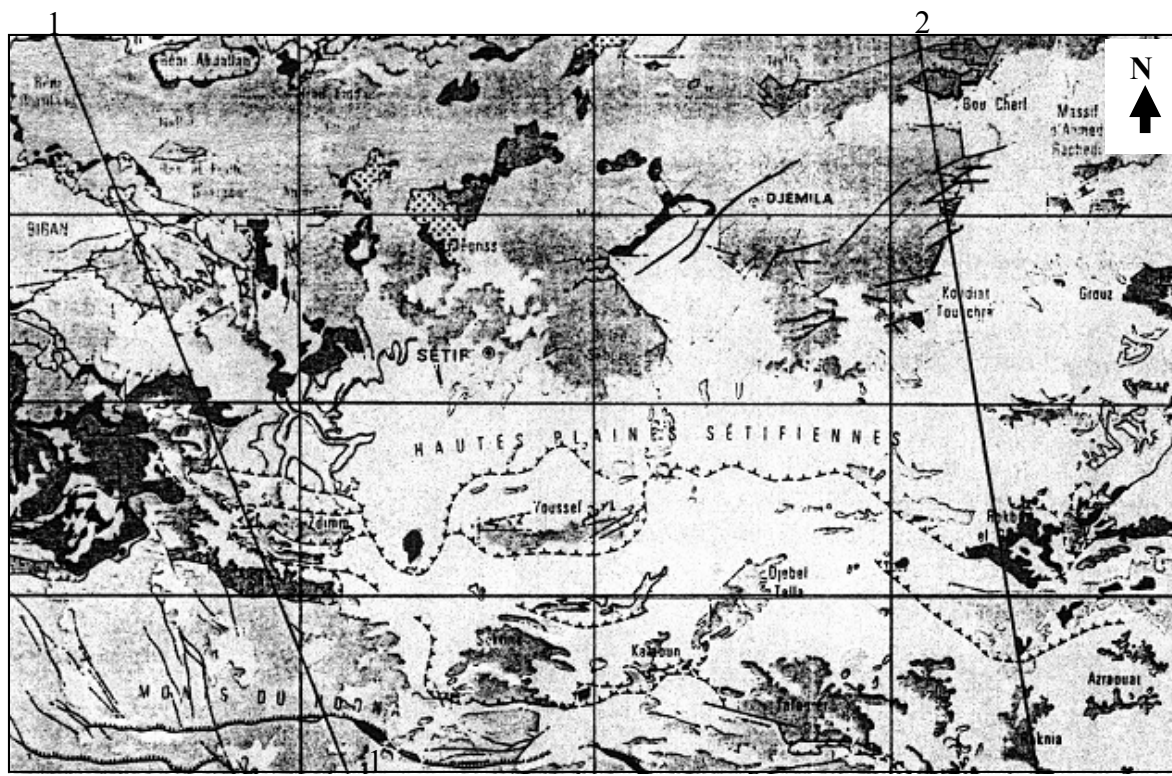
### **III.3. Tectonique tangentielle**

Le sous-bassin est traversé de l'Est à l'Ouest par plusieurs contacts anormaux qui traversent toute la surface du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest. Le pointement du Trias à proximité de contact anormal, laisse supposer qu'il aurait joué le rôle d'une semelle de glissement par sa construction plastique (marne, argile, gypse) ce qui a favorisé le glissement des nappes vers le Sud par une tectonique tangentielle (Fig. 10).

### **Conclusion**

L'étude géologique du bassin en question a permis de distinguer plusieurs formations selon leurs degrés de perméabilité afin d'avoir une meilleure vision de l'influence de ce facteur sur l'écoulement des eaux.

Après l'étude lithologique du sous bassin de Boussellam, on a remarqué que la lithologie est en majorité composée des formations perméables (environ 90% de la surface totale planimétrée) et une partie semi-perméable ou imperméable (environ 10 % de la superficie totale).



En bistre : carroyage des coupures au 1/50 000

FORMATIONS PEU OU PAS TECTONISEES

- Quaternaire
- Mio-pliocène

NAPPE DES FLYSCHS

- ▨ Nappe numidienne
- ▨ Nappe des flyschs maurétanien et massylien

NAPPES TELLIENNES

- ▨ Nappe ultra-tellienne
- ▨ Nappe de type Barbacha
- ▨ Nappe de type Draa et Arba
- ▨ Nappe de type Beni Abdallah
- ▨ Nappe supérieur à matériel éocène
- ▨ Nappe bibanique
- ▨ Nappe de Djemila
- ▨ Nappe inférieur à matériel éocène
- ▨ Nappe du Djebel Sattor et unités éocènes à ..... et à Nummulites
- ▨ Nappe péri- tellienne

NAPPE NERITIQUE CONSTANTINOISE



ENSEMBLE ALLOCHTONE SUD-SETIFIEN



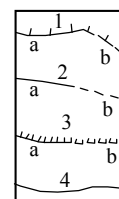
PARAUTOCHTONE ET AUTOCHTONE



TRIAS EXOTIQUE OU EXTRUSIF



SIGNES CONVENTIONNELS



- 1- Charriages et chevauchements
- 2- Principales failles
- 3- Chevauchements alpins du Hodna
- a- visibles b- cachés
- 4- Contact stratigraphiques

1 et 2 – tracé des coupes interprétatives eu 1/200 000

Echelle : 0 10 20 Km

Source. B.Ammar, mémoire de magistère, univ-Batna ,2001

Figure 10. Schéma structural simplifié de l'ensemble sétifien (in Boulguerager, 2009)

## **Chapitre III**

---

### Les caractéristiques hydroclimatiques

## **Introduction**

L'analyse et l'interprétation des conditions climatiques est très important parce qu'elles permettent d'analyser des facteurs importants comme la température et les précipitations qui conditionnent le bilan hydrologique et la recharge des aquifères surtout dans une zone connue des précipitations non négligeables.

### **I. Généralités sur le climat de la zone d'étude**

Le climat de la plaine de Boussellam est de type méditerranéen semi aride, caractérisé par un hiver relativement tempéré et un été chaud et sec, cette zone est également caractérisée par une saison pluvieuse qui s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril ou parfois Mai qui annonce la fin de la saison humide les précipitations dans cette zone offre des grandes quantités de la neige généralement pendant les mois de décembre et Février. Ainsi elle est caractérisée par la variabilité interannuelle des précipitations, où l'on remarque qu'une grande partie des pluies tombe sur cette zone en quelques semaines sous forme d'averses et puis de grandes sécheresses s'annoncent après des averses dont les fortes précipitations se localisent au Nord de la plaine où se trouve les hautes montagnes couvertes par les forêts comme celles des Babour.

#### **I.1. Les précipitations**

L'étude de la climatologie et beaucoup plus cette élément à pour mieux connaître la variabilité des précipitations et son effet sur la recharge de la nappe ainsi que les périodes de sécheresse sur la base des données pluviométriques de 12 stations pluviométriques (Tab. 8) implantées à travers la plaine, l'examen des données relatives à ces stations ont permis de constater que (Tab. 9 et 10):

- La répartition spatiale des stations pluviométriques est irrégulière.
- Les séries pluviométriques mises à notre disposition sont très hétérogènes.
- Les données sont collectées de plusieurs directions et institutions ainsi que des études précédentes dans cette zone.
- Les données des deux séries (l'ancienne et la récente) nous offre des données pour des périodes ne sont pas identiques.
- Pendant la décennie 1960-1970, on a une absence totale ou presque totale des données.

**Tableau 8.** Caractéristiques des stations pluviométriques

N°	Nom de la station	X(Km)	Y(Km)	Z(m)	Période ancienne	Période récente
01	Ain Azel	727008.9	3966836.8	923	1914 -1938	1990 -2012
02	Ain El Hadjar	729199.4	3980154.3	920	1922 -1962	/
03	Ain Oulmène	707256.8	3976989.3	960	1919 -1962	1987 -2007
04	Ain Roua	697006.4	4021060,7	1100	1927 -1938	/
05	Ain Zada	693312.0	4005376.4	960	/	1989 -2015
06	Bir El Arch	730126.0	4005005.1	1090	/	1972 -2007
07	Bir Kasd Ali	682494.7	4003879.4	980	1922 -1960	1989 -2007
08	Bougaâ	689440.0	4023605.6	886	1924 -1938	1970 -2010
09	El Eulma	742829.6	4005071.7	960	1913 -1952	1971 -2012
10	Ras El Ma	727484.3	3999847.2	1050	1922 -1958	1976 -2004
11	Sétif	717129.2	4008742.8	925	1913 -1968	1972 -2015
12	Tixter	691044.3	3990157.4	960	1922 -1960	1989 -2015

Coordonnées UTM

Source : ANRH Bordj Bou Arriredj et ANRH Constantine  
(Boulgueraguer. Z, 2009) modifié**Tableau 9.** Précipitations moyennes mensuelles interannuelles en mm (série ancienne)

Station	Période	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Ain Azel	1914-1938	32	57	41	39	41	35	45	29	51	31	9	17	427
Ain Lahdjar	1922-1962	30	37	33	33	29	26	30	33	41	14	6	14	326
Ain Oulmène	1919-1962	30	39	32	33	34	24	32	34	36	24	11	10	339
Ain Roua	1927-1938	40	54	57	110	111	83	81	67	56	30	10	11	710
Bir Kasd Ali	1922 -1960	29	36	41	49	40	43	38	36	43	18	7	7	387
Bougaâ	1924-1938	33	49	72	82	94	61	57	50	54	21	7	12	592
El Eulma	1913-1952	28	29	34	43	47	37	32	31	41	21	8	12	363
RasEl Ma	1922-1958	36	44	40	45	48	34	48	43	43	19	7	12	419
Sétif	1913-1968	34	38	43	51	52	38	38	35	44	28	11	17	429
Tixter	1922 -1960	30	31	42	37	39	38	38	35	48	19	7	13	377

(Boulgueraguer.Z, 2009) Modifié

**Tableau 10.** Précipitations moyennes mensuelles interannuelles en mm (série récente)

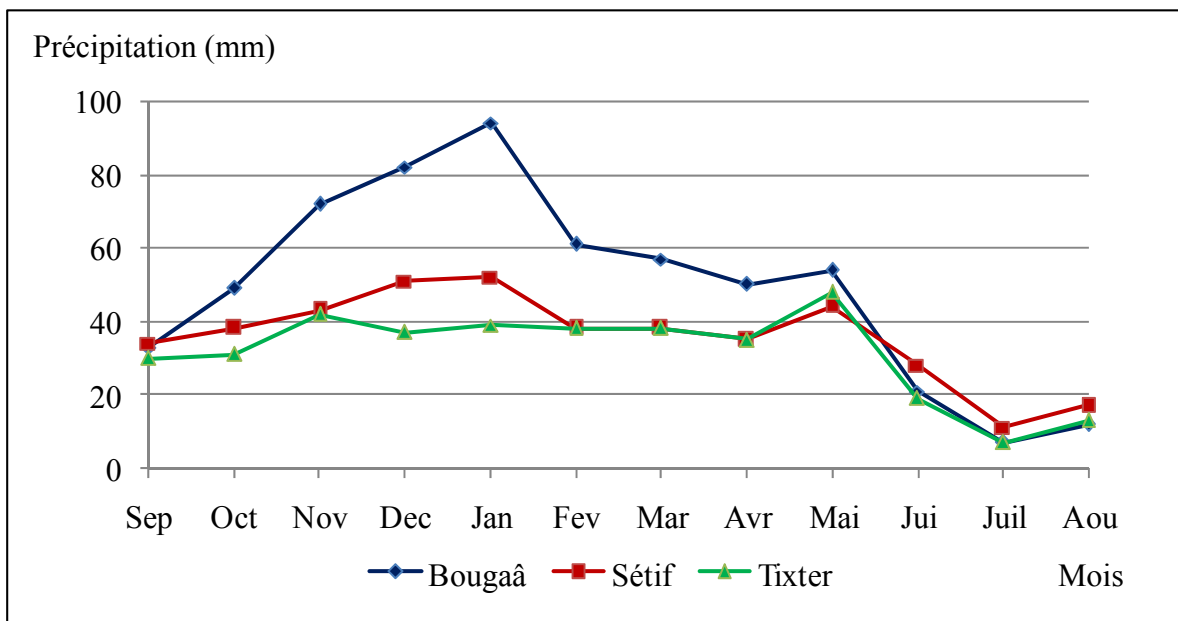
Station	Période	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Ain Azel	1990 -2012	34.12	20.64	29.36	28.45	36.11	21.80	31.22	36.54	41.01	19.54	4.25	12.98	316.02
Ain Oulmène	1987 -2007	33.66	27.42	29.48	46.10	30.59	22.17	29.12	36.54	42.85	27.99	10.49	15.37	352.78
Ain Zada	1989 -2015	37.36	16.84	32.15	32.68	37.15	37.39	28.47	35.84	33.98	21.45	12.87	11.23	337.41
Bir El Arch	1972 -2007	36.35	25.02	26.13	32.52	27.26	28.19	33.51	36.72	34.52	21.66	5.83	11.52	319.23
Bir Kasd Ali	1989 -2007	37.02	18.29	36.14	29.72	42.92	35.36	25.44	36.42	44.45	22.14	16.86	13.02	357.78
Bougaâ	1970 -2010	37.25	31.48	16.69	45.69	62.65	48.12	40.12	58.36	36.21	11.36	5.36	9.25	402.54
El Eulma	1971 -2012	33.36	27.68	33.12	42.95	47.68	42.78	41.69	43.65	38.15	26.98	3.14	16.48	397.66
Ras El Ma	1976 -2004	25.82	27.00	35.52	37.08	34.15	28.33	29.41	35.66	31.63	19.46	1.05	9.73	314.82
Sétif	1972 -2015	35.65	37.98	34.32	48.26	35.39	34.37	41.48	39.74	38.01	22.69	11.18	15.45	394.52
Tixter	1989 -2015	34.14	15.36	28.57	38.69	38.99	43.76	32.06	35.65	43.12	10.88	12.01	11.12	344.35

Source : ANRH Bordj Bou Arriredj et ANRH Constantine  
Boulguerager.Z, 2009 Modifié  
Données collectées de plusieurs sources (voir Annexe)

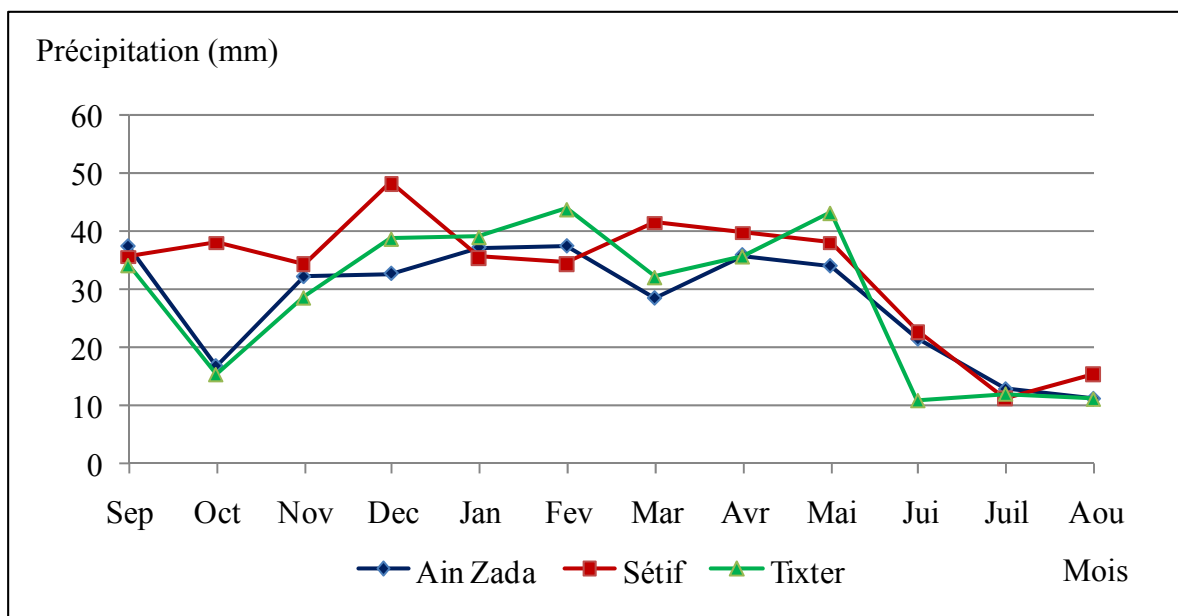
On comparant les deux séries nous observons que les précipitations de la série anciennes (Fig. 11) sont un peu plus fortes par rapport à la récente elles atteignent parfois 710 mm par/an comme le cas de la station de Ain Roua mais en générale il ya une équivalence entre les deux série en quantité de la pluie reçu.

Pour la station récente (Fig. 12) nous remarquons que les mois les moins pluvieux sont ceux de Juin, Juillet et Août à l'échelle mensuel avec un minimum de 1.05 mm enregistré au mois de Juillet à la station de Ras El Ma et un maximum de 26.98 mm enregistré au mois de Juin à la station de El Eulma. Par contre, les mois les plus pluvieux sont ceux de Décembre, Janvier et Février avec un minimum de 21.8 mm enregistré au mois de Février à la station de Ain Azel et un maximum de 62,65 mm enregistré au mois de Janvier à la station de Bougaa.

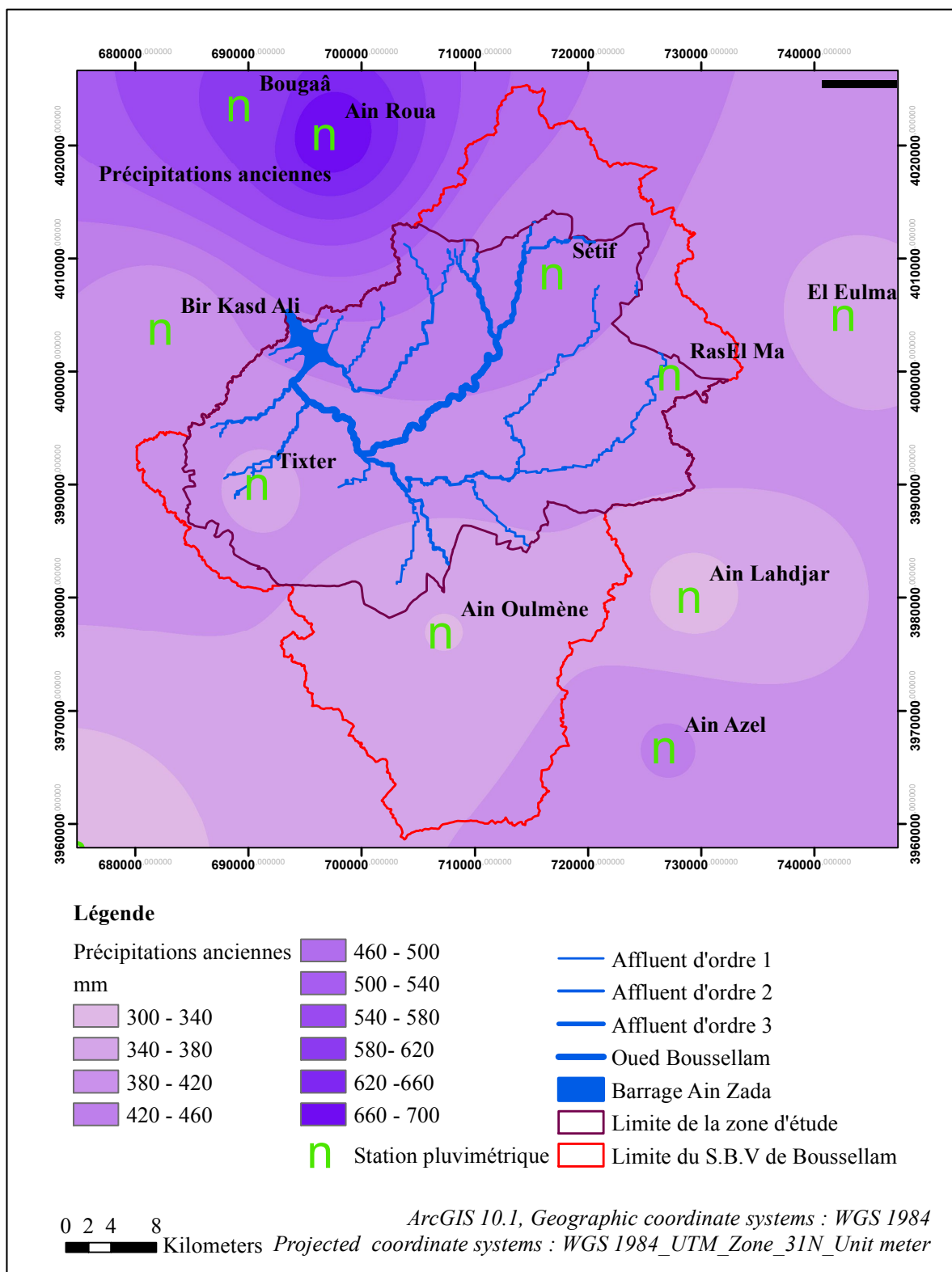
Les zones plus pluvieuses sont les régions montagneuses de l'extrême Nord de la région, reçoivent les plus fortes précipitations, avec un maximum de 710 mm enregistré à la station de Ain Roua par contre la partie centrale, reçoit moins de 350 mm avec un minimum de 377 mm enregistré à la station de Tixter dans la zone Sud et ça pour la période ancienne (Fig. 13 et 14).



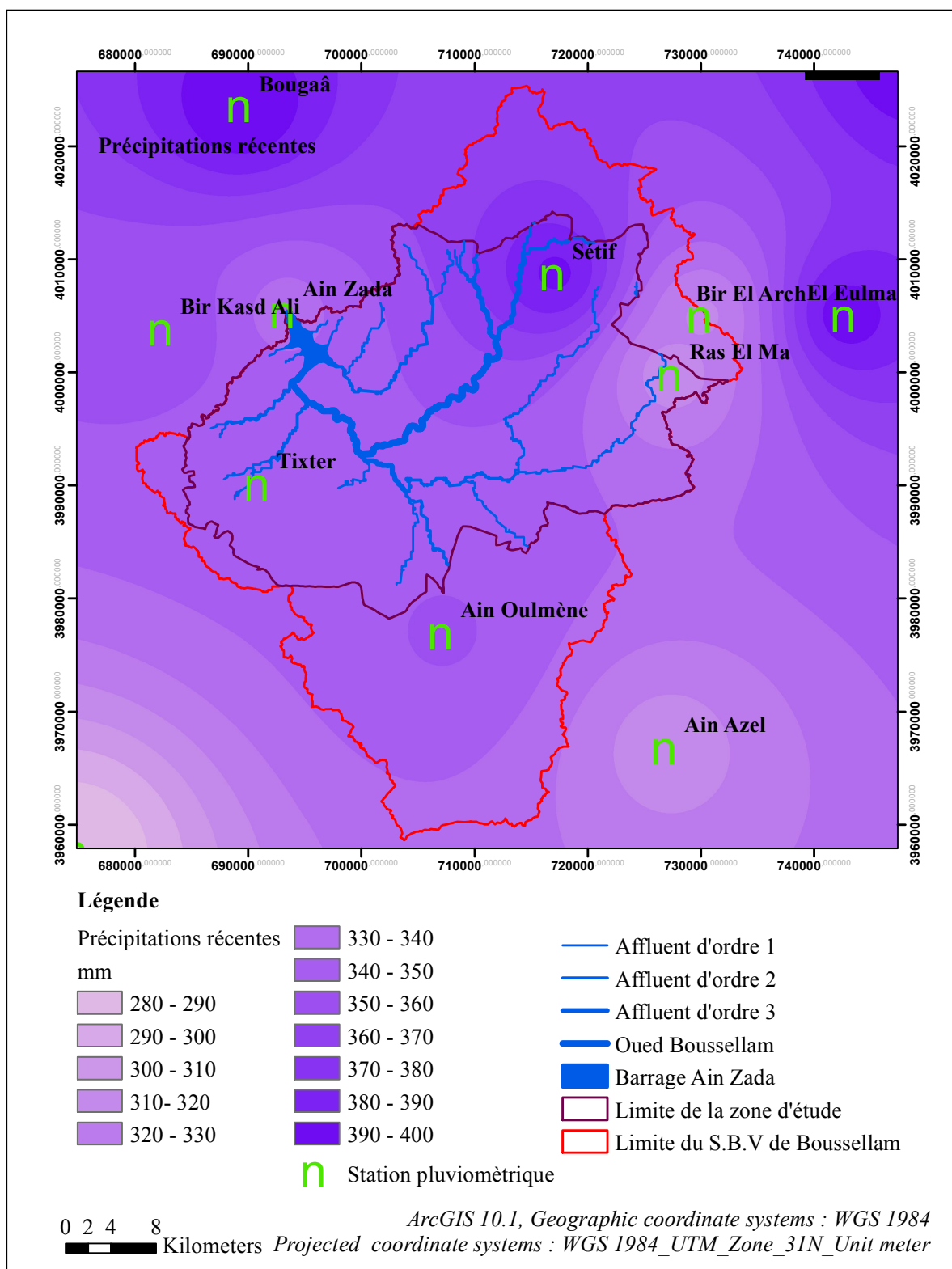
**Figure 11.** Variations des précipitations moyennes mensuelles interannuelles (Série ancienne)



**Figure 12.** Variations des précipitations moyennes mensuelles interannuelles (Série récente)



**Figure 13.** Précipitations moyennes interannuelles des stations pluviométriques de la zone d'étude (Série ancienne)



**Figure 14.** Précipitations moyennes interannuelles des stations pluviométriques de la zone d'étude (Série récente)

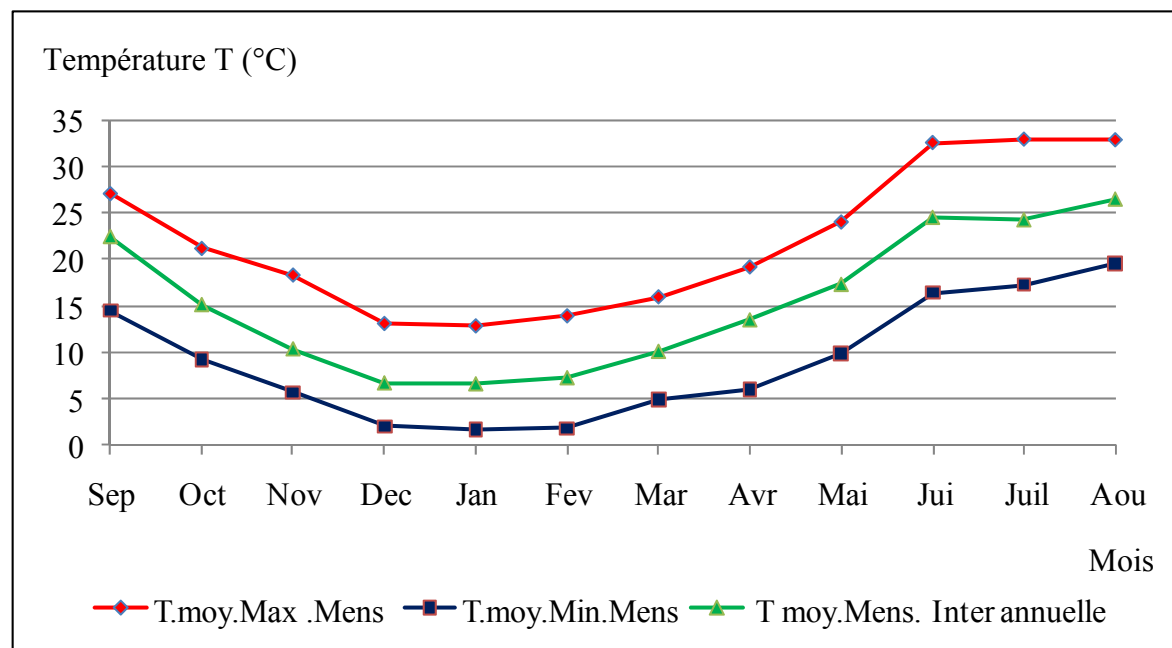
### I.2. Les températures

L'étude des températures est d'un grand intérêt, car elle permet de quantifier l'évaporation et par conséquent les conditions d'alimentation des aquifères profonds et la concentration des sels dissous dans leurs eaux et de préciser les limites de la thermalité.

Dans notre étude nous examinerons d'une manière générale les températures qui ont été enregistrées pendant la période récente (Tab. 11, 12 et 13), ces températures concernent celles des stations d'Ain Zada, Sétif, et Tixter (Fig. 15, 16 et 17).

**Tableau 11.** Températures moyennes mensuelles interannuelles de la station d'Ain Zada

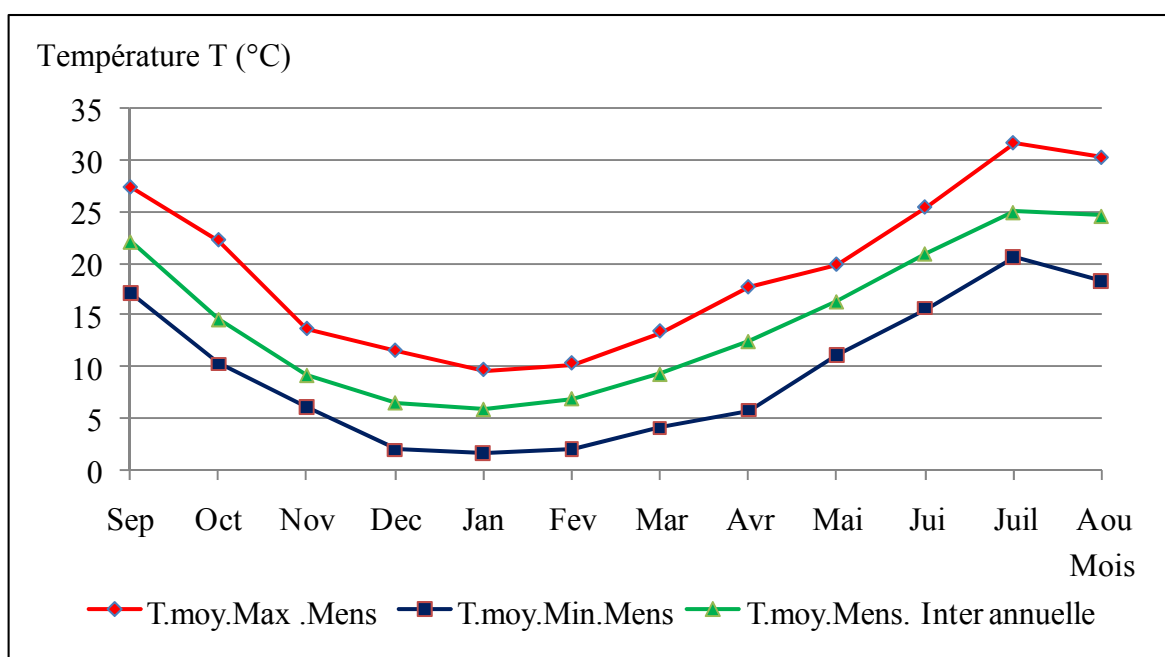
Ain Zada 1989 -2015	T (°C)	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Moyenne annuelle
	T.moy.Mens Max	27,14	21,23	18,36	13,14	12,88	13,96	/
	T.moy.Mens Min	14,50	9,24	5,69	1,99	1,65	1,78	/
	T moy Mens	22,45	15,12	10,35	6,68	6,58	7,24	/
	T (°C)	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Moyenne annuelle
	T.moy.Mens Max	16,01	19,24	24,08	32,65	33,02	32,95	22,05
	T.moy.Mens Min	4,88	5,94	9,85	16,47	17,32	19,65	9,08
	T moy Mens	10,08	13,47	17,29	24,51	24,25	26,48	14,62



**Figure 15.** Variations des températures moyennes mensuelles à la station d'Ain Zada (1989/1990 -2014/2015)

**Tableau 12.** Températures moyennes mensuelles interannuelles de la station de Sétif

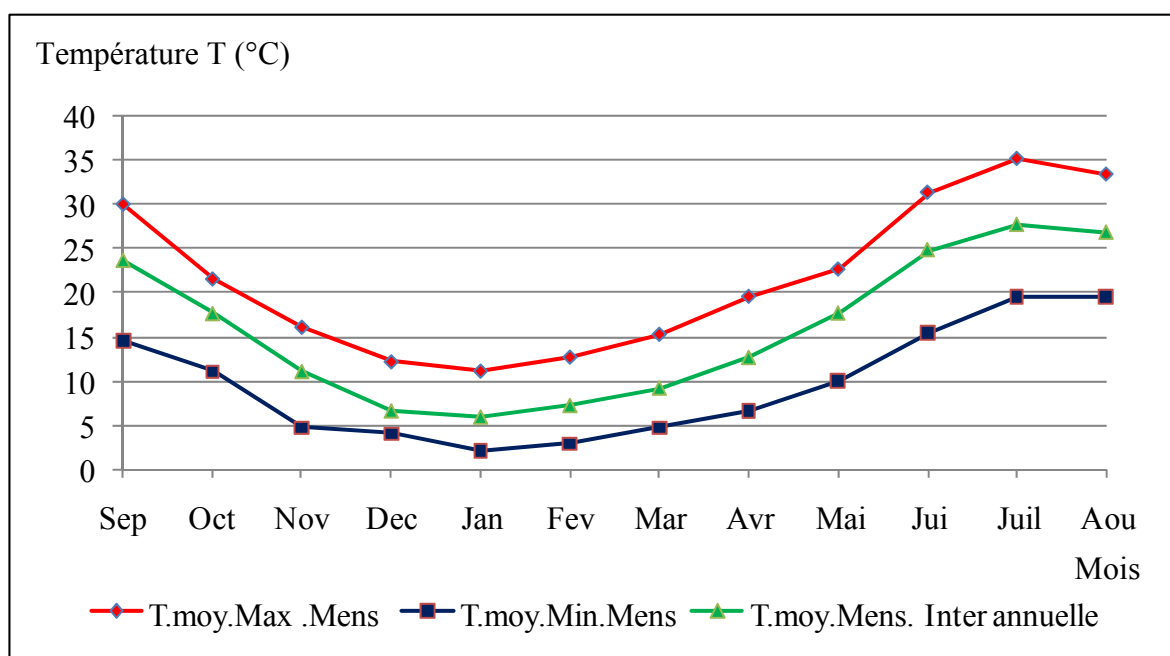
Sétif 1972 -2015	T (°C)	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Moyenne annuelle
	T.moy.Mens Max	27,36	22,25	13,65	11,54	9,68	10,32	/
	T.moy.Mens Min	17,14	10,25	6,09	1,88	1,57	2,05	/
	T moy Mens	22,14	14,58	9,15	6,47	5,84	6,88	/
	T (°C)	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Moyenne annuelle
	T.moy.Mens Max	13,41	17,69	19,88	25,42	31,65	30,23	19,42
	T.moy.Mens Min	4,06	5,75	11,09	15,68	20,65	18,35	9,53
	T moy Mens	9,25	12,45	16,32	20,99	25,02	24,65	14,47



**Figure 16.** Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Sétif (1971/1972-2014/2015)

**Tableau 13.** Températures moyennes mensuelles interannuelles de la station de Tixter

Tixter 1989 -2015	T (°C)	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Moyenne annuelle
	T.moy.Mens Max	30,05	21,54	16,05	12,12	11,06	12,65	/
	T.moy.Mens Min	14,63	11,05	4,65	3,98	1,99	2,86	/
	T moy Mens	23,63	17,62	11,08	6,63	5,94	7,24	/
	T (°C)	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Moyenne annuelle
	T.moy.Mens Max	15,25	19,57	22,67	31,42	35,26	33,48	21,76
	T.moy.Mens Min	4,63	6,55	10,04	15,46	19,64	19,56	9,58
	T moy Mens	9,22	12,66	17,68	24,85	27,69	26,82	15,92

**Figure 17.** Variations des températures moyennes mensuelles à la station de Tixter (1989/1990-2014/2015)

Cette étude montre que les températures moyennes interannuelles diffèrent légèrement d'une station à l'autre, celles-ci diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la zone d'étude. Les mois les plus froids sont : Novembre, Décembre, Janvier, Février Mars et Avril, durant ces mois on enregistre les températures les plus basses, quand à celles du reste des mois, elles sont plus élevées. La température moyenne minimale est enregistrée au mois de Janvier à la station de Sétif avec 1.57 °C et la température moyenne maximale est enregistrée au mois de Juillet à la station de Tixter avec 35.26 °C.

### I.3. Relation température-précipitation (Tab. 14, 15 et 16)

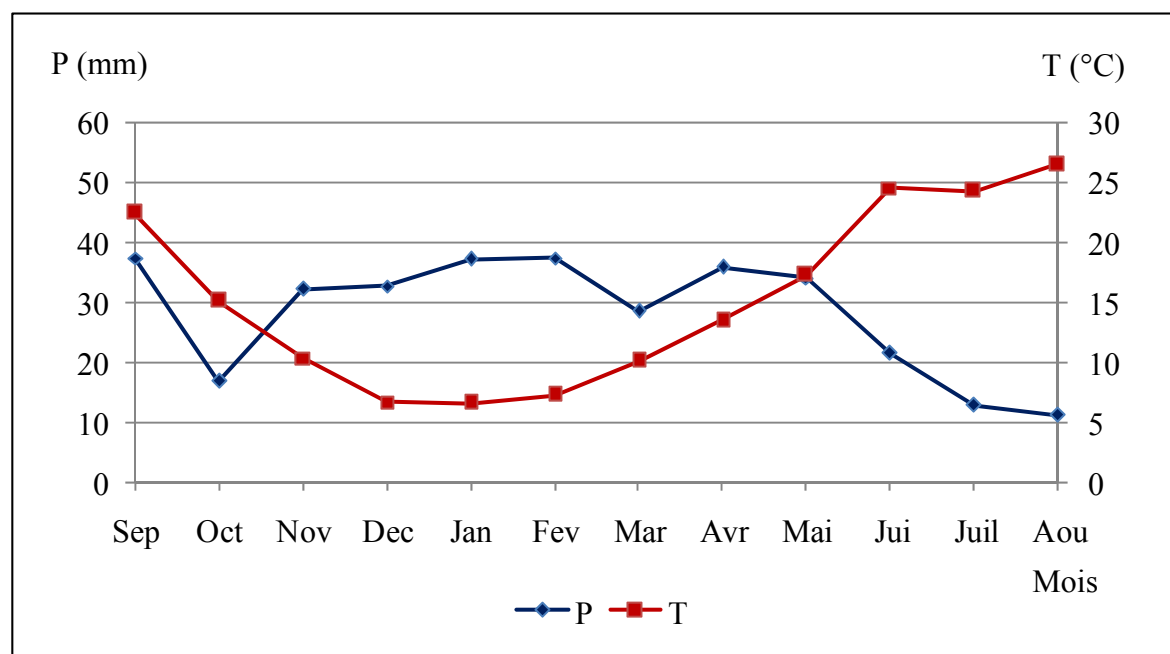
#### I.3.1. Diagramme ombro-thermique

Les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations selon la définition de Gaussen (1958). Une période sèche est une période humide pendant laquelle les précipitations totales du mois sont inférieures ou égales au double de la température ( $P \leq 2T$ ).

Cette relation permet d'établir un diagramme Ombro-thermique représenté dans les figures 18, 19 et 20.

**Tableau 14.** Relation Température-précipitation selon la station d'Ain Zada

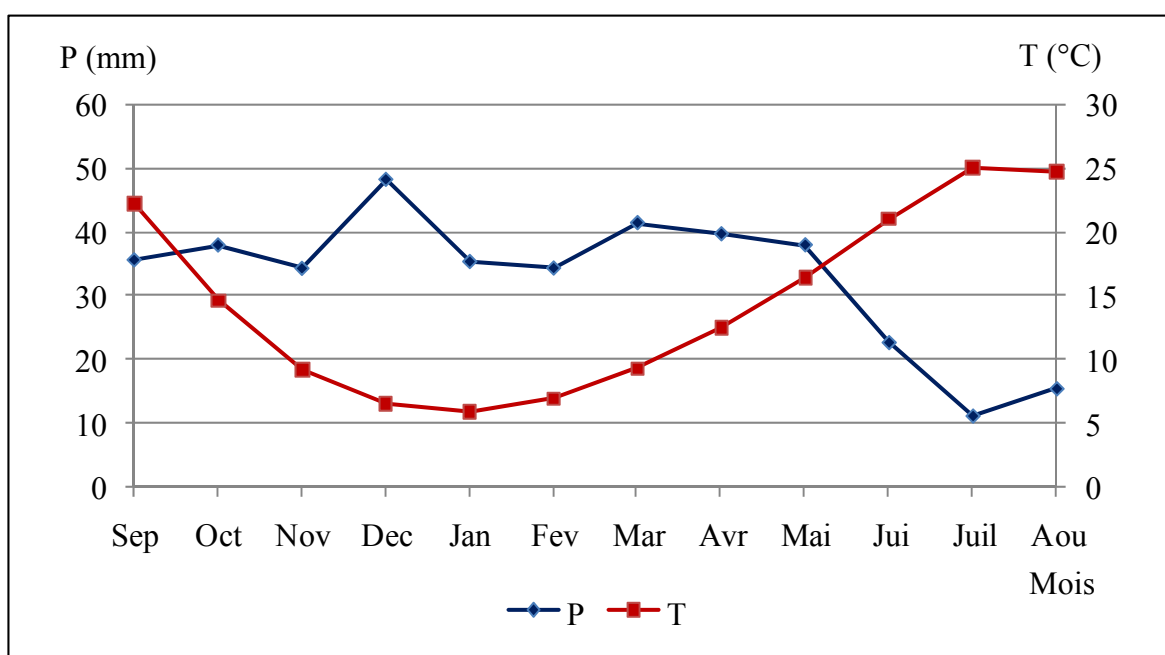
<b>Ain Zada 1989 -2015</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Sept.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>	<b>Janv.</b>	<b>Fév.</b>
	P (mm)	37.36	16.84	32.15	32.68	37.15	37.39
	T.moy.Mens	22,45	15,12	10,35	6,68	6,58	7,24
	<b>T (°C)</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil.</b>	<b>Août</b>
	P (mm)	28.47	35.84	33.98	21.45	12.87	11.23
	T.moy.Mens	10,08	13,47	17,29	24,51	24,25	26,48



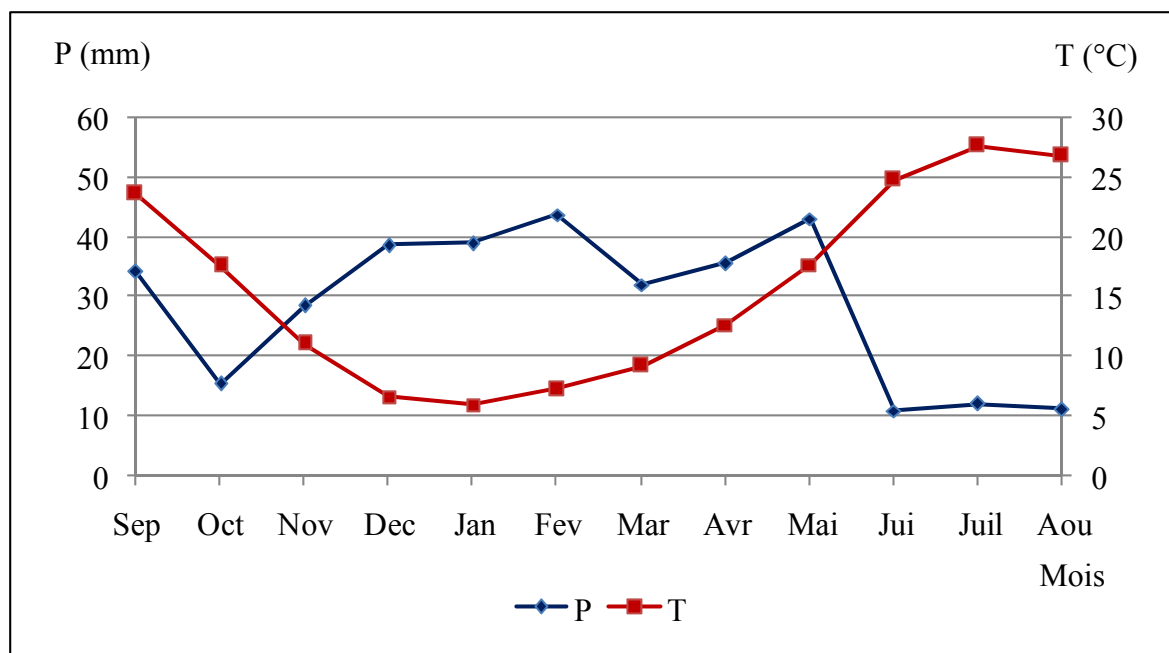
**Figure 18.** Diagramme Ombro-thermique de la station d'Ain Zada

**Tableau 15.** Relation Température-précipitation selon la station de Sétif

<b>Sétif 1972 -2015</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Sept.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>	<b>Janv.</b>	<b>Fév.</b>
	P (mm)	35.65	37.98	34.32	48.26	35.39	34.37
	T moy Mens	22,14	14,58	9,15	6,47	5,84	6,88
	<b>T (°C)</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil.</b>	<b>Août</b>
	P (mm)	41.48	39.74	38.01	22.69	11.18	15.45
	T moy Mens	9,25	12,45	16,32	20,99	25,02	24,65

**Figure 19.** Diagramme Ombro-thermique de la station de Sétif**Tableau 16.** Relation Température-précipitation selon la station de Tixter

<b>Tixter 1989 -2015</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Sept.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>	<b>Janv.</b>	<b>Fév.</b>
	P (mm)	34.14	15.36	28.57	38.69	38.99	43.76
	T moy Mens	23,63	17,62	11,08	6,63	5,94	7,24
	<b>T (°C)</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil.</b>	<b>Août</b>
	P (mm)	32.06	35.65	43.12	10.88	12.01	11.12
	T moy Mens	9,22	12,66	17,68	24,85	27,69	26,82



**Figure 20.** Diagramme Ombro-thermique de la station de Tixter

La saison sèche est d'une grande importance pour mieux connaître la période déficitaire en eau, afin de pouvoir répondre aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable, les diagrammes Ombro-thermique analysés sont ceux des stations d'Ain Zada, Sétif, et Tixter.

La période sèche s'étale sur une période de dix mois pour la station d'Ain Zada, de Mai jusqu'à Octobre (Fig. 18), et la même période pour la Station de Sétif (Figure 19) et du mois de Juin au mois de Novembre pour la station de Tixter (Fig. 20).

### I.3.2. Méthode d'Euverte (humidité du sol)

Le rapport P/T établi mensuellement permet de connaître l'évolution de l'humidité du sol, Ainsi quatre régimes sont définis:

- Très sec (TS) où  $P/T < 1$
- Sec (S) où  $1 < P/T < 2$
- Sub-humide (SH) où  $2 < P/T < 3$
- Humide (H) où  $P/T > 3$

**Tableau 17.** Evaluation de l'humidité du sol selon la station d'Ain Zada

<b>Ain Zada 1989 -2015</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Sept.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fév.</b>
	P (mm)	37.36	16.84	32.15	32.68	37.15	37.39
	T moy Mens	22,45	15,12	10,35	6,68	6,58	7,24
	P/T	1,66	1,11	3,10	4,89	5,64	5,16
	<b>T (°C)</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil.</b>	<b>Août</b>
	P (mm)	28.47	35.84	33.98	21.45	12.87	11.23
	T moy Mens	10,08	13,47	17,29	24,51	24,25	26,48
	P/T	2,82	2,66	1,96	0,87	0,53	0,42

**Tableau 18.** Evaluation de l'humidité du sol selon la station de Sétif

<b>Sétif 1972 -2015</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Sept.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fév.</b>
	P (mm)	35.65	37.98	34.32	48.26	35.39	34.37
	T moy Mens	22,14	14,58	9,15	6,47	5,84	6,88
	P/T	1,61	2,60	3,75	7,45	6,05	4,99
	<b>T (°C)</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil.</b>	<b>Août</b>
	P (mm)	41.48	39.74	38.01	22.69	11.18	15.45
	T moy Mens	9,25	12,45	16,32	20,99	25,02	24,65
	P/T	4,84	3,19	2,32	1,08	0,44	0,62

**Tableau 19.** Evaluation de l'humidité du sol selon la station de Tixter

<b>Tixter 1989 -2015</b>	<b>T (°C)</b>	<b>Sept.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>	<b>Janv.</b>	<b>Fév.</b>
	P (mm)	34.14	15.36	28.57	38.69	38.99	43.76
	T moy Mens	23,63	17,62	11,08	6,63	5,94	7,24
	P/T	1,44	0,87	2,57	5,83	6,56	6,04
	<b>T (°C)</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil.</b>	<b>Août</b>
	P (mm)	32.06	35.65	43.12	10.88	12.01	11.12
	T moy Mens	9,22	12,66	17,68	24,85	27,69	26,82
	P/T	3,47	2,81	2,43	0,43	0,43	0,41

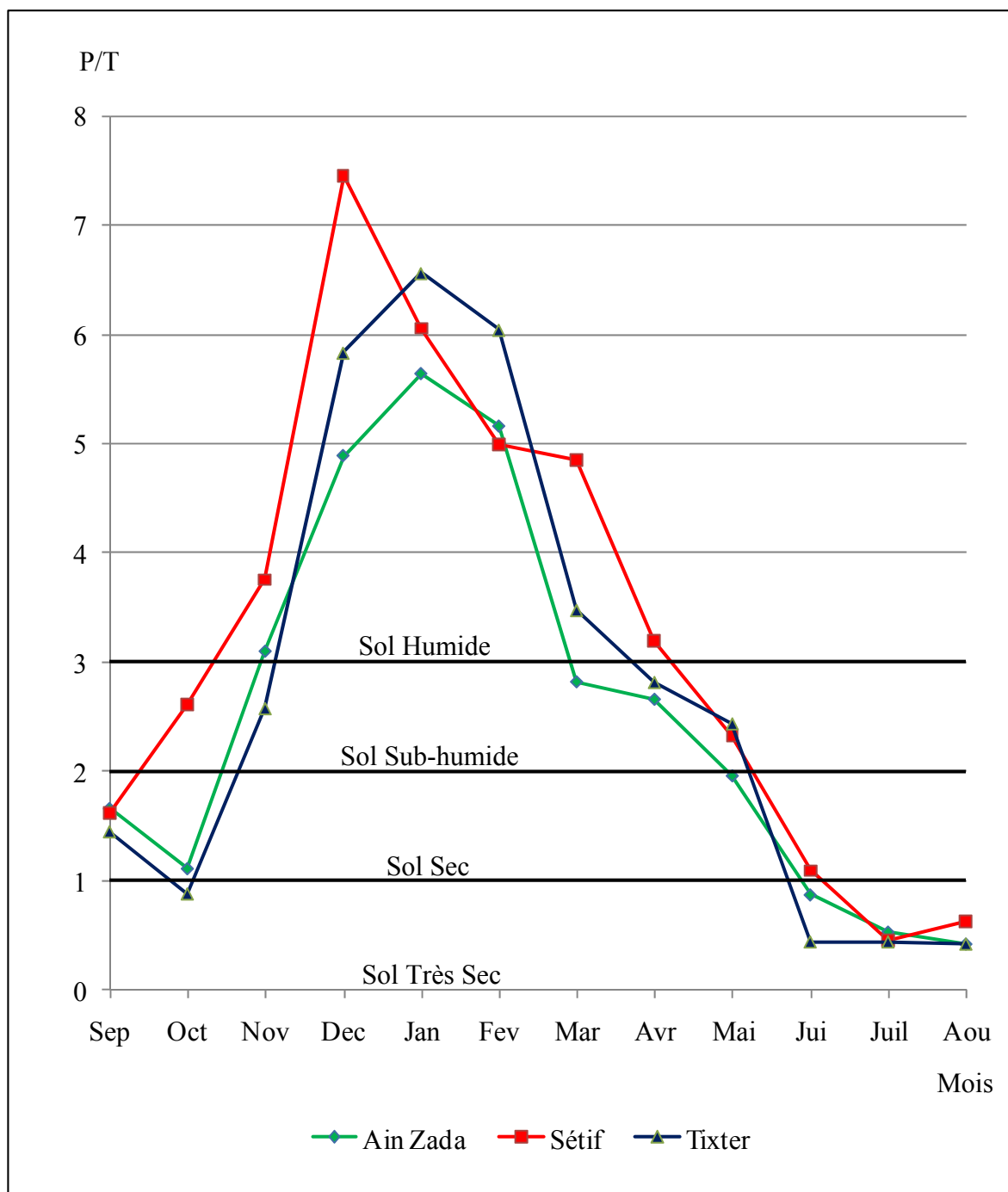
L'interprétation des trois tableaux et la figure 21, montre que la période très sec du sol est presque identique dans les trois stations et c'est la saison d'été (Juillet et Août), sauf la station de Tixter (Juin, Juillet et Août) et la période sèche du sol observé au Juin pour les station d'Ain Zada, et Sétif et au mois d'Octobre exceptionnellement pour la station de Tixter, par contre la période humide et sub-humide occupe tous le reste de l'année où  $P/T > 3$ , déterminée par la méthode de G. Euvert.

#### **I.4. Les indices climatiques**

Dans le présent paragraphe nous essayerons d'évaluer les indices climatiques et de classer la zone d'étude selon ces indices.

Il existe beaucoup de méthodes et de formules qui permettent d'évaluer les indices climatiques, nous citons celle de De Martonne, d'Emberger, de Moral, de Stewart et celle d'Euverte.

Pour notre cas nous nous contenterons de calculer l'indice d'aridité annuel de De Martonne et l'indice pluviométrique annuel de Moral et cela en se basant sur les températures mesurées dans les stations d'Ain Zada, Sétif et Tixter.



**Figure 21.** Indice d'Euverte de la zone d'étude

### I.5. Indice d'aridité de De Martonne

Cet indice proposé par De Martonne en 1923 est fondé sur le régime des précipitations et sur les températures, il est calculé par la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Où:

I: indice d'aridité annuelle de De Martonne.

P: précipitations moyennes annuelles (mm).

T: température moyenne annuelle (°C).

Selon De Martonne:

- pour les valeurs inférieures à 5 on est en présence d'un régime hyper aride.
- pour des valeurs de I comprises entre 5 et 10 on est en présence d'un régime désertique.
- pour des valeurs de I comprises entre 10 et 20 on est en présence d'un régime semi aride, mais tout dépend de la répartition saisonnière des pluies.

Les différentes valeurs de l'indice d'aridité calculé selon la formule de De Martonne sont portées dans le tableau 20.

**Tableau 20.** Indice d'aridité de De Martonne

Station	Période	P (mm)	T (°C)	I	Climat
<b>Ain Zada</b>	1989 -2015	337.41	14,62	13,70	Semi aride
<b>Sétif</b>	1972 -2015	394.52	14,47	16,12	Semi aride
<b>Tixter</b>	1989 -2015	344.35	15,92	13,28	Semi aride

La valeur la plus élevée est observée dans la station de Sétif et la valeur minimale est observée dans la station de Tixter, selon cet indice la zone d'étude est une zone ayant un climat semi aride. Pour préciser les conditions de la semi-aridité estivale, les élèves de De Martonne avaient proposé l'utilisation d'un indice d'aridité mensuel et dont la relation est la suivante :

$$I = \frac{12P}{T + 10}$$

Où:

P: précipitations du mois considéré; multiplié par 12, pour rendre cet indice comparable à l'indice annuel (mm).

Un abaque donné par De Martonne permet de représenter les différentes stations (Fig. 22), l'ensemble des stations étudiées se trouve dans la zone à régime semi aride à écoulement temporaire.

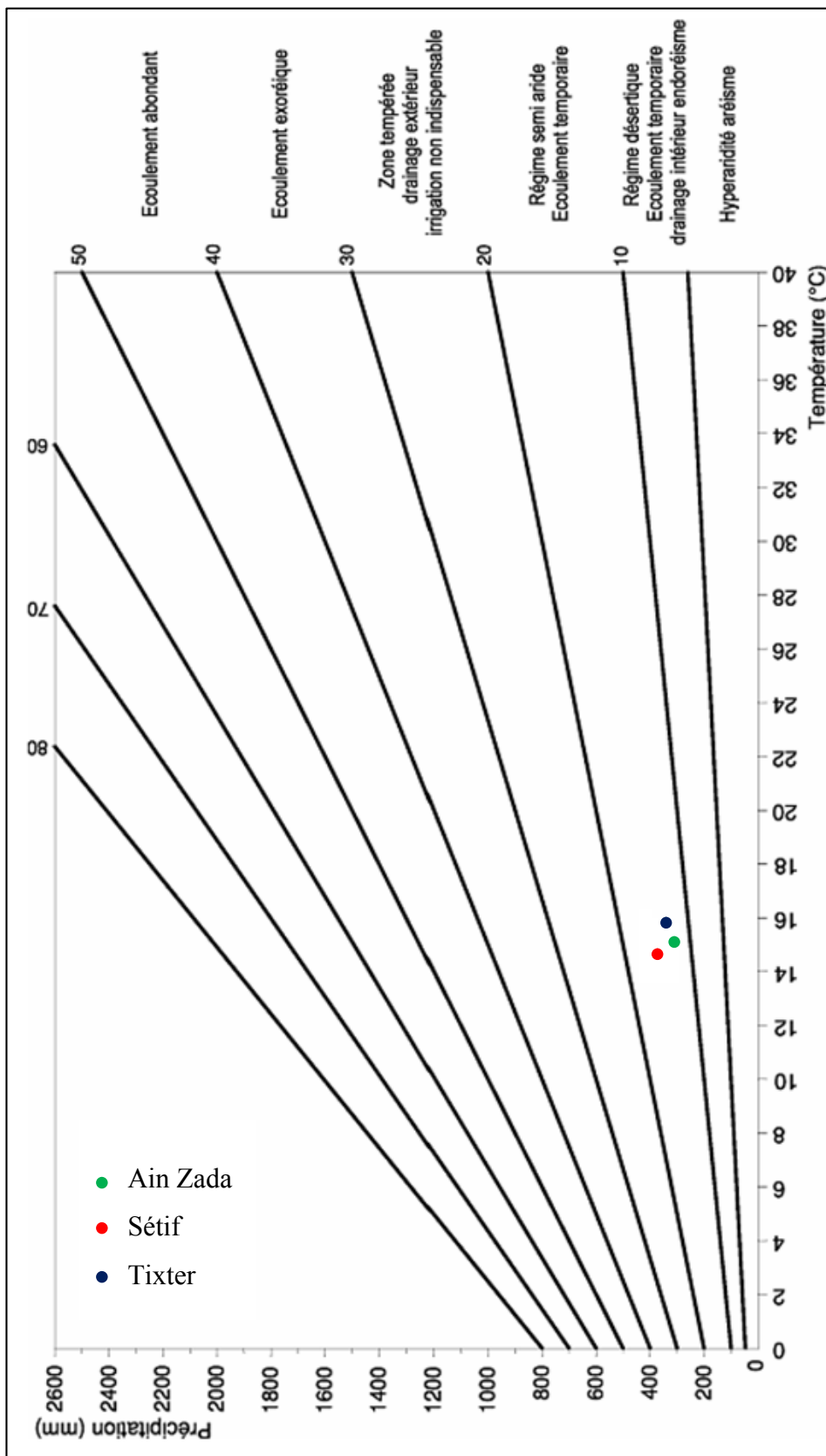


Figure 22. Indice de De Martonne

### I.6. Le quotient pluviométrique annuel de Moral

Moral propose en 1964 d'utiliser la relation :

$$I_A = \frac{P}{T^2 - 10T + 200}$$

Où :

$I_A$ : quotient pluviométrique de Moral.

P: précipitations moyennes annuelles (mm).

T: température moyennes annuelles (°C).

Cet indice pluviométrique utilise également la hauteur annuelle des précipitations (P en mm) et les températures moyennes annuelles (T en °C) pour délimiter l'humidité et la sécheresse.

Avec :

$I_A = 1$ , on est à la limite de la zone aride

$I_A < 1$ , on est dans un climat sec

Les différentes valeurs de l'indice d'aridité calculé selon la relation de Moral sont portées dans le tableau 21.

**Tableau 21.** Indices d'aridité de Moral

Station	Période	P (mm)	T (°C)	$I_A$
Ain Zada	1989 -2015	337.41	14,62	1,26
Sétif	1972 -2015	394.52	14,47	1,49
Tixter	1989 -2015	344.35	15,92	1,17

La valeur la plus élevée est observée dans la station de Sétif et la valeur minimale est observée dans la station de Tixter, selon cet indice la zone d'étude est une zone ayant un climat semi aride.

## 2. Bilans hydrologiques

### 2.1. Bilan hydrologique de Thornthwaite (Tab. 22, 23 et 24)

Le bilan hydrologique établi mensuellement selon la méthode de C.W. Thornthwaite a l'avantage d'estimer pour chaque mois: l'évapotranspiration réelle ETR, la réserve facilement utilisable RFU, le déficit agricole  $D_a$  et l'excédent  $Ex$ , la réserve facilement utilisable RFU est calculée par la formule de Hallaire (1960) donnée ci-dessous:

$$RFU = \frac{1}{3} Da * He * Pr$$

Où :

RFU: la réserve facilement utilisable (m)

Da : densité apparente du sol prise égale à 1,4

He : capacité de rétention prise égale à 0,3

Pr : profondeur des racines prise égale à 0,4 m

La RFU ainsi calculée pour la région est égale à 56 mm, alors on utilise RFU= 50mm.

Les bilans hydrologiques, selon la méthode de Thornthwaite, pour chaque station sont portés dans les tableaux suivant engendrés par leurs représentations graphiques.

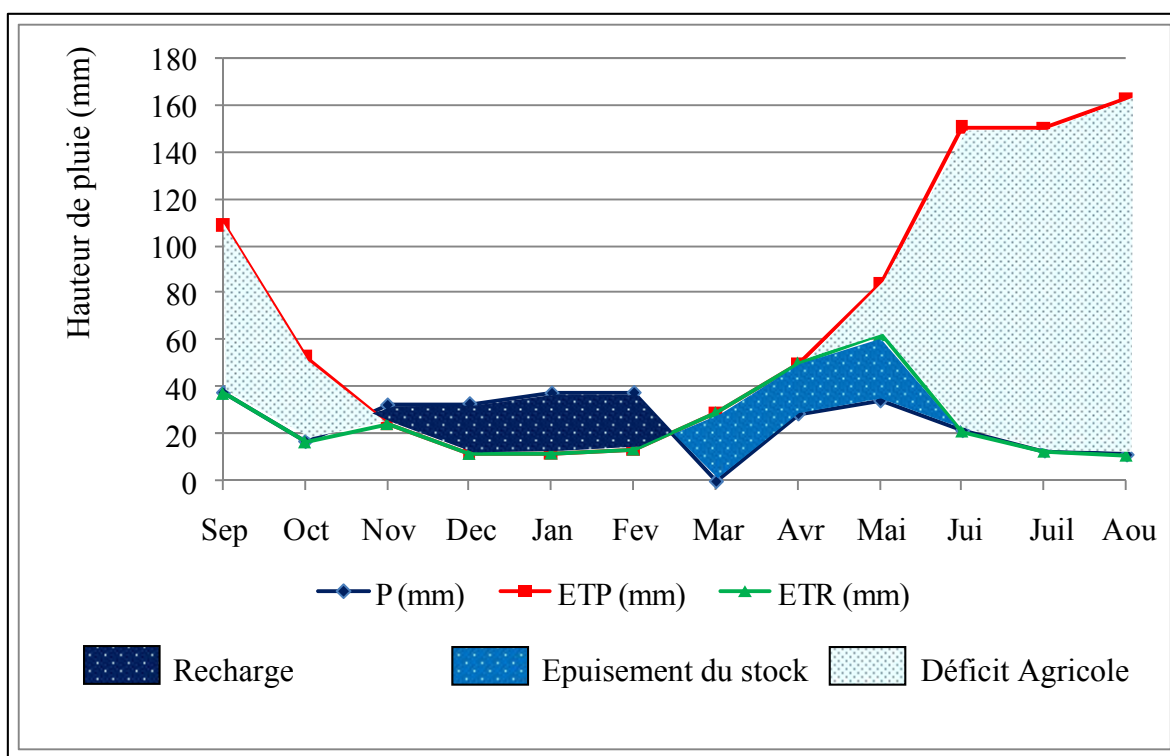
### 2.1.1. Interprétations des résultats (Fig. 23, 24 et 25)

La représentation graphique des bilans d'eau selon la méthode de Thornthwaite des stations d'Ain Zada, Sétif, et Tixter montre que les précipitations moyennes annuelles comprises entre 300 mm et 400 mm pour l'ensemble de stations, l'évapotranspiration potentielle n'est pas négligeable elle atteint les 800 mm dont on a enregistré à Ain Zada (851 mm), Sétif (809 mm), et Tixter (891 mm).

Le bilan de Thornthwaite montre également que ce bilan est déficitaire pour les trois stations et presque toute l'année, dont nous remarquons un déficit très important arrive jusqu'à 600 mm dans certains zones, Ain Zada (547 mm), Sétif (468 mm), et Tixter (598 mm), alors que l'excédent ne représente qu'une petite quantité ne dépasse pas 33 mm dans la station d'Ain Zada, Sétif (53 mm), et Tixter (51 mm), cet excédent est enregistré dans les mois de Janvier, Février et Mars ou la réserve facilement utilisable RFU atteint son maximum pour cette zone (50 mm). Sur le plan mensuel on remarque que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois d'Août pour la Station d'Ain Zada avec une valeur de 162 mm et le mois de Juillet pour les stations de Sétif et Tixter pour les valeurs suivantes avec l'ordre successif 160 mm, 185 mm.

**Tableau 22.** Bilan hydrologique selon Thornthwaite, Station d'Ain Zada (1989/1990 - 2014/2015)

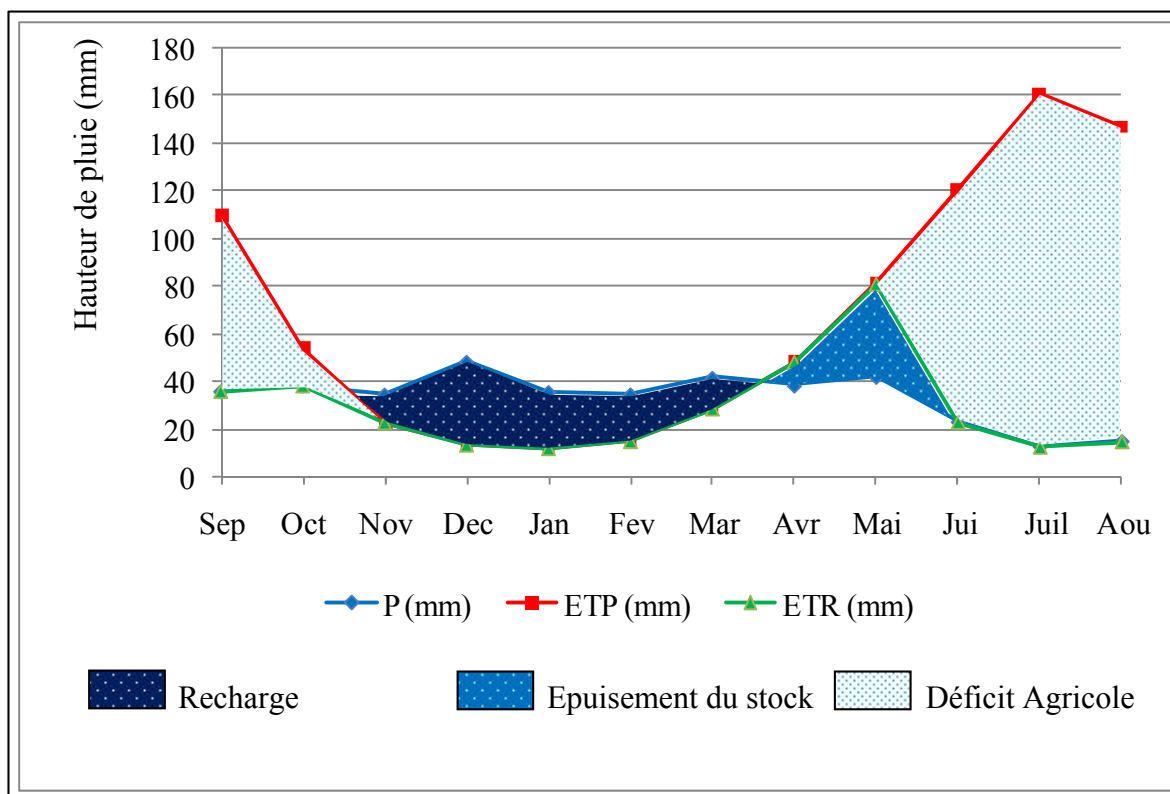
Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>P (mm)</b>	37,36	16,84	32,15	32,68	37,15	37,39	35,84	28,47	33,98	21,45	12,87	11,23	337,41
<b>T (°C)</b>	22,45	15,12	10,35	6,68	6,58	7,24	10,08	13,47	17,29	24,51	24,25	26,48	14,62
<b>i</b>	9,71	5,34	3,00	1,55	1,51	1,75	2,89	4,48	6,54	11,09	10,91	12,47	71,24
<b>K</b>	1,03	0,96	0,83	0,83	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	/
<b>ETP (mm)</b>	109,13	53,04	24,56	11,94	12,07	13,80	29,18	50,24	84,07	150,59	150,38	162,70	851,70
<b>ETR (mm)</b>	37,36	16,84	24,56	11,94	12,07	13,80	29,18	50,24	62,21	21,45	12,87	11,23	303,75
<b>RFU</b>	0	0	7,59	28,33	50	50	50	28,23	0	0	0	0	/
<b>Ex</b>	0	0	0	0	2,78	23,59	6,66	0	0	0	0	0	33,03
<b>D.A</b>	71,77	36,2	0	0	0	0	0	0	21,86	129,14	137,51	151,47	547,95



**Figure 23.** Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station d'Ain Zada (1989/1990 -2014/2015)

**Tableau 23.** Bilan hydrologique selon Thornthwaite, Station de Sétif (1971/1972-2014/2015)

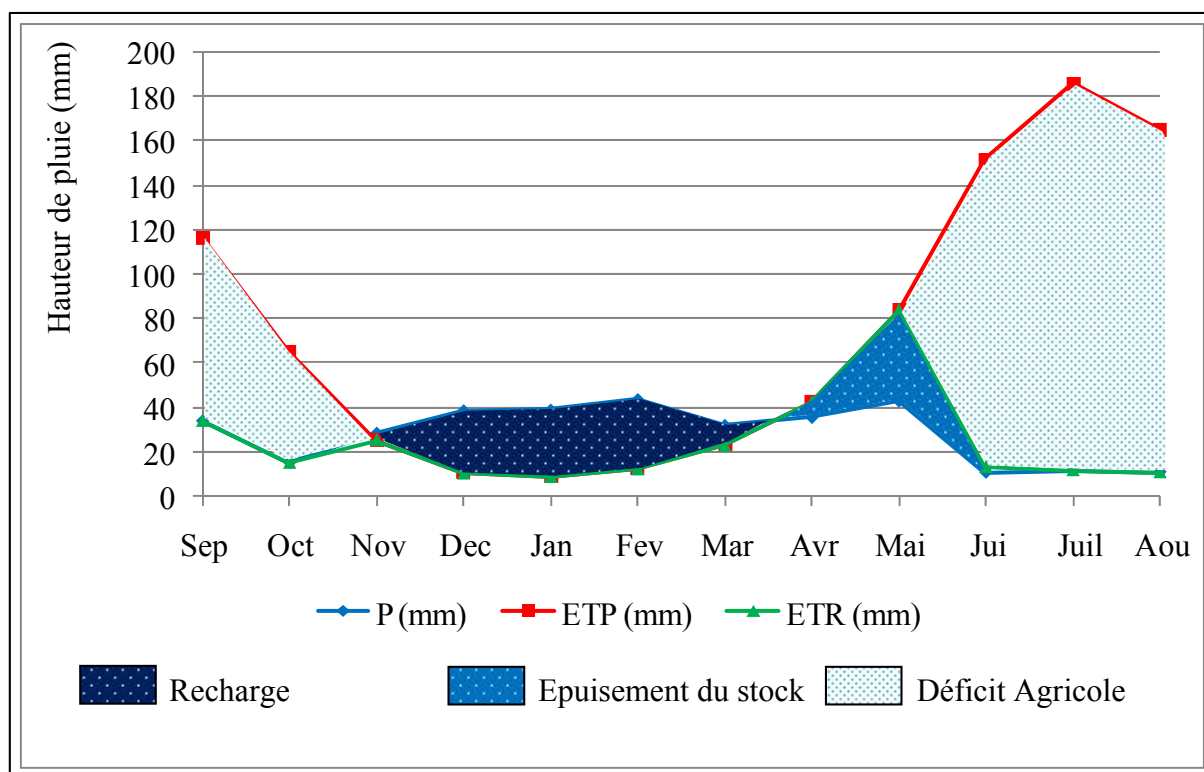
Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>P (mm)</b>	35,65	37,98	34,32	48,26	35,39	34,37	41,48	38,01	41,74	22,69	12,18	14,45	394,52
<b>T (°C)</b>	22,14	14,58	9,15	6,47	5,84	6,88	9,25	12,45	16,32	20,99	25,02	24,65	14,47
<b>i</b>	9,51	5,05	2,49	1,47	1,26	1,62	2,53	3,97	5,99	8,77	11,44	11,19	65,29
<b>K</b>	1,03	0,96	0,83	0,83	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	/
<b>ETP (mm)</b>	109,54	53,40	22,41	13,09	11,57	14,57	28,29	47,90	80,84	120,42	160,71	146,98	809,72
<b>ETR (mm)</b>	35,65	37,98	22,41	13,09	11,57	14,57	28,29	47,90	80,84	22,69	12,18	14,45	341,62
<b>RFU</b>	0	0	11,91	47,08	50	50	50	40,11	1,01	0	0	0	/
<b>Ex</b>	0	0	0	0	20,90	19,80	13,19	0	0	0	0	0	53,89
<b>D.A</b>	73,89	15,42	0	0	0	0	0	0	0	97,73	148,53	132,53	468,10



**Figure 24.** Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Sétif (1971/1972-2014/2015)

**Tableau 24.** Bilan hydrologique selon Thornthwaite, Station de Tixter (1989/1990-2014/2015)

Paramètre	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
<b>P (mm)</b>	34,14	15,36	28,57	38,69	38,99	43,76	32,06	35,65	43,12	10,88	12,01	11,12	344,35
<b>T (°C)</b>	23,63	17,62	11,08	6,63	5,94	7,24	9,22	12,66	17,68	24,85	27,69	26,82	15,92
<b>i</b>	10,49	6,73	3,33	1,53	1,29	1,75	2,52	4,08	6,76	11,33	13,34	12,71	75,86
<b>K</b>	1,03	0,96	0,83	0,83	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	/
<b>ETP (mm)</b>	116,50	65,52	25,49	10,53	9,03	12,40	23,05	42,49	83,75	151,72	185,76	165	891,24
<b>ETR (mm)</b>	34,14	15,36	25,49	10,53	9,03	12,40	23,05	42,49	83,75	13,41	12,01	11,12	292,78
<b>RFU</b>	0	0	3,08	31,24	50	50	50	43,16	2,53	0	0	0	/
<b>Ex</b>	0	0	0	0	11,2	31,36	9,01	0	0	0	0	0	51,57
<b>D.A</b>	82,36	50,16	0	0	0	0	0	0	0	138,31	173,75	153,88	598,46



**Figure 25.** Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W. Thornthwaite de la station de Tixter (1989/1990-2014/2015)

Ces grandes quantités évaporées produites des déficits agricoles avec les valeurs suivantes 151 mm (Ain Zada), 148 mm (Sétif), et 173 mm (Tixter) pour les mêmes périodes nécessitant l'irrigation pour les zones des cultures.

Cependant, durant les mois de Novembre jusqu'au Mars, on remarque une recharge de la nappe pour les stations de Ain Zada et Sétif, et Tixter.

Lorsque l'eau de recharge dépasse la RFU, le surplus va partir vers le ruissellement superficiel.

## 2.2. Calcul du ruissellement

Lors de leur étude sur les bassins tunisiens, Tixteront et Berkaloff ont donné en 1961 une méthode de calcul du ruissellement utilisable lorsque les précipitations sont inférieures à 600 mm, l'erreur étant alors inférieure à 10%.

$$R = \frac{P^3}{3(ETP)^2}$$

Où :

R : ruissellement (mm);

P : précipitation moyenne annuelle (mm);

ETP : évapotranspiration potentielle annuelle (mm).

Cette méthode de calcul du ruissellement est critiquée car elle est empirique donc elle nécessite des corrections à l'aide d'installations lysométriques d'une part, et son utilisation est limitée aux précipitations moyennes annuelles inférieures à 600 mm d'autre part.

Les valeurs du ruissellement selon la méthode de Tixteront et Berkaloff sont portées dans le tableau 25.

**Tableau 25.** Le ruissellement selon la méthode de Tixteront et Berkaloff

Station	Période	P (mm)	ETP (mm)	R (mm)
Ain Zada	(1989/1990 -2014/2015)	337,41	851,70	17,65
Sétif	(1971/1972-2014/2015)	394,52	809,72	31,21
Tixter	(1989/1990 -2014/2015)	344,35	891,24	17,13

### 2.3. Calcul de l'infiltration

Par définition l'infiltration est la quantité d'eau qui pénètre dans le sous sol et alimente les aquifères souterrains, ce paramètre peut être estimé à partir de la formule du bilan hydrologique donnée par la relation suivante :

$$P = D + R + I \Rightarrow I = P - (D + R)$$

Où :

P : précipitation (mm)

D: déficit d'écoulement ou (ETR) (mm)

R : ruissellement (mm)

I : infiltration (mm)

Les valeurs des différents paramètres du bilan hydrologique sont portées dans le tableau 26.

**Tableau 26.** Les différents paramètres du bilan hydrologique

Station	Période	P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Ain Zada	(1989/1990 -2014/2015)	337,41	303,75	17,65	16,01
Sétif	(1971/1972-2014/2015)	394,52	341,62	31,21	21,69
Tixter	(1989/1990 -2014/2015)	344,35	292,78	17,13	34,44

On constate que l'infiltration directe à partir du sol n'est pas important pour l'ensemble des stations étudiées.

### Conclusion

L'étude climatologique a abouti aux conclusions suivantes :

- Les hauteurs moyennes interannuelles des précipitations varient d'une station à l'autre, elles sont plus importantes dans les stations ayant une altitude importante, elles décroissent du Nord vers le Sud.
- Les températures moyennes interannuelles diffèrent légèrement entre le centre de la zone d'étude et ses limites Nord et Sud, elles diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre.
- L'étude des indices climatiques a confirmé l'appartenance de la zone d'étude au climat semi aride influencé par les courants humides de la méditerrané en hiver et chauds du Sahara en été.

- Le bilan de Thornthwaite montre que la zone constate une période d'excédent très courte ne dépasse pas les trois mois et autre déficitaire marque toute l'année ce qui nécessite l'irrigation.

## **Chapitre IV**

---

### Les caractéristiques hydrogéologiques

## **Introduction**

La plaine de Boussellam s'étend sur les formations carbonatées qui constituent un important potentiel aquifère karstifié des hautes plaines sétifiennes. Cet aquifère est actuellement capté par de nombreux forages d'une profondeur moyenne de 200 m et aussi l'existence de plusieurs puits domestiques qui exploitent la nappe phréatique.

Un aperçu hydrogéologique de cet ensemble fournira sans doute des informations intéressantes sur les réserves d'eau qu'il emmagasine et surtout donner un aperçu complémentaire et explicatif pour l'étude des caractéristiques chimiques et physico-chimiques des eaux de la région.

## **I. Aperçu sur l'hydrogéologie de la plaine de Boussellam**

### **I.1. Géologie**

#### **I.1.1. Djebels Guergour et Anini**

La région des Djebels Guergour et Anini est caractérisée par un réseau de fractures très dense et très complexe ainsi que par la présence d'un réseau karstique comblé par des sédiments ferrifères avec absence d'exutoire important. Toutes ces caractéristiques assurent la présence d'un important aquifère en profondeur (Boulguerager, 2009).

#### **I.1.2. Djebels Youssef, Braou et Tnoutit**

L'étude tectonique montre l'existence d'écaillés carbonatées fracturées à faible pendage vers le Nord, très favorable à la formation d'un aquifère. En effet, les forages implantés sur le flanc Nord du Djebel Youssef et surtout du Djebel Guettar ont donné de très bons débits pour des profondeurs qui ne dépassent pas les 200 m alors que ceux du flanc Sud se sont avérés non productifs. Ainsi, un forage de 350 m qui a été implanté au Sud-Ouest sur le flanc n'a donné qu'un débit dérisoire de l'ordre de 3 l/s. La même constatation peut se faire pour le Djebel Braou où sur les trois forages implantés sur le glacis de ce massif, les deux implantés sur le flanc sud sont positifs alors que celui implanté sur le flanc Est n'a donné que 2 l/s pour une profondeur de 200 m. On signale également que le Djebel Tnoutit n'a été prospecté que sur son flanc ouest où le forage a été satisfaisant.

En ce qui concerne le thermalisme dans cette région, on signale l'existence de trois points:

\* Le premier sur le flanc Nord-Ouest de Djebel Youssef où la température de l'eau dans certains puits atteint les 35 °C.

\* Le deuxième dans la région de Djebel Braou où on a remarqué une anomalie de température de l'eau supérieur à 25 °C.

\* Le troisième au Sud-Est de Djebel Tnoutit appelé Hammam Essoukhna où l'eau est à 45 °C qui est probablement liée à une flexure très récente qui verticalise non loin du Mio-Pliocène à Koudiat Dourdour où la croûte villafranchienne est déformée.

### **I.1.3. Djebel Sekrine**

La présence de niveaux carbonatés fracturés favorise la présence d'aquifères comme l'a montré le dernier forage foncé dans la région. La température de l'eau est anormalement élevée, elle atteint les 40 °C. On signale également la présence d'une source thermale appelée Hammam Ouled Yelles où la température de l'eau est de 42 °C. La partie Nord-Est laisse affleurer les marnes qui excluent la présence de l'eau.

## **I.2. Les formations aquifères du sous bassin versant de Bousellam**

### **I.2.1. Extension du Trias**

Si on essaye de relier entre eux les divers éléments structuraux obtenus sur les coupes et que l'on reporte l'extension du Trias, on aboutit à une carte structurale qui met en évidence les divers chevauchements et nappes de charriages. Cette carte peut être divisée en deux grandes parties :

- la première partie occupe l'extrême Sud, celle-ci est pratiquement sans Trias et sans chevauchement malgré la présence de grands accidents rectilignes.
- la seconde partie occupe le centre et le Nord. Les charriages de cette zone peuvent être divisés en deux catégories :
  - des charriages relativement exempts de Trias représenté par Djebel Youssef, Braou, Tnoutit et Chou Tine.
  - la zone des nappes avec Trias occupant la partie Sud de Djebel Tnoutit et la zone des Chotts au Sud qui coïncide avec le front Sud-sétifien le plus méridional.

### **I.2.2. Aquifère du Crétacé inférieur**

Les formations carbonatées du Crétacé inférieur (Aptien–Barrémien) sont localisées dans les zones du Sud et même dans les zones du centre et du Nord, en dehors du recouvrement des nappes triasiques. Ces zones sont les seules où les calcaires crétacés inférieurs peuvent être exploités du fait qu'elles sont soit exemptes de Trias ou que le Trias y est relativement profond.

**I.2.2.1. Zone du Djebel Youssef :** les calcaires du Crétacé inférieur (Aptien supérieur et Barrémien) sont visibles à des cotes qui varient entre 300 et 900 m au Nord-Est du massif. Ces formations présentant des profondeurs relativement faibles sont exemptes de Trias et bénéficient d'une surface d'alimentation notable.

**I.2.2.2. Zone du Djebel Tnoutit et El Meksem :** Les calcaires sont touchés à de faibles profondeurs (moins de 500 m) jusqu'à 6 Km des affleurements, calcaires aptiens au Nord (Djebel Tnoutit), calcaires hautériviens ou valanginiens au Sud-Est (Djebels El Meksem et Rokbet El Djemel). Quelques réserves sont à faire sur cette zone à cause de sa faible surface d'alimentation (à l'exception des affleurements de Rokbet El Djemel) et de la présence du Trias.

**I.2.2.3. Zone du Djebel Agmerouel :** Les calcaires plongent rapidement sous le Mio-Plio-Quaternaire au flanc Nord de ce massif.

**I.2.2.4. Zone du Djebel Kalaoun :** Cette zone semble offrir de grandes réserves malgré sa faible surface d'alimentation puisqu'un forage au pied du massif (sur son flanc Sud) et profond de 100 m, a donné un débit de 50 l/s (Boudoukha, 1988).

**I.2.2.5. Zone du Djebel Zdimm :** Les calcaires aptiens plongent jusqu'à 500 m de profondeur. Cette région est une zone d'exploitation possible de 10 Km sur 3 Km.

**I.2.2.6. Zone nord-ouest du Djebel Sekrine :** On a un plongement rapide des calcaires aptiens vers le Nord-Ouest, sous les formations cénomaniennes qui représentent le front de nappe infratellienne. Ces formations sont probablement très bien alimentées.

### **I.2.3. Aquifère du Crétacé moyen et supérieur**

Les formations du Crétacé moyen et supérieur peuvent aussi offrir des possibilités aquifères surtout dans la zone du Sud. Ces formations peuvent être les calcaires du Sénonien supérieur ou les calcaires cénomaniens ou turoniens. Dans les nappes du Nord, on aura affaire principalement aux calcaires sénoniens et dans les écailles centrales et du Sud plus probablement aux calcaires du Crétacé moyen. Ces horizons sont parfois épais et peuvent présenter une surface d'alimentation suffisante.

**I.2.3.1. Zone d'Ain Taghrout :** Les formations résistantes, très épaisses, représentent probablement les calcaires sénoniens, qui affleurent plus au Nord. Au Sud du front de la nappe, les formations résistantes sont certainement à rattacher aux affleurements du Cénomaniens et du Turonien de la zone du Djebel Zdim. Ces formations sont très épaisses et apparemment continues et peuvent constituer un bon réservoir, on admet qu'elles soient bien alimentées. Plus à l'Est, elles s'amincissent et recouvrent un Trias peu profond.

**I.2.3.2. Zone de Sétif :** Les parties Nord de cette région montrent des horizons relativement épais, qui peuvent être alimentés par les affleurements du Nord et qui ne sont pas en contact avec le Trias. Les différents forages implantés dans ces régions sont très productifs mais l'eau offre une odeur sulfurée.

**I.2.3.3. Zone de Djebel Sekrine :** Au Nord et à l'Ouest du Djebel Sekrine, les principaux niveaux résistants des formations rencontrées, sont à rattacher au Crétacé moyen (probablement les calcaires turoniens ou cénomaniens). Ces niveaux ne sont pas concordants avec le Crétacé inférieur du Djebel Sekrine. Néanmoins, ils peuvent être alimentés par les affleurements du Sud.

**I.2.3.4. Zone de Djebel Youssef :** Les zones Nord et Sud du Djebel Youssef sont aussi aquifères et à eau chaude.

#### **I.2.4. Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire**

Les coupes faites selon les différents profils (C.G.G 1973), montrent un niveau superficiel relativement résistant (15 à 50.m) que l'on peut attribuer au niveau basal du Mio-Plio-Quaternaire. Ce niveau présente une allure subhorizontale qu'on ne peut confondre avec les formations du substratum, mais il reste toujours peu épais (50 m en moyenne) et la profondeur de son mur dépasse rarement les 50 m. L'étude de l'extension de ce niveau à travers le terrain à partir des différents profils électriques (C.G.G 1973), nous a montré que cet aquifère est absent au niveau des Chotts et des Sebkhas. En effet, toute la zone comprise entre Sebkhet Bazer, Chott El Fraïm, Sebkhet El Hmiet et Chott El Baïda voit l'absence de ce niveau. Le mur de ce niveau correspond à un niveau conducteur dont la résistivité apparente varie entre 3 et 10 ohms et la cote absolue varie entre 620 et 955 m.

## **II. Hydrogéologie**

### **II.1. La nappe phréatique de Boussellam**

La plaine de Boussellam repose sur un potentiel hydrique non négligeable représenté par une vaste étendue des formations quaternaires. Ce potentiel est exploité par un ensemble très important des puits à travers la plaine mais la plupart de ces puits n'est pas déclaré. Ces puits fait réduire le niveau statique des eaux dans la plaine à cause de la forte exploitation dans les eaux jaillissent à la période des hautes eaux mais ils seront épuisés à la période des basses eaux, leurs diamètres compris entre 10m et 20 m en moyenne. Cette aquifère se présente comme étant une étendue dont les limites s'étendent en bordures des massifs montagneux entourant de part et d'autre la plaine. Ce système aquifère est caractérisé par une limite supérieure ou toit libre dans son ensemble et une limite inférieure ou substratum complexe. Ce dernier reste mal défini, en raison de l'hétérogénéité des formations qui le constituent, l'absence de certaines formations relatives, l'Eocène met en contact direct les calcaires du Crétacé supérieur avec les formations du recouvrement Mio-Plio-Quaternaire.

L'analyse stratigraphique et structurale a permis de cerner les limites latérales de l'aquifère superficiel. Ces limites sont généralement représentées par les formations carbonatées fracturées formant les reliefs environnants.

### **II.2. La Structure de la nappe phréatique dans la plaine de Boussellam**

La structure de l'aquifère est connue par l'étude stratigraphique, géophysique et par l'examen des coupes de forages d'eau captant cet aquifère (Ex: Fs EL Gaa, Annexe Boulguerager, 2009). Ainsi, en tenant compte de la nature des terrains, leurs dispositions et leurs répartitions, il est possible de distinguer au sein du grand réservoir deux niveaux aquifères, le niveau aquifère supérieur et le niveau aquifère inférieur.

#### **II.2.1. Niveau aquifère supérieur**

L'aquifère supérieur dans la plaine de Boussellam est constitué de roches détritiques meubles à porosité d'interstices, formant un milieu poreux, général et continu. Il s'agit des alluvions (sables, graviers et galets), glaciaires polygéniques et terres arables qui sont disposées au sein d'une matrice limoneuse, occupant une grande superficie du secteur.

L'épaisseur du niveau aquifère supérieur est généralement faible dont la profondeur des puits implantés dans cette nappe ne dépassent pas généralement 20m.

N'oublions pas que le niveau est actuellement surexploité par plusieurs puits traditionnels qui servent aux besoins domestiques et essentiellement à l'irrigation.

### **II.2.2. Niveau aquifère inférieur**

Le niveau aquifère inférieur est situé sous le premier niveau et il est séparé en certains endroits par de minces couches argileuses ou marneuses, que l'on présente dans la géologie régionale comme un écran imperméable dans quelques endroits. Elle est constituée de calcaires lacustres du Villafranchien, des grès et conglomérats du Miocène qui constituent un milieu fissuré formant un aquifère à potentiel probablement non négligeable. L'épaisseur du niveau aquifère inférieur est également faible et ne dépasse pas généralement les 50 m. les puits installés dans cette partie sont un peu plus profonds par rapport à ceux qui sont installés à la première.

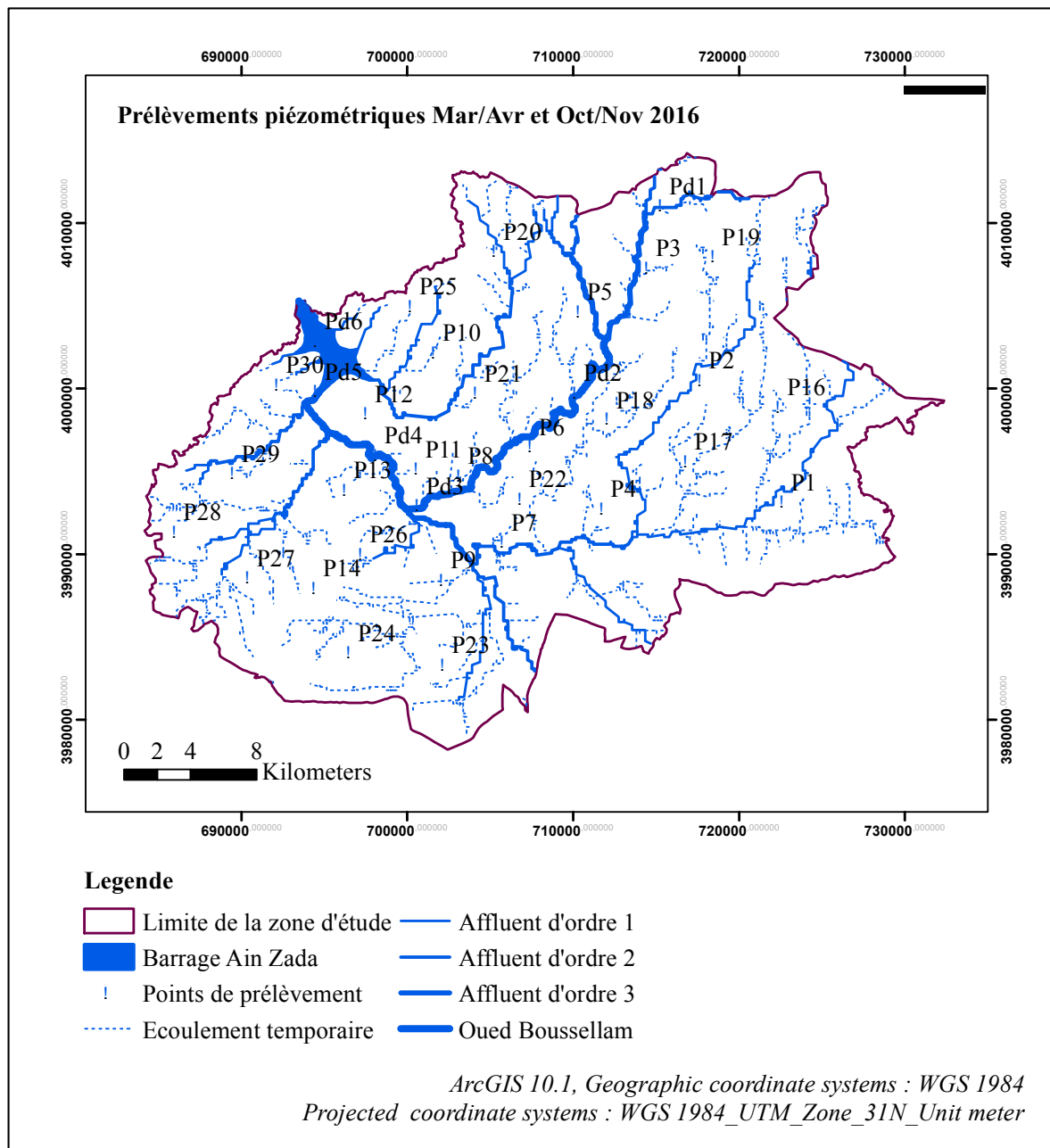
### **II.2.3. Etablissement des cartes piézométriques**

Les mesures des niveaux statiques de 30 puits à travers la plaine de Boussellam, ont été effectuées pour l'établissement des cartes piézométriques pendant les années 2014 et 2016 ainsi que pour les périodes des hautes et basses eaux (Fig. 26).

L'étude de l'aquifère superficiel débute par l'établissement de la carte piézométrique. Celle-ci, exprime la distribution spatiale des charges hydrauliques au cours d'une période déterminée. L'établissement de cette carte repose sur les données des niveaux piézométriques (ou niveau d'eau), mesurées sur terrain à partir des sources, puits et forages au cours d'une opération d'inventaire des points d'eau. Leur report sur une carte topographique et leur interprétation se fait par des courbes hydro-isohypses (courbes d'égale altitude d'un niveau d'eau). Pour notre cas, les différentes données ont été traitées sous ArcGis. Cette carte constitue donc un moyen efficace d'étude du comportement hydrodynamique de l'aquifère et schématise le fonctionnement de son réservoir.

Autrement dit, la carte piézométrique d'un aquifère permet de :

- L'établissement des lignes de courant et donc la direction des axes principaux d'écoulement entre les zones d'alimentation et de drainage qui permettent de comprendre les mécanismes de variation des paramètres chimiques et physico-chimiques suivant le phénomène du lessivage.
- L'interprétation de la morphologie de la surface piézométrique et connaître la profondeur de la nappe.
- Calcul du gradient hydraulique à différents endroits et dans les différentes périodes.



**Figure 26.** Inventaire des points d'eau dans la plaine de Boussellam basses et hautes eaux (2016)

#### II.2.4. Analyse et interprétation des cartes piézométriques

L'établissement des cartes piézométriques des différentes périodes montre une identification entre les cartes de l'année 2014 et celle de l'année 2016. Pour cela, un essai d'analyse et d'interprétation des cartes de 2016 pendant les deux périodes hautes et basses eaux est nécessaire.

La lecture de la carte piézométrique de la période des basses eaux, montre des petites variations par rapport à la carte qui représente la piézométrie des hautes eaux dont le

niveau statique est un peu plus profond. Le niveau statique dans la période des hautes eaux (Mars/Avril 2016) et plus proche du sol et parfois on remarque le « jaillissement » de certain puits surtout dans les zones les plus proche de l'oued Boussellam (Fig. 27).

Dans la période des basses eaux (Fig. 28) nous observons une diminution du niveau d'eau dans les puits dont la profondeur de la surface libre dépasse parfois les 20 m. Ceci fait abaisser le niveau statique de l'eau de la nappe sous le fond du lit de l'oued aboutissant ainsi à un phénomène d'alimentation inverse. Malgré ces variations entre les deux périodes, la situation générale reste presque la même surtout en ce qui concerne le sens général d'écoulement des eaux souterraines, alors on peut diviser les cartes piézométriques en 3 zones principales :

#### **a) La Zone septentrionale**

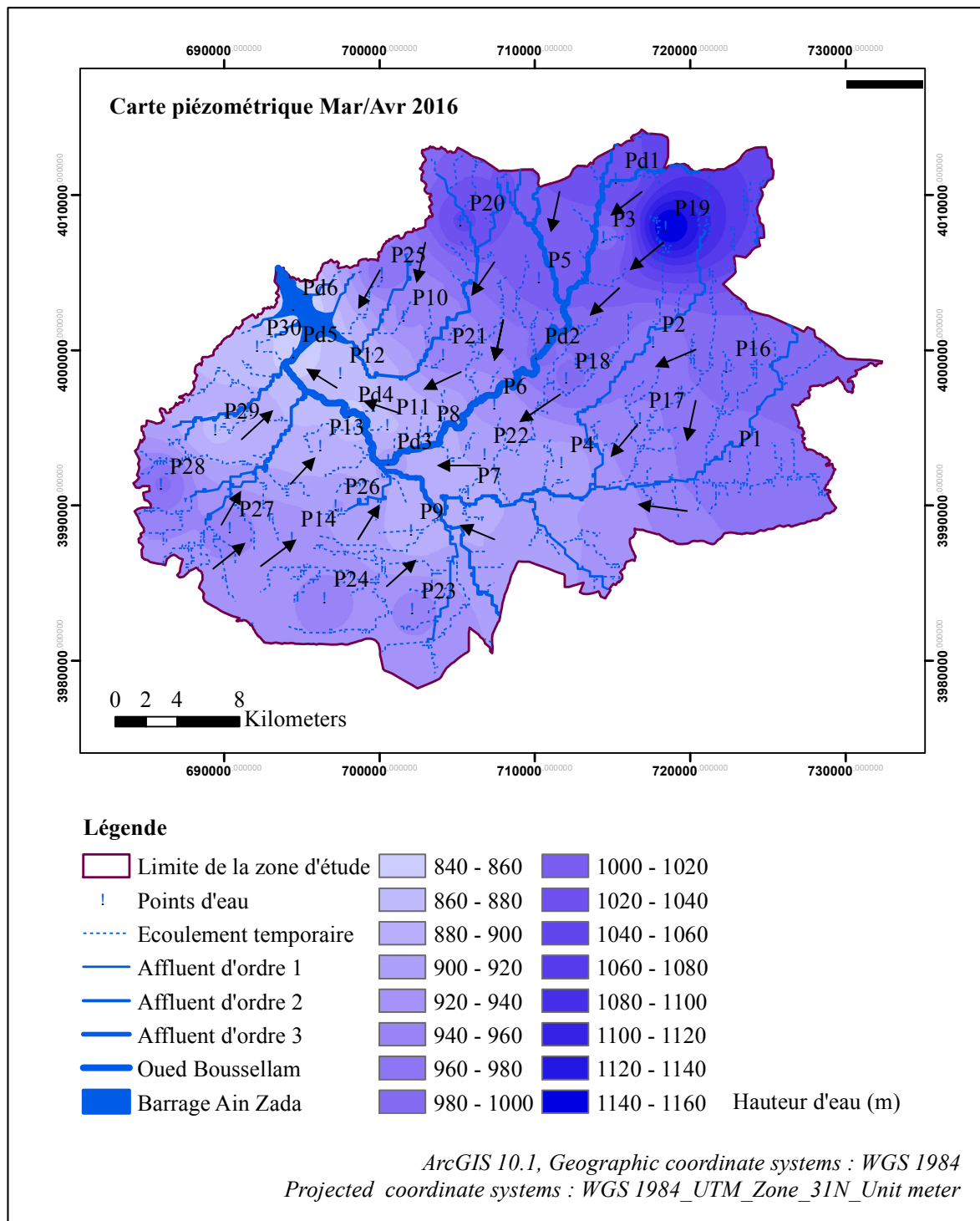
Cette zone est caractérisée par les courbes isopièzes 1000 m à 1160 m, elles sont serrées au Nord et un peu espacées quand on se dirige vers le Sud, ce qui indique un gradient hydraulique fort dû à la topographie (les Monts du Nord). La direction de l'écoulement se fait du Nord vers le Sud (des montagnes vers la plaine).

#### **b) La zone méridionale**

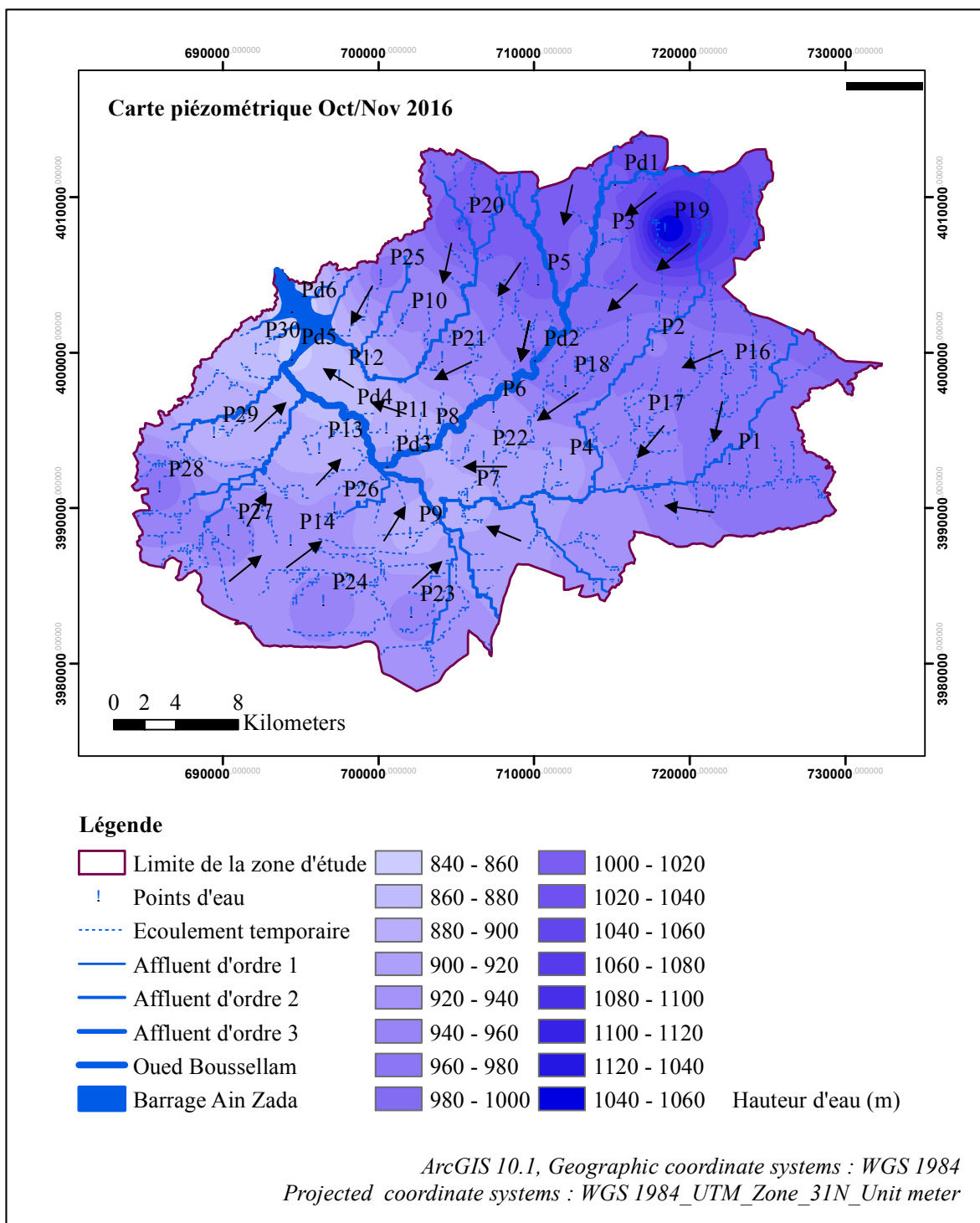
Cette partie est caractérisée par les courbes isopièzes 940 m à 1120 m dont les courbes sont peu serrées ce qui montre un gradient hydraulique faible, il suit la topographie plate de la zone. Le sens d'écoulement dans cette zone se fait du Sud vers le Nord (des montagnes vers la plaine).

#### **c) La zone centrale**

Cette zone est caractérisée par les courbes isopièzes 840 m à 940 m, elles sont très espacées, avec un gradient hydraulique très faible montrant la régularité topographique dans les hautes plaines sétifiennes. On remarque que le sens d'écoulement général est orienté des piémonts des montagnes vers la plaine et plus précisément de la nappe vers l'oued Boussellam et ses affluents.



**Figure 27.** Carte piézométrique de la nappe phréatique dans la plaine de Boussellam (Mars/Avril 2016)



**Figure 28.** Carte piézométrique de la nappe phréatique dans la plaine de Boussellam (Octobre/Novembre 2016)

### II.3. Alimentation et décharge de l'aquifère

En plus des infiltrations directes des eaux de pluie qui constituent l'apport principal de l'alimentation de l'aquifère superficiel, cette alimentation est également assurée par les eaux issues des piémonts des massifs carbonatés environnants. Ceci, a d'ailleurs été mis en évidence par l'analyse piézométrique et par le phénomène de drainage en mouvement ascendant.

La perte des eaux des oueds Boussellam et Malah et celles des eaux d'irrigation laisse ces deux apports quasiment négligeables du fait que les ruisseaux de surface existants sont temporaires et à travers leur faible débit en période d'étiage. En revanche, l'aquifère subit une décharge importante se manifestant par plusieurs facteurs, en particulier :

- L'évapotranspiration intense dépasse souvent les précipitations.
- L'exploitation par pompage ou le prélèvement.
- Et probablement, par drainance verticale en mouvement descendant vers l'aquifère profond du Crétacé, due à l'absence de l'Eocène et des formations imperméables du Mio-Plio-Quaternaire en quelques endroits.

### Conclusion

La plaine alluviale de Boussellam dispose d'un potentiel hydrique très important issu de la pluie et la fonte des neiges dont la zone a reçue une grande quantité pendant la période estivale, alors :

- La situation annuelle du niveau piézométrique est presque identique entre 2014 et 2016.
- Les variations saisonnières sont très importantes avec l'épuisement des puits dont le niveau d'eau de la nappe phréatique est du à la surexploitation des eaux destinées à l'irrigation.
- Le niveau statique de la plaine est plus proche du sol dans les zones les plus proches de l'oued.
- Le gradient hydraulique diffère d'une zone à une autre, il est plus fort dans les zones septentrionales et méridionales et un peu plus faibles dans la zone centrale et ceci est dû essentiellement à la topographie de la plaine.

## **Partie II**

---

Affectation des ressources en eau  
Qualité des eaux et pollution

## **Chapitre V**

---

### Affectation des ressources en eau

## **Introduction**

Afin d'étudier l'impact de la pollution de l'eau dans l'oued Boussellam et son environnement il est mieux connaître les différentes ressources dans la plaine et ces utilisations dans les différents secteurs, alors La plaine de Boussellam dispose sur toutes les types de ressources en eau que se soit souterraines ou superficielles, dont la situation un peu délicate parce que la plaine s'étend sur les territoires des deux wilayas dont 91% de sa surface appartient à la wilaya de Sétif et le reste pour la wilaya de Bordj Bou Arreridj, c'est le cas par exemple du barrage d'Ain Zada qui est inscrit dans le territoire de Bordj Bou Arreridj mais la plus part de ses eaux vont à la wilaya de Sétif, en se basant sur les données de la DHW Sétif et la DHW Bordj Bou Arreridj de l'année 2016 nous avons fait une approche montrant la production et la distribution en eaux des différentes ressources dans la plaine.

## **I. Le potentiel hydrique dans la plaine de Boussellam**

### **I.1. Le potentiel hydrique superficiel**

#### **I.1.1. Les oueds**

La plaine de Boussellam est traversé par un seul oued qui est le oued Boussellam et ses principaux affluents oued Malah (Ain arnat) et oued Malah (Ksar Al Abtal) oued Fermatou oued Guellal oued Tixter et oued Ftaiça, ces ressources naturelles assurent un apport annuel approximatif extrapolé de l'ordre de 50 Hm<sup>3</sup>/an qui reste très peu exploité vu le volume total mobilisé par les différents ouvrages hydrauliques dans le bassin.

#### **I.1.2. Les barrages**

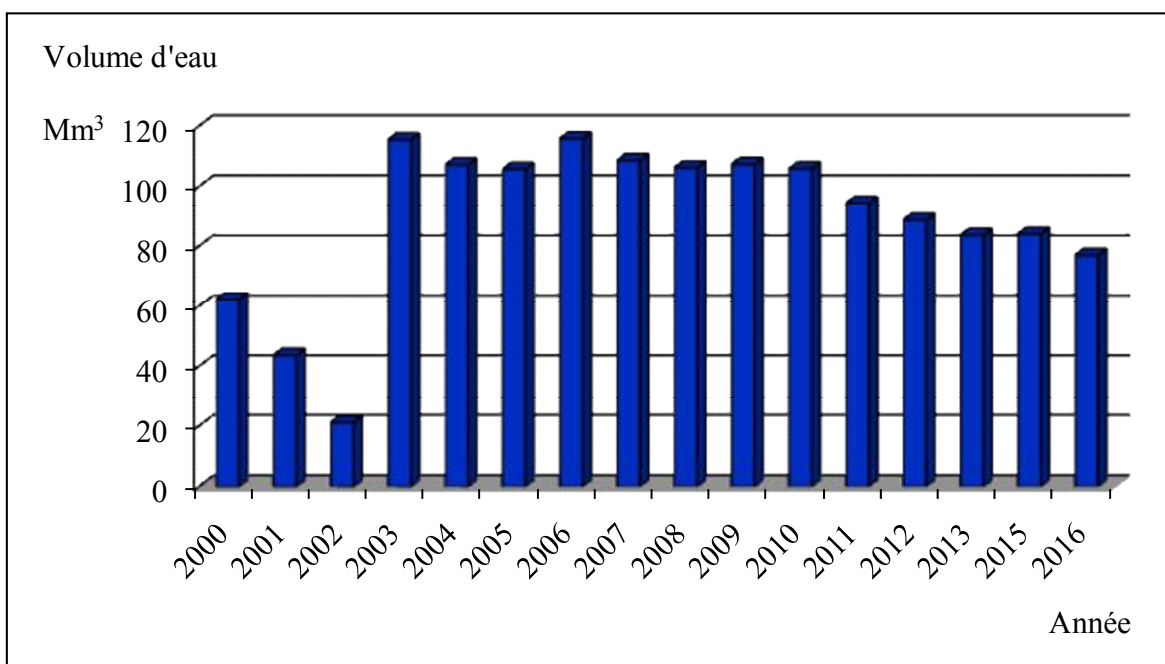
En 1986, est mis en service le barrage d'Ain Zada sur l'oued Boussellam, dont il fait un exutoire du sous bassin, destiné initialement à l'irrigation mais rapidement détourné au profit des villes de Sétif, El Eulma et Bordj Bou Arreridj avec une capacité de 125 Mm<sup>3</sup>.

Le barrage atteint son maximum en 2006 avec un volume de 116 Mm<sup>3</sup> d'eau et le plan d'eau couvre une superficie de 1140.67 hectares, mais actuellement il ne contient que 77 Mm<sup>3</sup> (2016) à cause de l'utilisation intense et d'autre part l'accumulation des alluvions dans au fond du barrage ce qui réduit le volume d'eau reçu. La pluie apporte en moyenne 440 mm par an, ce qui est important pour cette nappe à la moyenne de sa charge. La précipitation efficace (disponible pour l'écoulement) est d'environ 39% de la pluie brute et représente 10 Mm<sup>3</sup>, c'est un phénomène qui apparaît en moyenne deux à quatre fois par siècle. L'écoulement des cours d'eau s'est logiquement trouvé affecté par ce phénomène, à

l'exception de certaines zones du site où les rivières sont alimentées par des nappes importantes (bassin rive gauche et droite).

**Tableau 27.** Recharge du barrage d'Ain Zada (Bordj Bou Arréridj)

Année	Mois	Cote (m)	Volume (Mm <sup>3</sup> )
2000	Septembre	848	62.300
2001	Septembre	845	43.700
2002	Septembre	840	21.300
2003	Septembre	854	115.500
2004	Septembre	853	107.186
2005	Septembre	853	105.732
2006	Septembre	854	115.869
2007	Septembre	853	108.656
2008	Septembre	853	106.254
2009	Septembre	853	107.364
2010	Septembre	853	105.865
2011	Septembre	852	94.462
2012	Septembre	852	88.741
2013	Septembre	851	83.684
2015	Septembre	851	84.102
2016	Septembre	850	77.014



*Source : Service technique, barrage Ain Zada (Bordj Bou Arréridj)*

**Figure 29 :** Recharge au barrage d'Ain Zada (Bordj Bou Arréridj)

### I.1.3. Les retenues collinaires

Les retenues collinaires dans la plaine de Boussellam sont essentiellement destinées à l'irrigation des moyens et des petits périmètres agricoles et l'abreuvement du cheptel. Elles sont au nombre de 06 (DHW Sétif), mobilisant un volume global de près de 6 Hm<sup>3</sup>/an d'eau de surface.

Les retenues de l'oued Oumri et de l'oued Guergour sont réalisées en premier pour la protection des villes et la retenue de Zairi est gérée par la direction de la pêche pour l'élevage des poissons.

**Tableau 28.** Les retenues collinaires dans la plaine de Boussellam

Commune	Oued	Mobilisable (m <sup>3</sup> /an)	Mobilisée (m <sup>3</sup> /an)
Ain Arnat	Sommar	2 000 000	1 200 000
	Abd Elbeg	500 000	330 000
Ain Oulmène	Oumri	510 000	240 000
El Ouricia	Temmar	300 000	180 000
	Zairi	600 000	440 000
Ksar El Abtal	Guergour	1 380 000	550 000
<b>Total du bassin</b>	/	<b>5 290 000</b>	<b>2 940 000</b>

Source : DHW Sétif

## I.2. Le potentiel hydrique souterrain

### I.2.1. Les forages

La majorité du potentiel hydrique souterrain de la plaine de Boussellam est exploité par pompage, à partir d'une série de forages implantée dans les alluvions de la plaine du Boussellam.

D'après le bilan actuel (Bilan 2016) de la DHW de Sétif, on a dénombré près de 47 forages productifs répartis à travers la plaine.

Ces forages en service mobilisent annuellement un volume de 22 Hm<sup>3</sup>, ils sont destinés essentiellement à l'alimentation en eau potable et une petite partie vers l'alimentation de l'industrie (1Hm<sup>3</sup>).

Les unités industrielles alimentées par les eaux de forages avec un volume d'environ 6 Hm<sup>3</sup>, elles disposent chacune d'un forage ou plus.

En plus des retenues collinaires, les eaux de forages sont utilisées aussi pour l'irrigation avec un volume de 3 Hm<sup>3</sup>.

**Tableau 29.** Production Annuelle des forages dans la plaine de Boussellam

Commune	Nombre de Forage	Production totale (m <sup>3</sup> )
Ain Arnat	9	746 850
Ain Taghrout	3	165 128
Guellal	1	28 648
Guidjel	2	54 624
Mezloug	3	654 880
Ksar Al Abtal	2	379 710
Sétif	26	19 936 801
Tixter	1	35 182
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>22 001 823</b>

*Source : DHW Sétif, 2016/ DHW Bordj Bou Arriredj, 2016*

### I.2.2. Les puits

A travers la superficie de la plaine de Boussellam, il existe un nombre considérable de puits qui captent les eaux de la nappe superficielle la plus part d'entre eux ne sont pas déclarés, leur rôle est limité uniquement à satisfaire les besoins domestiques (AEP) et l'irrigation de quelques surfaces agricoles. Les débits d'exploitation sont peu significatifs.

### I.2.3. Les sources

La plaine de Boussellam dispose sur un grand nombre de sources naturelles mais la plus part d'entre eux ne sont pas recensées, la DHW de Sétif recense 8 sources au niveau de la plaine assurent un volume approximatif de 5 Hm<sup>3</sup> avec des débits comprises entre 8 et 116 l/s (DHW 2016).

## II. La mobilisation des ressources en eau dans la plaine de Boussellam

La plaine de Boussellam contient un potentiel hydrique très important et estimé à environ 172.3 Hm<sup>3</sup>/an dont une grande quantité de ce volume est une eau de surface (77.80 % des eaux totales reconnues) assurées essentiellement par le barrage de Ain Zada dans la wilaya de B.B.Arréridj avec un volume de 77 Hm<sup>3</sup>/an en 2016.

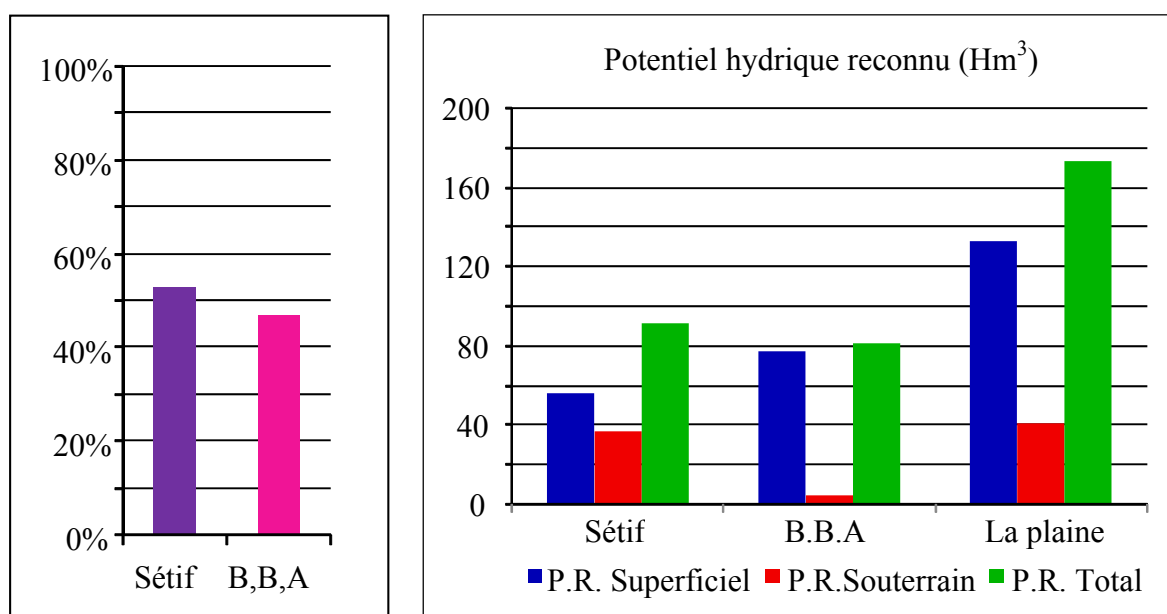
Les eaux totales mobilisées au niveau de la plaine sont d'environ 49.27 Hm<sup>3</sup>/an soit 28.60% des eaux mobilisables globales (84.89 Hm<sup>3</sup>/an). Les eaux souterraines représentent 50.20% des eaux totales mobilisées et 44.80% des eaux totales mobilisables.

**Tableau 30.** Potentiel hydrique global dans la plaine de Boussellam

Ressources en eau	Type de ressource	Potentiel reconnue (Hm <sup>3</sup> /an)	Ressources mobilisables (Hm <sup>3</sup> /an)	Ressources mobilisées (Hm <sup>3</sup> /an)
Ressources Superficielles	Barrage Ain Zada	77,01	31.88	17,89
	Retenues collinaire	5,29	5,00	3.66
	Oued Boussellm	50.00	10,00	3,00
	<b>Total</b>	<b>132,3</b>	<b>46,88</b>	<b>24,55</b>
	<b>Taux (%)</b>	<b>76.80</b>	<b>55.20</b>	<b>49.80</b>
Ressources souterraines	Forages	40,00	32,01	22,45
	Puits	/	6.00	2.27
	<b>Total</b>	<b>40.00</b>	<b>38.01</b>	<b>24,72</b>
	<b>Taux (%)</b>	<b>23.20</b>	<b>44.80</b>	<b>50.20</b>
La plaine	<b>Total</b>	<b>172.3</b>	<b>84,89</b>	<b>49,27</b>
	<b>Taux (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source : DHW Sétif, 2016/ DHW Bordj Bou Arriredj, 2016

En vue de visualiser la répartition des ressources en eau à travers la plaine, on a choisi de diviser ce dernier selon les limites administratives des deux wilayas concernées, la wilaya de Sétif et celle de B.B. Arréridj, pour mieux reconnaître le taux de participation et de contribution de chaque wilaya au bilan global, soit à l'offre ou la demande.

**Figure 30 :** Répartition du potentiel hydrique dans la plaine de Boussellam

**Tableau 31.** Répartition des ressources en eau dans la plaine de Boussellam

Ressources en eau		Sétif	B.B.Arriredj	Total du bassin
<b>Potentiel reconnu (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	Superficiel	55,29	77,01	132,3
	Taux A (%)	41.80	58.20	100
	Taux B (%)	60.50	95.20	76.80
	Souterrain	36.12	3.88	40,00
	Taux A (%)	90.30	9.70	100
	Taux B (%)	39.50	4.80	23.20
	<b>Total</b>	<b>91.41</b>	<b>80.89</b>	<b>172,3</b>
	<b>Taux A (%)</b>	<b>53.05</b>	<b>46.95</b>	<b>100</b>
	<b>Taux B (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Ressources mobilisables (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	Superficielles	15.00	31,88	46,88
	Taux A (%)	32.00	68.00	100
	Taux B (%)	30.40	89.70	55.20
	Souterraines	34,35	3.66	38.01
	Taux A (%)	90.40	9.60	100
	Taux B (%)	69.60	10.30	44.80
	<b>Totales</b>	<b>49.35</b>	<b>35,54</b>	<b>84,89</b>
	<b>Taux A (%)</b>	<b>58.13</b>	<b>41.87</b>	<b>100</b>
	<b>Taux B (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Ressources mobilisées (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	Superficielles	22,41	2.14	24,55
	Taux A (%)	91.30	8.70	100
	Taux B (%)	47.75	91.45	49.80
	Souterraines	24,52	0,2	24,72
	Taux A (%)	99.20	0.80	100
	Taux B (%)	52.25	8.55	50.20
	<b>Totales</b>	<b>46.93</b>	<b>2.34</b>	<b>49,27</b>
	<b>Taux A (%)</b>	<b>95.25</b>	<b>4.75</b>	<b>100</b>
	<b>Taux B (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

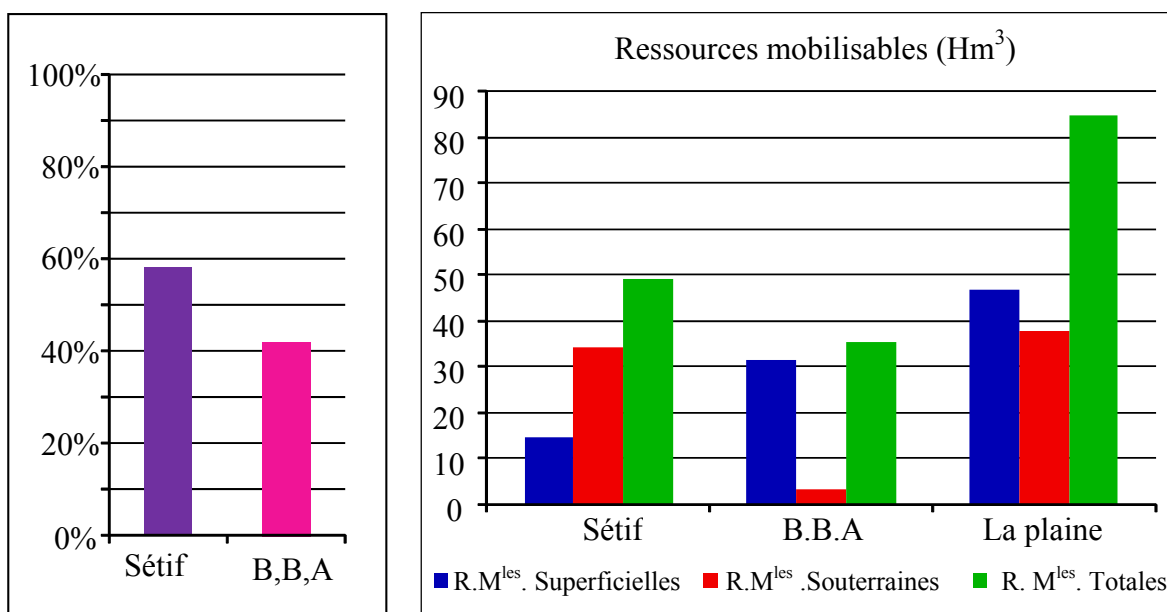
Source : DHW Sétif, 2016/ DHW Bordj Bou Arriredj, 2016

Le potentiel hydrique est inégalement réparti dans la plaine, dont la wilaya de B.B. Arréridj offre un volume de 80.89 Hm<sup>3</sup> avec un taux de 46.95 %, et la wilaya de Sétif totalise un volume de 91.41 Hm<sup>3</sup>, soit 53.05 % du potentiel hydrique de la plaine considéré, quand la comparons avec une étude que nous avons fait depuis 10 années ,nous remarquons la réduction du volume de la wilaya de B.B. Arréridj ( 129 Hm<sup>3</sup> en 2007) et ça est due à l'épuisement des eaux du barrage de Ain zada dont il représente la grande partie des eaux dans la plaine.

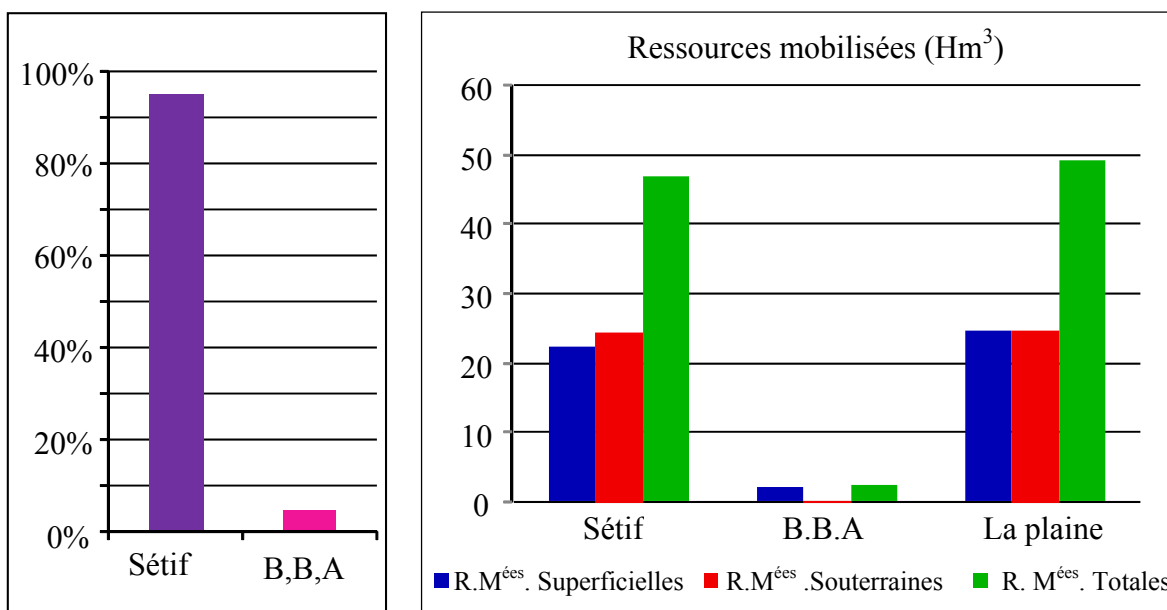
La répartition des ressources en eau dans les deux wilayas qui constituent la plaine de Boussellam est représentée dans le tableau ci-dessus.

**Tableau 32.** Répartition des ressources en eau dans la plaine de Boussellam

Ressources en eau dans la plaine		Sétif	B.B.Arriredj	Total du bassin
<b>Potentiel reconnu</b> (Hm <sup>3</sup> /an)	Volume (Hm <sup>3</sup> )	91.41	80.89	172,3
	Taux (%)	<b>53.05</b>	<b>46.95</b>	<b>100</b>
<b>Ressources mobilisables</b> (Hm <sup>3</sup> /an)	Volume (Hm <sup>3</sup> )	49.35	35,54	84,89
	Taux (%)	<b>58.13</b>	<b>41.87</b>	<b>100</b>
<b>Ressources mobilisées</b> (Hm <sup>3</sup> /an)	Volume (Hm <sup>3</sup> )	46.93	2.34	49,27
	Taux (%)	<b>95.25</b>	<b>4.75</b>	<b>100</b>



**Figure 31 :** Répartition des ressources mobilisables dans la plaine de Boussellam



**Figure 32** : Répartition des ressources mobilisées dans la plaine de Boussellam

En matière de mobilisation, le volume total mobilisé est de l'ordre de  $49.27 \text{ Hm}^3/\text{an}$  en 2016, soit  $58.04 \%$  de la ressource totale mobilisable dont le volume exploité le plus important ( $46.93 \text{ Hm}^3/\text{an}$ ) est concentré à la wilaya de Sétif avec un taux de  $95.25 \%$  en raison de la concentration démographique dans le chef lieu de Sétif et ses communes et l'intensité des activités industrielles et agricoles.

La partie de la plaine qui appartient à la wilaya de Bordj Bou Arréridj, avec ses besoins domestiques et agricoles, exploite près de  $4.75 \%$  des ressources mobilisées, soit un volume de  $2.34 \text{ Hm}^3/\text{an}$  malgré son grand potentiel, parce qu'elle ne représente que  $9 \%$  de la surface totale, ainsi que les chefs lieux des communes sont dehors de la plaine, donc la population ne représente qu'un taux très petit, et ces eaux mobilisées là sont destinées essentiellement à l'irrigation, ce qui représente une inégalité de la répartition des ressources entre les deux wilayas.

### II.1. La mobilisation des eaux superficielles

Les ressources en eau de surface mobilisables représentent la grande partie des eaux totales mobilisables avec un volume d'environ  $46.88 \text{ Hm}^3/\text{an}$ , dont  $31.88 \text{ Hm}^3/\text{an}$  appartenant à la wilaya de B.B. Arréridj.

Un volume de  $15 \text{ Hm}^3/\text{an}$  des eaux mobilisables destiné dehors du sous bassin, essentiellement pour l'alimentation en eau potable des villes de B.B. Arréridj  $10 \text{ Hm}^3/\text{an}$  et El Eulma  $2 \text{ Hm}^3/\text{an}$ , Bougaa et Ouassine avec un volume de  $3 \text{ Hm}^3/\text{an}$ .

Les eaux de surfaces mobilisées représentent 52.37 % des eaux mobilisables et 18.55 % des eaux reconnues totales ainsi que les eaux superficielles mobilisables représentent 35.44 % des eaux totales reconnues.

## II.2. La mobilisation des eaux souterraines

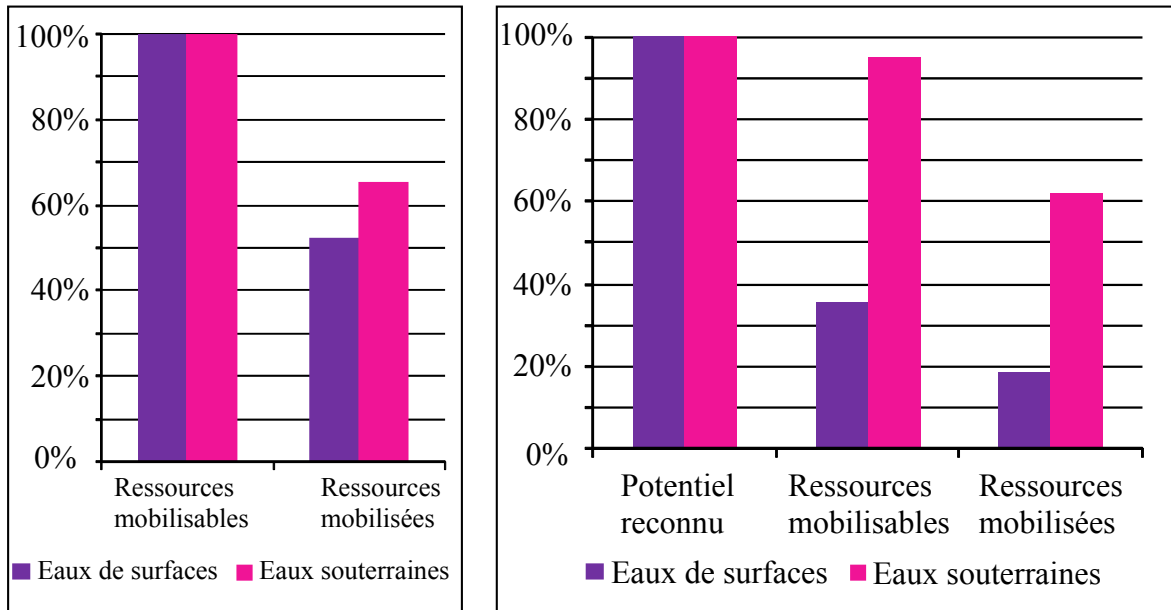
Les ressources en eau souterraines ne représentent que 40 Hm<sup>3</sup>/an des eaux reconnues totales (90.30 % à Sétif), dont le volume mobilisé est de 24.72 Hm<sup>3</sup>/an généralement destiné à l'alimentation en eau potable de la ville de Sétif et des autres agglomérations, et pour l'alimentation en eau industrielle et agricole.

**Tableau 33.** Taux des ressources en eau par rapport au reconnu total

Ressources en eau dans la plaine		Potentiel reconnu	Ressources mobilisables	Ressources mobilisées
Eaux de surfaces	Volume (Hm <sup>3</sup> )	132,3	46,88	24,55
	Pourcentage (%)	<b>100</b>	<b>35.44</b>	<b>18.55</b>
Eaux souterraines	Volume (Hm <sup>3</sup> )	40,00	38.01	24,72
	Pourcentage (%)	<b>100</b>	<b>95.03</b>	<b>61.8</b>
Total	Volume (Hm <sup>3</sup> )	172,3	84,89	49,27
	Pourcentage (%)	<b>100</b>	<b>49.27</b>	<b>28.60</b>

**Tableau 34.** Taux des eaux mobilisées par rapport aux ressources mobilisables

Ressources en eau dans la plaine		Ressources mobilisables	Ressources mobilisées
Eaux de surfaces	Volume (Hm <sup>3</sup> )	46,88	24,55
	Taux (%)	<b>100</b>	<b>52.37</b>
Eaux souterraines	Volume (Hm <sup>3</sup> )	38.01	24,72
	Taux (%)	<b>100</b>	<b>65.04</b>
Total	Volume (Hm <sup>3</sup> )	84,89	49,27
	Taux (%)	<b>100</b>	<b>58.04</b>

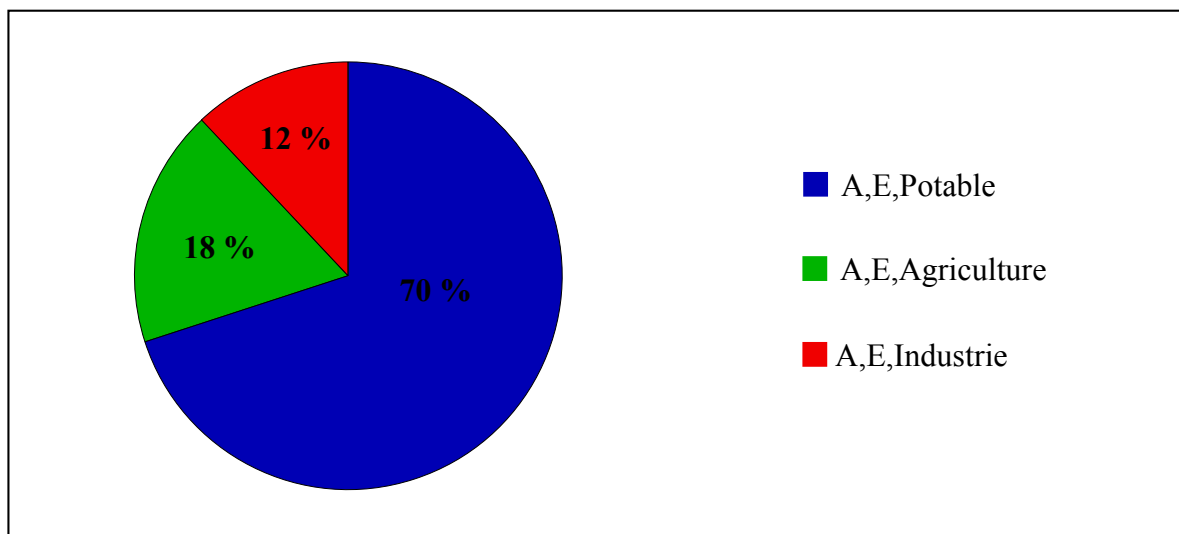


**Figure 33:** Taux de mobilisation des ressources en eaux superficielles et souterraines

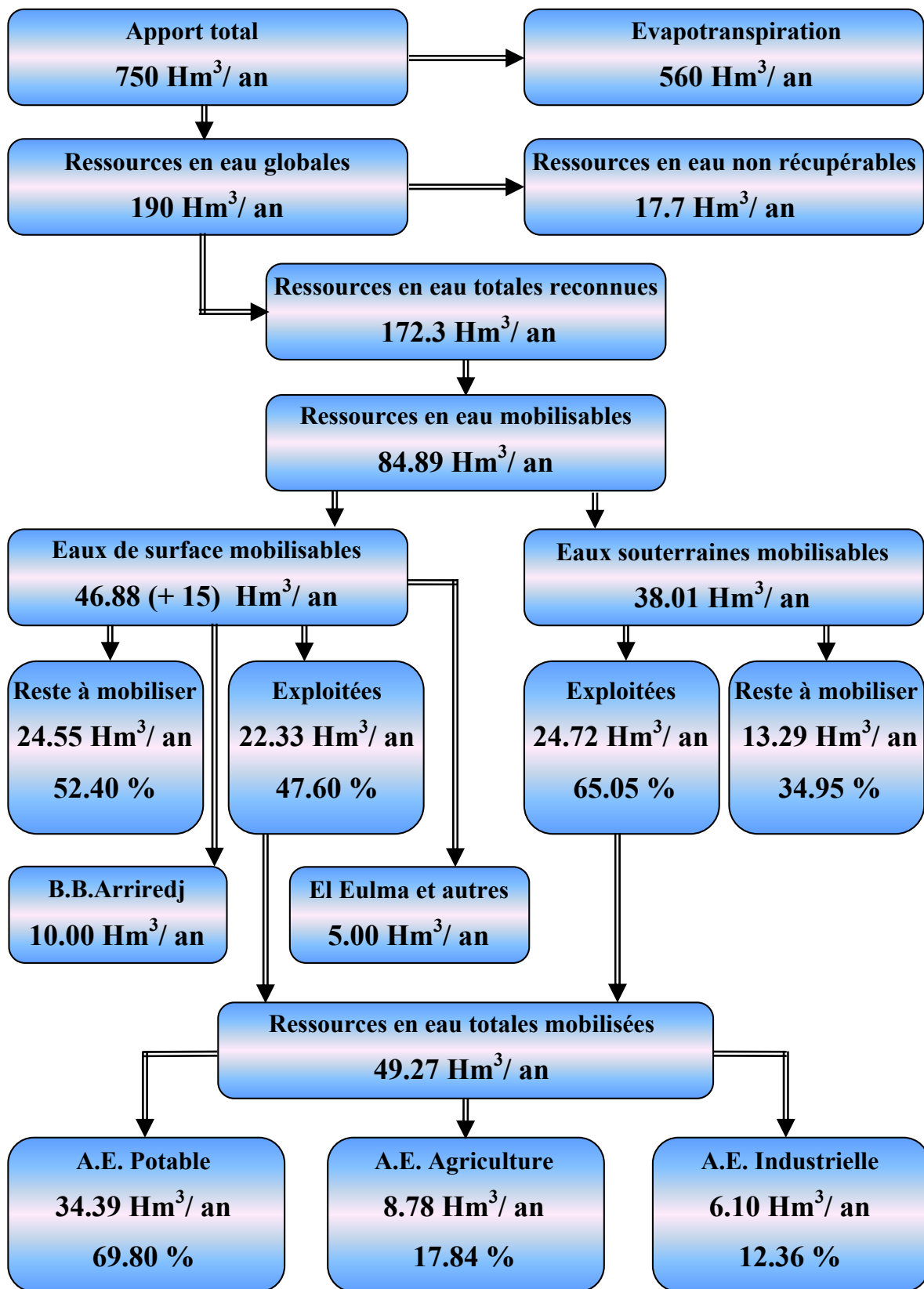
### II.3. L'affectation des ressources en eau la plaine de Boussellam

La plupart des eaux mobilisées dans la plaine de Boussellam destinées à l'alimentation en eau potable et à la satisfaction des besoins domestiques avec un volume de 34.39 Hm<sup>3</sup>/an, soit 69.80 %.

Les besoins en eau pour l'irrigation est de 8.78 Hm<sup>3</sup>/an environ, ce qui représente 17.84 %. Alors que les besoins en eau pour l'industrie ne représentent que 12.36 %, c'est l'équivalent d'un volume de 6.10 Hm<sup>3</sup>/an.



**Figure 34.** Affectation des ressources en eau dans la plaine de Boussellam



**Figure 35.** Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans la plaine de Boussellam (2016)  
(Boulguerager, 2009, modifiée)

## **Chapitre VI**

---

### Qualité des eaux et pollution

## **I. Qualité des eaux**

### **Introduction**

Une étude hydrogéologique d'une région doit être utilement complétée par une étude hydro-chimique. Celle-ci, permet de caractériser et classer les eaux selon leurs qualités, d'identifier les aquifères par leurs faciès chimiques en relation avec l'environnement géologique et d'étudier éventuellement les relations pouvant exister entre les différents aquifères et l'impact échangeable entre les eaux des différents systèmes naturels (dans notre cas l'oued et la plaine).

Cette étude hydro-chimique est basée sur l'analyse physico-chimique de 15 puits à travers la plaine de Boussellam et 6 stations installées le long du talweg de Boussellam Amont. Le suivi s'est déroulé sur quatre périodes, deux d'entre elles, pour voir l'évolution annuelle entre 2014 et 2016 et deux autres pour voir l'évolution saisonnière en entre la période des hautes eaux et celle des basses eaux.

### **1. Etude physico-chimique de l'aquifère superficiel**

#### **1.1. Température (T)**

Il est intéressant de connaître la température de l'eau, car elle permet de différencier les eaux qui circulent près de la surface de celles qui circulent en profondeur. Elle joue aussi un rôle très important dans la solubilité des sels et des gaz.

La variation de la température des eaux est en rapport avec la profondeur de l'aquifère et les conditions climatiques (température de l'air).

La température des eaux dans notre zone d'étude varie selon les endroits et les périodes, dont on a enregistré des valeurs un peu plus fortes pendant la période des hautes eaux (mois d'Avril), les valeurs enregistrées dans les eaux de l'Oued sont plus ou moins fortes par rapport à celles des puits, avec un minimum de 17°C et un maximum de 23,6°C (station Pd1, Avril 2014). Dans le secteur d'étude, la plus part des puits présentent des températures oscillant entre 17°C et 18°C. Ces eaux sont généralement influencées par les températures de l'air.

#### **1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH exprime la concentration en ions ( $H^+$ ) d'une solution, c'est à dire, il caractérise l'acidité ou l'alcalinité du chimisme du milieu, il est exprimé par le log décimal de l'inverse de cette concentration :

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

La variation du pH d'une eau est en fonction du terrain traversé, de l'urbanisme, des activités agricoles et des rejets industriels. Les pH dans la plaine de Boussellam varient entre 6.8 et 7.5 pour l'ensemble des points d'eaux de surfaces de l'oued de Boussellam ou les eaux souterraines des puits de la plaine pendant les quatre périodes:

- Pour les eaux de la plaine, nous remarquons un seul puits parmi quinze (1/15) où son  $pH < 7$
- Pour les eaux de l'oued, nous observons deux stations parmi six (1/3) ayant un  $pH < 7$ , cette différence peut s'expliquer probablement par l'existence possible de métaux lourds qui participent à faire baisser le pH.

L'ensemble des pH donne aux eaux de la plaine un aspect légèrement neutre à basique.

### 1.3. Conductivité électrique (CE)

C'est la conductance d'une colonne comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface, séparées l'une de l'autre de 1 cm.

La conductivité donne une estimation de la minéralisation de l'eau ou de sa concentration.

Elle traduit la propriété de l'eau à laisser passer le courant électrique qui augmente avec la concentration des ions en solution. Les valeurs de la conductivité calculée au laboratoire ( $20^\circ\text{C}$ ) pour l'ensemble du secteur varient selon les zones et les périodes, elles dépassent  $1000 \mu\text{s/cm}$  dans tous les points d'eau, sauf à la station Pd1 pour l'oued de Boussellam qui est installée à l'aval comme un témoin et le puits P1 dont les valeurs sont de l'ordre de  $900 \mu\text{s/cm}$  pour les quatre périodes.

Les valeurs les plus fortes de la conductivité sont observées dans la partie centrale où il passe l'oued Boussellam et à l'ouest de la plaine, près de l'oued Malah, cette forte minéralisation est due essentiellement à l'influence des formations gypsifères environnantes de la zone de convergence et suivant les cartes piézométriques de la nappe superficielle, on constate que la minéralisation augmente généralement avec les directions d'écoulement.

Les diagrammes de Wilcox (Fig. 36 et 37) montrent que tous les points d'eau sont situés dans la classe bonne pour l'irrigation, dans toutes les périodes avec des petites variations, surtout que la zone est connue par une vaste activité agricole et entièrement dépendante complètement aux eaux de la plaine et de l'oued de Boussellam.

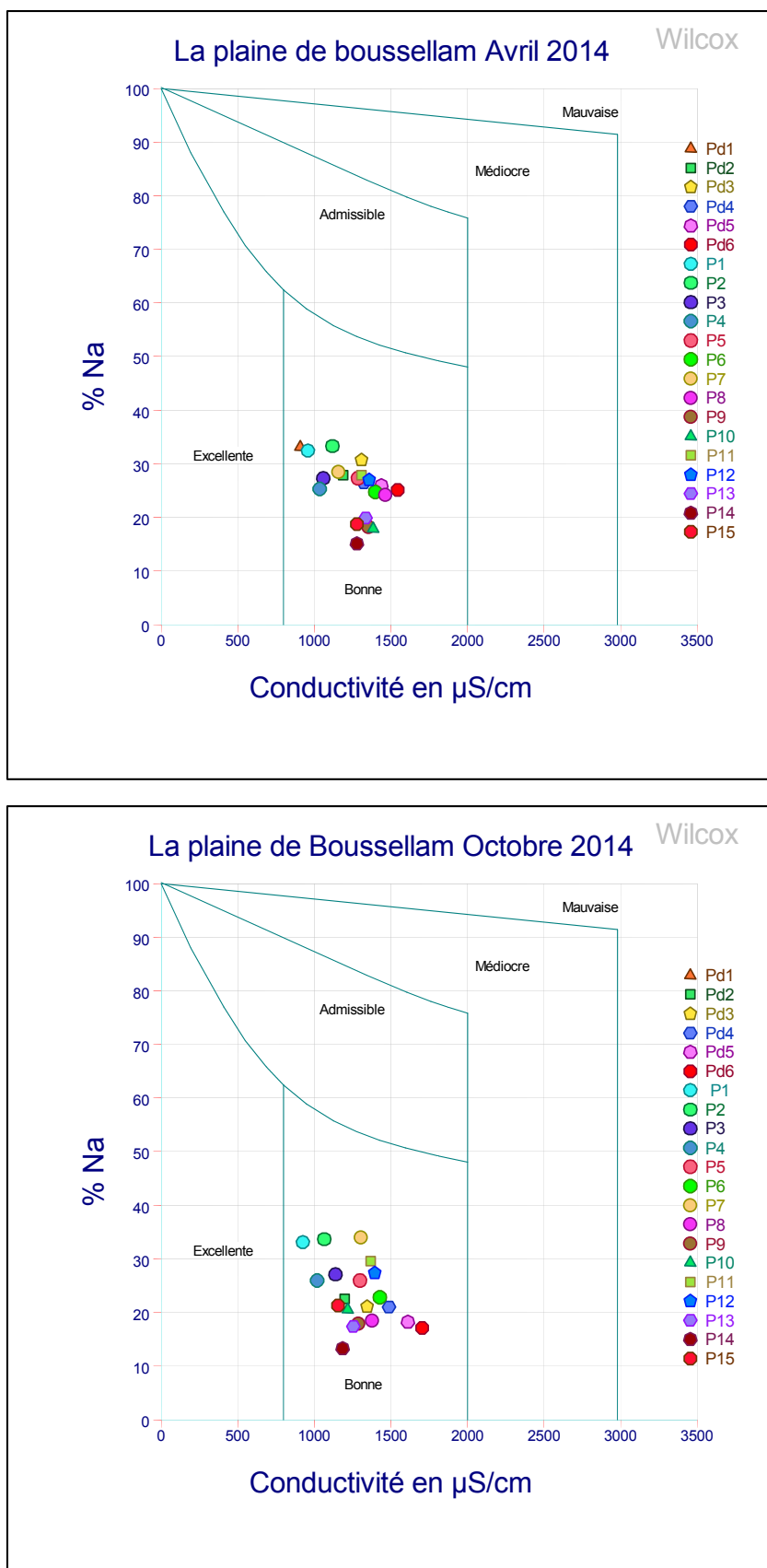


Figure 36. Diagrammes de Wilcox dans la plaine de Boussellam (Avril/ Octobre 2014)

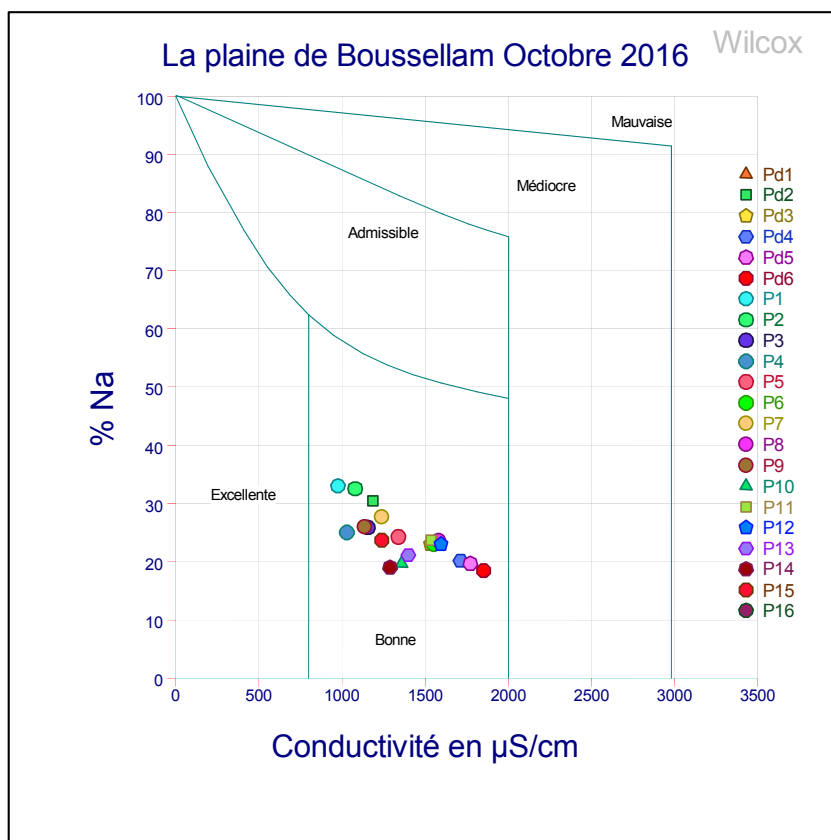
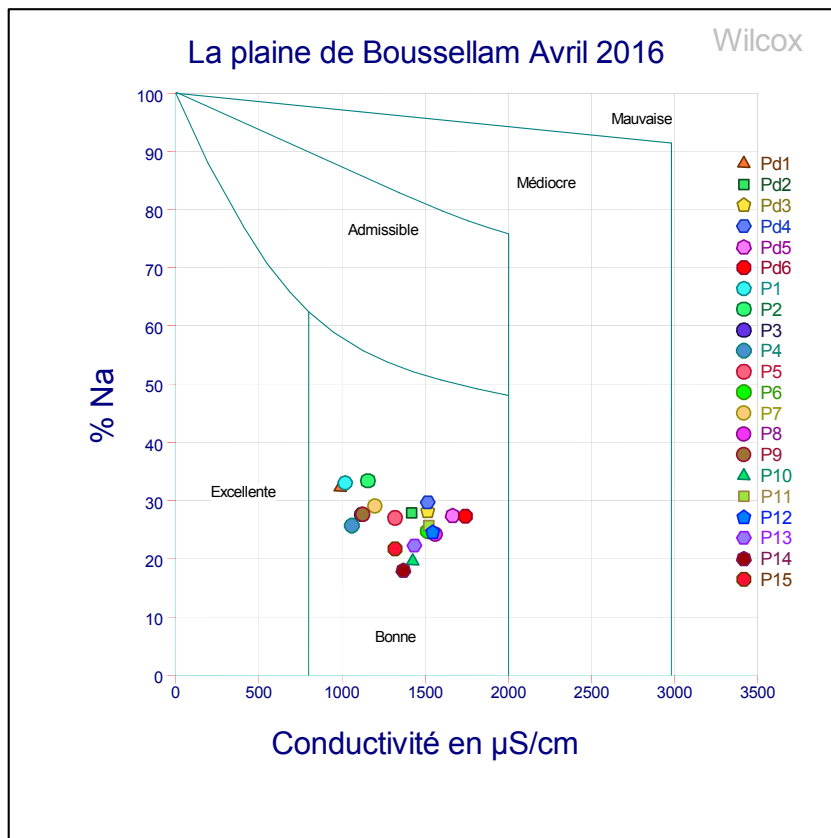


Figure 37. Diagrammes de Wilcox dans la plaine de Boussellam (Avril/ Octobre 2016)

### 1.4. Dureté totale (D.H.T)

La dureté totale désigne approximativement la teneur de l'eau en Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et en Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), elle est exprimée en degré français ( $\text{F}^\circ$ )

$$\text{D.H.T} = (\text{r Ca}^{2+} + \text{r Mg}^{2+}) \cdot 5 (\text{F}^\circ)$$

Pour une eau potable et de bonne qualité, la dureté totale ne dépasse pas généralement  $15^\circ \text{F}$ , mais elle est acceptable jusqu'à  $50^\circ \text{F}$ .

Dans notre secteur d'étude, les eaux présentent des duretés comprises entre Pd1 ( $32^\circ \text{F}$ ) en Avril 2014 et Pd6 ( $86^\circ \text{F}$ ) en Octobre 2106.

## 2. Faciès chimiques

Dans une nappe d'eau souterraine, l'eau peut, en effet, subir les effets de plusieurs phénomènes (dissolution, échange de base, réduction, etc.), qui sont capables de modifier partiellement et parfois complètement l'aspect chimique de l'eau ainsi suivant la nature lithologique des terrains au sein des quels l'eau circule et séjourne, il y aurait une concentration bien déterminée des sels minéraux.

Pour le cas étudié, et à partir de l'analyse des eaux de l'aquifère superficiel, plusieurs éléments majeurs ont été déterminés, se sont surtout :

- Les cations :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ )
- Les anions:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ .

### 2.1. Cations

#### 2.1.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

C'est un élément dominant des eaux naturelles, la dissolution résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations carbonatées et en liaison avec le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) présent dans l'eau mais d'origine atmosphérique. Ce phénomène peut être résumé par la relation chimique suivante :



Le Calcium peut aussi provenir des formations gypsifères ( $\text{Ca SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) qui sont relativement solubles.

Dans le secteur d'étude, la teneur en Calcium varie entre P1 ( $89 \text{ mg/l}$ ) en Octobre 2014 au Nord-est et P6 ( $178 \text{ mg/l}$ ) en Octobre 2016 au centre de la plaine, c'est la grande valeur enregistrée dans la plaine de Boussellam. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues dans la partie Ouest et Sud (Fig. 42 et Fig. 43) dues probablement au lessivage des formations gypsifères.

### 2.1.2. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Il résulte principalement de la dissolution des formations dolomitiques. Cette dissolution n'est cependant possible que grâce à la présence du gaz carbonique, le Mg peut également provenir de la dissolution de  $Mg\ SO_4$  (Sulfates de Magnésium) dans les terrains gypseux.

En effet, pour le cas étudié les teneurs en Magnésium varient de P9 (31 mg/l) en Avril 2016 au Sud de la plaine, et P10 (94 mg/l) en Avril 2014 à l'est de la plaine. Généralement, les valeurs les plus élevées sont observées à l'Ouest et au Sud-ouest, (Fig. 45 et Fig. 46) elles sont dues à la dissolution des dolomies du Barrémien formant le massif du Djebel Zdimm et probablement aussi à la dissolution des terrains gypseux.

### 2.1.3. Sodium et Potassium ( $Na^+ + K^+$ )

Le Sodium est toujours présent dans l'eau naturelle en proportions variables, il provient essentiellement du lessivage des formations géologiques riches en NaCl, tandis que le Potassium est beaucoup moins abondant que le Sodium et ne dépasse pas les 20 mg/l, son origine résulte généralement des formations argileuses et marneuses dans le secteur d'étude. Les valeurs de ( $Na^+ + K^+$ ) s'échelonne entre P14 (44 mg/l) au Sud-ouest et P7 (112 mg/l) en Octobre 2014 au Sud.

Généralement les valeurs les plus élevées sont observées dans la partie Est, soit au Sud ou au Nord de la plaine (Fig. 48, et Fig. 49) et sont dues au lessivage des formations géologiques riches en Na Cl, en l'occurrence les formations triasiques.

## 2.2. Anions

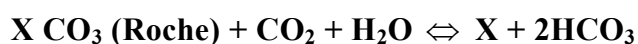
### 2.2.1. Chlorures ( $Cl^-$ )

Les chlorures proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par lessivage des terrains salifères et des rejets des eaux usées d'origine domestique et industrielle.

Les valeurs obtenues pour  $Cl^-$ , sont comprises entre P1 (78 mg/l) en Octobre 2016 à l'Est P12 (246 mg/l) en Octobre 2016 au Nord de la plaine. Les valeurs les plus élevées sont observées au Nord-est et au Sud (Fig. 51, et Fig. 52) sont dues au lessivage des terrains salés.

### 2.2.3. Bicarbonates ( $HCO_3^-$ )

Les Bicarbonates sont le résultat de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique selon l'équation générale :



La dissolution des roches carbonatées est l'origine principale des Bicarbonates, et leurs concentrations dans l'eau sont fonction de la tenure du CO<sub>2</sub> dissous, la température de l'eau est de la nature des terrains traversés. L'intervalle des données des Bicarbonates est de P2 (136 mg/l) en Octobre 2014 et P8 (380 mg/l) en Avril 2016 au piémont du Djebel Zdimm au centre.

D'après les résultats obtenus (Fig. 54, et Fig. 55), il est à remarquer que les teneurs les plus élevées sont réparties dans la plus part du sous bassin et sont dues à des formations telliennes et carbonatées du Djebel Zdimm.

### 2.2.2. Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Les Sulfates peuvent provenir de :

- L'eau de la pluie ou le Soufre présent dans l'atmosphère subit une oxydation.
- La solubilité du gypse (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O).
- L'utilisation des engrais, vu que la région est à vocation agricole.

Dans la plaine de Boussellam, la teneur en Sulfates varie entre P1 (120 mg/l) en Octobre 2106 à l'Est, et P6 (300 mg/l) en Octobre 2104 et P14 (300 mg/l) en Octobre 2106 au Sud, Cette augmentation des Sulfates est due peut être à la solubilité des Sulfates de Calcium contenu dans les roches gypseuses triasiques dans la partie Ouest et Sud (Fig. 57, et Fig. 58).

## 3. Classification des eaux:

Plusieurs méthodes de classification des eaux naturelles ont été définies par divers auteurs, elles sont conditionnées par deux critères fondamentaux :

La composition chimique des eaux

Leurs origines ou gisement

### 3.1. Les formules ioniques:

On distingue:

- Chloruré-calcique
- Bicarbonaté-calcique
- Sulfaté- magnésien
- Sulfaté- calcique (à l'exception du P9)

### 3.2. Classification de Piper:

La représentation des analyses chimiques sur le diagramme de Piper permet de

différencier facilement le type de famille des eaux.

Ce diagramme comporte un losange ABCD et deux triangles équilatéraux dont les cotés sont divisés en 100 parties égales correspondant à des r % calculés par rapport à la somme des ions de même signe. Le principe consiste à représenter dans chaque triangle équilatéral les r % de chaque anion et cation. Aussi, le point obtenu pour chaque triangle indique la dominance d'un cation et d'un anion.

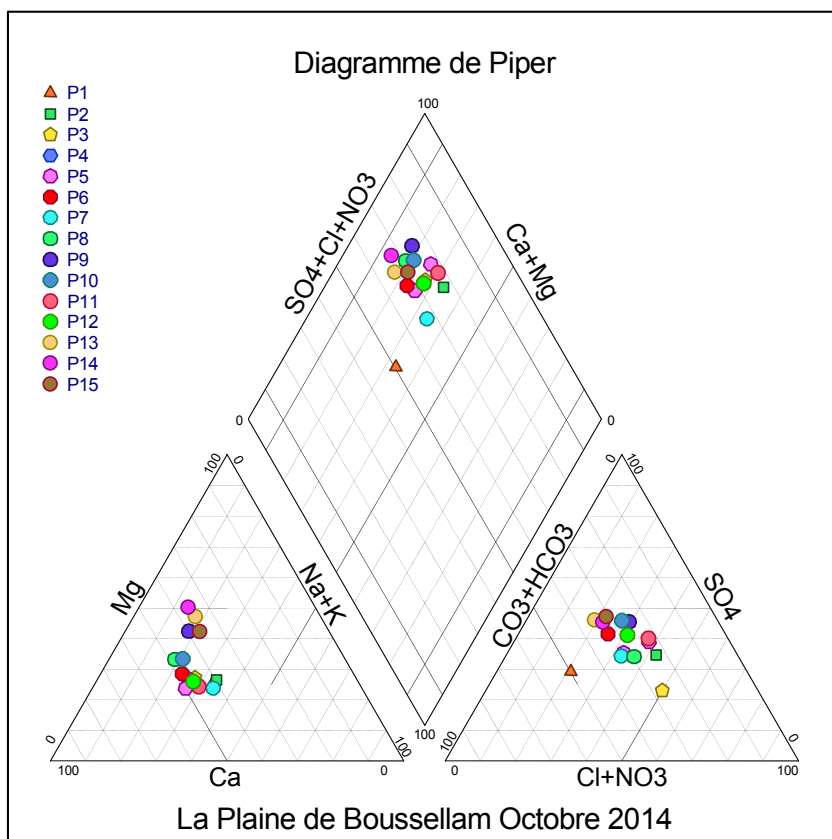
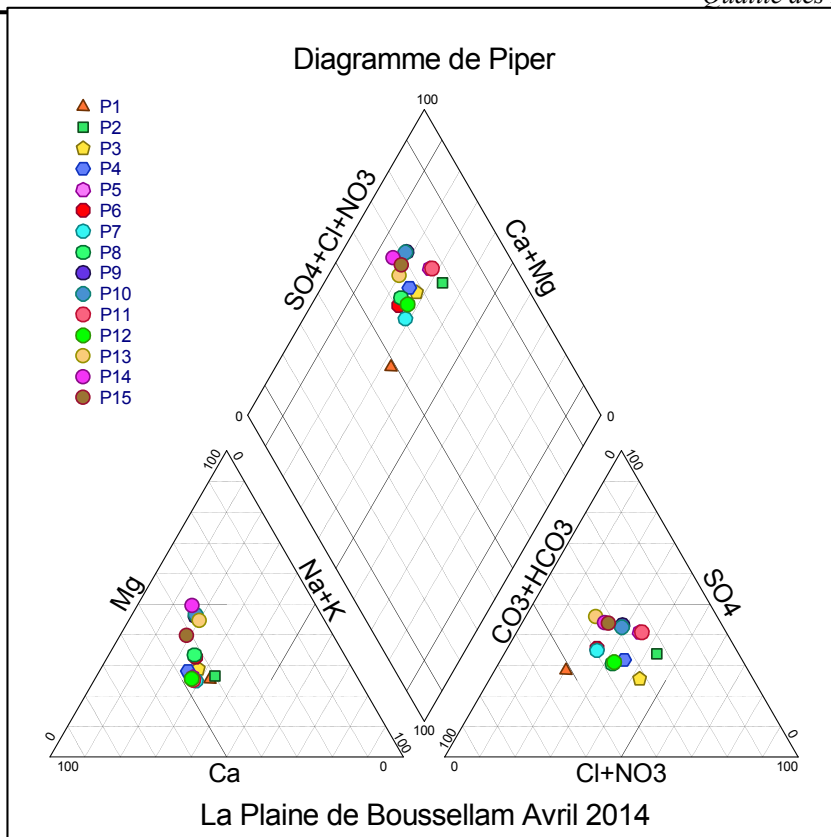
L'analyse de la composition en ions majeurs et leurs distributions dans le diagramme de Piper permettent de distinguer trois principaux faciès chimiques Chloruré-calcique et Bicarbonaté-calcique et Sulfaté- magnésien et à l'exception du point P9 qui est Sulfaté- calcique.

Le faciès Chloruré-calcique se trouve dans les puits P2, P3, P4, P5, P11, et P12. Ces puits se trouvent dans la partie septentrionale et orientale de la zone d'étude, cette minéralisation peut s'expliquer par la présence des formations alluvionnaires salées mio-plio-quaternaires des marnes gypsifères et les dolomies du Trias et le Cénomaniens ainsi que la contamination de ces eaux par celles de l'oued Boussellam dont on a enregistré des teneurs plus élevés en Chlorures. Alors que le faciès Bicarbonaté- calcique marque les puits P1, P6, P7 et P8 qui se trouvent au centre de la plaine, nous pouvons dire que cette minéralisation est due à son origine dans les formations carbonatées bordant la nappe de craie et le calcaire du Crétacé.

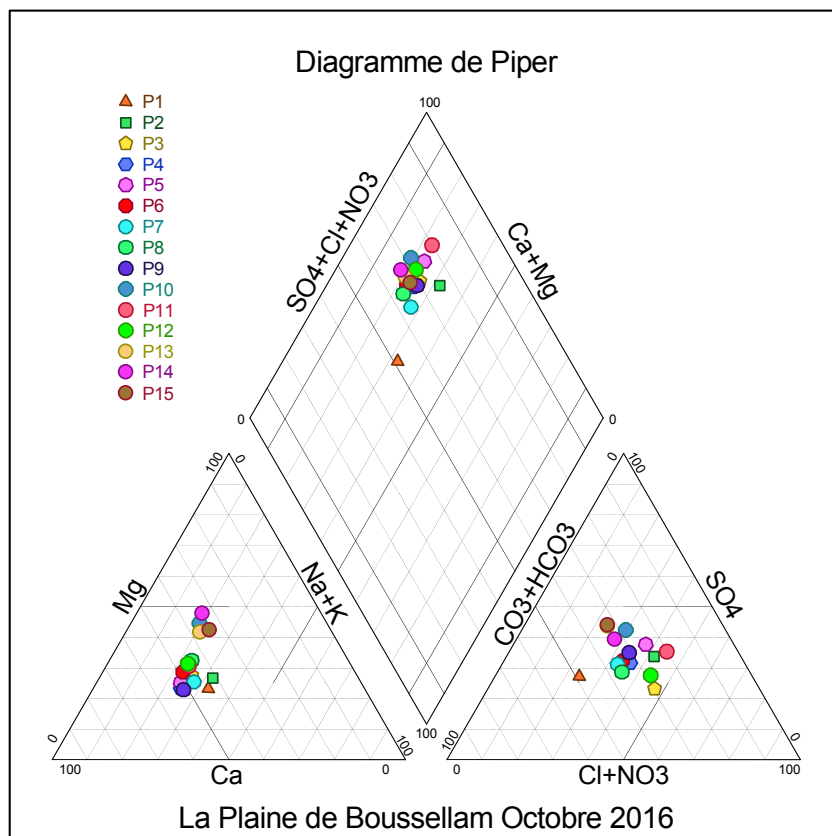
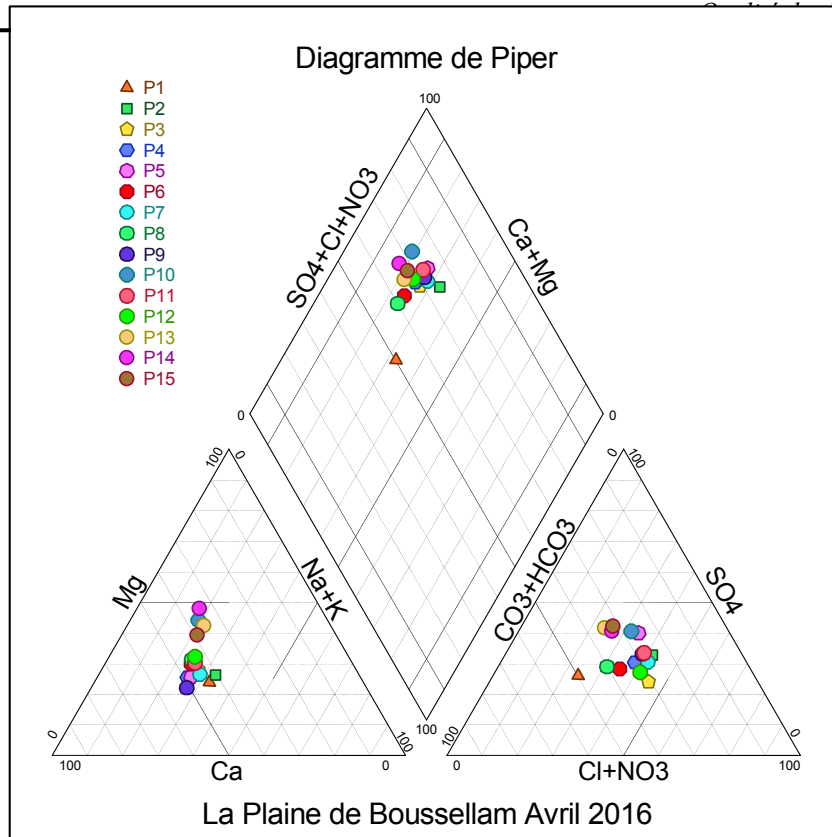
Le troisième faciès est le Sulfaté- magnésien qui caractérise les puits P10, P13, P14 et P15. Ces puits couvrent la partie occidentale de la plaine, les fortes teneurs en Sulfates et en Magnésium peuvent s'expliquer par l'échange cationique entre les Sulfates de gypse et les Magnésium de dolomite aussi on peut ajouter la dissolution des engrais contenant ces deux éléments comme le Sel d'Epsom qui constitue une forte teneur en Mg et SO<sub>4</sub>.

Un seul puits (P9) est marqué par le faciès Sulfaté-calcique et ceci est dû probablement à la dissolution du gypse.

Cette situation est pour la période des basses eaux d'Octobre 2016, nous avons trouvé les mêmes faciès pour les autres périodes d'Avril 2014, d'Octobre 2014 et d'Avril 2016 avec des petites variations qui peuvent expliquer par la dilution des eaux de la plaine par celles de la pluie d'une part et la dissolution des formations du Quaternaire comme les évaporites chlorurées et le gypse ainsi que par la contamination par les eaux de l'oued Boussellam d'une autre part. Ce qui représente une véritable source de pollution surtout pour les puits les plus proches.



**Figure 38.** Diagrammes de Piper dans la plaine de Boussellam (Avril/Octobre 2014)



**Figure 39.** Diagrammes de Piper dans la plaine de Boussellam (Avril/Octobre 2016)

## **4. Sources de la pollution dans l'oued de Boussellam**

### **4.1. Pollution domestique**

Etant le seul cours d'eau permanent qui traverse la région de Sétif, l'oued Boussellam fait l'objet d'une pollution très sévère. Celle-ci se rapporte à des déversements, des écoulements, des rejets, des dépôts directs ou indirects de matières de toutes natures, susceptibles de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractères physiques, chimiques ou bactériologiques.

### **4.2. Pollution agricole**

Les hautes plaines sétifiennes sont des vastes surfaces agricoles où l'utilisation des engrais n'a été limitée que ces dernières années de crise, Ainsi en 1986 lors de des études de l'aquifère superficiel (Boudoukha, 1998) et après le dosage des Nitrates, il trouve que plus de 66 % des points d'eau analysés ont des teneurs supérieures à 50 mg/l.

### **4.3. Pollution industrielle**

La situation est d'autant plus aggravée que l'oued est devenu le déversoir de toutes les unités de la zone industrielle transmissent par l'affluent de Guellal et de Ftaïssa, rappelant que la majorité de ces unités industrielles ne sont pas équipées de dispositif de traitement des eaux usées (Station d'épuration, station de neutralisation, station de désintoxication, et décantation) ce qui a conduit naturellement à une accumulation des résidus industriels dans ce milieu naturel, contribuant ainsi de façon fort significative à la pollution et la disparition de l'écosystème aquatique.

## **Conclusion**

L'oued Boussellam est l'un des rares cours d'eau permanents algériens; il est la principale source du barrage d'Ain Zada qui alimente en eau les villes de Sétif, d'El Eulma, de Bordj Bou-Arreridj et de Bougaâ.

Les eaux usées brutes de l'oued Boussellam constituent pour beaucoup d'agriculteurs, une source d'eau sûre et riche en nutriments, ce qui leur permet de pallier à la cherté des engrais et à l'irrégularité des pluies qu'a connue la région malgré les inconvénients que représente cette pratique dont les plus graves sont relatifs aux risques pour la santé humaine (liés aux germes pathogènes, aux métaux lourds et aux produits chimiques contenus dans ces eaux).

D'autres nuisances existent telles que les mauvaises odeurs pour l'environnement immédiat, la pollution des sols et des nappes sous-jacentes.

Pour cela nous avons fait un suivi de l'évolution de la pollution dans l'oued de

Boussellam sur le plan annuel et saisonnier pour les trois types de sources de pollution dont nous avons regroupé les sources domestiques et agricole sous la pollution anthropique ainsi nous avons étudié son impact sur la qualité des eaux de la plaine afin de donner une approche sur la situation qui est déjà grave pour suggérer des solutions afin de protéger les eaux pour les générations futurs.

## II. Evolution de la pollution dans les eaux de l'Oued de Boussellam et son impact sur l'environnement

### Introduction

Afin de suivre l'évolution de la pollution des eaux de l'Oued de Boussellam et son impact sur l'environnement notamment la plaine qui l'entoure, un échantillonnage de 24 points d'eau a été effectué, neuf parmi eux ont été pris au niveau de l'Oued de Boussellam et ses affluents et les autres sont répartis à travers la plaine pour voir l'évolution des éléments anthropiques et industriels, dont :

- Six stations pour voir la pollution anthropique (Pd1, Pd2, Pd3, Pd4, Pd5 et Pd6) installées le long du talweg principal de l'Oued de Boussellam jusqu'au barrage Ain Zada.
- Six stations pour voir la pollution industrielle (Pi1, Pi2, Pi3, Pi4, Pi5 et Pi6) installées le long des affluents de Guellal et de Ftaïssa et une partie de l'Oued Boussellam jusqu'au barrage Ain Zada.
- Les trois dernières stations représentent les mêmes sites de prélèvement (Pd4=Pi4, Pd5=Pi5, et Pd6= Pi6) elles sont situées dans la partie commune de l'Oued Boussellam.
- Quinze points de prélèvement des eaux souterraines de la nappe phréatique de la plaine de Boussellam pour voir également l'évolution des différents paramètres physico-chimiques et chimiques et l'impact probable et échangeable entre les eaux la plaine et l'Oued.

L'échantillonnage a été fait en quatre périodes pendant deux années pour voir l'évolution annuelle et saisonnière des différents éléments. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de l'Institut des Sciences et des Techniques des Eaux de Gabès (ISSTEG) et le laboratoire de la Faculté des Sciences de Gabès en Tunisie pour la période d'Octobre 2014 et les laboratoires de l'Algérienne des eaux (ADE) de Skikda et de Sétif et les laboratoires de GNL de Skikda pour les périodes d'Avril 2014, Avril 2016 et Octobre 2016. Les analyses ont été faites par la méthode du dosage chromatographique ionique par la chaîne chromatographie ionique METROHM 850 IC pour les éléments majeurs et la spectrométrie : Spectrophotomètre à UV-Visible (SHIMADZU E17) pour les polluants organiques.

Les analyses des métaux lourds ont été effectuées partiellement pendant la période des basses eaux, car les sites des stations Pi1, Pi2, et Pi3 sont à sec pendant cette période et

il ne reste que les stations Pi4, Pi5, et Pi6 où l'écoulement est permanent. Elles ont été faites au niveau des laboratoires de GNL de Skikda pour les deux années 2014 et 2016.

La réalisation des cartes a été établie au laboratoire de Géologie de la faculté de Tunis en Tunisie en 2015 et au laboratoire des ressources en eau et du développement durable REDD de l'institut de Géologie de Annaba en Algérie en 2017 sur la base de données des images satellitaires numériques MNT de format GDEM traités sous ArcGis.

- Pour les sources de la pollution anthropique il faut citer les Nitrates, les Nitrites, les Phosphates et les Ammoniums.
- Pour les sources de pollution industrielle, un suivi des métaux lourds suivants a été réalisé : le Cadmium, le Cuivre, le Plomb et le Zinc.

Avant de voir l'évolution des polluants des différentes sources (domestiques, agricoles et industrielles) il est préférable de suivre l'évolution des éléments majeurs car l'augmentation des teneurs de ces éléments aura un impact sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau ainsi l'évolution de la minéralisation peut rendre les eaux très dure a utiliser pour les nombreux usagers des différents secteurs.

- Les cations : le Calcium, le Magnésium, le Sodium et le Potassium
- Les anions : les Chlorures, les Sulfures, et les Bicarbonates.

Les tableaux suivants [35, 36 et 37] représentent les coordonnées des stations et des points de prélèvement et la figure 37 montre leur répartition à travers la zone d'étude.

**Tableau 35.** Les stations de prélèvements domestiques dans l'oued de Boussellam

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)
<b>Pd1 (Témoin)</b>	715418,96	4011060,87	1022
<b>Pd2 (Oued Boussellam)</b>	710267,13	3999748,09	987
<b>Pd3 (Oued Boussellam)</b>	700760,14	3992949,79	924
<b>Pd4 (Oued Boussellam)</b>	698243,63	3995992,42	866
<b>Pd5 (Oued Boussellam)</b>	694659,35	3999842,17	856
<b>Pd6 (Barrage Ain Zada)</b>	694659,91	4002883,61	847

*Système de coordonnées géographiques : WGS 1984*

*Système de projection de coordonnées : WGS 1984\_UTM\_31 N\_ Unité Mètre*

**Tableau 36.** Les stations de prélèvements industriels dans l'oued de Boussellam

Station	X (m)	Y (m)	Z (m)
<b>Pi1 (Oued Guellal)</b>	715910,17	3999101,92	983
<b>Pi2 (Oued Guellal)</b>	708231,06	3990343,95	916
<b>Pi3 (Oued Ftaissa)</b>	703065,36	3990461,09	904
<b>Pi4 (Oued Boussellam)</b>	698243,63	3995992,42	866
<b>Pi5 (Oued Boussellam)</b>	694659,35	3999842,17	856
<b>Pi6 (Barrage Ain Zada)</b>	694659,91	4002883,61	847

*Système de coordonnées géographiques : WGS 1984*

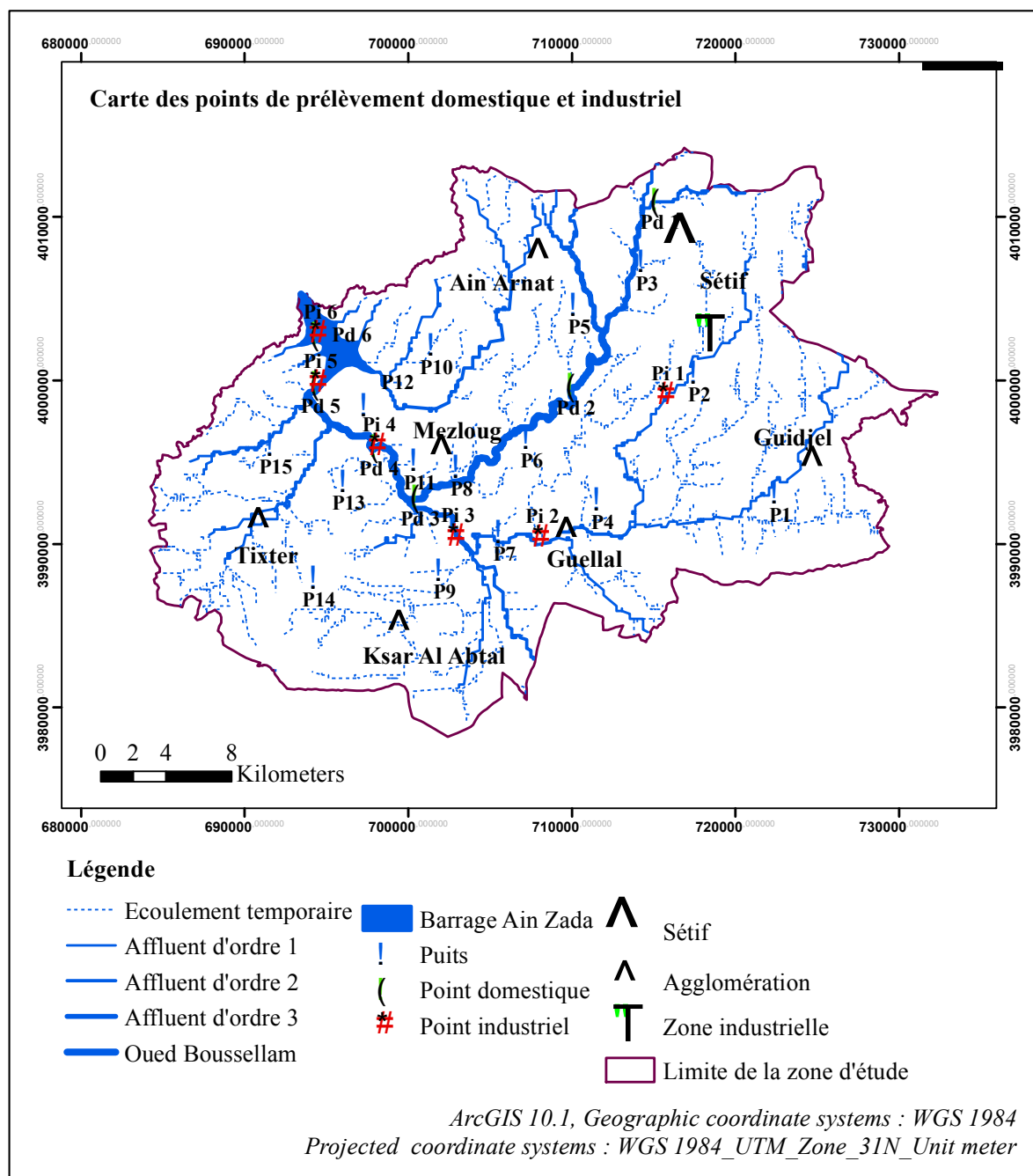
*Système de projection de coordonnées : WGS 1984\_UTM\_31 N\_ Unité Mètre*

**Tableau 37.** Les points de prélèvement dans la plaine de Boussellam

Point d'eau (puits)	X (m)	Y (m)	Z (m)
<b>P1 (Témoin)</b>	722771,57	3993150,06	951
<b>P2</b>	717816,53	4000502,71	969
<b>P3</b>	714619,72	4007295,92	1065
<b>P4</b>	711902,44	3992750,46	918
<b>P5</b>	710463,68	4004658,56	981
<b>P6</b>	707586,76	3996505,79	938
<b>P7</b>	705908,43	3990752,46	869
<b>P8</b>	703290,35	3994748,46	911
<b>P9</b>	702232,11	3988434,78	910
<b>P10</b>	701752,59	4002181,03	944
<b>P11</b>	700713,63	3995148,07	902
<b>P12</b>	697676,67	3998504,71	870
<b>P13</b>	696397,94	3993869,34	890
<b>P14</b>	694559,78	3987955,26	938
<b>P15</b>	691922,42	3996107,11	906

*Système de coordonnées géographiques : WGS 1984*

*Système de projection de coordonnées : WGS 1984\_UTM\_31 N\_ Unité Mètre*

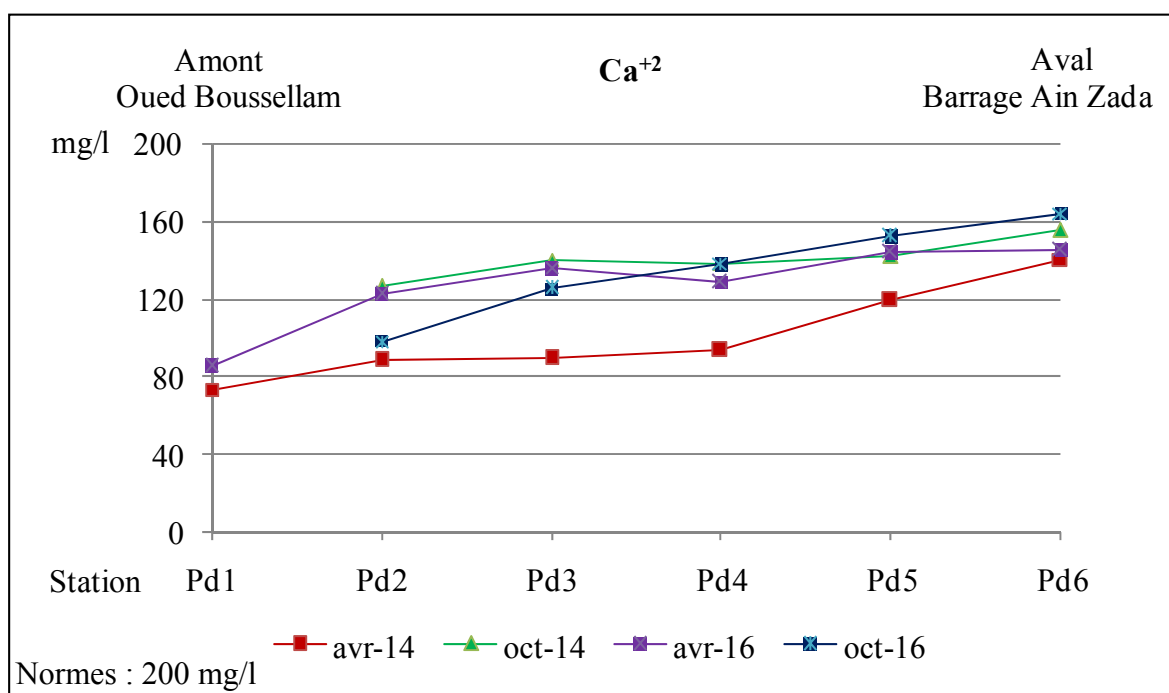


**Figure 40.** Les points de prélèvement dans la plaine de Boussellam

## 1. Evolution des éléments majeurs

### 1.1. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Ca dans l'oued de Boussellam

Il faut remarquer une évolution continue des teneurs en Calcium que se soit sur le plan spatial et temporel. Pour ce dernier, on a remarqué une augmentation annuelle des teneurs en Ca en 2106 par rapport à l'année 2104. Ainsi, ces teneurs vont augmenter lorsqu'on avance vers l'aval de l'Oued Boussellam, on peut enregistrer par exemple les valeurs suivantes dans l'Oued en Avril 2014 : Pd2 (88 mg/l), Pd4 (93 mg/l) et Pd6 (140 mg/l). Par contre, on a enregistré des valeurs plus grandes en Avril 2016 pour les mêmes points : Pd2 (122 mg/l), Pd4 (128 mg/l) et Pd6 (145 mg/l). Ces valeurs restent toujours très élevés par rapport la station témoin Pd1 (73 mg/l en Avril 2014 et 85 mg/ en Avril 2016). Cette situation caractérise Octobre 2014 et Octobre 2016. Cette augmentation est due principalement au lessivage du Calcium des roches sédimentaires dont cet élément est plus soluble ainsi que des eaux des rejets de la ville de Sétif riches en Calcium résultant de l'utilisation de la chaux dans le traitement des eaux. L'ajustement du potentiel hydrogène ou pH, l'éventuel précipitation d'hydroxydes métalliques, la capacité d'agglomération de certains matériaux par « floculation ».



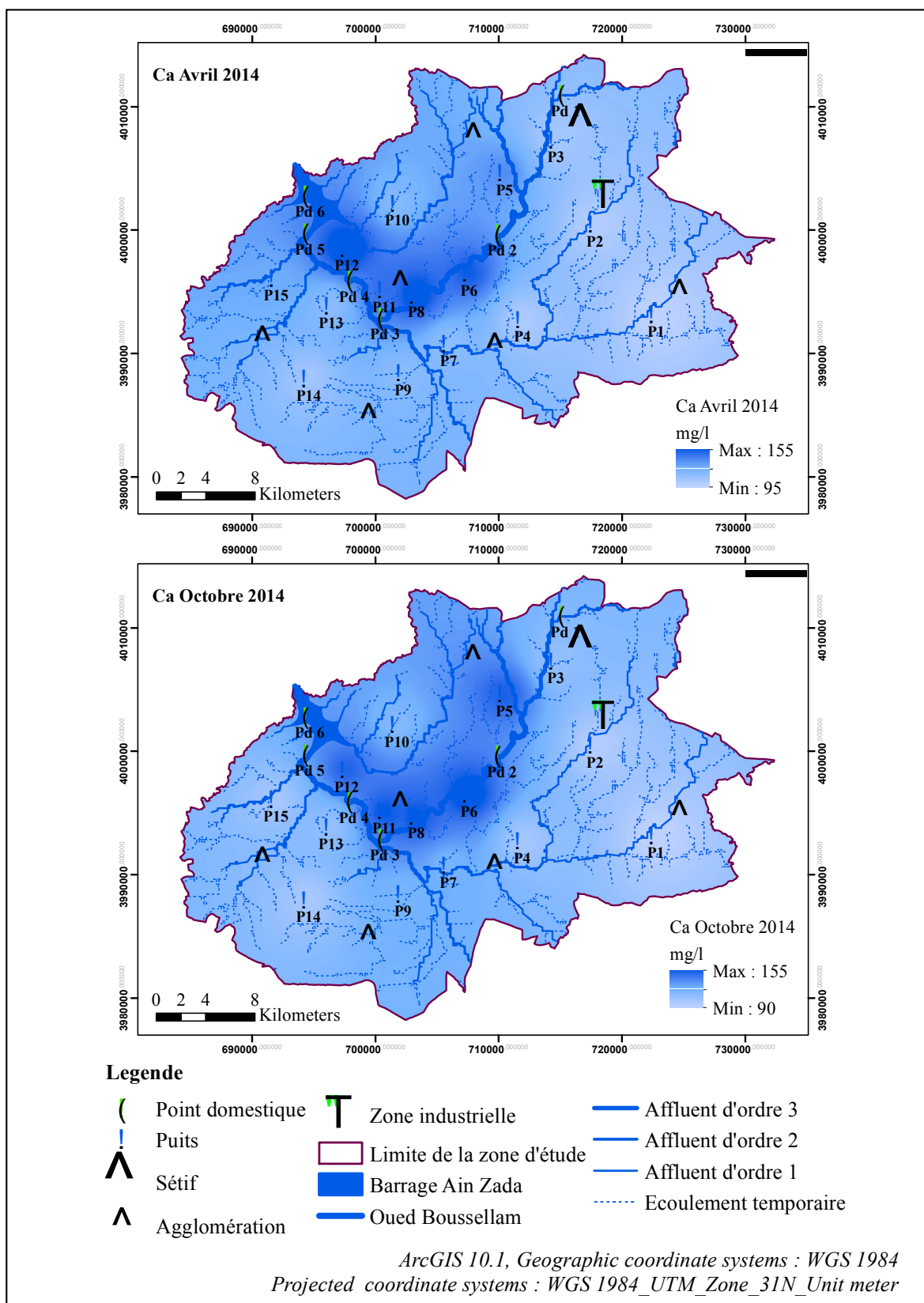
**Figure 41.** Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Calcium dans l'oued de Boussellam (2014/2016)

Pour l'évolution saisonnière, il a été remarqué la diminution des teneurs en Calcium pendant les basses eaux par rapport aux hautes eaux, que soit en 2014 ou 2016 dont on a enregistré par exemple en Avril 2014 : Pd3 (89 mg/l) et Pd5 (119 mg/l) et en Avril 2016 : Pd3 (136 mg/l) et Pd5 (144 mg/l). Ces teneurs vont par la suite diminuer durant la période des basses eaux où on a enregistré pour les mêmes stations les valeurs suivantes en Octobre 2014 : Pd3 (140 mg/l) et Pd5 (142 mg/l) et en Octobre 2016 : Pd3 (125 mg/l) et Pd5 (152 mg/l) et çà est due à l'épuisement des eaux de la pluie qui alimentent l'oued Boussellam , ces eaux seront chargé de cet éléments au cours de leurs passage par les roches riches dans la période pluvieuse en Calcium, et des eaux des rejets, où dans le traitement des eaux usées et des effluents, un ajout de chaux neutralise l'acidité et stabilise les boues, et dans les incinérateurs, elle est utilisée pour neutraliser les fumées acides chargées en dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> et/ou en acide chlorhydrique HCl.

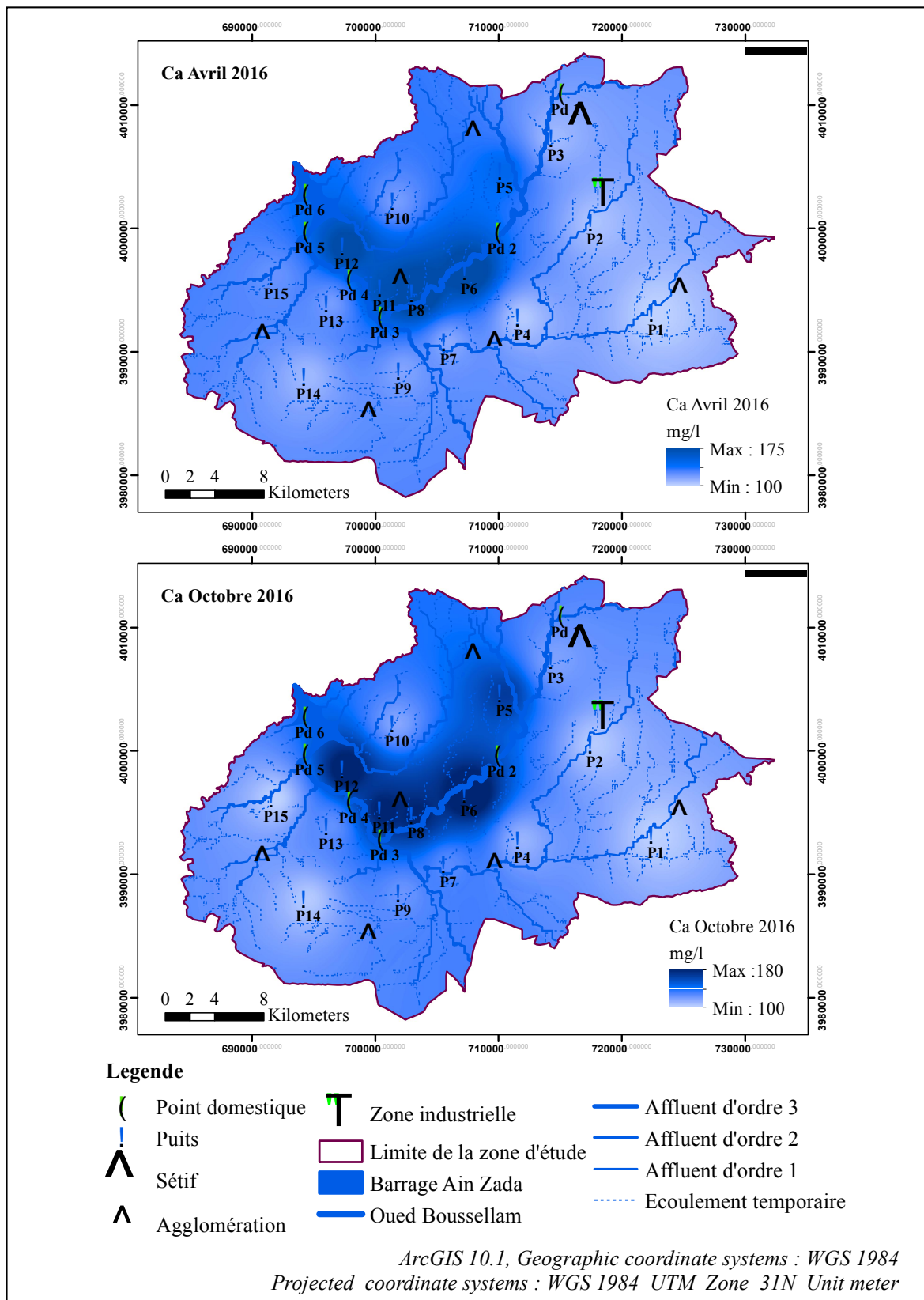
### 1.1.2. Impact sur les eaux de la plaine

Les cartes iso-teneurs en Calcium (Fig. 42 et Fig. 43) montrent globalement, presque une quantité égale des concentrations dans la plaine de Boussellam sauf la zone de l'Oued et son entourage qui présente des teneurs plus fortes, alors on peut noter les remarques suivantes :

- La répartition de la concentration en Calcium dans la plaine de Boussellam est presque identique, dont les valeurs sont varient entre P1 (89 mg/l) en Octobre 2014 et P11 (165 mg/) en Avril 2016.
- Les teneurs les plus fortes sont situent dans la zone la plus proches de l'oued de Boussellam (voir les cartes iso-teneurs).
- Une augmentation annuelle est signalé en 2016 par rapport 2014 dans la plus part des puits est surtout dans les points voisins de l'oued de Boussellam
- Les eaux de la plaine subis une influence par les eaux de l'oued notamment dans les zones approximatives, cette influence peut également provienne de lessivage du Calcium des roches gypsifères qui se trouve dans la plaine sur les deux coté de l'oued et qui sont déplacées par les eaux souterraines.
- Malgré cette influence les eaux de la plaine ainsi que celles de l'oued de Boussellam restent toujours dans les normes algériennes des eaux potables (< 200 mg/l).



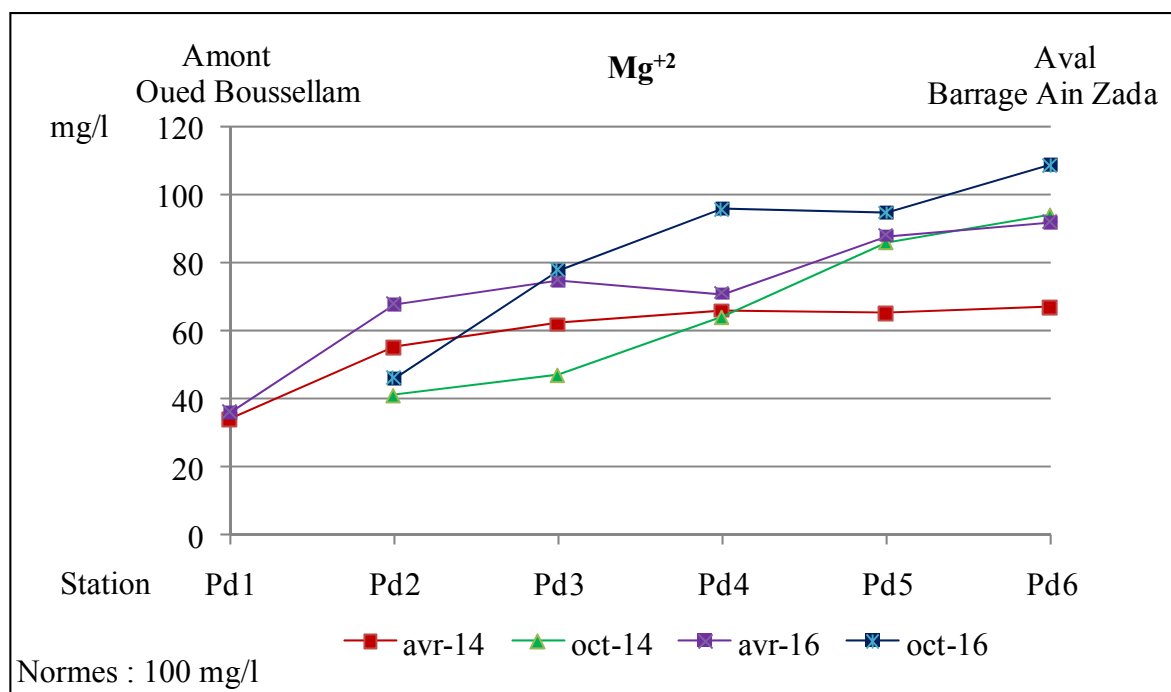
**Figure 42.** Evolution saisonnière des teneurs en Ca dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 43.** Evolution saisonnière des teneurs en Ca dans la plaine de Boussellam (2016)

## 1.2. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Magnésium dans l'oued de Boussellam

Les fortes concentrations du Magnésium se localisent à la partie occidentale de la plaine de Boussellam, l'évolution annuelle de la teneur en cet élément est claire, dont nous signalons son augmentation entre l'année 2014 et 2016, cette augmentation se croit quand on passe vers l'aval (Barrage Ain zada), par exemple pour les puits Pd2 (55 mg/l), Pd4 (66 mg/l), Pd6 (67 mg/l) en Avril 2014 alors qu'en Avril 2016 nous avons enregistré Pd2 (68 mg/l), Pd4 (71 mg/l), Pd6 (92 mg/l), et on a observé la même chose pour le mois d'Octobre par exemple en Octobre 2014 Pd2 (41 mg/l), Pd4 (64 mg/l), Pd6 (94 mg/l) alors qu'en Avril 2016 les résultats des mêmes stations seront Pd2 (46 mg/l), Pd4 (96 mg/l), Pd6 (109 mg/l), les concentration sont plus fortes dans le dernier tranche de l'oued de Boussellam ou se trouve le Barrage de Ain Zada, alors on peut dire que cette évolution due au lessivage de roches sédimentaires et cristallines plus solubles contiennent cet élément car les Figures 42 et 43 montrent une intense concentration dans la partie Ouest qui alimente directement ce tranche de l'oued en eau de surface et souterraine, ainsi l'utilisation de certain engrais comme le sel d'Epsom et l'évacuation des eaux de la ville de Sétif et la zone industrielle car le Magnésium a plusieurs utilisations industrielles.



**Figure 44.** Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Magnésium dans l'oued de Boussellam (2014/2016)

Nous remarquons également la diminution des concentrations dans la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux (Fig. 42 et Fig. 43) par exemple les stations Pd2 (55 mg/l), Pd3 (62 mg/l), Pd5 (65 mg/l) en Avril 2014 alors que ces valeurs seront Pd2 (41 mg/l), Pd3 (47 mg/l), Pd5 (86 mg/l) en Octobre 2014 et dans les mêmes stations nous avons enregistré Pd2 (68 mg/l), Pd3 (75 mg/l), Pd5 (88 mg/l) en Avril 2016 et Pd2 (46 mg/l), Pd3 (78 mg/l), Pd5 (95 mg/l) en Octobre 2016. Cette diminution est issue à la disparition des facteurs conduisant à l'augmentation qu'on a cités précédemment comme la pluie par exemple, ainsi que les eaux de la zone industrielle n'arrivent pas au talweg principal de l'oued de Boussellam à cause de la sécheresse des affluents de Guellal et de Ftaissa qui font un passage des eaux rejetées de la zone industrielle vers l'oued de Boussellam .

### 1.2.2. Impact sur les eaux de la plaine

L'analyse des cartes iso-teneurs du Magnésium pendant les quatre périodes nous signalons la répartition inégale des concentrations de cet élément, dont les fortes teneurs sont localisées dans la partie Ouest de la plaine alors :

- La partie Ouest de la plaine de Boussellam est marquée par une forte concentration dont la plus grande valeur s'est enregistrée dans le puits P10 (94 mg/l).
- Les concentrations du Magnésium dans la partie Ouest sont presque identique avec les teneurs dans les eaux de l'oued, là on peut signaler que l'impact de la qualité des eaux est échangeable c'est-à-dire l'oued fait un impact sur la plaine dans la période des hautes eaux et le contraire dans la période des basses eaux où nous remarquons l'influence des eaux souterraines de la plaine sur l'oued par le phénomène de lessivage des roches gypsifères.
- Les teneurs du Magnésium dans les eaux de la plaine de Boussellam augmentent d'une année à une autre.
- Les teneurs du Magnésium diminuent dans les eaux des puits de la plaine pendant la période des basses eaux et ça est due probablement au séjour des particules en suspension aux fonds des puits.
- Le total des concentrations enregistrées dans les stations installées le long du talweg de Boussellam ainsi que dans les puits de la plaine restent dans les normes (pas de valeur pour la classification algérienne mais pour d'autres classification est fixée 100 mg/l)

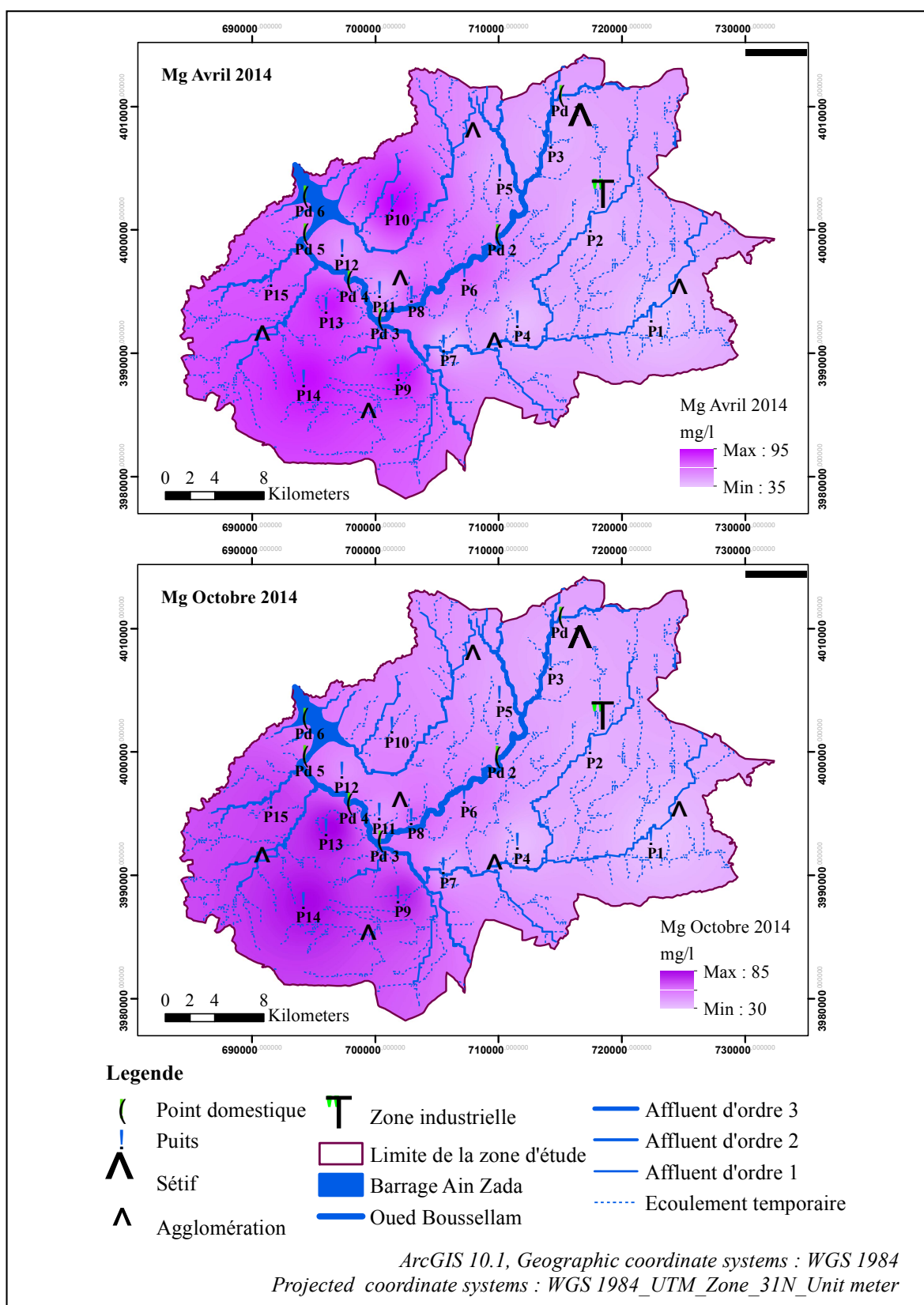


Figure 45. Evolution saisonnière des teneurs en Mg dans la plaine de Boussellam (2014)

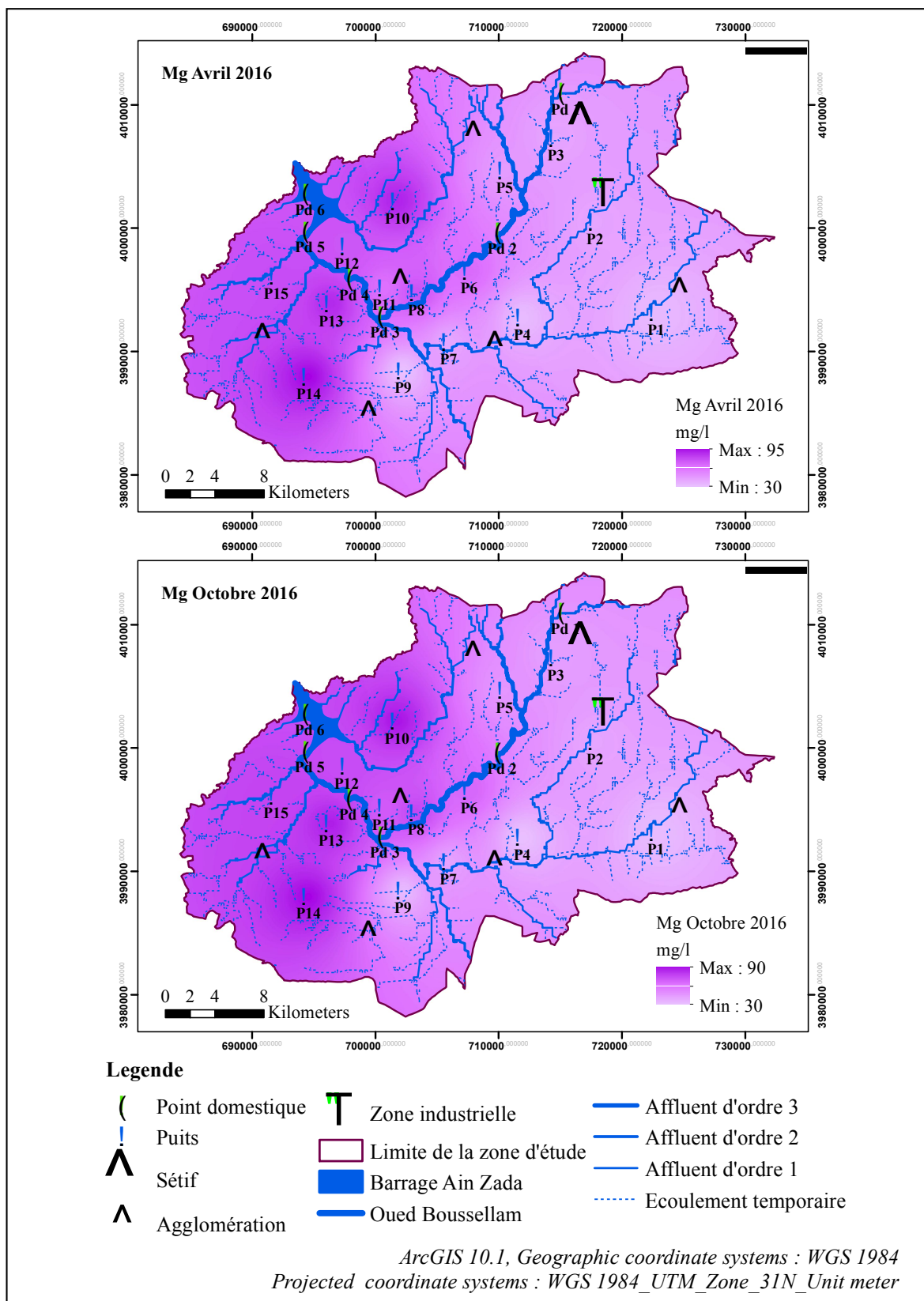
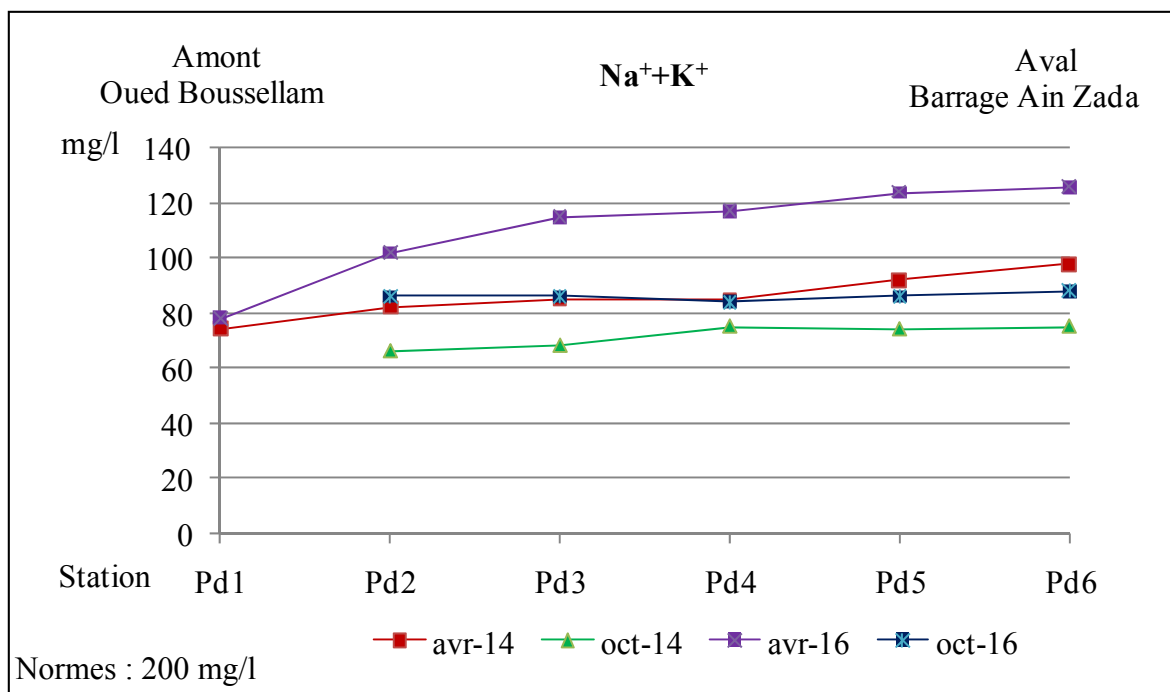


Figure 46. Evolution saisonnière des teneurs en Mg dans la plaine de Boussellam (2016)

### 1.3. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Sodium dans l'oued de Boussellam

Les courbes d'évolution des teneurs en Sodium (Fig. 47) montrent une augmentation de concentration de cet élément que se soit annuelle où saisonnière dans les eaux de l'oued de Boussellam, alors nous marquons l'augmentation du Sodium de l'année 2014 à l'année 2016 par exemple Pd2 (82 mg/l), Pd4 (85 mg/l), Pd5 (92 mg/l) en Avril 2014 et Pd2 (102 mg/l), Pd4 (117 mg/l), Pd5 (124 mg/l) en Avril 2016, et pour les mêmes stations Pd2 (66 mg/l), Pd4 (75 mg/l), Pd5 (74 mg/l) en Octobre 2014 et Pd2 (86 mg/l), Pd4 (84 mg/l), Pd5 (86 mg/l) en Octobre 2016, ces concentrations sont plus fortes par rapport à la station témoin Pd1 (74 mg/l) en avril 2014 et Pd1 (78 mg/l) en Avril 2016 mais toujours dans les normes algériennes des eaux potables (< 200 mg/l), cette évolution d'une année à une autre est due à la solution des roches cristallines et des eaux courantes chargées de cette élément que se soit de la pluie où des rejets dont il ya des utilisation domestique du Sodium comme le sel de table NaCl et la Soude NaOH et l'eau de javel NaClO), le sel de table n'est pas utilisé seulement pour la nutrition mais aussi pour le salage des routes pendant la période pluvieuse dans la région de Sétif dont elle réceptionne des grandes quantités de la neige, le salage et très utile pour le faire fondre.



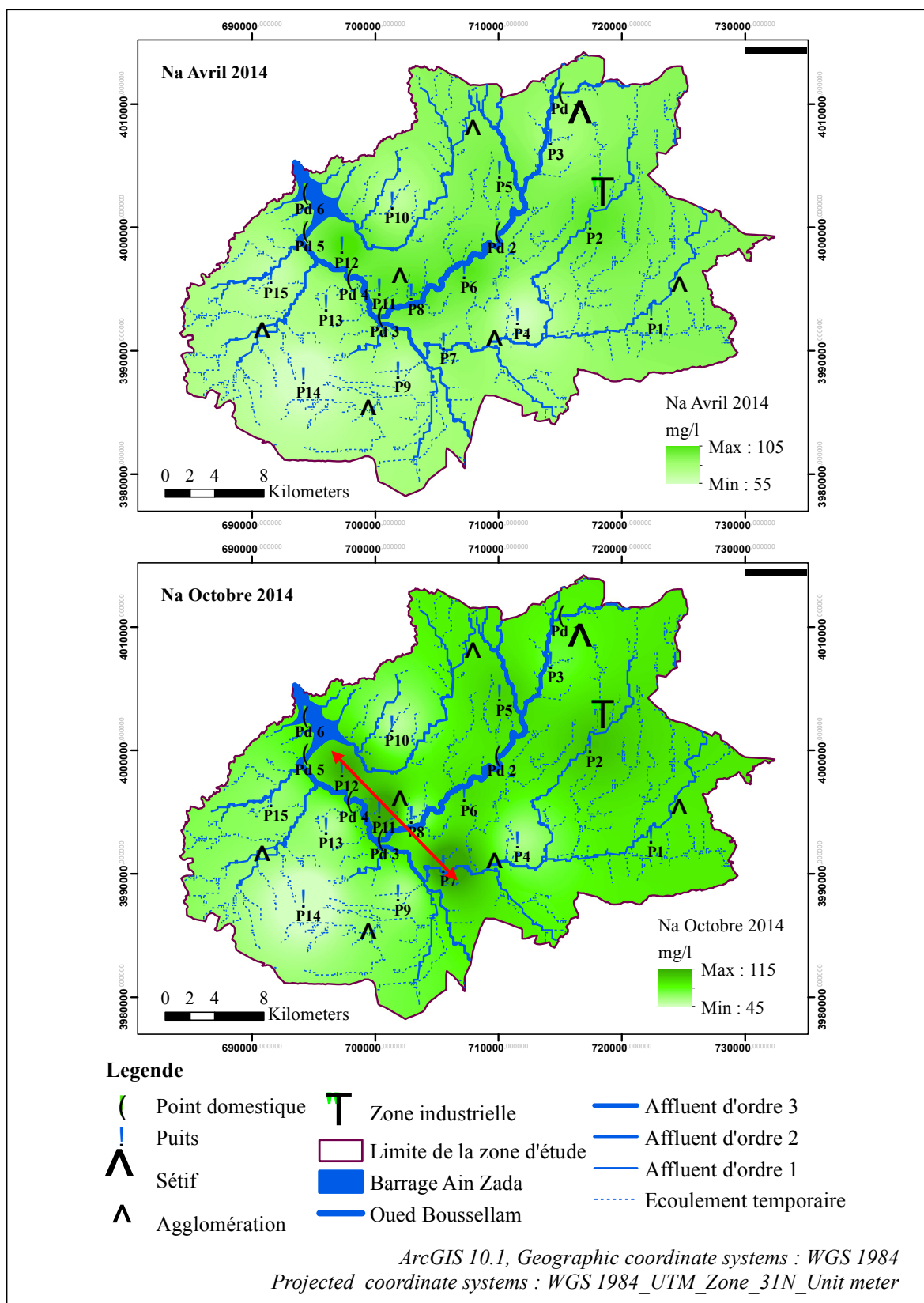
**Figure 47.** Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Sodium dans l'oued de Boussellam (2014/2016)

Nous remarquons également la diminution des teneurs en Sodium dans les eaux de l'oued Boussellam pendant la période de basses eaux par rapport à celle des hautes eaux dont on a enregistré par exemple dans les stations Pd3 (85 mg/l), Pd5 (92 mg/l), Pd6 (98 mg/l) en Avril 2014 et Pd3 (68 mg/l), Pd5 (74 mg/l), Pd6 (94 Mg/l) en Octobre 2014. Dans les mêmes stations, on a observé les valeurs suivantes Pd3 (115 mg/l), Pd5 (124 mg/l), Pd6 (126 mg/l) en Avril 2016 et Pd3 (86 mg/l), Pd5 (86 mg/l), Pd6 (88 mg/l) en Octobre 2016. Cette situation peut s'expliquer par la contribution des eaux courantes issues de la pluie chargée de cet élément, les rejets de la ville de Sétif dans l'oued et le salage des routes pendant la période froide. Tous ces facteurs disparaissent ou diminuent en période de basses eaux ce qui réduit leur concentration.

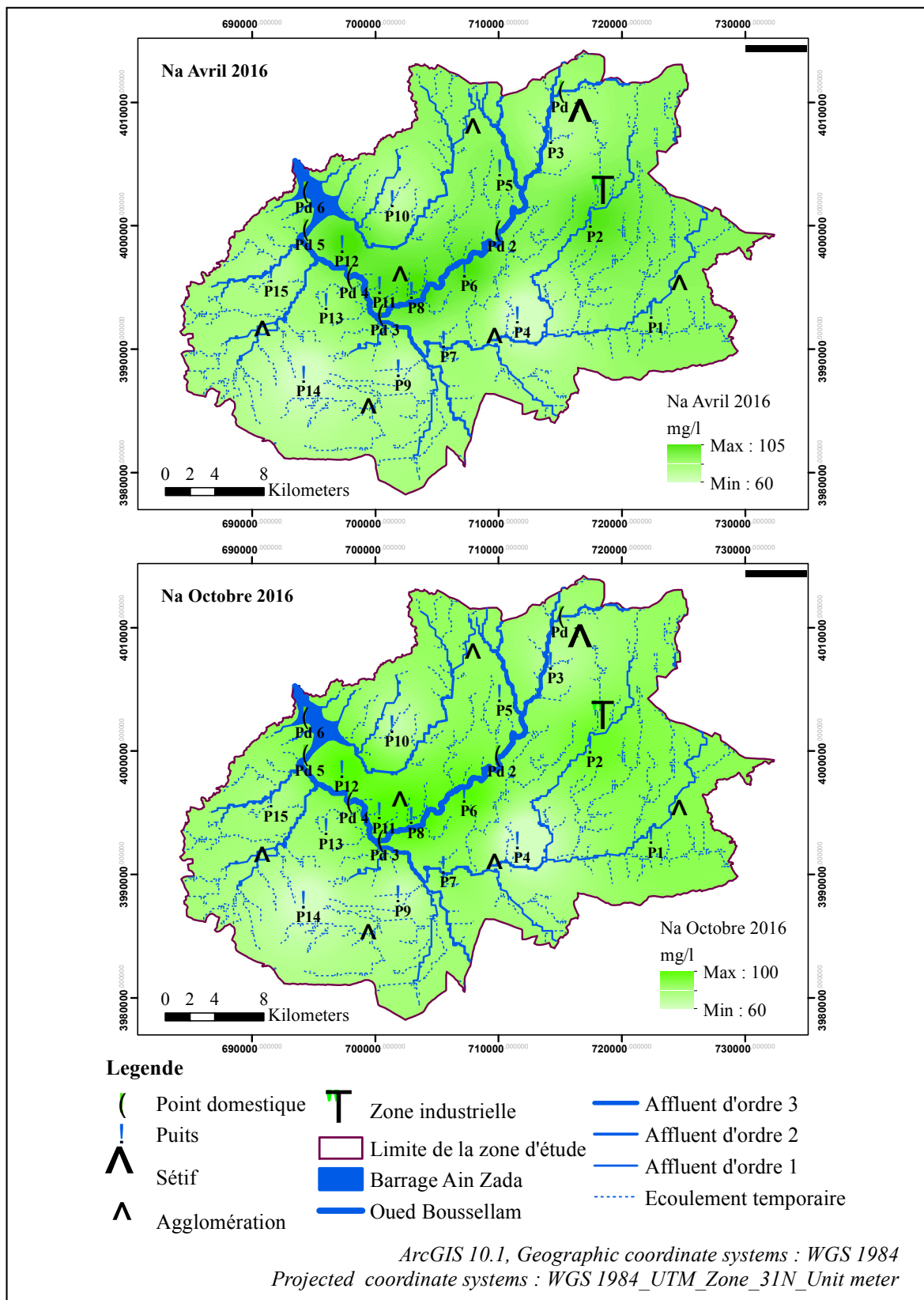
### 1.3.2. Impact sur les eaux de la plaine

La lecture des cartes iso-teneurs en Sodium des quatre périodes (Fig. 48 et Fig. 49) montrent que les concentrations les plus fortes se localisent au centre de la plaine notamment le long du talweg de Boussellam dont les teneurs varient entre P14 (44 mg/l) en Octobre 2014 et P7 (112 mg/l) dans la même période alors :

- Les teneurs en Sodium dans la plaine de Boussellam s'accroissent annuellement.
- Les concentrations du Sodium subissent une réduction en période de basses eaux pour les deux années 2014 et 2016 à l'exception de trois puits P7 (112 mg/l), P11 (111 mg/l) et P12 (99 mg/l) dont on enregistre des valeurs plus fortes. Ces puits se trouvent sur le même axe (l'axe en rouge dans la Figure 48) et ceci est dû probablement à une dissolution des roches cristallines non habituelles dans cette zone.
- Les valeurs enregistrées dans la plaine de Boussellam est presque dans la même marge avec l'oued ce qui montre une influence dans les deux sens, alors les eaux de l'oued a un impact sur celles de la plaine à la période des hautes eaux et l'inverse pour la période des basses eaux où nous constatons une influence des eaux de la plaine sur celles de l'oued.
- Les teneurs en Sodium dans les puits de la plaine dépassent la concentration du témoin Pd1 (74 mg/l) en Avril 2014 et Pd1 (78 mg/l) en Avril 2016.
- Finalement toutes les concentrations des points d'eau que se soit dans la plaine ou dans l'oued sont dans les normes algériennes des eaux potables (< 200 mg/l).



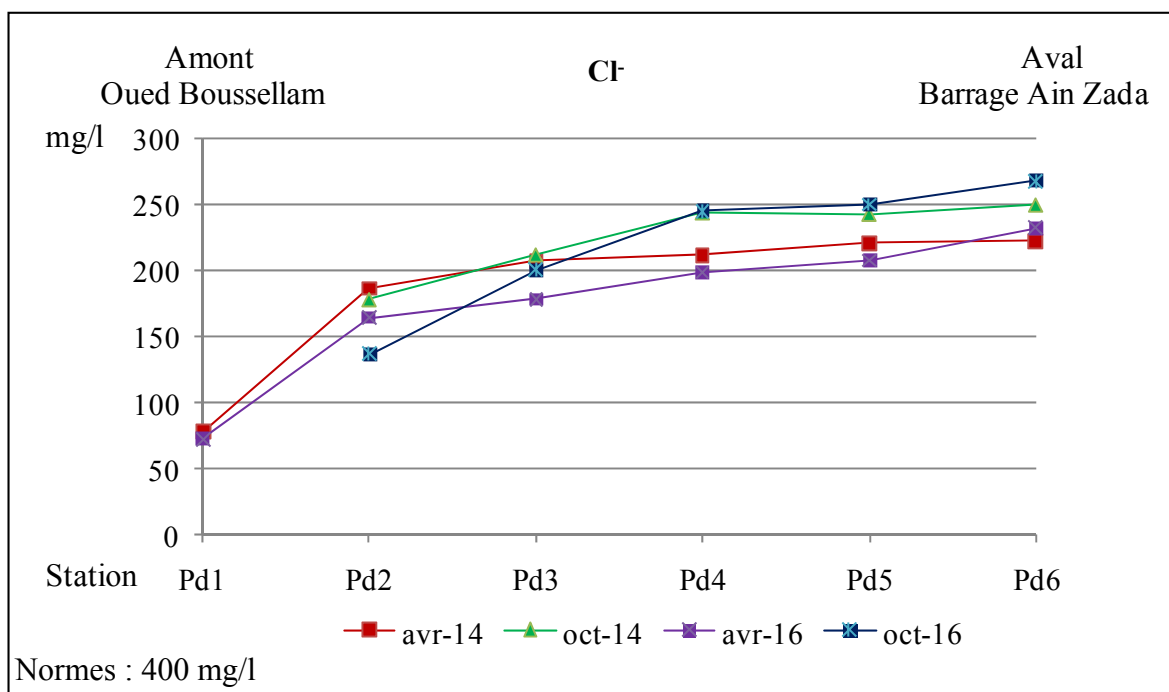
**Figure 48.** Evolution saisonnière des teneurs en Sodium dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 49.** Evolution saisonnière des teneurs en Sodium dans la plaine de Boussellam (2016)

#### 1.4. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Chlorures dans les eaux de l'oued de Boussellam

Nous avons enregistré des teneurs assez fortes en Chlorures dans les eaux de l'Oued et de la plaine de Boussellam pour toutes les périodes sur le plan annuel et saisonnier avec une petite diminution de cet élément dans les eaux de l'oued pour l'année 2016 par rapport à l'année 2014 (Fig. 50). Par exemple, pour les stations Pd2 (186 mg/l) Pd3 (207 mg/l) Pd5 (220 mg/l) en Avril 2014 et Pd2 (164 mg/l) Pd3 (178 mg/l) Pd5 (207 mg/l) en Avril 2016 et la même situation pour le mois d'Octobre où nous avons trouvé les valeurs Pd2 (178 mg/l) Pd3 (212 mg/l) Pd5 (243 mg/l) en Octobre 2014 et Pd2 (136 mg/l) Pd3 (200 mg/l) Pd5 (250 mg/l) en Octobre 2016. Ces teneurs sont très fortes par rapport à la station témoin qui est installée avant la ville de Sétif Pd1 (77 mg/l) pour Avril 2014 et Pd1 (72 mg/l) et Avril 2016. Ainsi, les teneurs vont augmenter en passant vers l'aval de l'oued de Boussellam, cette augmentation est due en premier lieu à l'origine de l'élément issue de la dissolution des roches évaporitiques, la Sylvine KCl et la Carnallite  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$  ainsi que l'utilisation domestique de sel de table et le salage des routes pendant la période estivale. On peut aussi citer l'utilisation du Chlore pour le traitement des eaux destinées à l'alimentation en eau potable.



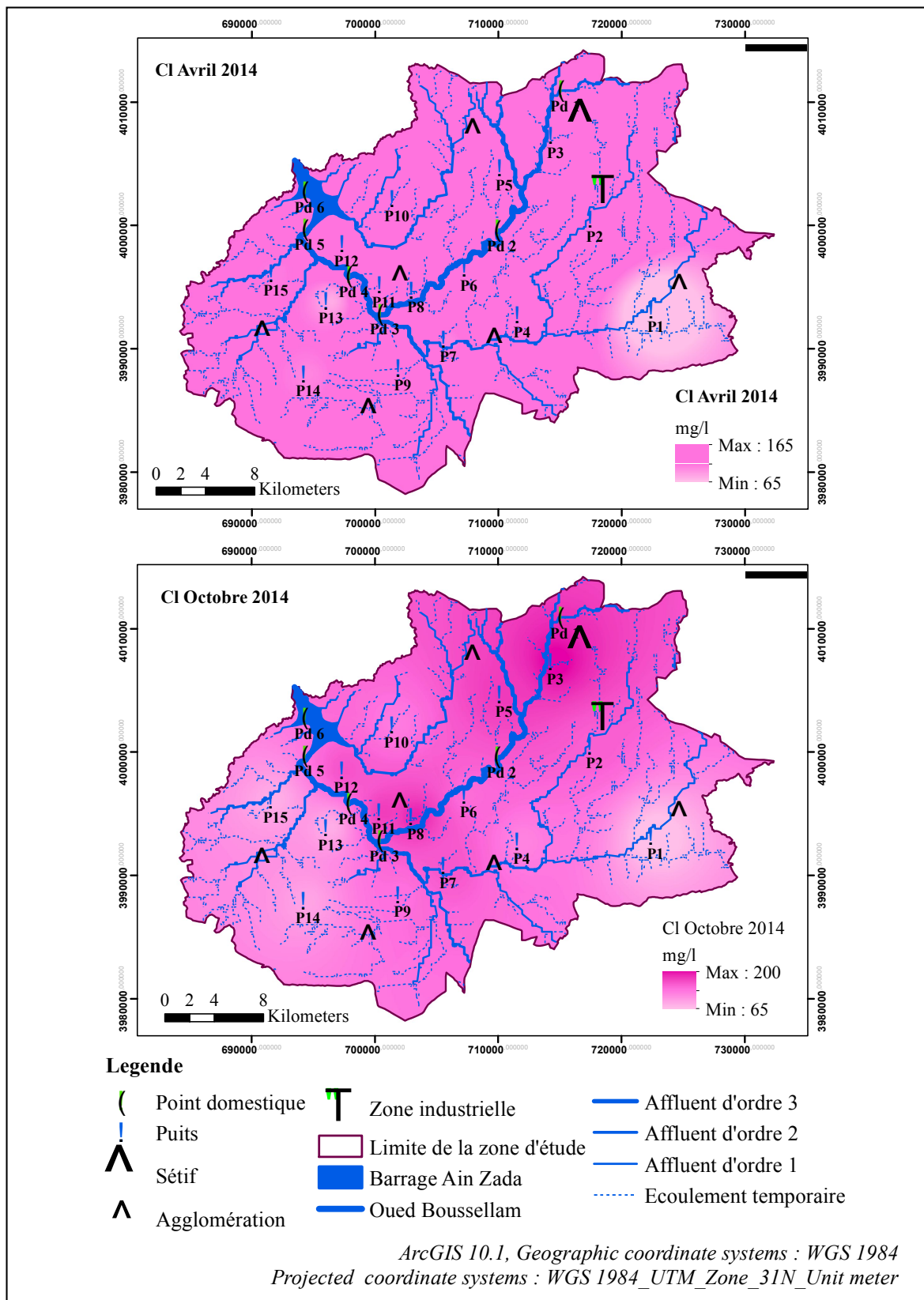
**Figure 50.** Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Chlorures dans l'oued Boussellam (2014/2016)

Nous avons également signalé une évolution saisonnière, elle est très claire où on a remarqué l'augmentation des teneurs en Chlorures dans la période des basses eaux par rapport à ceux des hautes eaux, par exemple nous avons enregistré les valeurs Pd2 (186 mg/l) Pd4 (211 mg/l) Pd6 (222 mg/l) en Avril 2014 alors que ces concentrations vont augmenter en Octobre 2014 dont on a Pd2 (178 mg/l) Pd4 (244 mg/l) Pd6 (250 mg/l), et nous avons marqué la même chose pour l'année 2016, dont, pour le mois d'Avril les valeurs c'étaient Pd2 (164 mg/l) Pd4 (198 mg/l) Pd6 (232 mg/l) en 2016 et pour le d'Octobre Pd2 (136 mg/l) Pd4 (245 mg/l) Pd6 (268 mg/l) en 2016, ceci est dû probablement à l'épuisement des eaux de l'oued de Boussellam dans la période des basses eaux ce qui fait augmenter la concentration, ces teneurs dépassent largement les concentrations de la station témoin Pd1 (77 mg/l) en Avril 2014 et Pd1 (72 mg/l) en Avril 2016 ce qui confirme que les teneurs fortes des stations qui la suivent (station Pd1) le long du talweg de Boussellam subissent l'influence d'autres sources comme des eaux chargées de fortes quantités de Chlorures.

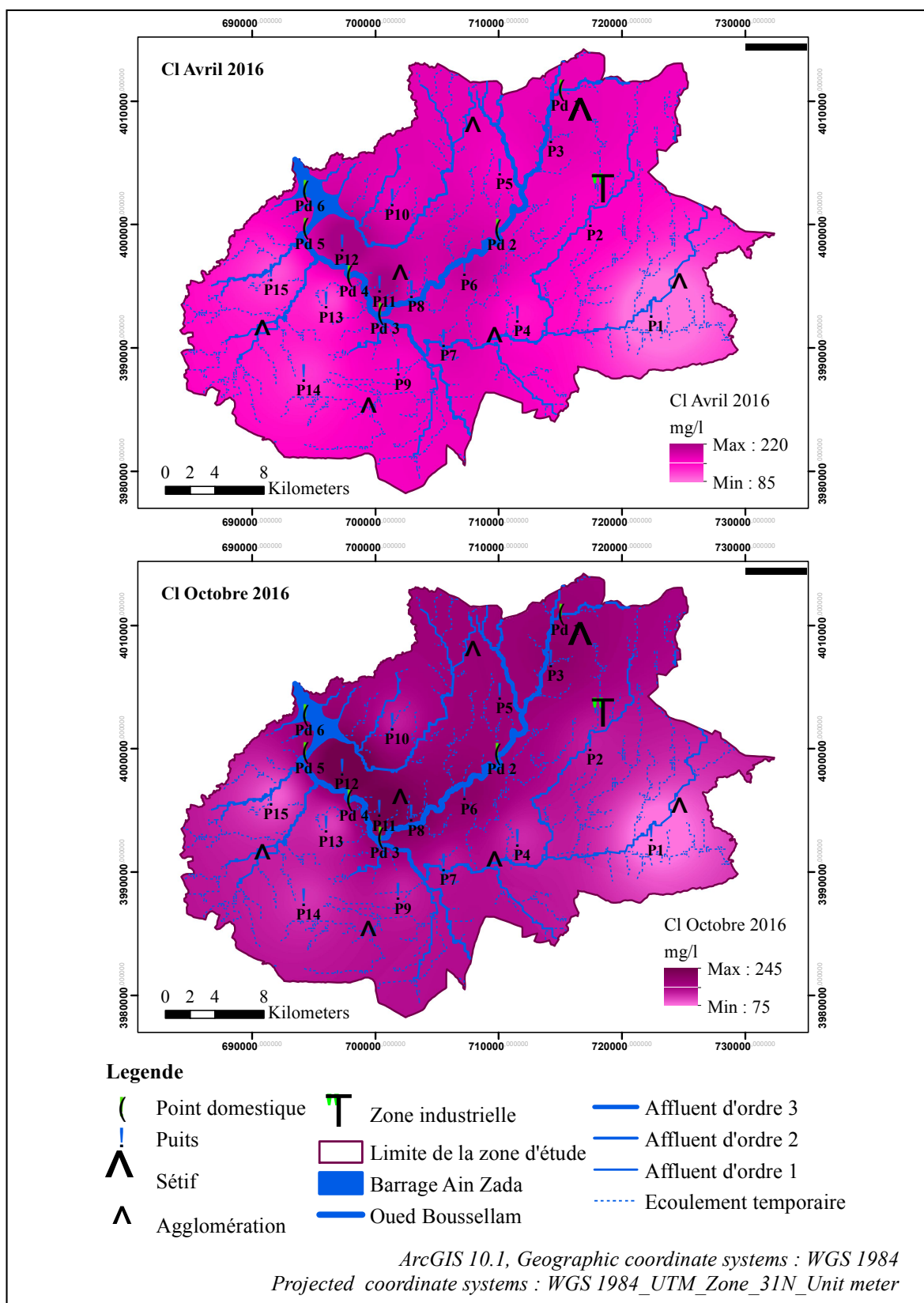
#### 1.4.2. Impact sur les eaux de la plaine

L'interprétation des cartes d'iso-teneurs en Chlorures montrent l'intensité des teneurs à la proximité de l'oued de Boussellam (Fig. 50, et Fig. 51) et ils vont diminuer quand on y s'éloigne ainsi les concentrations sont plus fortes dans l'oued que dans la plaine ce qui explique l'influence de la qualité des eaux de l'oued sur celles de la plaine dont les valeurs sont variées entre P1 (66 mg/l) en Octobre 2014 et P11 (246 mg/l) en Octobre 2016, alors :

- Nous remarquons l'évolution annuelle des concentrations des eaux de la plaine entre l'année 2016 par rapport 2014.
- Les concentrations du Chlorures dans la plaine vont augmenter dans la période des basses eaux par rapport à celle de hautes eaux.
- Les eaux de l'oued de Boussellam fait un impact sur la qualité des eaux de la plaine selon la période dont nous remarquons les fortes concentrations dans la période des basses eaux.
- Nous avons également signalé que la variation de la qualité des eaux de la plaine est plus rapide et plus grande dans les puits les plus proches de l'oued alors que les puits les plus lointains subissent des variations faibles.
- Les teneurs du Chlorures restent dans les normes algériennes des eaux potables (< 500 mg/l).



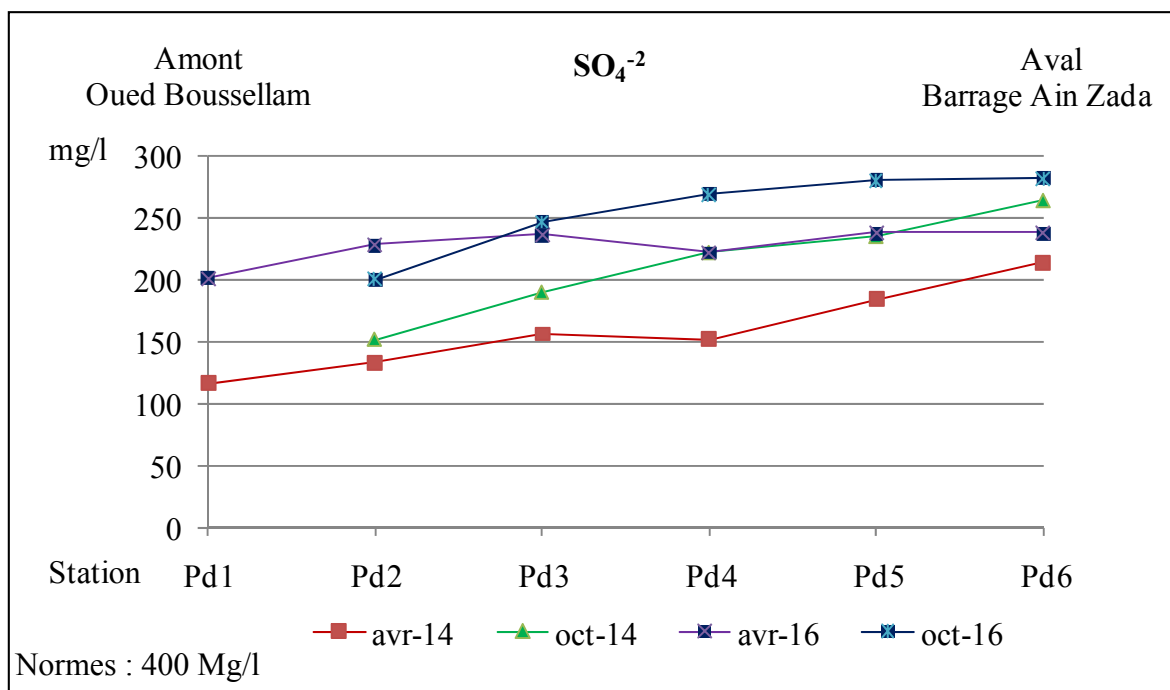
**Figure 51.** Evolution saisonnière des teneurs en Chlorures dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 52.** Evolution saisonnière des teneurs en Chlorure dans la plaine de Boussellam (2016)

### 1.5. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Sulfates dans les eaux de l'oued de Boussellam

Nous signalons l'évolution annuelle et saisonnière des teneurs en Sulfates dans les eaux de l'oued Boussellam. Une augmentation est observée en 2016 par rapport à l'année 2014 (Fig. 53). Cette dernière évolue quand on passe vers l'aval (barrage Ain Zada), par exemple on a enregistré Pd2 (133 mg/l), Pd4 (152 mg/l), Pd6 (214 mg/l) en Avril 2014 et Pd2 (228 mg/l), Pd4 (222 mg/l), Pd6 (238 mg/l) en Avril 2016. En période de basses eaux, on note la même chose aux points Pd2 (152 mg/l), Pd4 (222 mg/l), Pd6 (264 mg/l) en Octobre 2014 et Pd2 (200 mg/l), Pd4 (269 mg/l), Pd6 (282 mg/l) en Octobre 2016. Ceci est dû à la dissolution des Sulfates de Calcium des roches gypseuses et l'oxydation des Sulfures répandues dans les roches comme les pyrites. Elles proviennent également des eaux de la pluie chargée de cet élément ainsi que des eaux usées industrielles. Cela peut expliquer l'augmentation rapide des concentrations à partir de la station Pd4 installée après la zone de confluence de l'oued Boussellam et l'affluent de Ftaissa qui fait transmettre les eaux issues de la zone industrielle vers l'oued Boussellam.



**Figure 53.** Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Sulfates dans les eaux l'oued de Boussellam (2014/2016)

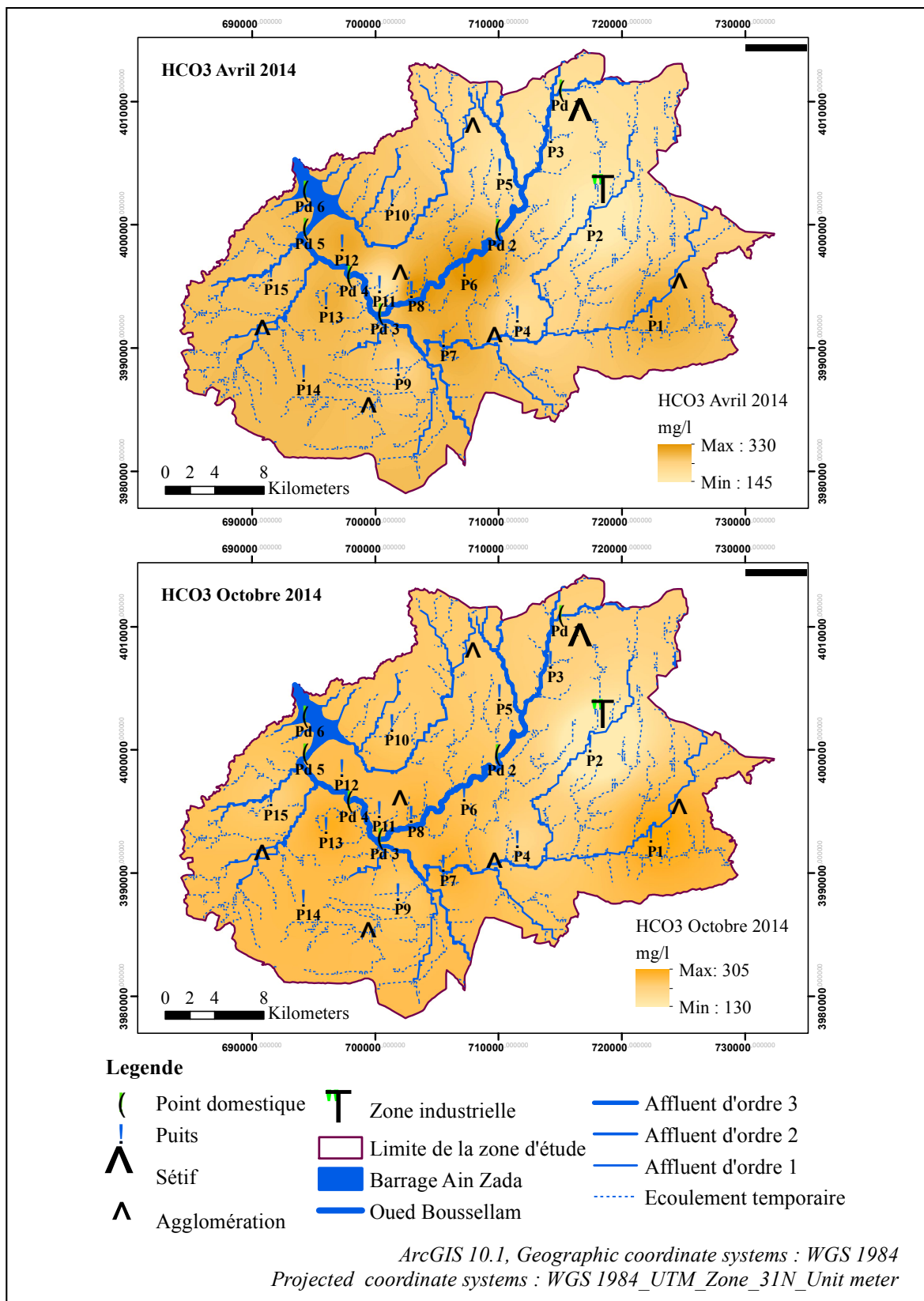
En ce qui concerne l'évolution saisonnière, nous remarquons également une augmentation claire des Sulfates durant la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux.

C'est le cas par exemples des stations Pd2 (133 mg/l) Pd3 (156 mg/l) Pd5 (184 mg/l) en Avril 2014 alors qu'en Octobre 2014 les résultats étaient Pd2 (152 mg/l) Pd3 (190 mg/l) Pd5 (235 mg/l). La même chose est constatée pour l'année 2016, en Avril on a enregistré Pd2 (228 mg/l) Pd3 (236 mg/l) Pd5 (238 mg/l) et en Octobre Pd2 (200 mg/l) Pd3 (247 mg/l) Pd5 (280 mg/l), cette augmentation est due principalement à l'épuisement des eaux de l'oued pendant la période des basses eaux ce qui fait augmenter leur concentration.

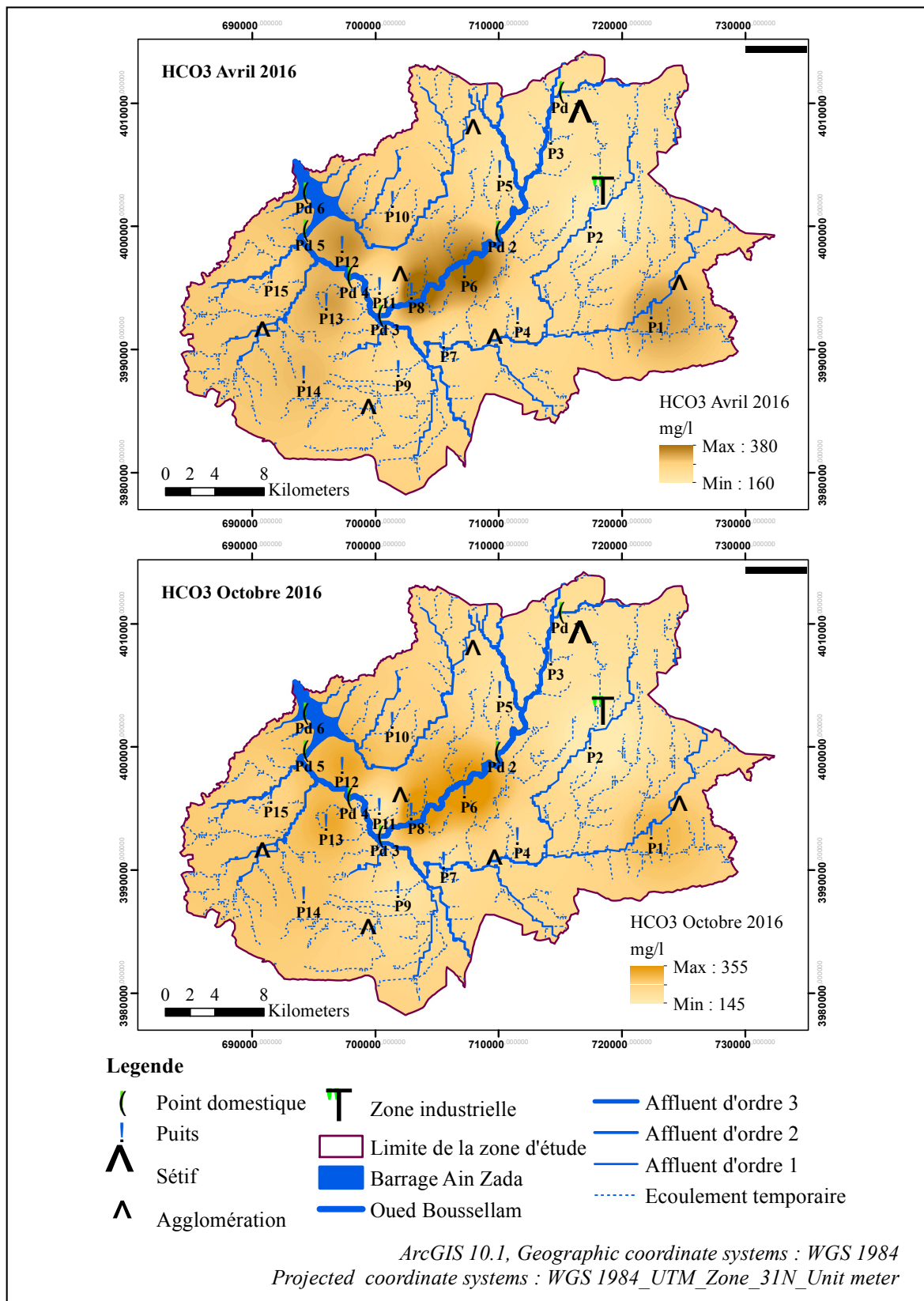
### 1.5.2. Impact sur les eaux de la plaine

Les cartes iso-teneurs en Sulfates montrent une évolution faible (Fig. 54, et Fig. 55) sur tous les plans (annuelle et saisonnière) dont les fortes teneurs se concentrent à la partie Ouest de la plaine de Boussellam et les teneurs faible se situent dans la partie est, ils sont variant entre P3 (121 mg/l) en Octobre 2014 et P13 (300 mg/l) en Octobre 2016, alors on peut noter :

- L'évolution annuelle des Sulfates dans les eaux de la plaine est plus ou moins faibles entre les années 2014 et 2016.
- Les concentrations des Sulfates sont plus ou moins fortes dans la période des basses eaux par rapport à hautes eaux.
- Les teneurs des Sulfates sont plus fortes dans les eaux de la plaine que celle de l'oued, presque pour toutes les points et pour les quatre périodes ce qui montre un impact sur la qualité des eaux de l'oued.
- Les concentrations en Sulfates dans les eaux de l'oued de Boussellam vont augmenter quand on passe vers l'aval (barrage Ain Zada), ça est due à l'accumulation successive des Sulfates parce que les eaux de l'oued se charge de cet élément (issue de la plaine) au cours de leur écoulement.
- Les concentrations en Sulfates restent dans les normes algériennes des eaux potables (< 400 mg/l) pour les eaux de l'oued où de la plaine.



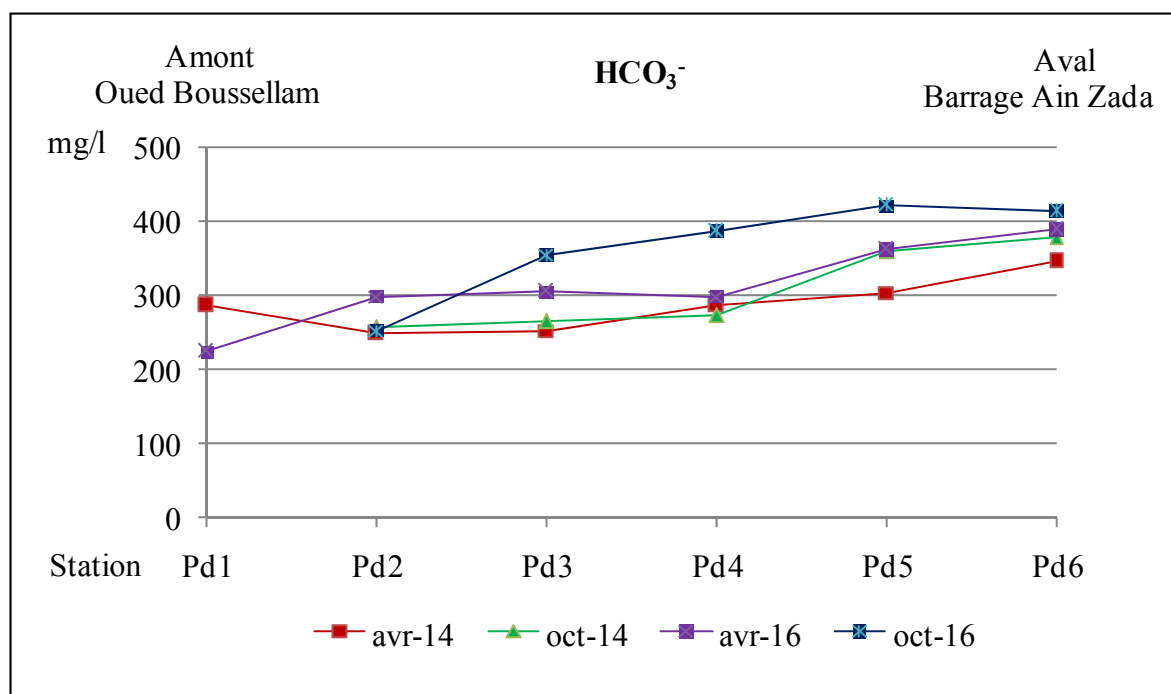
**Figure 54.** Evolution saisonnière des teneurs en Sulfates dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 55.** Evolution saisonnière des teneurs en Sulfates dans la plaine de Boussellam (2016)

### 1.6. Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Bicarbonates dans les eaux de l'oued de Boussellam

Les courbes d'évolution des teneurs en Bicarbonates dans les eaux de l'oued de Boussellam montrent une variation annuelle de cet élément dont une augmentation est signalée en 2016 par rapport à l'année 2014, ceci pour la période des hautes eaux et des basses eaux, par exemple nous observons les valeurs suivantes Pd2 (247 mg/l) Pd4 (285 mg/l) Pd6 (345 mg/l) en Avril 2014 alors pour le même mois de l'année 2016 nous avons enregistré Pd2 (298 mg/l) Pd4 (298 mg/l) Pd6 (388 mg/l). La même remarque s'applique pour le mois d'Octobre d'où les valeurs étaient Pd2 (255 mg/l) Pd4 (272 mg/l) Pd6 (378 mg/l) en 2014 et Pd2 (252 mg/l) Pd4 (386 mg/l) Pd6 (412 mg/l) en 2016. Nous avons également signalé l'évolution des Bicarbonates de l'amont vers l'aval dont les concentrations augmentent quand on se dirige vers le barrage d'Ain Zada, surtout après la station Pd4, celle-ci est installée après la zone de confluence de l'oued de Boussellam avec l'un des principaux affluents. L'évolution annuelle est due à l'origine de l'élément issu de la dissolution des eaux des roches carbonatées réparties à travers la plaine et surtout la partie occidentale.



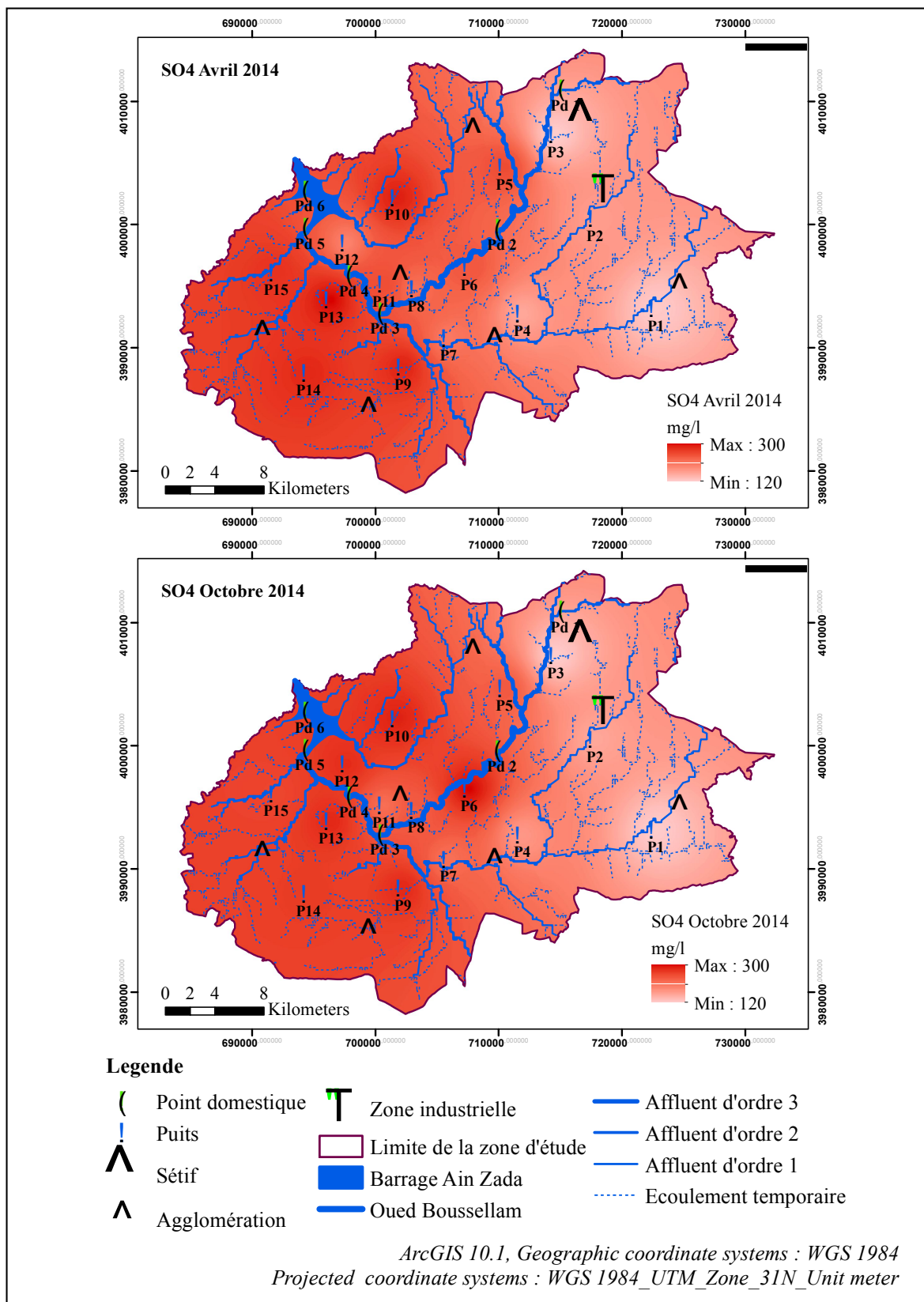
**Figure 56.** Evolution saisonnière et annuelle des teneurs en Bicarbonates dans l'oued de Boussellam (2014/2016)

En ce qui concerne l'évolution saisonnière nous observons l'augmentation des concentrations en Bicarbonates dans les eaux de l'oued de Boussellam dans la période des basses eaux par rapport aux hautes eaux, par exemple les teneurs des stations Pd2 (247 mg/l) Pd3 (252 mg/l) Pd5 (303 mg/l) en Avril 2014 vont augmenter en Octobre 2014 Pd2 (255 mg/l) Pd3 (264 mg/l) Pd5 (358 mg/l) et la même chose pour l'année 2016 dont on a observé les valeurs suivantes pour le mois d'Avril Pd2 (298 mg/l) Pd3 (304 mg/l) Pd5 (362 mg/l), et en Octobre Pd2 (252 mg/l) Pd3 (354 mg/l) Pd5 (420 mg/l). Ces variations sont dues à l'épuisement des eaux de l'oued qui fait augmenter leur concentration.

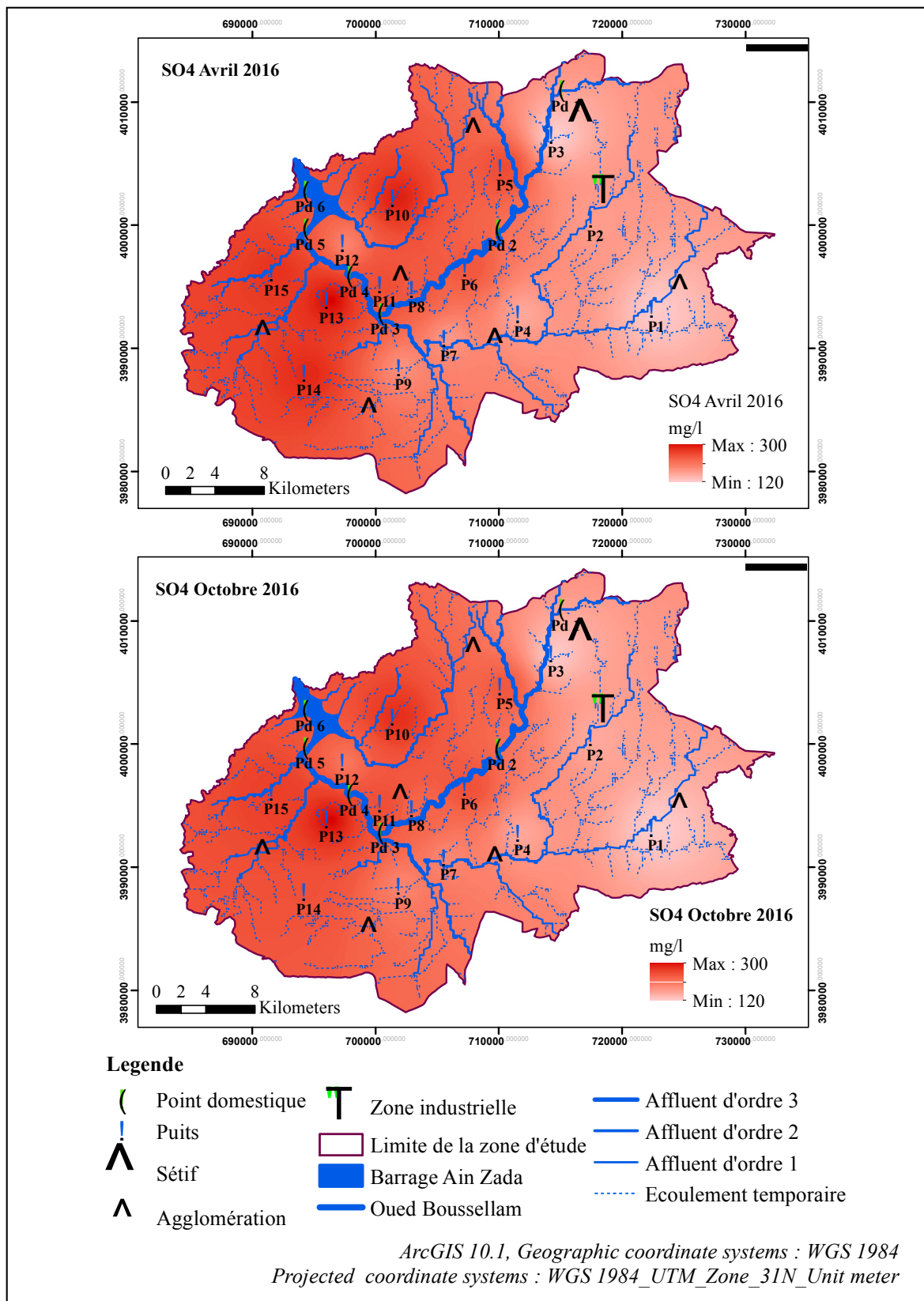
### 1.6.2. Impact sur les eaux de la plaine

La lecture des cartes iso-teneurs en Bicarbonates (Fig. 57, et Fig.58) dans les eaux de la plaine de Boussellam nous indique sur son évolution annuelle dont les teneurs les plus fortes se localisent dans la partie centrale et occidentale, en générale les teneurs en Bicarbonates sont fortes alors on peut noter :

- l'augmentation des concentrations des Bicarbonates dans la plaine de Boussellam d'une année à une autre dont les teneurs atteignent P8 (380 mg/l) en Avril 2016.
- la diminution des teneurs en Bicarbonates dans la période des basses eaux à cause de séjour des particules au fond des puits.
- Les teneurs les plus fortes se repartissent dans la partie centrale et occidentale de la plaine par exemple les puits P6, P8, P13, et P14 due à la forte dissolution des roches carbonatées.
- Les teneurs en Bicarbonates sont plus fortes dans les eaux de l'oued que dans la plaine, ainsi ces teneurs vont augmenter quand on passe vers le barrage de Ain Zada, là on peut dire que ces fortes teneurs résultent de l'accumulation des particules des Bicarbonates issue de la plaine par lessivages par les eaux courantes superficielles ou les eaux souterraines, et surtout la partie concernée de l'oued est située juste à côté de la partie de la plaine qui est marquée par les fortes concentrations.
- Les teneurs en Bicarbonates dans les eaux de la plaine de Boussellam sont fortes, ils peuvent atteindre les 400 mg/l dans certains endroits, malgré ça elles restent dans les normes car les eaux peuvent contenir des fortes teneurs en Bicarbonates sans des effets indésirables.



**Figure 57.** Evolution saisonnière des teneurs en Bicarbonates dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 58.** Evolution saisonnière des teneurs en Bicarbonates dans la plaine de Boussellam (2016)

## Conclusion

L'analyse des concentrations des éléments majeurs, l'interprétation de leurs courbes d'évolution dans les eaux de l'oued de Boussellam et la lecture de leur répartition dans les eaux de la plaine suivant les cartes d'isoteneurs, on constate que :

- La majorité des ces éléments (Calcium, Magnésium, Potassium et Sodium, Chlorures, Sulfates, et Bicarbonates) sont en évolution annuelle et saisonnière évidente.
- La diminution des Calcium, Magnésium, et des Potassium et Sodium dans la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux due probablement à la pénurie des eaux de la pluie qui fait transporter ces les particules au cours de la précipitation où par lessivage, ainsi que l'épuisement des eaux des affluents de l'oued de Boussellam qui font contribuer à l'augmentation de la minéralisation.
- L'augmentation des Chlorures, Sulfates, et des Bicarbonates à les périodes des hautes eaux par rapport à celle des basses eaux à cause de l'épuisement des eaux de l'oued de Boussellam ce qui fait augmenter la concentration.
- La majorité des ces paramètres constate une augmentation non habituelle a partir de la station Pd4 due à la contamination des eaux de l'oued de Boussellam par les eaux de l'affluent de Ftaissa d'où cette station est située juste après de la zone de confluence des deux talwegs.
- Les fortes teneurs des ces paramètres se concentre sur les deux rives et le long de l'oued de Boussellam sauf les Sulfates et les Bicarbonates, ça est due d'une part au lessivage des cations et des anions par les eaux souterraines (suivant la carte piézométrique) et d'une autre part à la contamination par les teneurs fortes de ces éléments dans les eaux de l'oued.
- La plupart des paramètres subis une influence échangeable c'est-à-dire que les eaux de l'oued fait un impact sur la qualité des eaux de la plaine pendant la période des hautes eaux et elles sont infectés par ces dernières à la période des basses eaux.

Toutes les concentrations de ces paramètres sont dans les normes algériennes des eaux potables mais elles mettent en risque la qualité des eaux (les teneurs de tous les paramètres sont proches de la valeur maximale) de la plaine vu leur évolution continue et rapide. L'augmentation de la minéralisation rend les eaux très dure à utiliser pour l'eau potable où l'irrigation.

## **2. Evolution des polluants organiques**

### **2.1. Evolution des teneurs en Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les Nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les Nitrates et l'azote ammoniacal (Rodier, 1984). Ils résultent soit de l'oxydation partielle de l'Azote ammoniacal sous l'action des bactéries dénitrifiantes (Beaudry et Henry, 1995)

#### **2.1.1. Evolution des Nitrites dans les eaux de l'oued de Boussellam**

Nous avons remarqué des teneurs fortes en Nitrites dans les eaux de l'oued de Boussellam dont une augmentation de cet élément est signalée en 2016 (Fig. 59) par rapport à l'année 2014 par exemple dans les stations Pd2 (1.02 mg/l), Pd3 (1.1 mg/l), et Pd5 (1.26 mg/l) en Avril 2014. Dans la même période en 2016, nous avons enregistré Pd2 (1.05 mg/l), Pd3 (1.11 mg/l) et Pd5 (1.32 mg/l) ainsi que dans les basses eaux par rapport à celles des hautes eaux, les concentrations sont plus fortes c'est le cas des mêmes stations Pd2 (1.11 mg/l), Pd3 (1.34 mg/l) et Pd5 (1.41 mg/l) en Octobre 2014 et Pd2 (1.21 mg/l), Pd3 (1.45 mg/l) et Pd5 (1.62 mg/l) en Octobre 2016 (Tab. 38 et 39). Elles vont augmenter quand on avance vers l'aval de l'oued, l'évolution annuelle est expliquée par l'évacuation des rejets domestiques dont il ya plusieurs zones d'évacuations des eaux usées non traité de la wilaya de Sétif et leurs agglomérations dans l'oued et ses affluents ainsi que l'utilisation forte des engrais dont la plaine est une zone agricole, alors que l'augmentation de  $\text{NO}_2^-$  dans la période des basses eaux est due à l'épuisement des eaux de l'oued ce qui augmente la concentration de cet élément. Les résultats restent très élevés par rapport au témoin Pd1 (0.01 mg/l en Avril 2014 et 0.02 mg/l en Avril 2016). L'échantillonnage du témoin a été effectué seulement pour la période des hautes eaux car la station Pd1 est sèche en période de basses eaux et dépassent les normes algériennes des eaux de surfaces (<0.1 mg/l).

#### **2.1.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine**

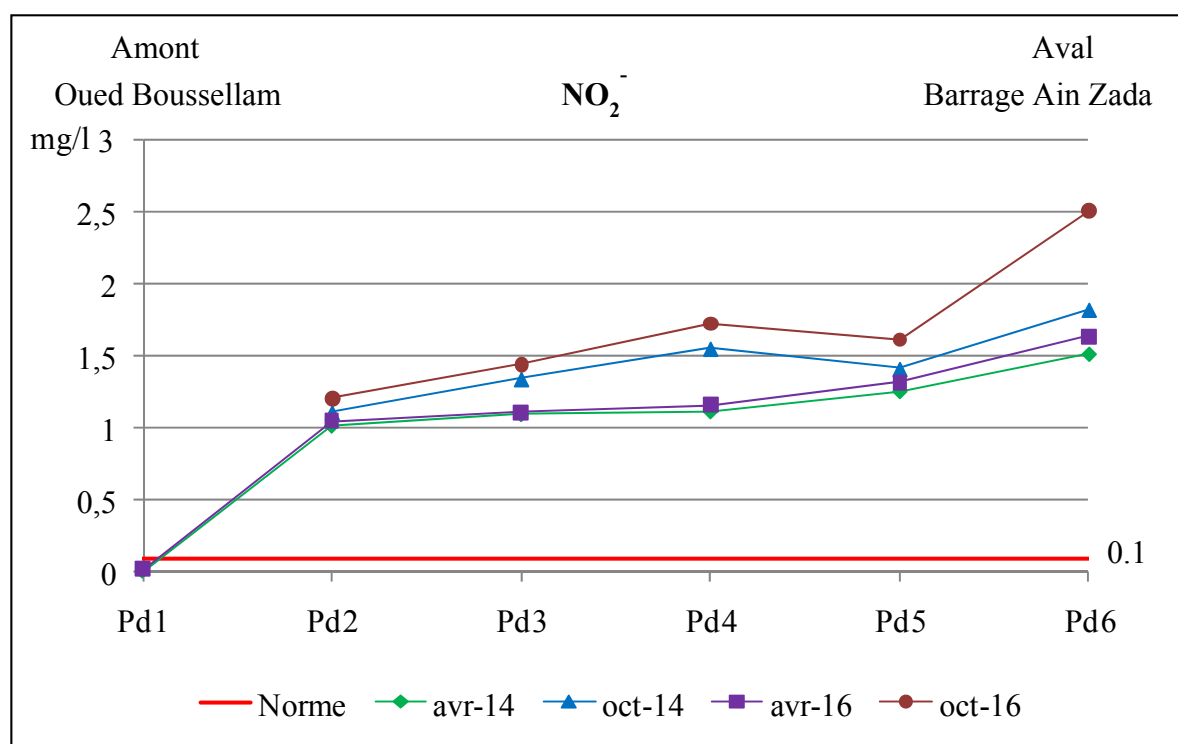
La comparaison des analyses des eaux de l'oued avec celle de la plaine et l'interprétation des cartes des teneurs en Nitrites des quatre périodes (Fig. 60 et 61) montre une influence très claire de la qualité des eaux de l'oued sur la plaine de Boussellam et on peut signaler les points suivants :

- Les valeurs enregistrées dans la plaine Boussellam sont plus petites par rapport à celles de l'oued.
- L'augmentation et la diminution des teneurs en Nitrites dans la plaine sont engendrées avec l'évolution des teneurs dans les eaux de l'oued selon la période.

- L'augmentation des concentrations en Nitrites pendant l'année 2016 par rapports à l'année 2014 (Fig. 59).
- Les valeurs enregistrées dans l'oued et les puits les plus proches sont approximatives et quand on s'éloigne, les teneurs vont diminuer (Tab. 38) par exemple dans le puits P6 qui est plus proche de l'oued à 0.599 km, la concentration des Nitrites est élevée alors que le puits P14 qui est distant de 3.295 km ne contient qu'une quantité plus faible ( 0.11 mg/l) malgré qu'il est situé dans la partie aval de l'oued où existe des teneurs plus fortes Pd5 (1.52 mg/l).

**Tableau 38.** Moyennes annuelles et saisonnières des teneurs en Nitrites dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016)

NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Point d'eau	Avril 2014	Oct. 2014	Avril 2016	Oct. 2016
<b>Oued Boussellam</b>	<b>Témoin (Pd1)</b>	0.01	-	0.02	-
	<b>Min</b>	Pd2 (1.02)	Pd2 (1.11)	Pd2 (1.05)	Pd2 (1.21)
	<b>Max</b>	Pd6 (1.52)	Pd6 (1.82)	Pd6 (1.64)	Pd6 (2.51)
	<b>Moyen</b>	<b>1.20</b>	<b>1.44</b>	<b>1.25</b>	<b>1.70</b>
<b>Plaine de Boussellam</b>	<b>Témoin (P1)</b>	0.31	0.38	0.38	0.41
	<b>Min</b>	P14 (0.11)	P14 (0.11)	P14 (0.11)	P14 (0.12)
	<b>Max</b>	P8 (0.77)	P8 (0.96)	P8 (0.96)	P8 (1.01)
	<b>Moyen</b>	<b>0.48</b>	<b>0.58</b>	<b>0.54</b>	<b>0.60</b>

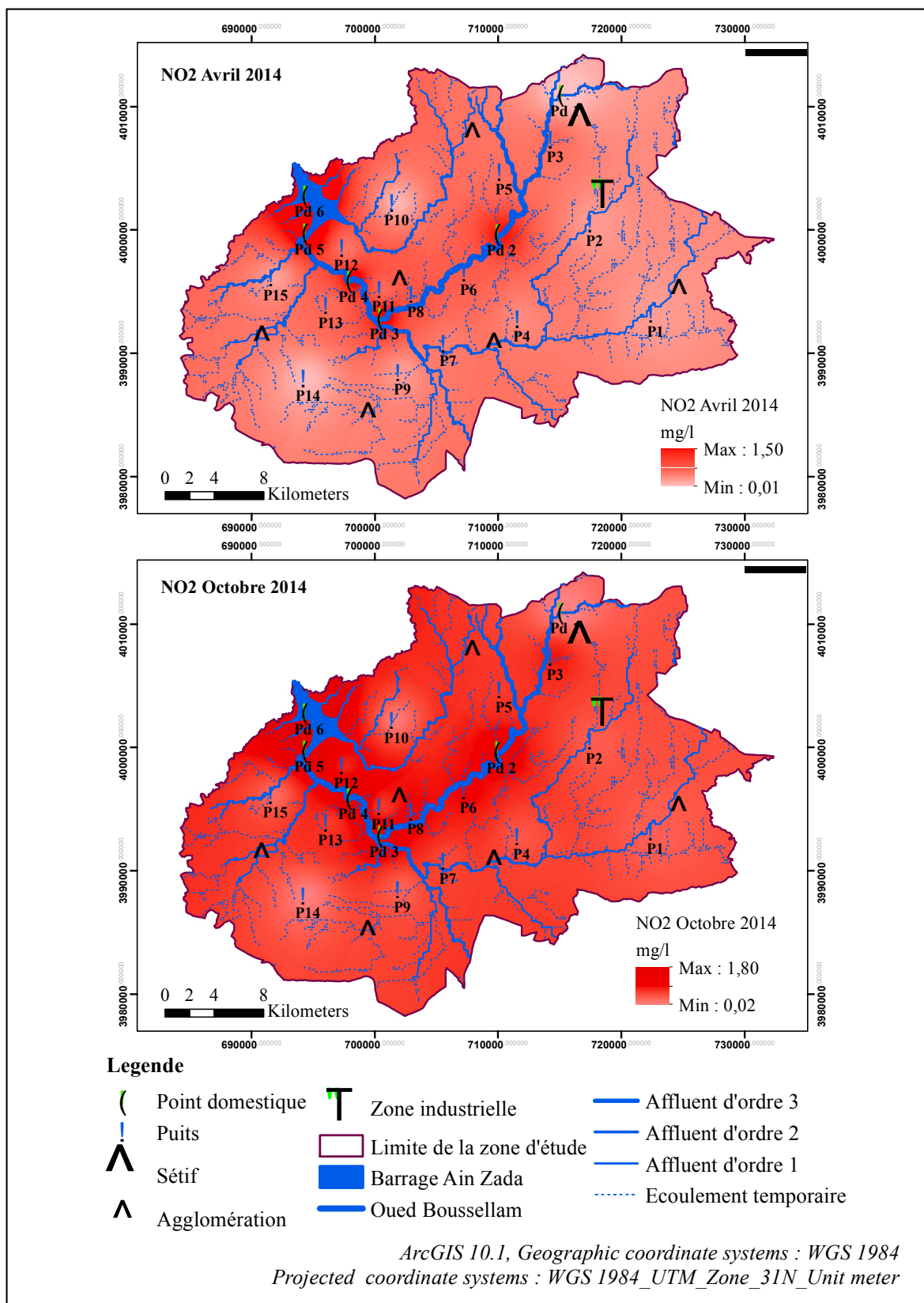


**Figure 59.** Evolution annuelle et saisonnière des Nitrites dans les eaux de l'oued Boussellam (2014/2016)

- Les cartes d'iso-teneurs en Nitrites montrent que la zone la plus infectée est celle de l'oued et ces bordures (Fig. 60 et 61).
- Les teneurs faibles dans les puits les plus lointains de l'oued restent comme même plus élevées par rapport aux normes (0.01 mg/l), cette situation peut s'expliquer par les activités anthropiques à travers la plaine d'où il existe des habitants qui vivent dans des petits villages et des maisons traditionnelles réparties et ils pratiquent des travaux ruraux comme l'élevage des animaux, et leurs maisons ne disposent pas de réseaux d'évacuation des eaux usées et ne sont pas raccordées aux réseaux publics des eaux usées, dont elles sont éjectées dans des fosses septiques.

**Tableau 39.** Impact de la pollution de l'oued Boussellam en Nitrites sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016)

L'oued Boussellam		La plaine de Boussellam		La Distance du puits à l'oued
Station	Concentration en Nitrates	Puits	Concentration en Nitrates	Distance (Km)
Pd2	1.05	P6	0.88	0.599
Pd4	1.16	P11	0.71	1.580
Pd5	1.32	P14	0.30	3.295



**Figure 60.** Evolution saisonnière des teneurs en Nitrites dans les eaux la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 61.** Evolution saisonnière des teneurs en Nitrites dans les eaux de la plaine de Boussellam (2016)

## 2.2. Evolution des teneurs en Nitrates $\text{NO}_3^-$

Les Nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'Azote et représente la forme d'Azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Les Nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits Azotés du sol par décomposition des matières organiques, des engrais de synthèse naturels (N'Diaye, 2013).

### 2.2.1. Evolution des Nitrates dans les eaux de l'oued de Boussellam

Les teneurs en Nitrates (Tab. 40) restent toujours au dessous des normes (<50 mg/l) dans les quatre périodes mais peu élevés par rapport au témoin (Pd1 18.5 mg/l en Avril 2014 et 22.3 mg/l en Avril 2016) où on a trouvé des teneurs proche de 40 mg/l au barrage Ain Zada avec 36.45 mg/l en Octobre 2016 (Fig. 62). L'évolution de cet élément est faible et augmente quand on passe vers l'aval de l'oued et d'une année à une autre (2016 par rapport 2014). C'est le cas par exemple (Fig. 63 et 64), des stations Pd2 (31.24 mg/l), Pd4 (34.65 mg/l) et Pd6 (35.82 mg/l) en Octobre 2014 et les mêmes stations dans la même période en 2016, Pd2 (32.42 mg/l), Pd4 (35.72 mg/l) et Pd6 (36.45 mg/l) et une augmentation dans la période de basse eaux par rapport à celle des hautes eaux alors on a trouvé pour les stations précédentes et dans la période des hautes eaux les valeurs suivantes Pd2 (27,13 mg/l), Pd4 (27.92 mg/l) et Pd6 (29.73 mg/l) en Avril 2014 et Pd2 (28.65 mg/l), Pd4 (28.98 mg/l) et Pd6 (29.86 mg/l) en Avril 2016. Ceci peut être expliqué par la diminution du niveau des eaux de surfaces de l'oued Boussellam augmentant ainsi la concentration du  $\text{NO}_3^-$ .

### 2.2.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine

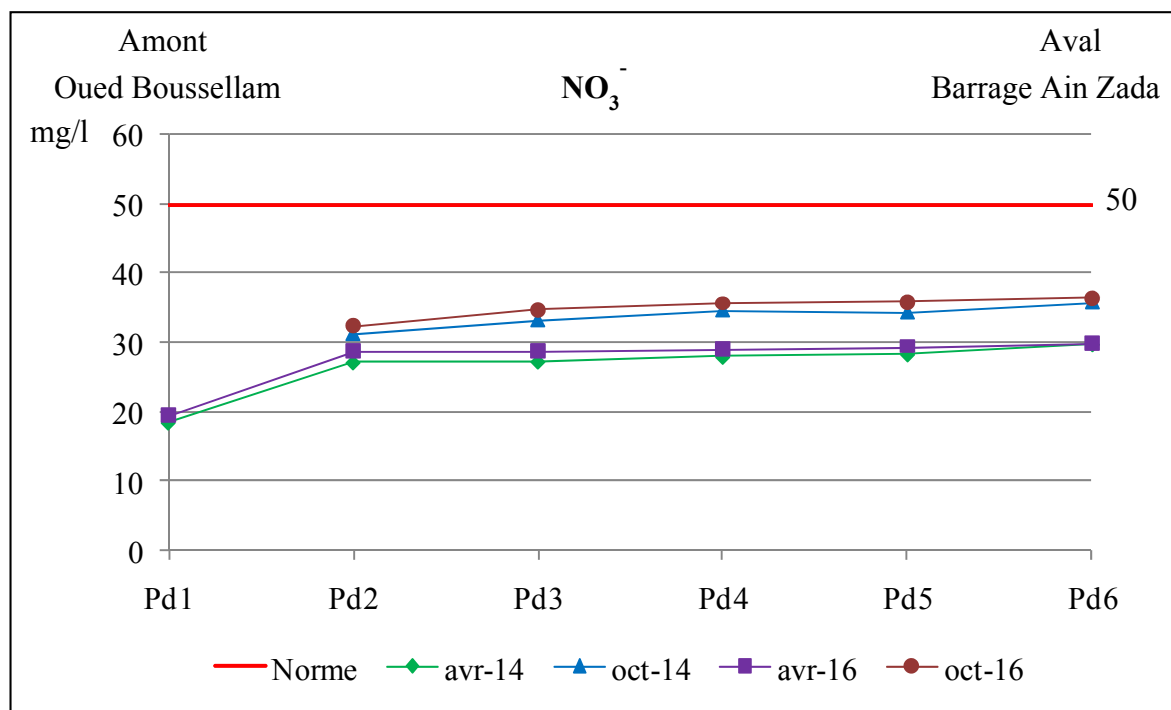
L'analyse des résultats des eaux de la plaine est de l'oued montre un impact des eaux de ce dernier sur la plaine malgré que les teneurs en général sont en dessous des normes. Les Nitrates sont en croissance évidente et augmentent leurs teneurs dans l'oued alors :

- Une augmentation des teneurs des Nitrates dans l'espace et dans le temps.
- Les teneurs enregistrés dans les eaux de la plaine sont moins faible par rapport aux eaux de l'oued ce qui explique l'influence de ce dernier sur la plaine.
- Les teneurs enregistrés dans les eaux de la plaine sont proche à celles des eaux de l'oued quand on s'approche de ce dernier (Tab. 41). Par exemple, dans le puits P6 (27.50 mg/l) il est distant de 0.599 Km de la station P2 avec une concentration de 28.65 mg/l, alors dans le puits P15 (21.36 mg/l) qui est distant de 3.295 Km malgré

qu'il est plus proche de l'aval du bassin d'où il existe la station Pd5 avec une concentration assez forte (29.44 mg/l).

**Tableau 40.** Moyennes annuelle et saisonnière des teneurs en Nitrates dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016)

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Point d'eau	Avril 2014	Oct. 2014	Avril 2016	Oct. 2016
<b>Oued Boussellam</b>	<b>Témoin (Pd1)</b>	18.52	-	19.55	-
	<b>Min</b>	Pd2 (27.13)	Pd2 (31.24)	Pd2 (24.65)	Pd2 (32.42)
	<b>Max</b>	Pd6 (29.73)	Pd6 (35.82)	Pd6 (35.82)	Pd6 (36.45)
	<b>Moyen</b>	<b>28.06</b>	<b>33.45</b>	<b>29.14</b>	<b>34.44</b>
<b>Plaine de Boussellam</b>	<b>Témoin (P1)</b>	22.24	23.14	24.65	26.22
	<b>Min</b>	P14 (17.35)	P14 (17.24)	P14 (17.48)	P14 (17.69)
	<b>Max</b>	P6 (25.72)	P6 (25.72)	P6 (28.18)	P8 (30.85)
	<b>Moyen</b>	<b>22.88</b>	<b>24.20</b>	<b>24.31</b>	<b>25.63</b>



**Figure 62.** Evolution annuelle et saisonnière des Nitrates dans les eaux de l'oued Boussellam (2014/2016)

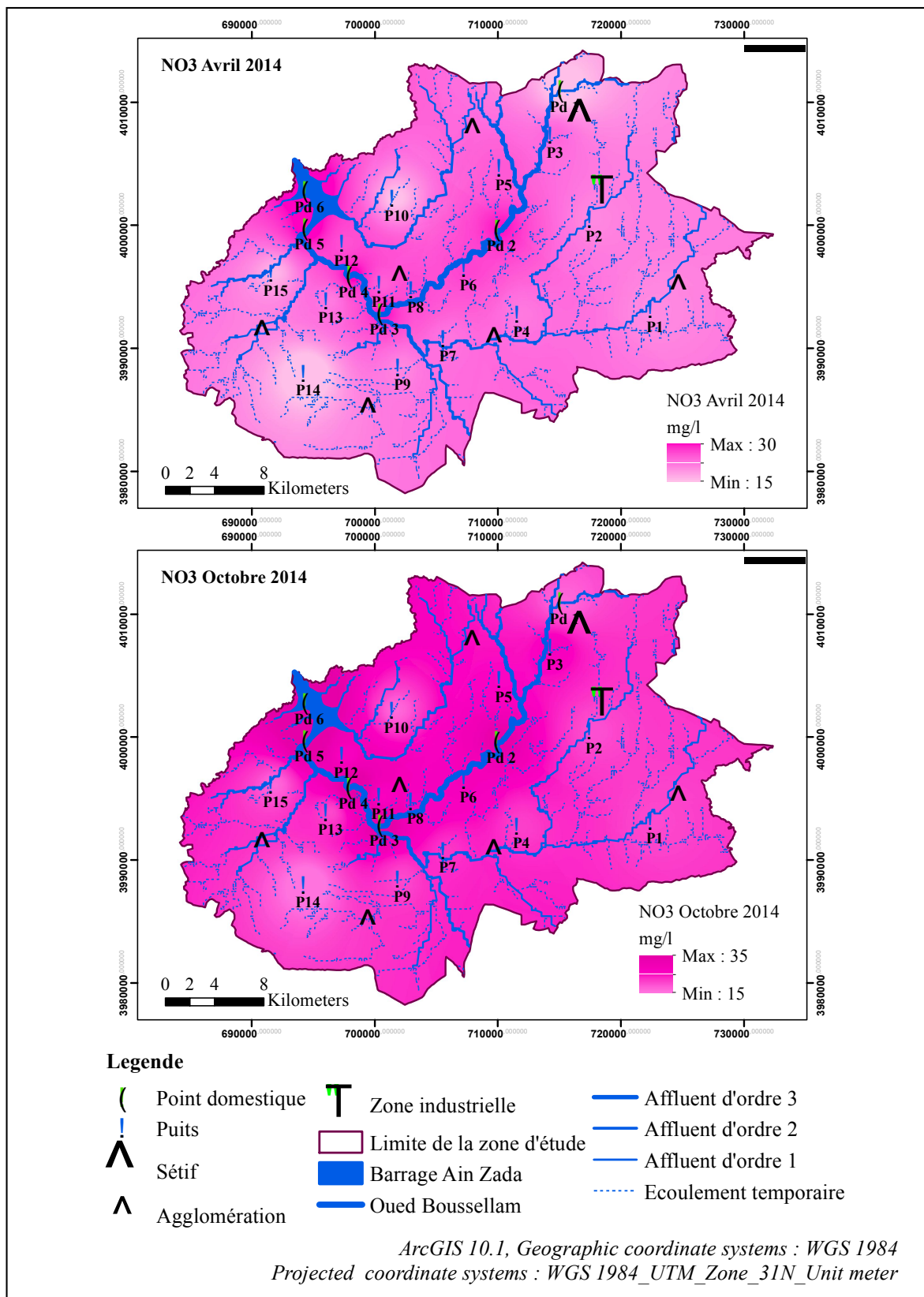
- Les teneurs fortes en Nitrates pour les puits les plus proches de l'oued sont non seulement la cause de l'influence de l'oued (suivant le sens d'écoulement souterrain et superficiel) mais aussi au lessivage des Nitrates par le ruissèlement, l'infiltration et l'écoulement des eaux souterraines eaux de la plaine (Cf. cartes piézométriques Fig. 27 et 28).
- Une vue générale sur les cartes iso-teneurs en Nitrates pour les quatre périodes nous voyons très clairement l'intensité des concentrations de cet élément a traves l'oued Boussellam et ces deux rives, donc la distance des puits à l'oued est un facteur très important à la vulnérabilité de la plaine à la contamination.
- Ce tableau montre la concentration de certain puits en fonction de la distance des puits à l'oued de Boussellam.

Le tableau suivant représente la relation entre les eaux de l'oued et de la plaine pour les quatre périodes.

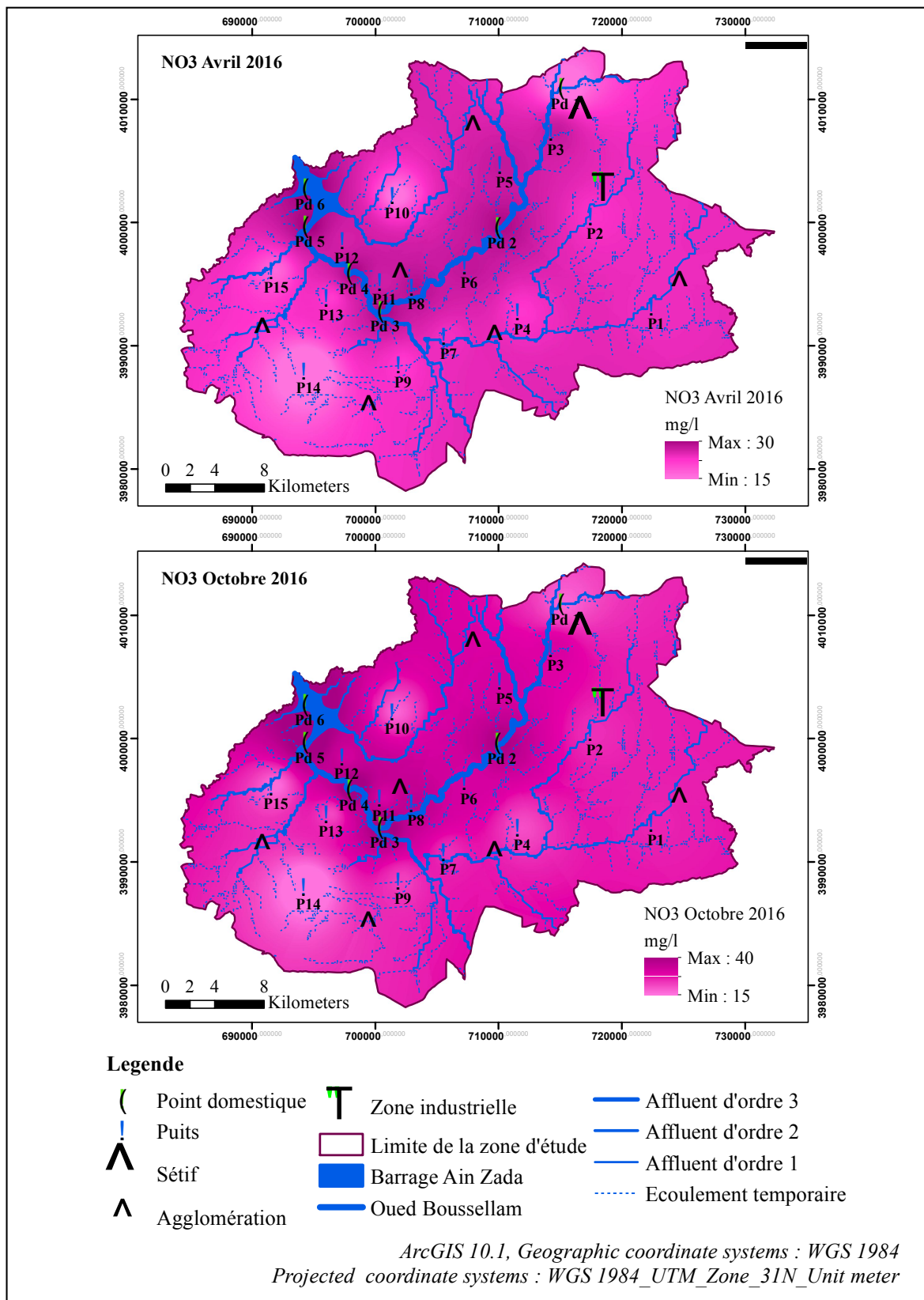
**Tableau 41.** Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Nitrates sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016)

L'oued Boussellam		La plaine de Boussellam		La Distance du puits à l'oued
Station	Concentration en Nitrates	Puits	Concentration en Nitrates (mg/l)	Distance (Km)
Pd2	28.65	P6	27.50	0.599
Pd4	28.98	P11	26.49	1.580
Pd5	29.44	P15	21.36	3.295

- On peut ajouter également pour les sources des Nitrates dans des puits plus lointains de l'oued de Boussellam dont leurs altitudes sont plus hautes que celle de l'oued, là, comme nous avons dit précédemment pour les Nitrites, il s'agit des activités anthropiques des habitants qui vivent traditionnellement à traves la plaine (Elevages des animaux, l'agriculture, fosse septiques, ...).



**Figure 63.** Evolution saisonnière des teneurs en Nitrates dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 64.** Evolution saisonnière des teneurs en Nitrates dans la plaine de Boussellam (2016)

### 2.3. Evolution des teneurs en Phosphates $\text{PO}_4^{3-}$

Les phosphates sont des composés organophosphoriques dérivés de l'acide phosphorique, on parle du phosphate organique alors qu'en chimie minérale un phosphate est un sel résultant de l'attaque d'une base par l'acide phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Le phosphate c'est un élément essentiel à la vie, les fortes concentrations en ce paramètre rencontrées dans les eaux indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant de la plaine, ainsi que l'existence d'apports directs vers les cours d'eau venant des activités industrielles.

#### 2.3.1. Evolution des Phosphates dans les eaux de l'oued de Boussellam

Il a été remarqué une augmentation des teneurs en Phosphates dans les eaux de l'oued Boussellam pendant l'année 2016 par rapport à 2014 (Tab. 42). Exemple des stations Pd2 (2.82 mg/l), Pd3 (5.18 mg/l) et Pd5 (6.17 mg/l) en Avril 2014 et Pd2 (3.22 mg/l), Pd3 (5.21 mg/l) et Pd5 (6.81mg/l) en Avril 2016. Cette augmentation s'accroît quand on s'oriente vers l'aval (Fig. 65). Une diminution de la concentration de cet élément en période de basses eaux pour ces mêmes stations est remarquée pour Pd2 (1.16 mg/l), Pd3 (3.96 mg/l) et Pd5 (6.31 mg/l) en Octobre 2014 et Pd2 (3.01 mg/l), Pd3 (5.12 mg/l) et Pd5 (6.47 mg/l) en Octobre 2016. Cette situation peut s'expliquer par l'utilisation de fortes quantités d'engrais en période des hautes eaux (Avril) en réponse aux activités agricoles notamment les céréales. Les teneurs sont plus fortes que les normes (5 mg/l) et même pour la station témoin par rapport aux normes fixes (2 mg/l) en 2016 pour Pd1 (2.65 mg/l Avril 2016).

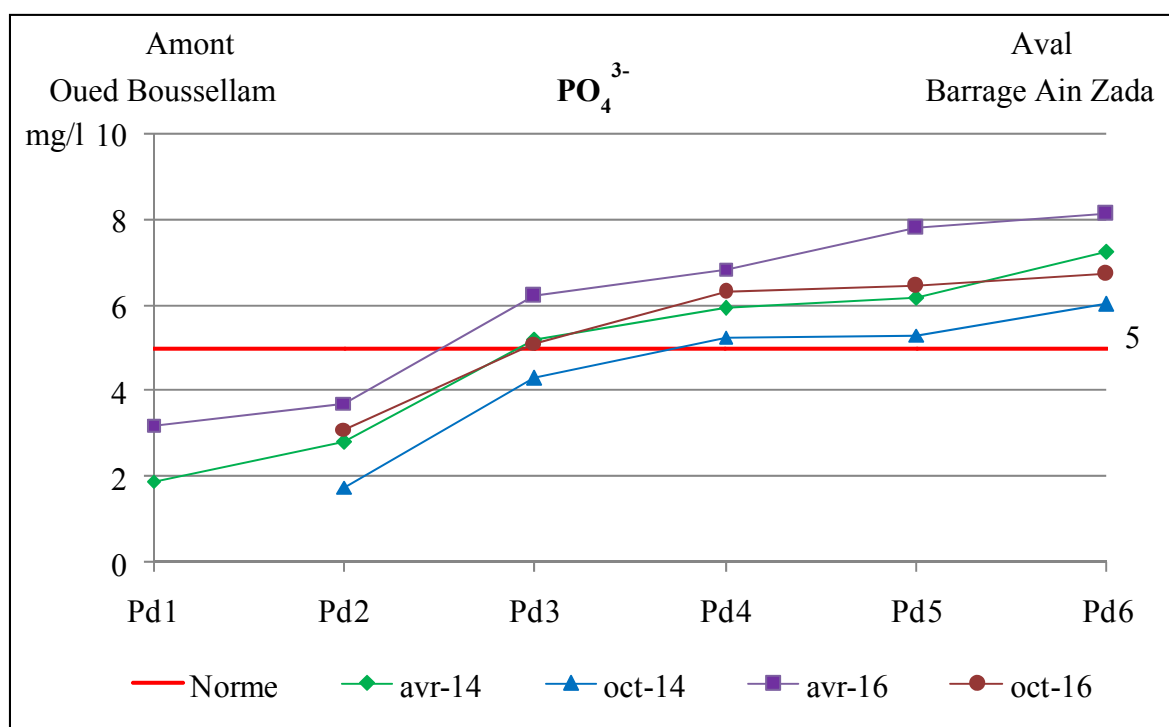
#### 2.3.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine

L'analyse des courbes d'évolution des concentrations des teneurs en Phosphates dans les eaux de l'oued Boussellam (Fig. 65) et la comparaison avec les cartes d'isoteneurs en Nitrates dans la plaine de Boussellam montre un impact contraire, c'est-à-dire une influence de la pollution en Phosphates des eaux de la plaine sur la qualité des eaux de l'oued, alors :

- Les teneurs en Phosphates enregistrés dans les eaux de la plaine sont plus fortes par rapport à celles enregistré dans les eaux d'oued, ce qui explique l'influence des eaux de la plaine sur l'oued.

**Tableau 42.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Phosphates dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016)

$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	Point d'eau	Avril 2014	Oct. 2014	Avril 2016	Oct. 2016
<b>Oued Boussellam</b>	<b>Témoin (Pd1)</b>	1.91	-	2.65	-
	<b>Min</b>	Pd2 (2.82)	Pd2 (1.16)	Pd2 (3.22)	Pd2 (3.01)
	<b>Max</b>	Pd6 (8.26)	Pd6 (6.03)	Pd6 (7.13)	Pd6 (6.74)
	<b>Moyen</b>	<b>5.67</b>	<b>4.34</b>	<b>5.82</b>	<b>5.53</b>
<b>Plaine de Boussellam</b>	<b>Témoin (P1)</b>	9.88	9.35	10.65	9.78
	<b>Min</b>	P2 (10.66)	P2 (10.02)	P2 (10.98)	P2 (10.45)
	<b>Max</b>	P13 (16.05)	P11 (15.24)	P13 (16.46)	P11 (15.38)
	<b>Moyen</b>	<b>14.28</b>	<b>13.04</b>	<b>14.79</b>	<b>13.67</b>



**Figure 65.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Phosphates des eaux de l'oued Boussellam (2014/2016)

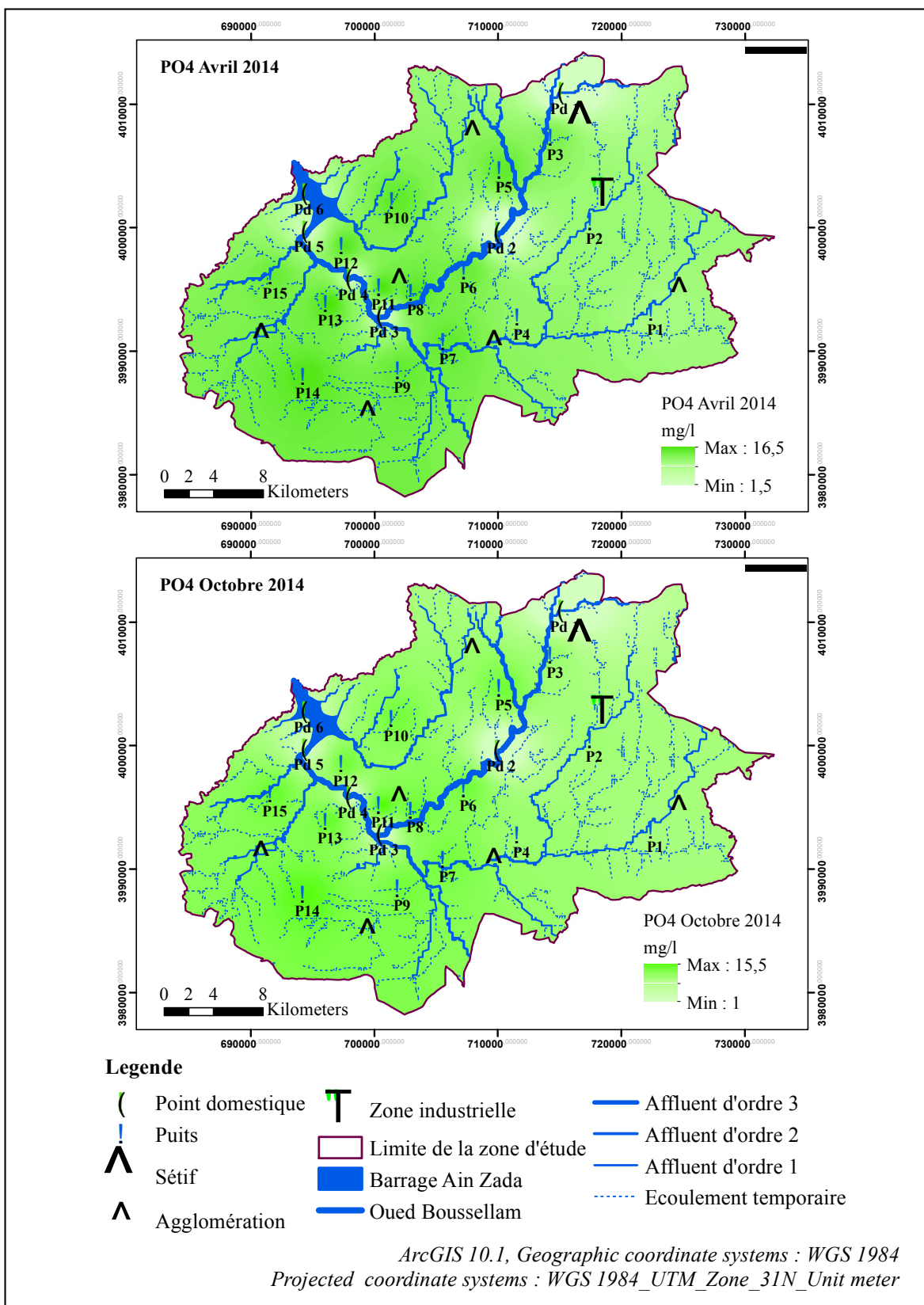
- Les teneurs en Phosphates enregistrés dans les eaux de la plaine sont plus élevées que celles des eaux de l'oued et la répartition de leurs concentrations est aléatoire suivant les zones d'utilisations des engrais et leurs intensités. L'exemple du puits P6 (15.26 mg/l) distant de 0.599 Km de la station Pd2 qui affiche une concentration de 2.33 mg/l, alors que le puits P15 (14.63 mg/l) qui est distant de 3.295 Km reste

avec une concentration plus forte que la station Pd5 (6.81 mg/l) avec une concentration plus faible mais reste toujours au dessus des normes fixées (2 mg/l).

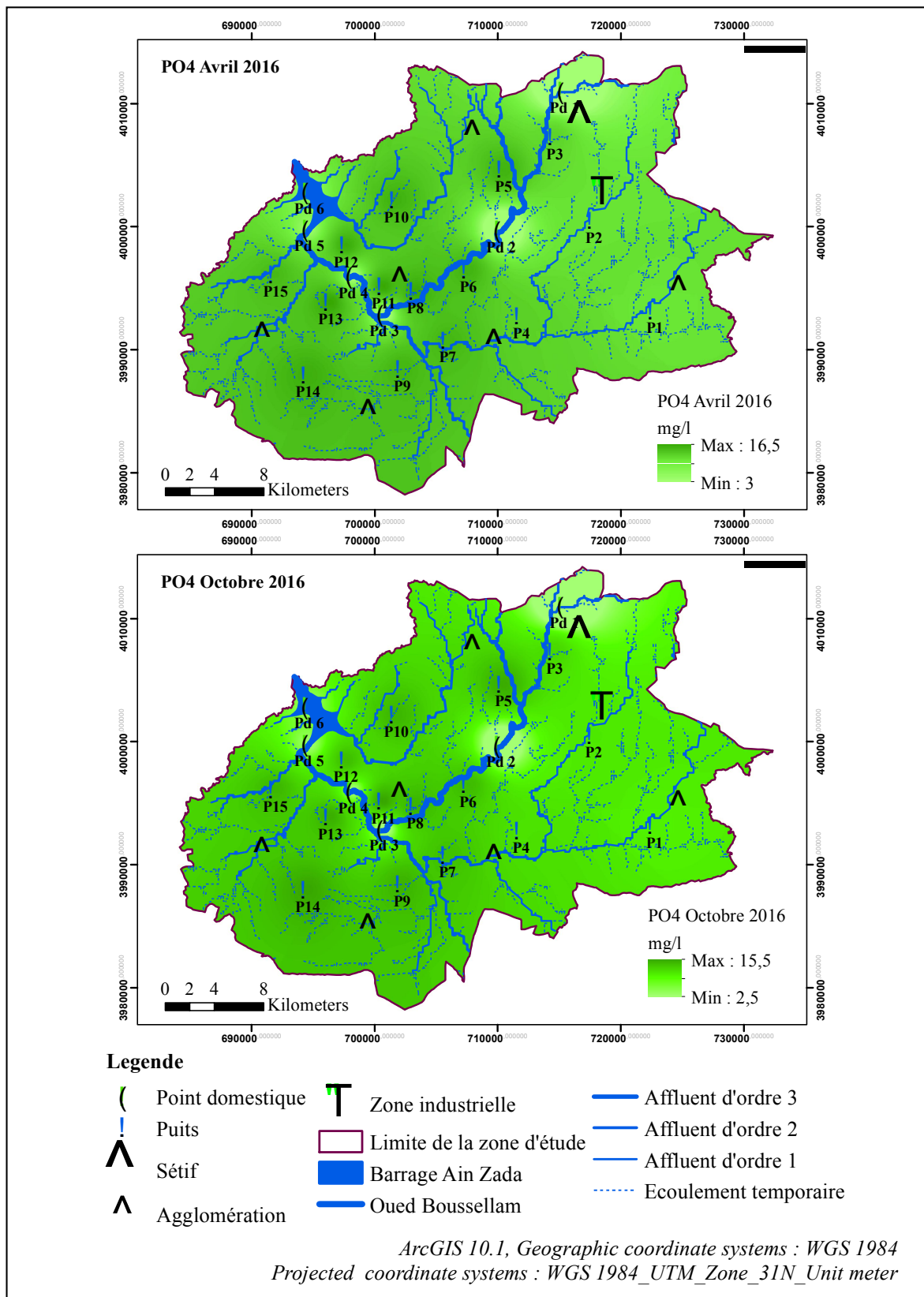
**Tableau 43.** Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Phosphates sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016)

L'oued Boussellam		La plaine de Boussellam		La Distance du puits à l'oued
Station	Concentration en Phosphates (mg/l)	Puits	Concentration en Phosphates (mg/l)	Distance (Km)
Pd2	2.33	P6	15.26	0.599
Pd4	6.75	P11	16.37	1.580
Pd5	6.81	P15	14.63	3.295

- L'écart entre les teneurs en Phosphates entre les eaux de la plaine et de l'oued Boussellam est assez fort car les concentrations dans les eaux de l'oued ne dépassent pas les 8 mg/l à la station Pd6 (Barrage Ain Zada) en Avril 2016. Dans la plaine les concentrations peuvent atteindre 16 mg/l (P8, P11 et P13) pour la même période.
- La lecture des cartes d'iso-teneurs en Phosphates des quatre périodes montre également une évolution annuelle de cet élément entre 2014 et 2016 d'une part et la réduction de la concentration en période de basses eaux par rapport à la période des hautes eaux d'autre part (Fig. 66 et 67). C'est probablement dû au séjour des Phosphates au fond des puits.
- Suivants ces informations, on peut dire que la source principale des teneurs élevées en Phosphore issu de l'utilisation intensive des engrais organiques en agriculture car la zone est connue pour ses vastes activités agricoles notamment les céréales dont la demande de ces produits s'effectue au début de la période des basses eaux (Décembre/Janvier/Février) nécessaire pour assurer les plus forts rendements.



**Figure 66.** Evolution saisonnière des teneurs en Phosphates dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 67.** Evolution saisonnière des teneurs en Phosphates dans la plaine de Boussellam (2016)

## 2.4. Evolution des teneurs en Ammonium $\text{NH}_4^+$

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

### 2.4.1. Evolution des teneurs en Ammonium dans les eaux de l'oued de Boussellam

Les analyses montrent une évolution très claire des Ammoniums dans les différentes périodes dont les teneurs en 2016 sont plus fortes que celles de 2014. Exemple des stations Pd2 (0.98 mg/l), Pd4 (1.46 mg/l) et Pd6 (2.05 mg/l) en Octobre 2014 et les mêmes stations pour la même période en 2016, Pd2 (1.06 mg/l), Pd4 (1.42 mg/l) et Pd6 (2.22 mg/l). L'augmentation se fait en direction de l'aval (Fig. 68) par contre, il faut remarquer que ces teneurs diminuent en période de basses eaux pour les mêmes stations Pd2 (1 g/l), Pd4 (1.57 mg/l) et Pd6 (2.16 mg/l) en Avril 2014 et Pd2 (1.1 mg/l), Pd4 (1.78 mg/l) et Pd6 (2.29 mg/l) en Avril 2016. La principale cause est l'utilisation intense des engrais en agriculture pendant cette période et l'évacuation des eaux urées non traitées avec des teneurs qui dépassent les normes (0.5 mg/l) et cela même dans la station témoin Pd1 avec 0.72 mg/l en Avril 2016 (Tab. 44).

### 2.4.2. L'impact de la pollution des eaux de l'oued sur la plaine

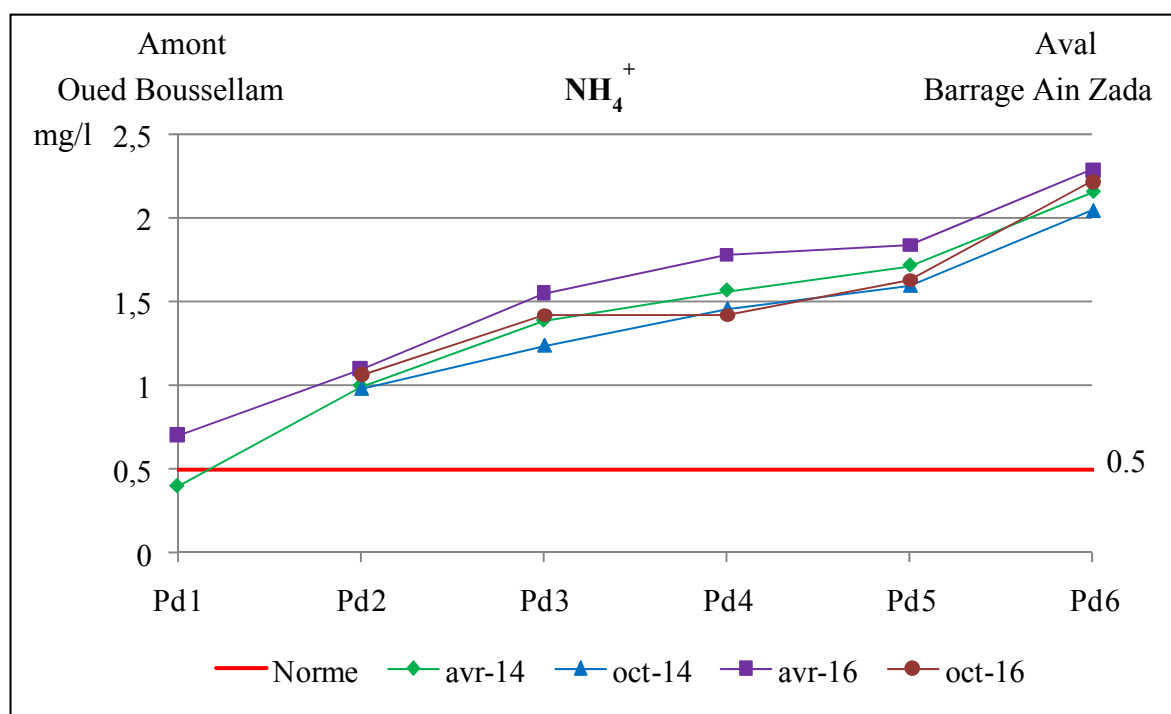
L'interprétation des courbes de l'évolution des concentrations en Ammonium dans l'oued Boussellam (Fig. 68) et les cartes iso-teneurs pour les quatre périodes (Fig. 69 et 70) indique que ces concentrations sont plus fortes dans la plaine que dans l'oued, on peut signaler :

- Les teneurs en Ammonium dépassent les normes algériennes des eaux potables (0.5 mg/l) et même au niveau du témoin Pd1 (0.72 mg/l) en Avril 2016.
- La concentration en Ammonium est en croissance claire entre 2014 et 2016 au niveau de P4 (3.63 mg/l), P8 (4.45 mg/l) et P12 (4.16 mg/l) en Avril 2014 et pour les mêmes puits dans la même période avec les valeurs de P4 (3.84 mg/l), P8 (4.86 mg/l) et P12 (4.65 mg/l) en Avril 2014.
- Les concentrations en Ammonium vont diminuer en période de basses eaux pour les trois stations citées, on enregistre les valeurs suivantes en période de basses eaux P4 (2.82 mg/l), P8 (4.02 mg/l) et P12 (3.24 mg/l) en Octobre 2014 et P4 (3.23 mg/l),

P8 (4.32 mg/l) et P12 (3.99 mg/l) en Octobre 2016. Ceci peut être la conséquence du séjour de l'Ammonium au fond des puits.

**Tableau 44.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Ammonium dans les eaux de l'oued et de la plaine de Boussellam (2014/2016)

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Point d'eau	Avril 2014	Oct. 2014	Avril 2016	Oct. 2016
<b>Oued Boussellam</b>	<b>Témoin (Pd1)</b>	0.42	-	0.72	-
	<b>Min</b>	Pd2 (1.00)	Pd2 (0.98)	Pd2 (1.10)	Pd2 (1.06)
	<b>Max</b>	Pd6 (2.16)	Pd6 (2.05)	Pd6 (2.29)	Pd6 (2.22)
	<b>Moyen</b>	<b>1.56</b>	<b>1.46</b>	<b>1.71</b>	<b>1.55</b>
<b>Plaine de Boussellam</b>	<b>Témoin (P1)</b>	2.78	2.45	2.99	2.56
	<b>Min</b>	P2 (2.33)	P2 (1.92)	P2 (2.86)	P2 (2.15)
	<b>Max</b>	P10 (5,44)	P10 (4.78)	P13 (5.89)	P15 (5.23)
	<b>Moyen</b>	<b>4.18</b>	<b>3.66</b>	<b>4.60</b>	<b>3.96</b>



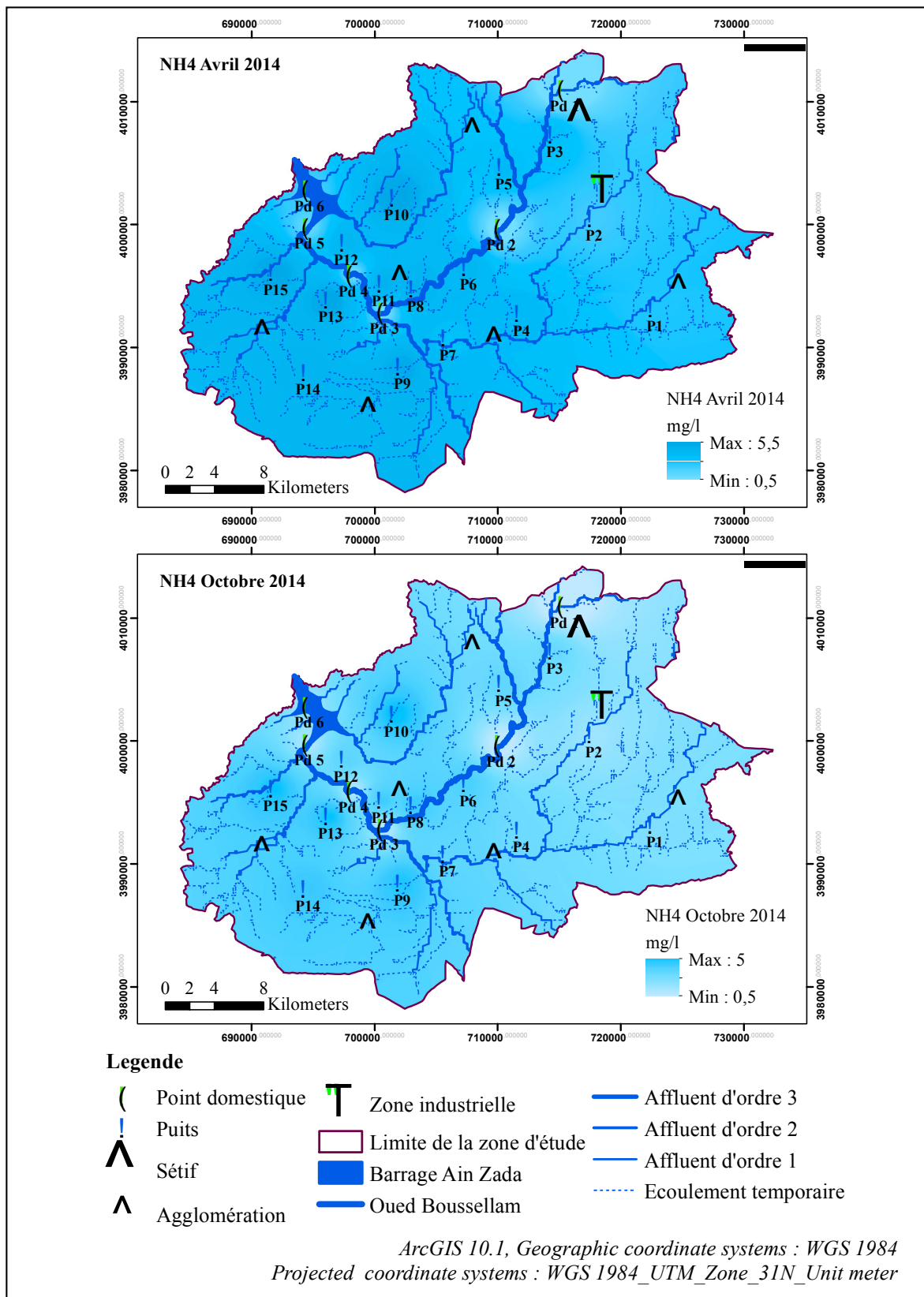
**Figure 68.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Ammonium des eaux de l'oued Boussellam (2014/2016)

- Les teneurs en Ammonium enregistrés dans les eaux de la plaine sont plus fortes par rapport à celles enregistrées dans les eaux de l'oued, ce qui explique l'impact de la qualité des eaux de la plaine sur les eaux de l'oued.
- la répartition des concentrations en Ammonium est aléatoire comme celles des Phosphates, elle est en relation avec les zones d'utilisation des engrais et son intensité (Tab. 45). Par exemple, dans le puits P6 (4.29 mg/l) qui est distant de 0.599 Km de la station Pd2 avec une concentration de 1.1 mg/l, alors que dans le puits P15 (4.65 mg/l) qui est distant de 3.295 Km reste plus forte que la station Pd5 avec une concentration plus faible (1.84 mg/l), elle reste toujours au dessus des normes (0.5 mg/l).

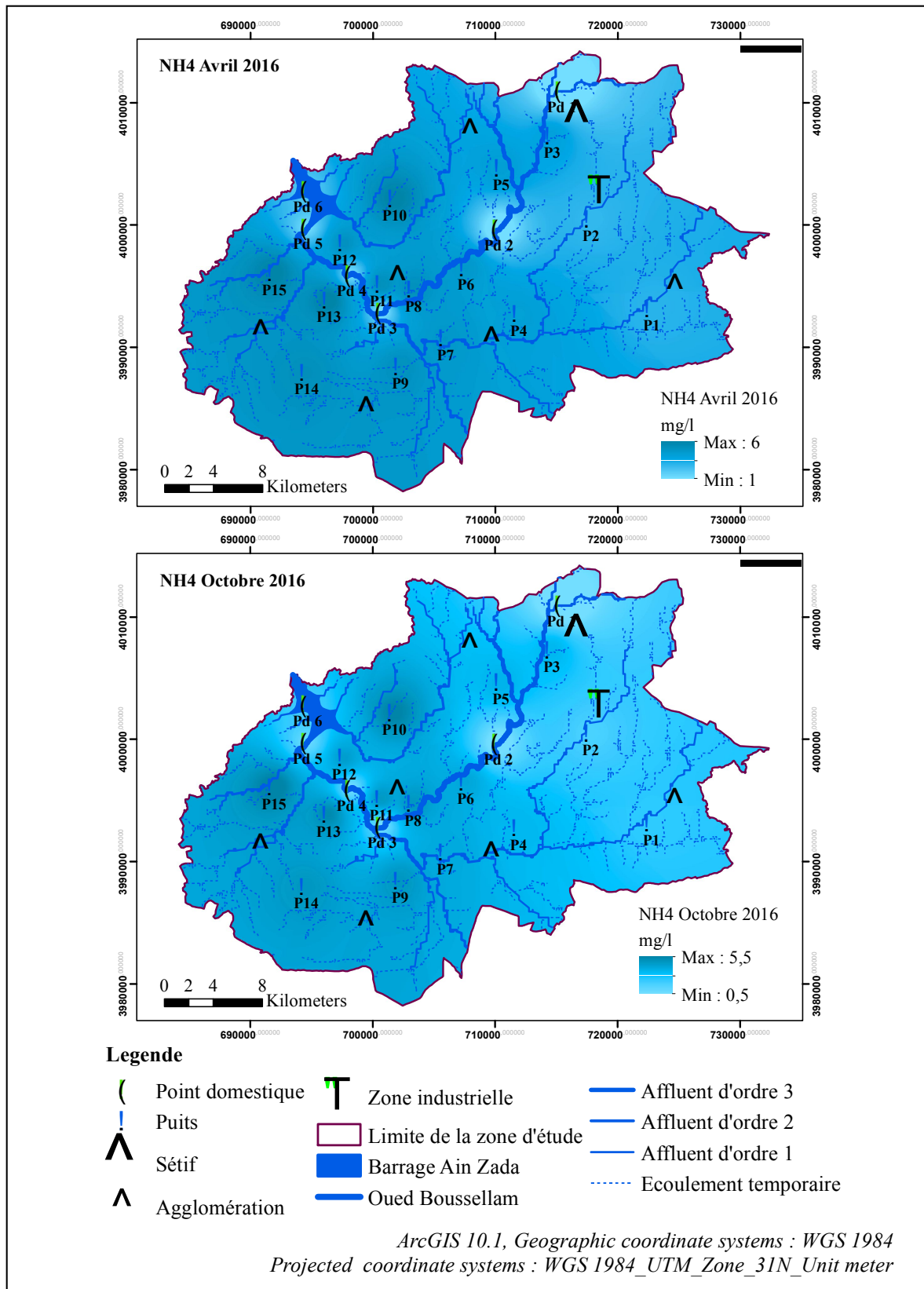
**Tableau 45.** Impact des la pollution de l'oued Boussellam en Ammonium sur la qualité des eaux de la plaine selon la distance (Avril 2016)

L'oued Boussellam		La plaine de Boussellam		La Distance du puits à l'oued
Station	Concentration en Ammonium (mg/l)	Puits	Concentration en Ammonium (mg/l)	Distance (Km)
Pd2	1.1	P6	4.29	0.599
Pd4	1.78	P11	4.86	1.580
Pd5	1.84	P15	4.65	3.295

- L'écart entre les teneurs des Ammoniums entre les eaux de la plaine et de l'oued Boussellam est assez fort car les concentrations dans les eaux de l'oued ne dépassent pas les 3 mg/l à la station Pd6 (Barrage Ain Zada) en Avril 2016 alors que dans la plaine les concentrations peuvent atteindre 6 mg/l (P10, P13, et P15) pour la même période.
- Comme la concentration des Ammoniums est plus élevée dans la plaine que dans l'oued, on peut négliger l'effet des rejets domestiques et on peut dire que la source principale des concentrations élevées est l'utilisation intense des engrais organiques dans les différentes activités agricoles de la région et notamment les cultures céréalières qui concernent de très grandes parcelles (Fig. 69 et 70).



**Figure 69.** Evolution saisonnière des teneurs en Ammonium dans la plaine de Boussellam (2014)



**Figure 70.** Evolution saisonnière des teneurs en Ammonium dans la plaine de Boussellam (2016)

## Conclusion

L'interprétation des courbes d'évolution et des cartes d'iso-teneurs en Nitrites, Nitrates, Phosphates et Ammonium des différentes périodes montre:

- Une augmentation annuelle claire de ces quatre paramètres issus essentiellement des eaux usées domestiques rejetées dans l'oued et l'utilisation intense des engrais dans l'agriculture.
- Une augmentation des teneurs en Nitrates et en Nitrites dans la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux due à l'épuisement des eaux de l'oued de Boussellam qui fait augmenter leurs concentrations.
- Une diminution des teneurs en Phosphates et en Ammonium dans la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux due à l'utilisation et la dissolution des engrais pendant la période pluvieuse.
- Une contamination des eaux de la plaine de Boussellam par les eaux de l'oued en Nitrites et en Nitrates car les teneurs des puits les plus proches de lui ayant des teneurs approximatives, ces teneurs vont diminuer quand on s'y éloigne.
- L'influence des eaux de la plaine sur la qualité des eaux de l'oued en Phosphates et en Ammonium car les teneurs dans les eaux de la plaine sont plus fortes que dans celles des eaux de l'oued, cette influence augmente dans la dernière tranche de l'oued.
- Les teneurs des ces quatre éléments augmentent quand on passe vers l'aval où s'installe le barrage d'Ain zada dont on a enregistré les concentrations les plus fortes
- Les teneurs en Nitrites dépassent largement les normes Algériennes des eaux potables ( $> 0.1 \text{ mg/l}$ ).
- Les teneurs en Nitrates sont dans les normes Algériennes des eaux potables ( $< 50 \text{ mg/l}$ ) mais elles sont proches du seuil, ce qui met les eaux de la plaine en risque de contamination par ce paramètre.
- Les teneurs en Phosphates et en Ammonium dépassent les Normes Algériennes des eaux potables ( $5 \text{ mg/l}$ ) et ( $0.5 \text{ mg/l}$ ), généralement dans les stations installées à l'aval de l'oued Boussellam et surtout à partir de la station Pd4 qui elle est située après la zone de confluence de l'affluent de Ftaïssa et le talweg principale de l'oued Boussellam qui présente une autre source de contamination ainsi que l'impact des

eaux de la plaine par le phénomène du lessivage, car cette dernière contient des concentrations dépassant largement les normes.

### **3. La pollution industrielle de l'oued de Bousellam et son impact sur son environnement**

#### **3.1. Le Cadmium (Cd)**

Le Cadmium est un métal composant naturel des roches et du sol dont les minerais sont associés à ceux du Zinc et du Plomb. Il est également présent dans l'eau, l'air atmosphérique des agglomérations urbaines et il contamine les végétaux et les tissus animaux. On le retrouve en quantité notable dans les produits alimentaires (les produits de la mer, les produits laitiers, les céréales, la viande et le vin) et en grande quantité dans la fumée de cigarette (1 à 2 µg par cigarette). Ses principales sources d'exposition se trouvent dans les utilisations industrielles du Cadmium : alliages de soudure et de brasure, batteries d'accumulateurs, câbles électriques, engrais (superphosphates), colorants, peintures, vernis et dans l'industrie nucléaire comme modérateur de neutrons.

##### **3.1.1. Evolution annuelle de la teneur en Cadmium dans les eaux de l'oued de Bousellam**

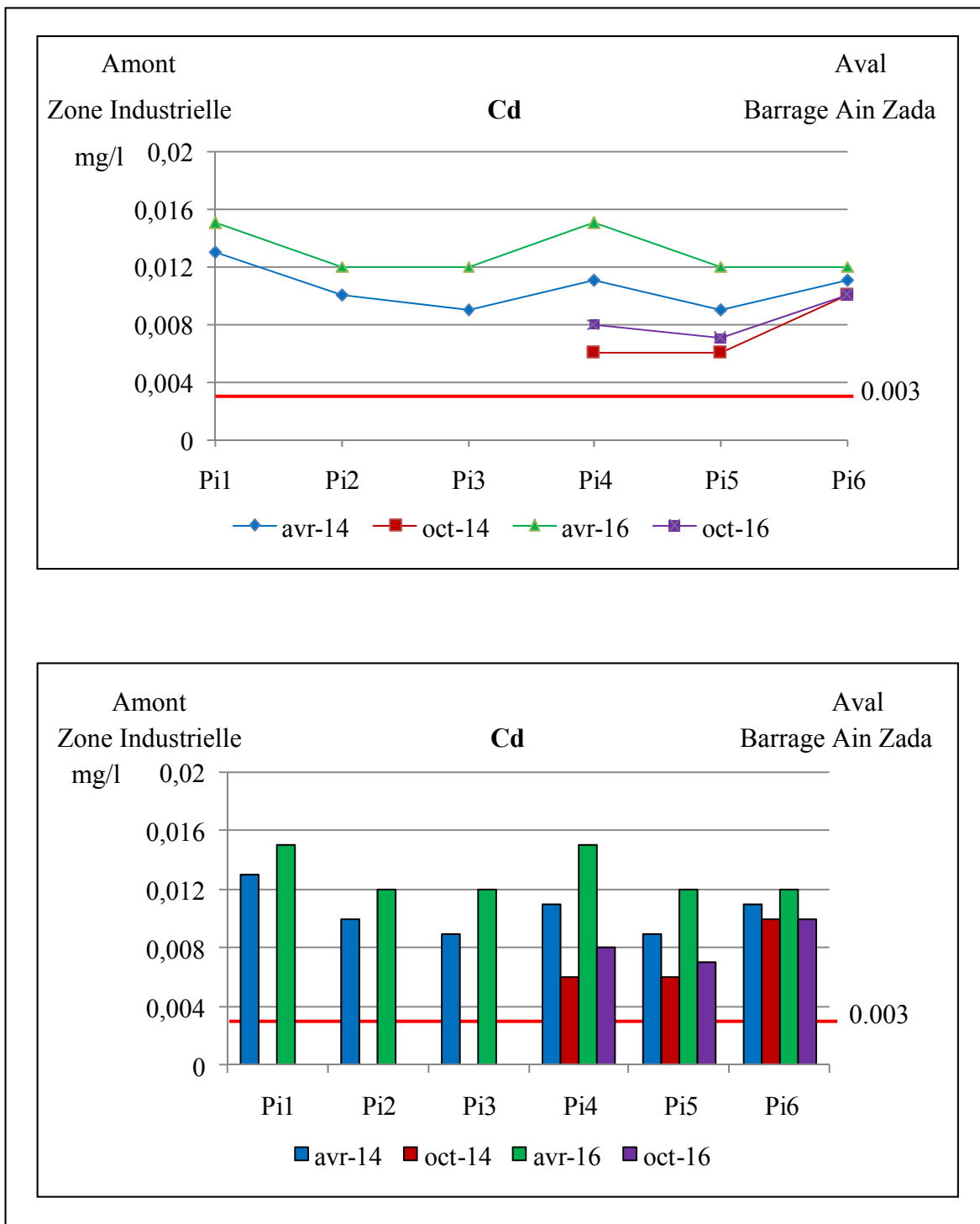
L'interprétation des courbes d'évolution en Cadmium dans les eaux de l'oued Bousellam montre des teneurs très fortes et dépassent les normes algériennes des eaux potables (> 0.003 mg/l) dont les valeurs varient entre (0.006 mg/l) dans les stations Pi4 et Pi5 en Octobre 2014 et (0.015 mg/l) dans les stations Pi1 et Pi4 en Avril 2016.

Nous avons également remarqué une évolution annuelle des concentrations en Cadmium entre 2014 et 2016 (Fig. 71). Exemple : Pi1 (0.013 mg/l), Pi4 (0.011 mg/l) et Pi6 (0.011 mg/l) en avril 2014 alors que dans les mêmes stations on enregistre Pi1 (0.015 mg/l), Pi4 (0.015 mg/l) et Pi6 (0.012 g/l) en Avril 2016. Cette situation reste la même pour la période de basses eaux (Octobre).

On peut diviser l'évolution du Cadmium dans l'oued en deux parties : la première avant la zone de confluence de l'affluent de Ftaïssa avec l'oued de Bousellam, dans cette zone un échantillonnage des trois premières stations Pi1, Pi2, et Pi3 est effectué ; la deuxième partie commence de la fin de la première jusqu'au barrage Ain Zada.

Pour la première zone, la diminution des concentrations au niveau des stations Pi2 (0.012 mg/l) et Pi3 (0.012 mg/l) par rapport au Pi1 (0.015 mg/l) à cause du séjour des particules de Cadmium dans le fond de l'oued et la dilution des concentrations par les eaux de l'affluent Ftaïssa. Dans la deuxième partie, nous remarquons l'augmentation brusque des teneurs en

Cadmium notamment dans la station Pi4 (0.015 mg/l) en Avril 2016. Cette station est située après la zone de confluence avec l'oued Boussellam où se situe la ville de Sétif. Ceci permet d'affirmer que les eaux de l'oued Boussellam subissent des contaminations de types industriels de la ville de Sétif, comme par exemple la transformation du plastique, les briqueteries, les industries chimiques, les textiles et les teintures sans traitement. Cette situation reste la même pour les deux années 2104 et 2016.



**Figure 71.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Cadmium des eaux de l'oued de Boussellam (2014/2016)

### 3.1.2. Evolution saisonnière des teneurs en Cadmium

L'évaluation de l'évolution saisonnière des teneurs en Cadmium dans l'oued Boussellam est très difficile car les eaux de l'oued s'épuisent en période de basses eaux et il ne reste que les eaux du talweg principal, celui de l'oued Boussellam. De ce fait, l'échantillonnage des Stations Pi1, Pi2, et Pi3 ne peut être réalisé. Les résultats enregistrés dans les trois dernières stations Pi4, Pi5 et Pi6 en période de basses eaux sont plus faibles par rapport à ceux des hautes eaux mais restent toujours au dessus des normes (0.003 mg/l) avec comme exemple la station Pi5 (0.006 mg/l) Octobre 2014 et Pi5 (0.007 mg/l) en Octobre 2106. Dans le même point, il faut noter les concertations Pi5 (0.009 mg/l) en Avril 2014 et Pi5 (0.012 mg/l) en Avril 2016, ceci est dû à l'épuisement des eaux des affluents chargés de cet élément et surtout l'affluent Guellal qui passe par la zone industrielle ainsi que le dépôts des particules en suspension des eaux au fond de l'oued.

### 3.1.3. Impact sur les eaux la plaine de Boussellam

Les flux de déchets de Cadmium provenant des industries finissent principalement dans les sols. Ces flux proviennent par exemple de la production de Zinc, des engrais bio-industries, du Cadmium peut aussi être rejeté dans l'air lors de la combustion des déchets ménagers et lorsqu'on brûle des combustibles fossiles. Grâce à la mise en place de règles, peu de Cadmium pénètre maintenant dans l'eau lors des rejets de déchets ou d'eaux usées provenant des particuliers ou des industries.

## 3.2. Le Cuivre (Cu)

Naturellement présent dans la croûte terrestre, le Cuivre à faible dose est essentiel au développement de toute forme de vie, il est majoritairement utilisé par l'homme sous forme de métal. Le Cuivre pur est un des seuls métaux colorés avec l'or et l'osmium. Il présente sur ses surfaces fraîches une teinte ou un éclat métallique rose saumon : ce « métal rouge » apprécié en orfèvrerie et en bijouterie. On le désigne parfois sous le nom de Cuivre rouge par opposition aux laitons (alliages de Cuivre et de Zinc) improprement nommés « Cuivre jaune ». Métal ductile, possède des conductivités électriques et thermiques particulièrement élevées qui lui confèrent des usages variés. Il intervient également comme matériau de construction et entre dans la composition de nombreux alliages, les cupro-alliages.

### 3.2.1. Evolution annuelle de la teneur en Cuivre dans les eaux de l'oued Boussellam

L'analyse et l'interprétation des résultats des analyses du teneur en Cuivre montrent que les concentrations de cet élément sont très faibles par rapport aux normes algériennes des eaux potables ( $< 2$  mg/l) dont on a enregistré des teneurs plus faibles qui sont varient entre (0.18 mg/l) dans la station Pi5 en Octobre 2014 et (0.35 mg/l) dans la station Pi1 en avril 2016.

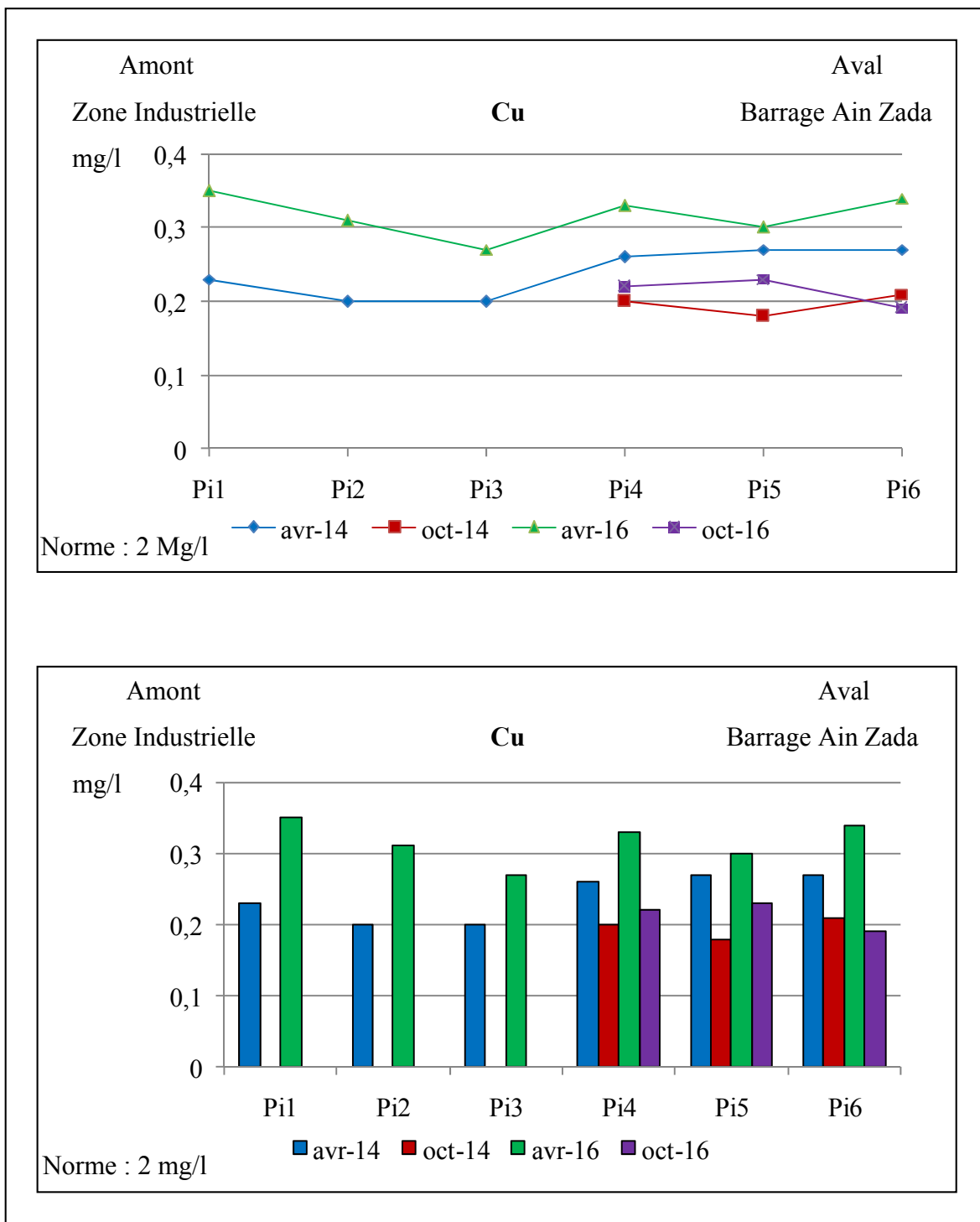
L'évolution annuelle des teneurs en Cuivre entre les années 2014 et 2016 est très claire (Fig. 72) dont on a signalé une augmentation de cet élément en 2016 par rapport 2014 c'est le cas par exemple des stations Pi1 (0.23 mg/l) et Pi3 (0.2 mg/l) et Pi5 (0.27 mg/l) en Avril 2014. Ces résultats sont plus forts en Avril 2016 Pi1 (0.35 mg/l) et Pi3 (0.27 mg/l) et Pi5 (0.34 mg/l).

L'évolution des teneurs en Cuivre dans les eaux suivant le trajet de l'oued Boussellam est subdivisé en deux parties comme pour le Cadmium. La première avant la zone de confluence entre l'affluent Ftaïssa et l'oued Boussellam avec les trois premières stations Pi1, Pi2 et Pi3 et la deuxième du point de contact jusqu'au barrage Ain Zada où s'installent les stations Pi4, Pi5 et Pi6.

Pour la première partie du talweg, on remarque la diminution des concentrations aux stations Pi2 (0.2 mg/l) et Pi3 (0.2 mg/l) par rapport au point Pi1 (0.23 mg/l), ceci est dû probablement à la dilution des eaux de l'affluent Guellal par les eaux de l'autre affluent Ftaïssa et le dépôt des particules en suspension du Cuivre dans le fond de l'oued. Dans la deuxième partie, l'augmentation est claire de la teneur à la station Pi4 (0.33 mg/l) en Avril 2016, comme dit précédemment, elle est installée après la zone de contact de l'oued Boussellam avec son affluent oued Ftaïssa. Cette augmentation est due aux teneurs élevés issue des activités du type industriel au niveau de la ville de Sétif. Elle reste toujours dans les normes et elle est remarquée pour les quatre périodes.

### 3.2.2. Evolution saisonnière du teneur en Cuivre

Comme pour l'élément Cadmium, l'étude de l'évolution saisonnière des teneurs en Cuivre dans l'oued de Boussellam est très difficile car l'oued de Boussellam est à sec dans la période des basses eaux (Octobre). Il ne reste que les eaux du talweg principal de l'oued Boussellam dans lequel des analyses ont été effectuées pour les stations Pi1, Pi2 et Pi3.



**Figure 72.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Cuivre des eaux de l’oued de Boussellam (2014/2016)

Les résultats trouvés dans les trois autres stations Pi4, Pi5 et Pi6 à la période des basses eaux sont plus faibles par rapport à celle des hautes eaux (soit en 2014 ou en 2016). Les concentrations restent toujours aux normes (2 mg/l) par exemple la station Pi4 (0.2 mg/l) en Octobre 2014 et Pi4 (0.22 mg/l) en Octobre 2106. Dans le même point, les concertations Pi4 (0.26 mg/l) en Avril 2014 et Pi4 (0.33 mg/l) en Avril 2016 sont dues à l'épuisement des eaux des affluents chargés de cet élément et surtout l'affluent Guellal qui passe par la zone industrielle. Il faut citer aussi le dépôt des particules en suspension dans le font de l'oued Boussellam.

### **3.2.3. Impact sur les eaux de la plaine de Boussellam**

Les concentrations du Cuivre sont très faibles, elles varient entre 0.18 mg/l et 0.35 mg/l pour les quatre périodes. Par rapport aux normes algériennes des eaux potables (2 mg/l), on peut dire que l'élément du Cuivre ne présente actuellement aucun risque sur les eaux de la plaine de Boussellam. Par contre, des précautions sont nécessaires pour la préservation des ressources en eau de cet élément indésirable qui augmente annuellement même en très faibles quantités. Les particules se déposent sur les deux rives par des boues contaminées par du Cuivre du fait du rejet des eaux usées. Les teneurs dans l'air sont principalement le résultat de la combustion des énergies fossiles. Le Cuivre reste dans l'air pendant une période assez longue avant de se déposer en saison des pluies.

### **3.3. Le Plomb (Pb)**

Le Plomb est un constituant naturel, largement reparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/Kg, les sols acides sont généralement moins riches en Plomb que les sols alcalins, il peut être présent sous forme de Carbonates, de Phosphates, mais surtout de Sulfure.

L'eau de mer contient une moyenne de 3.03 µg/l de Plomb dans les zones côtières, les eaux superficielles peuvent en renfermer 10 fois plus. La plupart des composées inorganiques du Plomb sont peut soluble dans l'eau ( $PbCO_3$ ,  $PbSO_4$ ), les composées halogène du Plomb (Chlorures, Bromures) ou les acétates de Plomb étant plus solubles (Pichard, 2003).

### 3.3.1. Evolution annuelle du teneur en Plomb dans les eaux de l'oued de Boussellam

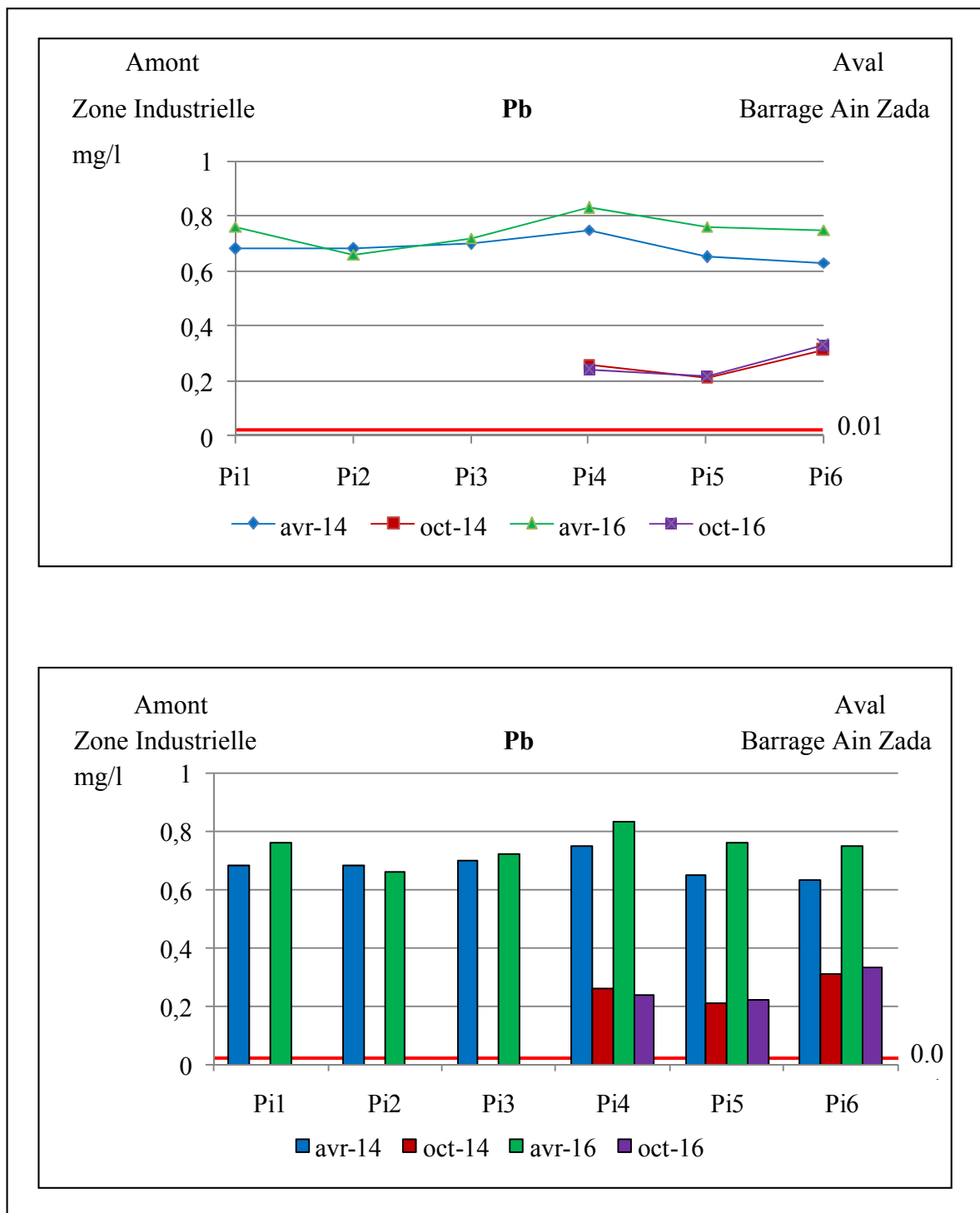
L'analyse et l'interprétation des résultats des teneurs en Plomb montrent que les concentrations de cet élément sont très fortes et dépassent largement les normes algériennes des eaux potables ( $> 0.01$  mg/l). On a enregistré des teneurs plus fortes qui varient entre (0.21 mg/l) dans la station Pi5 en Octobre 2014 et (0.83 mg/l) dans la station Pi4 en avril 2016. L'évolution annuelle des teneurs en Plomb entre les années 2014 et 2016 est très claire (Fig. 73) ou on signale une augmentation de cet élément en 2016 par rapport à 2014. C'est le cas par exemple des stations Pi1 (0.68 mg/l) et Pi3 (0.70 mg/l) et Pi5 (0.65 mg/l) en Avril 2014. Ces résultats seront plus forts en Avril 2016 Pi1 (0.76 mg/l) et Pi3 (0.72 mg/l) et Pi5 (0.76 mg/l) à l'exception de la station Pi2 avec (0.68 mg/l) et diminue en 2016 à (0.66 mg/l).

Pour une meilleure lecture de l'évolution du Plomb dans l'oued Boussellam de l'amont vers l'aval (barrage Ain Zada), on divise l'oued en deux parties principales : la première va de la zone industrielle jusqu'à la zone de confluence de l'affluent Ftaissa avec l'oued Boussellam; la deuxième du ce point jusqu'au barrage d'Ain Zada ; les trois premières stations s'installent dans la première partie et les trois autres stations dans la deuxième partie.

Dans la première zone, nous remarquons une augmentation des teneurs en Plomb dans les stations Pi3 (0.7 mg/l) par rapport à la station Pi1 (0.68 mg/l) et Pi2 (0.68 mg/l) en Avril 2014 et Pi3 (0.72 mg/l) par rapport à la station Pi2 (0.66 mg/l) en Avril 2016. Cette station est installée juste après la zone de confluence des eaux de l'affluent Ftaissa et l'affluent Guellal, ce qui montre une certaine contamination issue de l'oued Ftaissa qui fait augmenter la concentration, on peut associer les transports routiers et l'existence de sites industriels désaffectés.

### 3.3.2. Evolution saisonnière du teneur en Plomb

L'évolution saisonnière des teneurs en Plomb ne peut être faite sur l'année parce que la première partie du talweg sera épuisée pendant la période des basses eaux. L'interprétation ne concernera alors que les trois dernières stations. Globalement, les teneurs fortes se manifestent en période de hautes eaux par rapports à celles de basses eaux et ceci est valable pour 2014 où 2016 dont les teneurs en Avril 2014 varient entre 0.75 mg/l et 0.83 mg/l, alors qu'en Octobre 2014 ils varient entre 0.22 mg/l et 0.33 mg/l pour les mêmes stations avec des concentrations qui restent toujours hors normes supérieures à 0.01 mg/l.



**Figure 73.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Plomb des eaux de l’oued Boussellam (2014/2016)

### 3.3.3. Impact sur les eaux de la plaine de Boussellam

Les eaux de la plaine de Boussellam sont liées étroitement avec celles de l'oued, et quand les teneurs en Plomb sont hors normes, elles mettent en risque la qualité des eaux de la plaine. D'après les résultats trouvés, les trois puits installés sur les deux rives de l'oued présentent des concentrations très faibles P11 (0.006 mg/l), P12 (0.003 mg/l) et P13 (0.003 mg/l) en Octobre 2014. Cela est dû probablement au type de roches qui ne permet pas au Plomb de pénétrer ou bien, au séjour de leurs particules au fond des puits.

### 3.4. Zinc (Zn)

Le Zinc se trouve dans les roches généralement sous formes de Sulfates. Le minerai le plus répondu est le Sulfure de Zinc qui contient également du Fer, du Cadmium, du Manganèse, et de l'Arsenic.

Dans l'eau la solubilité des Chlorures et Sulfates de Zinc est importante, leur hydrolyse conduit à une diminution du pH, alors les eaux à pH faible ont des teneurs en Zinc plus importantes (Yosfi, 2013).

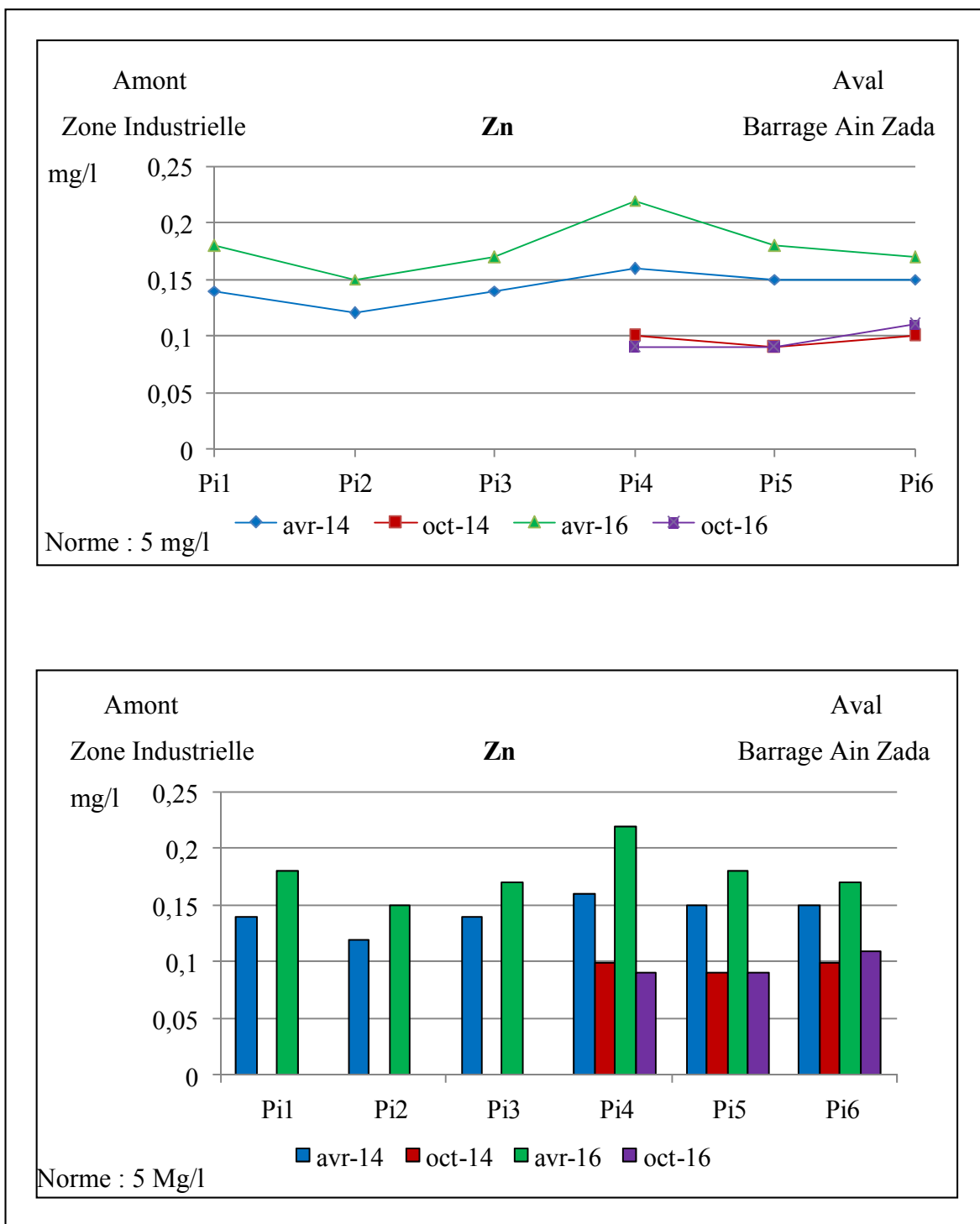
#### 3.4.1. Evolution annuelle du teneur en Zinc

Une lecture générale des courbes d'évolution des teneurs en Zinc (Fig. 74) montre que tous les points sont dans les normes ( $< 3$  mg/l) selon les normes algériennes des eaux potables. Une valeur maximale (0.18 mg/l) est enregistrée dans la station Pi5 en Avril 2016. Malgré des valeurs faibles et ne présentant aucun risque sur la qualité de l'eau, une évolution annuelle est enregistré entre l'année 2014 et l'année 2016 surtout pendant la période de hautes eaux (Avril). L'exemple des stations Pi1 (0.14 mg/l), Pi2 (0.12 mg/l) et Pi4 (0.16 mg/l) en Avril 2014 ; Pi1 (0.18 mg/l), Pi2 (0.15 mg/l) et Pi4 (0.22 mg/l) en Avril 2016.

L'évolution du Zinc suivant le chemin du talweg peut être divisé en deux parties :

- la première de la zone industrielle jusqu'à la zone d'évacuation de l'oued Ftaissa dans l'oued de Boussellam représentée par les stations Pi1, Pi2, Pi3 ;
- la deuxième représentée par le reste du talweg jusqu'au barrage d'Ain Zada où s'installent les stations Pi4, Pi5, et Pi6.

Dans la première, on remarque une diminution ou augmentation faible des teneurs qui est due soit à la dilution des eaux de l'oued par les eaux de l'affluent Guellal ou le séjour des particules en suspension dans le font de l'oued. L'exemple Pi2 (0.15 mg/l) par rapport à Pi1 (0.18 mg/l) en avril 2016 ou par la contamination des eaux du talweg par l'affluent Ftaissa au niveau de la station Pi3 (0.17 mg/l) par rapport Pi2 (0.15 mg/l) en 2016, une pollution probable issue de l'affluent Ftaissa.



**Figure 74.** Evolution annuelle et saisonnière des teneurs en Zinc des eaux de l’oued de Boussellam (2014/2016)

Dans la deuxième zone, on signale une augmentation très claire dont la valeur maximale se situe à la station Pi4 (0.22 mg/l) en Avril 2016. Cette station est située après la zone de contact de l'affluent principale de l'oued Boussellam et l'affluent Ftaissa ce qui montre que l'oued Boussellam contient une teneur qui n'est pas négligeable et on peut l'expliquer par l'évacuation des eaux usées de type industriel de la ville de Sétif ainsi que les déchets de travaux particuliers (petits magasins, etc..).

### **3.4.2. Evolution saisonnière du teneur en Zinc**

Il est très difficile de faire une comparaison de l'évolution saisonnière entre les basses et les hautes eaux car les affluents de l'oued Boussellam seront à sec en période de basses eaux à l'image des affluents Guellal et Ftaissa où sont installées la zone industrielle et les trois premières stations Pi1, Pi2, Pi3. Des analyses ont été effectuées uniquement pour les autres stations Pi4, Pi5, Pi6 et les résultats en période de basses eaux sont faibles par rapport à la période de hautes eaux et sont presque identiques pour l'année 2014 où 2016 et se situent entre 0.9 mg/l et 0.11 mg/l).

### **3.4.3. Impact sur les eaux la plaine de Boussellam**

Les teneurs en Zinc sont très faibles, elles varient entre 0.09 mg/l et 0.22 mg/l par rapport aux normes algériennes des eaux potables (3 mg/l) pour les quatre périodes. L'élément du Zinc ne représente aucun risque éventuel mais il faut prendre des précautions pour la préservation des ressources en eau de cet élément indésirable qui évolue annuellement malgré sa très faible concentration.

## **Conclusion**

Selon l'interprétation et l'analyses des courbes d'évolution des teneurs des différents éléments industriels et notamment le Cadmium, le Cuivre, le Plomb et le Zinc, on constate ce qui suit :

- Les concentrations de ces éléments sont en évolution annuelle claire due à l'augmentation des eaux usées et des déchets et rejets dans l'oued Boussellam.
- Les teneurs des quatre métaux lourds sont plus fortes en période de hautes eaux que dans celles des basses eaux, ceci est dû essentiellement au dépôt de ces éléments au fond de l'oued.
- Les concentrations du Cadmium et du Plomb dépassent largement les normes algériennes des eaux potables.

- Les concentrations du Cuivre et du Zinc restent dans les normes algériennes des eaux potables malgré leur évolution annuelle.
- Deux sources principales de la pollution industrielle ce sont la zone industrielle de Sétif et la ville de Sétif.
- Deux variations principales à signaler pour l'évolution de ces métaux, l'une se trouve dans la première tranche de l'oued Boussellam marqué par la dilution des eaux provenant de la zone industrielle par l'affluent Guellal et par une autre issue de l'affluent Ftaïssa, la deuxième est représentée par le reste du talweg est marqué par l'augmentation des teneurs due à la contamination des eaux de l'affluent Ftaïssa après sa dilution par les eaux issue de la ville de Sétif par l'affluent principal de l'oued Boussellam.
- Aucun risque éventuel des eaux de la plaine de Boussellam n'est à signaler malgré que certains éléments dépassent les normes, ceci est dû probablement aux terrains qui ne sont pas perméables pour ces éléments où des séjours des particules en suspension dans le fond de l'oued (voir l'annexe ; tableau 45).
- Dans l'eau, la solubilité des Chlorures et Sulfates de Zinc par exemple est importante, leur hydrolyse conduit à une diminution du pH, alors comme le pH est élevé dans la majorité des points d'eau de l'oued et de la plaine de Boussellam, il induit à minimiser les teneurs de ces métaux lourds.

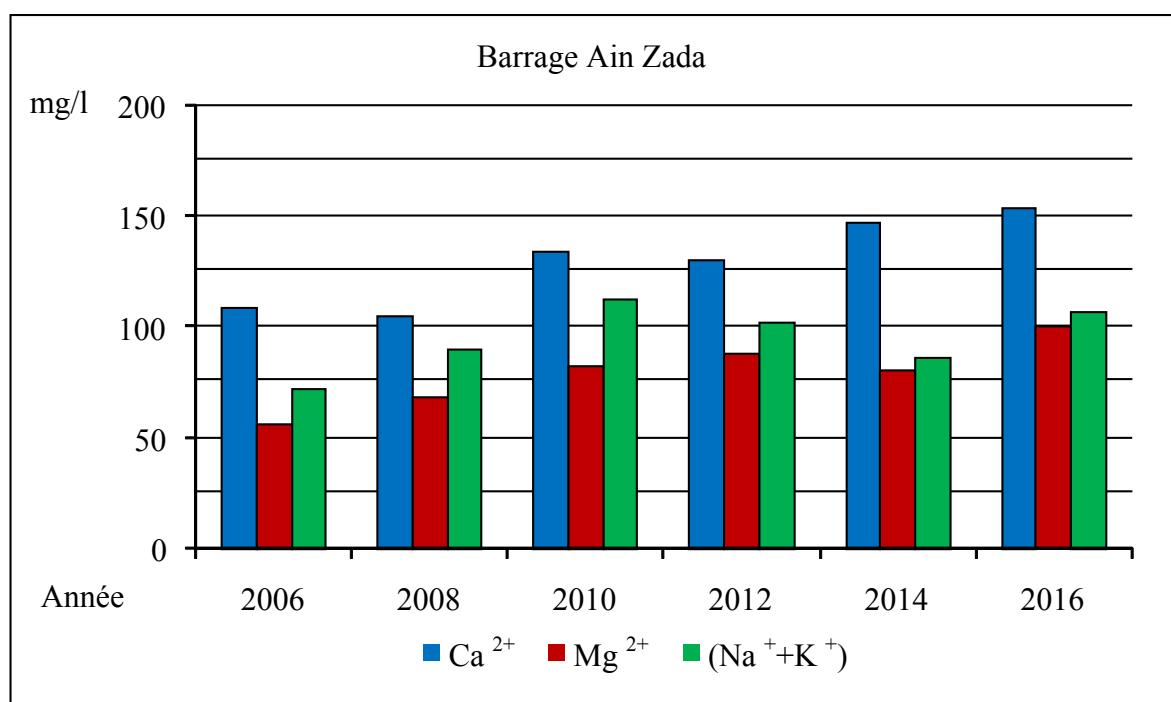
#### **4. Barrage Ain Zada un cas évident**

##### **4.1. Les éléments majeurs**

###### **4.1.1. Les cations**

Les diagrammes d'évolution des teneurs en cations du Calcium, du Magnésium et du Sodium et Potassium dans les eaux du barrage de Ain Zada (Fig. 75) montrent une augmentation annuelle très claire de ces paramètres depuis 2006 à 2016, dont le Calcium qui passe de 109 mg/l en 2006 à 154 mg/l en 2016, avec une petite diminution pour les années 2008 (105 mg/l) et 2012 (130 mg/l). Par rapport aux années précédentes, le Magnésium a évolué de 56 mg/l en 2006 à 100 mg/l en 2016 avec une seule période de réduction en 2014 (80 mg/l). Le Sodium et le Potassium ont également augmentés pendant les dix années passées où ils ont atteint leur maximum 112 mg/l en 2010 avant leur réduction pour les années suivantes 2012 (102 mg/l) et 2014 (86 mg/l) mais ont connu une nouvelle augmentation en 2016.

Les teneurs de ces paramètres restent dans les normes (200 mg/l) pour le Calcium, (100 mg/l) pour le Magnésium et (200 mg/l) pour le Sodium, mais elles sont en évolution continue ce qui rend possible des changements de propriétés physiques et chimiques de l'eau comme l'odeur et le goût surtout que les eaux de barrage sont destinées à l'alimentation en eau potable.

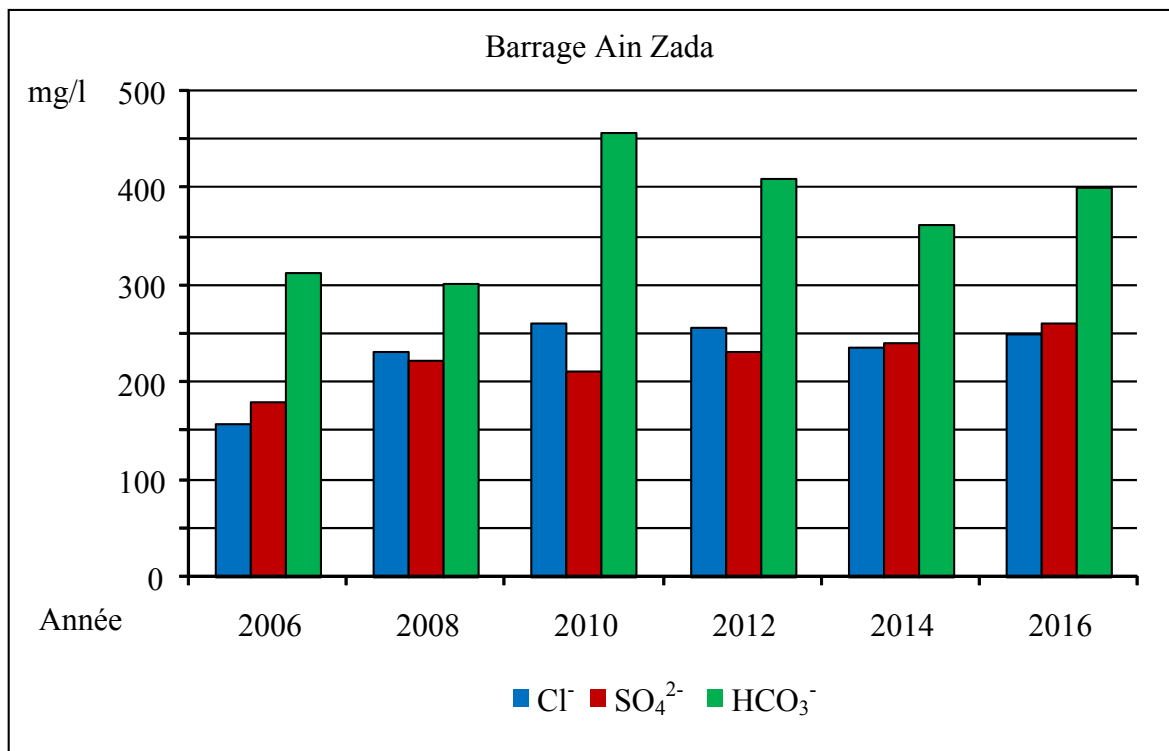


**Figure 75.** Evolution annuelle des teneurs en Cations au barrage d'Ain Zada

#### 4.1.2. Les anions

L'évolution des anions (Chlorures, Sulfates et Bicarbonates) dans les eaux du barrage d'Ain Zada est évidente. On observe une augmentation de ces trois paramètres pendant dix années avec de petites variations (Fig. 76). Les Chlorures sont passés de (156 mg/l) en 2006 à (250 mg/l) en 2016 avec une petite réduction en 2014 (236 mg/l) par rapport à l'année d'avant. Les Sulfates aussi ont évolué pendant cette période, elles varient entre 180 g/l en 2006 et 260 mg/l en 2016, avec une seule diminution en 2010 (211 mg/l) par rapport à 2008. Les Bicarbonates ont atteint leur maximum en 2010 (455 mg/l), elles augmentent et/ou diminuent d'une année à une autre mais toujours dans le sens croissant. Les teneurs des anions sont dans les normes (500 mg/l) pour les Chlorures, (400 mg/l) pour les Sulfates et pas de normes fixées pour les Bicarbonates qui restent en évolution continue ce qui représente un risque d'augmentation des concentrations qui peuvent avoir une

influence sur la minéralisation. L'accumulation de ces paramètres dans le barrage conduit à l'augmentation de leurs concentrations et la minéralisation des eaux en général.

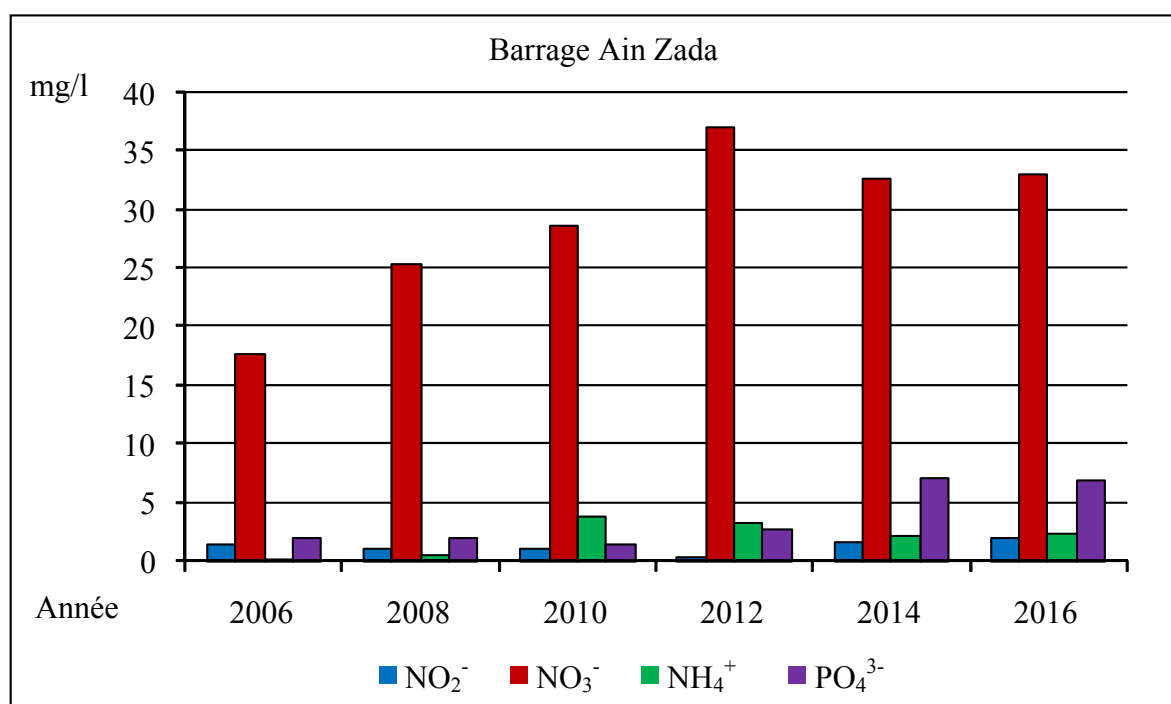


**Figure 76.** Evolution annuelle des teneurs en anions au barrage d'Ain Zada

#### 4.2. Les éléments organiques

Les concentrations des éléments organiques dans les eaux du barrage d'Ain Zada sont en croissance claire durant la période allant de l'année 2006 à 2016. Pendant cette période les teneurs en Nitrites, Nitrates, Ammonium et Phosphates évoluent progressivement (Fig. 77). Pour les Nitrates qui dépassent les Normes ( $> 0.1$  mg/l) pour toute la période, elles sont passées de 1.41 mg/l en 2006 à 2.07 mg/l en 2016, cette évolution est contredite parfois par une phase de diminution comme l'année 2010. Les Nitrates restent dans les normes ( $< 50$  mg/l) mais subissent une évolution rapide dont la concentration était de 17.78 mg/l en 2006, elle est arrivée à 33,15 mg/l en moyenne en 2016 et proche de 40 mg/l en périodes de basses eaux. Pour l'Ammonium, les concentrations sont dans les normes ( $< 0.5$  mg/l) avant 2010, avec comme exemple en 2008 (0.38 mg/l). Depuis cette année elles dépassent largement les normes pour atteindre 3.78 mg/l. Les années précédentes on signale une diminution avec 2.07 mg/l en 2016, mais elles restent toujours hors normes algériennes des eaux potables. Les Phosphates sont

également passées par la même situation avec des concentrations en Phosphates dans les normes ( $< 5$  mg/l) pour la période de 2006 à 2012 où les valeurs varient entre 2.09 mg/l et 2.66 mg/l. A partir de cette année, nous remarquons une grande évolution qui est passée directement à 7.14 mg/l en 2014 et 6.90 mg/l en 2016. Cette évolution est due essentiellement aux rejets domestiques de la wilaya de Sétif et les autres affluents dans l'oued Boussellam et ces affluents ainsi que l'utilisation forte des engrais dans la plaine de Boussellam, l'accumulation des ces élément dans les eaux du barrage d'une façon continue fait augmenter les concentrations.



**Figure 77.** Evolution annuelle des teneurs en éléments organiques au barrage d'Ain Zada

#### 4.3. Les métaux lourds

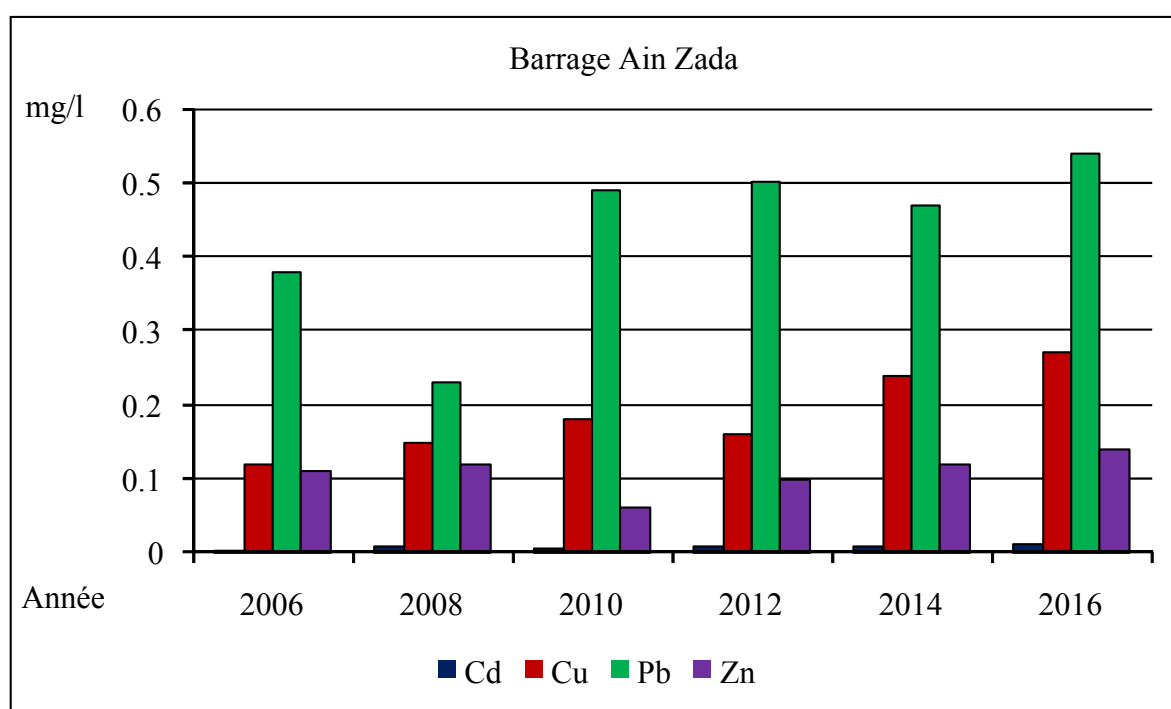
L'interprétation des diagrammes d'évolution des concentrations des métaux lourds dans les eaux du barrage d'Ain Zada, montrent clairement leur évolution dont les concentrations de Cadmium, de Cuivre, de Plomb et de Zinc sont en augmentation depuis dix années, alors que les teneurs du Cadmium sont hors normes ( $> 0.003$  mg/l), elles sont passées de 0.003 mg/l en 2006 à 0.011 mg/l en 2016.

Les concentrations du Cuivre restent dans les normes ( $< 2$  mg/l), mais elles sont en évolution durant dix années dont la teneur est comprise entre 0.12 mg/l en 2006 et 0.27 mg/l en 2016.

Les concentrations du Plomb dépassent largement les normes ( $> 0.01$  mg/l), elles sont passées de 0.38 mg/l en 2006 à 0.54 mg/l en 2016.

Les teneurs en Zinc reste très faibles par rapport aux normes ( $< 5$  mg/l) mais elles évoluent depuis 2006 avec 0.11 mg/l et 0.14 mg/l en 2016.

L'évolution des ces quatre éléments est due essentiellement aux rejets de la zone industrielles de Sétif ainsi que les rejets domestiques des agglomérations de la wilaya de Sétif qui peuvent contenir des matériaux de type industriels et d'autres sources de pollution comme le trafic routier par exemple.



**Figure 78.** Evolution annuelle des teneurs en métaux lourds au barrage d'Ain Zada

## **Conclusion générale et recommandations**

La plaine de Boussellam occupe une grande partie du sous bassin versant de Boussellam amont et représente un lieu de différents types d'activités domestique, agricole et industrielle. Elle dispose de plus d'un demi-million d'habitants sur environ un million pour tout le sous bassin versant.

La plaine de Boussellam est recouverte par des terrains hétérogènes du Quaternaire et repose sur des formations géologiques très hétérogènes.

La zone d'étude est caractérisée par un climat semi aride, chaud et sec en Eté et froid et humide pendant l'hiver. A préciser que la partie septentrionale est plus pluvieuse que la zone méridionale.

La plaine de Boussellam repose sur un potentiel hydrique non négligeable représenté par deux aquifères principaux. L'aquifère profond dans les formations carbonatées dont les forages dépassent les 200 m de profondeur et l'aquifère superficiel dans le recouvert quaternaire exploité par des puits généralement pour l'irrigation où l'utilisation en eau potable.

L'alimentation en eaux potable des habitants à travers la plaine est assurée par les eaux de surface, notamment le barrage d'Ain Zada ainsi que par plusieurs forages productifs implantés dans la plaine dont les eaux mobilisée sont de l'ordre de 49.27 Hm<sup>3</sup>/an avec 69,80% pour l'alimentation en eau potable, 17,84 % pour l'agriculture et 12,36 pour l'industrie.

Les paramètres physico-chimiques sont en évolution annuelle et saisonnières très claire ce qui augmente la minéralisation des eaux qui conduit au changement de la couleur et de l'odeur.

L'analyse et l'interprétation de l'évolution des paramètres physico-chimiques montre que :

- La majorité des ces éléments (Calcium, Magnésium, Potassium et Sodium, Chlorures, Sulfates et Bicarbonates) sont en évolution annuelle et saisonnière évidente.
- La diminution des Calcium, Magnésium, Potassium et Sodium dans la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux est due probablement à la pénurie des eaux de pluie qui fait transporter ces les particules au cours de la précipitation où par lessivage, ainsi que l'épuisement des eaux des affluents de l'oued de Boussellam qui contribuent à l'augmentation de la minéralisation.

- L'augmentation des Chlorures, Sulfates et Bicarbonates pendant les périodes de hautes eaux par rapport à celles des basses eaux à cause de l'épuisement des eaux de l'oued Boussellam, ce qui fait augmenter la concentration.
- Les fortes teneurs des ces paramètres se concentrent sur les deux rives et le long de l'oued Boussellam sauf les Sulfates et les Bicarbonates, due d'une part au lessivage des cations et des anions par les eaux souterraines (cf. carte piézométrique) et d'une autre part à la contamination par les teneurs fortes de ces éléments dans les eaux de l'oued.
- La plupart des paramètres subissent une influence échangeable c'est-à-dire que les eaux de l'oued fait un impact sur la qualité des eaux de la plaine pendant la période des hautes eaux et elles sont infectés par ces dernières à la période des basses eaux. L'analyse et l'interprétation de l'évolution des polluants organiques montrent que :
- Une augmentation annuelle claire de ces quatre paramètres issue essentiellement des eaux usées domestiques rejetées dans l'oued et l'utilisation intense des engrais dans l'agriculture.
- Une augmentation des teneurs en Nitrates et en Nitrites dans la période des basses eaux par rapport à celle des hautes eaux due à l'épuisement des eaux de l'oued de Boussellam ce qui fait augmenter leurs concentrations.
- Une diminution des teneurs en Phosphates et en Ammonium dans la période des basses eaux par rapport à celles des hautes eaux due à l'utilisation et la dissolution des engrais pendant la période pluvieuse.
- Une contamination des eaux de la plaine de Boussellam par les eaux de l'oued en Nitrites et en Nitrates car les teneurs des puits les plus proches de lui ayant des teneurs approximatives ainsi ces teneurs vont diminuer quand on s'y éloigne.
- L'influence des eaux de la plaine sur la qualité des eaux de l'oued en Phosphates et en Ammonium car les teneurs dans les eaux de la plaine sont plus fortes que dans les eaux de l'oued ainsi cette influence augmente dans la dernière tranche de l'oued. L'interprétation des courbes d'évolution des métaux lourds montre que :
- Ces métaux lourds sont en évolution annuelle claire due essentiellement à l'évacuation des eaux usées et des déchets de la zone industrielle et de la Ville de Sétif.

- Généralement les teneurs en métaux lourds sont plus fortes dans la période des hautes eaux que celle des basses eaux, à cause de la raison citée ci-dessus et le séjour des particules des éléments au fond du talweg de Boussellam.
- Les teneurs en Cadmium et en Plomb dépassent largement les normes algériennes des eaux potables (0.003 mg/l pour le Cadmium et 0.01mg/l pour le Plomb).
- Les concentrations en Cuivre et en Zinc restent dans les normes algériennes des eaux potables (2 mg/l pour le Cuivre et 5 mg/l pour le Zinc).
- Malgré ces teneurs fortes surtout en Cadmium et en Plomb, nous n'avons enregistré aucune trace de contamination dans les eaux de la plaine et ceci est peut être dû au séjour des particules des métaux lourds au fond et sur les deux rives de l'oued où à la nature des roches qui ne permettent pas le passage de ces métaux.

En fonction de ces différentes remarques, on peut suggérer en urgence les recommandations suivantes :

- Réaménagement de l'oued Boussellam et son assainissement,
- Des solutions pour récupérer les déchets solides et liquides issus des différentes sources et lieux notamment la ville de Sétif et la zone industrielle.
- Mettre des stations de traitement pour eaux usées dans les zones urbaines ou industrielles.
- Utiliser les engrais et les productions phytosanitaires de façon raisonnable et essayer d'utiliser des engrais naturels.
- Contrôle de l'utilisation des eaux de surfaces de l'oued et des eaux souterraines par des puits déclarés, car l'épuisement des eaux conduit à l'augmentation de la concentration et la minéralisation des eaux.
- Recherche d'autres sources pour alimenter les différents secteurs pour les besoins en eaux dans la plaine ou des zones en dehors de la zone d'études (installation de nouvelles infrastructures comme les barrages où les transferts d'eau entre barrages).
- Les retenus collinaires sont considérés comme une bonne solution dans cette zone pour l'irrigation, car elle dispose de grandes quantités de pluie et de neige mais ne dispose que d'un seul barrage.
- Il est nécessaire et primordial de protéger cette zone qui est considérée comme une des plaines les plus riches en Algérie, elle est connue pour ses performances céréaliculture.

## Références Bibliographiques

- Anonyme. 1952.** La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie, Tome1 : Eléments de technologie des barrages Algériens. Tome 2 : Données sur l'hydrogéologie algérienne, XIX<sup>ème</sup> Congrès International, Alger.
- Athamena M. 2006.** Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone Sud-sétifien. Mémoire de Magistère. Université de Batna, 131 p.
- Bahroun S, Kherici Bousnoubra H. 2011.** Evaluation de l'indice de pollution organique dans les eaux naturelles, cas de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 09, 171-178. <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal09/14.bahroun.pdf>
- Baldy C. 1974.** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques. Leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie ITGC, 72 p.
- Belguidoum K, KHATIR A. 2014.** Description de l'élevage bovin et analyse de certains paramètres de reproduction dans la wilaya de Sétif. Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 27 p.
- Bentouati L. 2011.** Etude de la pollution des eaux souterraines de la région de Sétif et d'Oued Bousselam par les rejets urbains et domestiques. Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhar, Annaba, 109 p.
- Benzekri JP. et Collaborateurs. 1981.** Pratique de l'analyse des Données. Tome 3 : Linguistique et lexicologie. Editions Dunod, 565 p.
- Benzekri, JP. 1973.** L'analyse des données II. L'analyse des correspondances Edition Dunod, 619 p.
- Boudjelal A, Maamri K. 2016.** Interactions des métaux lourds bactéries (boues et sédiments). Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 31 p.
- Boudjenouia A, Fleury A, Tachrift A. 2003.** L'agriculture périurbaine à Sétif (Algérie) : Quel avenir face à la croissance urbaine ? Université de Sétif, 8 p.
- Boudoukha A. 1988.** Etudes hydrogéologique et modélisation du système aquifère fermé d'Eulma-Ain Lahdjar (Région Est de Sétif, Algérie). Thèse de Doctorat, Université de Franche Compté, France, 167 p.
- Boudoukha A. 1998.** Etude hydrogéologique des hautes plaines sétifiennes et qualité et qualité des eaux souterraines. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Badji Mokhtar-Annaba, 230 p.
- Boudoukha A. 2006.** Caractérisation de la pollution urbaine et industrielle et interaction eau de surface-eau souterraine dans un sous bassin versant de l'Est algérien « Cas de région de Batna ». Rapport annuel. Université de Batna, 10 p.

- Bougarne A. 2001.** Etude comparative par analyse hydrologique et hydro-chimique des eaux de surface des bassins versants d'Oued Boussellam, Oued Rhumel. Mémoire de Magistère, Université El Hadj Lakhdar-Batna.
- Bouhlassa S, Alechcheikh C, Kabiri L. 2008 :** Origine de la minéralisation et de la détérioration de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique du Quaternaire du bassin-versant de Rheris (Er-Rachidia, Maroc). Article scientifique, Sécheresse 2008, Laboratoire radiochimie, Département de chimie, Faculté des sciences, Université Med V, Maroc 19 (1) : pp 67-75.
- Boulgueraguer Z, Chaffai H, Djorfi S, Lakaichi A, Bahroune S. 2014.** Contribution à la gestion des ressources en eau dans le sous bassin versant amont de l'oued Boussellam. 3<sup>ème</sup> Colloque International-Ressources en Eau & Changement Climatique en Région Méditerranéenne." Eau-Climat 2014", 21-23 Octobre, Hammamet, Tunisie.
- Boulgueraguer Z, Chaffai H, Toumi N, Saidi S, Djorfi S, Djabri L. 2018.** Origin of mineralization and impact of anthropogenic pollution on water quality in Boussellam wadi and its environment, Wilaya of Sétif (North-East Algeria). J. Bio. Env. Sci. 12(6), 176-185. <http://www.innspub.net/jbes/origin-mineralization-impact-anthropogenic-pollution-water-quality-boussellam-wadi-environment-wilaya-setif-north-east-algeria/>
- Bouzakaria R. 2006.** Mise en place d'un système intégré de gestion de l'information sur l'eau. Atelier régional avec les DHWs et ABHs, 20 p.
- Castany G. 1968.** Prospection et exploitation des eaux souterraines. Editions Dunod ,683 p.
- Castany G. 1968.** Traité pratique des eaux souterraines, Editions Dunod, 551 p.
- Castany G. 1982.** Principes et méthodes de l'hydrogéologie, Editions Dunod, 263 p.
- Chaumont M, Paquin C. 1970.** Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie en 1/500 000. Pub. Soc. Hist. Nat. AFN. Alger, 24 p.
- Chemani M, Mebrouki Y. 2016.** Etude des propriétés physico-chimiques des eaux souterraines de la région de Sétif. Mémoire de Master (version Arabe), FSNV, Université de Sétif 1, 56 p.
- Cherif H. 2005.** Réhabilitation de l'Oued Boussellam. Université Ferhat Abbas-Sétif, 7p.
- Collin JL. 2006.** Les eaux souterraines. Connaissance et gestion. Edition BERGM, 167 p.
- Couture I. 2004.** Analyse d'eau pour fin d'irrigation. MAPAQ Montérégie-Est, 8 p.
- Daoud K. 1991.** Evaluation de l'évapotranspiration potentielle et des besoins en eau des céréales dans les hautes plaines Sétifiennes. Thèse de Doctorat, Université de Montréal, 158 p.
- De Marssily G. 1981 :** Hydrogéologie quantitative, Edition Masson, 215 p.
- Décret exécutif N° 11-125. 2011.** Du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine 4 pp 6-9.

- Derwich E, Beziane Z, Benaabidate L, Belghyti D. 2008.** Evaluation de la qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 07, 59-77. [http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal07/5\\_derwich\\_et\\_al\\_larhyss\\_journal\\_7\\_juin\\_2008.pdf](http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal07/5_derwich_et_al_larhyss_journal_7_juin_2008.pdf)
- Deshamps T. 2001.** La difficile gestion des ressources en eau en Chine. DREE, Fiche de synthèse, 5 p.
- El Addouli J, Chlauoui A, Berrahou A, Chafi A, Ennabili A, Karrouch L. 2009.** Influence des eaux usées utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'oued Bouishak –région de Menknes (Centre-Sud du Maroc) Revu. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 3, N°1, p, 56-75.
- Grimaldi C. 1988.** Origine de la composition chimique des eaux superficielles En milieu tropical humide : Exemple de deux petits bassins versants sous forêt En Guyane française, Sci. Géol., Bull., Strasbourg, 41,3-4, p. 247 – 262.
- Guasmi I, Djabri L, Hani A, Lamouroux C. 2006.** Pollution des eaux de l'oued -Medjerda par les nutriments. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 05, 113-119. <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal05/10.guasmi.pdf>
- Guessas M, Mezloug N. 2014.** Comparaison des populations des vers de terre dans des sols labourés et de semis direct dans la région de Sétif. Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 62 p.
- Guiroud R. 1965.** Géologie et hydrogéologie du bassin du Hodna, Résumé des connaissances actuelles. Publ. Serv. Géol. Algérie, Bull. N° 33, Alger 1966.
- Guiroud R. 1968.** Le Plio-quatenaire du bassin du Hodna (Algérie du nord). CRAS, Paris, t. 267, pp. 561-564.
- Guiroud R. 1973.** Evolution post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Thèse Doc. Université de Nice 270 p.
- Guiroud R. 1975.** L'évaluation post-triasique de l'avant-pays de la chaîne alpine en Algérie, d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines, "Extrait de la revue de la géographie physique et géologie dynamique." Vol. XVII. Fasc. pp.427-446.
- Guiroud R. 1985.** Technique Post-hercynienne en Afrique du nord et de l'Ouest. CIFEG. Paris, pp.186-224.
- Harkati S. 2016.** Etude d'effet de l'irrigation d'appoint sur quelques composantes de blé dur variété GTA Dur dans la région centrale de Sétif. Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 38 p.
- Hassoune M, Bouzidi A, Koulali Y, Hadarbach D. 2006.** Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). Bull. Inst. Sci, Rabat, Section Sciences de la vie, (28), 61-71.

- Hazourli S, Boudiba L, Ziati M. 2007.** Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El Hadjar, Annaba. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N° 06, 45-55. [http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal06/4.hazourli\\_et\\_al.pdf](http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal06/4.hazourli_et_al.pdf)
- Kabouya M, Michel C. 1991.** Estimation des ressources en eau superficielle aux pas de temps mensuel et annuel, application à un pays semi-aride. Revue des sciences de l'eau, 4, pp.569-587.
- Kahoul M, Touhami M. 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Université Badji Mokhar, Annaba, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 129-138.
- Kamel D, Siegrfried H, Djaffar K. 2006.** Le système de planification intégré, Atelier régional avec les DHWs et ABHs, 15 p.
- Kehal N. 1974.** Etude Agro-climatiques des zones céréalières des hautes plateaux de l'Est Algérien (Sétif, Constantine, Guelma). Mémoire d'ingénieur en agronomie département phytotechnique, INA, El Harrach, Alger, 94 p.
- Khelfaoui F. 2008.** Ressources en eau et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de Saf-Saf (Nord-est Algérien). Mémoire de Magister, FST, Université d'Annaba, 129 p.
- Laffani H, Zaghouani A. 2016.** Etude comparative de la culture de pois chiche (*Cicer arietinum*. L) entre le conventionnel et le biologique. Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 65 p.
- Laziz C, Kamel D. 2006.** Les aspects juridiques de la planification intégrée dans le secteur de l'eau, Atelier régional avec les DHWs et ABHs, 8 p.
- Lekbir H, Ouadah H. 2014.** Effet de la lutte chimique sur la dynamique des adventices chez la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Agriculture de Conservation en Région semi-aride. Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif, 39 p.
- Mahjoub Y. 1991.** Cinématique des déformations et de évolution P-T anté-alpine et alpine en petite Kabylie (Algérie Nord orientale). Un modèle d'évolution du domaine tellien interne. Thèse de Doctorat d'Etat, U.S.T.H.B.Alger, 186 p.
- Mahjoub Y, Merle O. 1990.** Cinématique des déformations tertiaires dans le massif de petite Kabylie (Algérie Orientale). Bulletin de la Société Géologique de France, 8 (4), pp. 123- 136.
- Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A, Van Clooster M. 2011.** Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss Journal, N° 09, 149-169. <http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal09/13.makhoukh.pdf>
- Mamouni S. 2016.** L'effet du travail du sol sur les propriétés physiques et chimiques du sol (région de Sétif). Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 27 p.

- Marmi R, Guiroud R. 2006.** End Cretaceous to recent polyphased compressive tectonics along the "Mole Constantinois" and foreland (NE Algeria). *Journal of African Earth Sciences* 45, pp. 123-136.
- Masson M. 1980.** Méthodologie générales de traitement statistique de l'information de masse. Editions Cedic, 368 p.
- Mebarki A. 2005.** Hydrologie des bassins de l'est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement, Thèse de Doctorat d'état, Université Mentouri de Constantine, 360 p.
- Mesibah I. 2008.** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant d'oued Guebli (Nord-est Algérien). Mémoire de Magistère, FST, Université d'Annaba, 220 p.
- Mohamedou M. 2000.** Evaluation et Caractérisation des facteurs agro-climatiques. Cas de la céréaliculture pluviales en zones semi-arides (BBA, Sétif, Mila). Mémoire d'ingénieur G.R INA, Alger, 59 p.
- Mohdeb G. 2014.** Utilisation du système d'information géographique dans l'étude et l'évaluation des terres agricole de la wilaya de Bejaia. Mémoire de Master, FSNV, Université de Sétif 1, 67 p.
- Mounjid J, Cohen N, Fadlaoui S, Belhouari A, Oubraim S. 2014.** Contribution a l'évaluation de la qualité Physico-chimique du cours d'eau Merzeg (Periurbain de Casablanca, Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, N°18, 31-51. [http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN%C2%B018/3.Mounjid\\_et\\_al.VF.pdf](http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN%C2%B018/3.Mounjid_et_al.VF.pdf)
- Nambatingar N. 2011.** Contribution à l'étude analytique des polluants (en particulier de type métaux lourds) dans les eaux du fleuve Chari lors de sa traversée de la ville de N'Djamena. Thèse en Chimie analytique, Université Claude Bernard - Lyon I, France.
- Narimane B, Dominique F, Eduard R, Rabah B, Faure JL, William S, François R. 2006.** Post- Cretaceous kinematics of the Atlas and Tell systems in central Algeria: Early foreland folding and subduction-related deformation. *C.R. Géosciences* 338, pp. 115-125.
- Nedjib K. 2007.** Document de travail concernant les activités développées sus le site du barrage de Ain Zada, 33 p.
- Nicolas B. 2006.** Identification et modélisation des représentations des acteurs locaux pour la gestion des bassins versants. Thèse de Doctorat. Université Montpellier II. 342 p.
- Organisation Mondiale de la Santé. 2017.** Directives de qualité pour l'eau de boisson 4<sup>ème</sup> édition. Intégrant le premier additif, 539 p.
- Ouahab K, Yahi M. et al. 2006.** Rapport de la commission de la wilaya de Sétif chargée de la prévention et de la pollution industrielle, DHW Sétif, 14 p.
- Parent E, Lebdy F, Hurand P. 1991.** Gestion stratégique d'un système de ressources en eau: L'exemple du système NESTE, *Revue des sciences de l'eau*, 4, pp.543-568.

- Perrier A, Tuzet A. 2004.** Le cycle de l'eau et les activités au sein de l'espace rural, Enjeux globaux, solutions locales et régionales. C. R. Geoscience, 337, pp, 39-56.
- Petit M. 2003.** Développement durable à l'échelle de la planète et gestion des ressources en eau et en sols, C. R. Géosciences, 335, pp. 643-656.
- Rasmussen H, Rouleau A, Chevalier S. 2006.** Outils de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captages d'eau souterraine, CERM, Univ, du Québec à Chicoutimi, Seconde Edition, 203 p.
- Remita A. 2008.** Remobilisation des métaux dans les eaux de l'Oued Meboudja et ses affluents, Mémoire de magister, FST, Université d'Annaba, 89 p.
- Roche M. 1973.** Hydrogéologie de la haute Saoura (Sahara Nord Occidental). Editions CNRS, 91 p.
- Roche M. 1986.** Dictionnaire Français d'Hydrologie de surface, Editions Masson, 288 p.
- Roche M. 1962.** Hydrologie de surface, Edition Gauthier-Villars, 390 p.
- Saadali R. 2007.** Détermination des paramètres hydro-dispersifs de la basse vallée du Oued Saf-Saf (W, de Skikda). Mémoire de magister FST, Université de d'Annaba, 96 p.
- Schoeller H. 1955.** Essai de la qualité chimique de l'eau destinée à l'alimentation de l'homme dans les régions arides. Revue Terre et Eaux, Suppl. Sc. Alger, N°24, pp. 4-11.
- Schoeller H. 1962.** Les eaux souterraines, Hydrologie dynamique et chimique. Recherche, Exploitation et Evaluation des ressources, Edition Masson et Cie, 642 p.
- Sersoub Dj. 2012.** Aménagement et sauvegarde de la biodiversité de la vallée d'Oued Boussellam, Sétif. Mémoire de Magister, FSNV, Université de Sétif 1, 144 p.
- Smadhi D. 2000.** Evapotranspiration potentielle et besoins en eau de la culture de blé dur dans la région de Sétif (Cas du bassin versant de Boussellam) INRAA, 12 p.
- Thorburn PJ, Biggs JS, Weier KL, Keating BA. 2003.** Nitrate in ground waters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. Agriculture, Ecosystems and environment, Vol. 94, Issue 1, 49-58. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00018-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00018-X)
- Vila JM. 1980.** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiennes. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Paris, 665 p.
- Zahi F. 2008.** La qualité des eaux et des sols de la région du lac Fetzara (Nord-est d'Algérie). Mémoire de Magister, IST, Université d'Annaba, 118 p.
- Zougaghe F, Mouni L, Tafer M. 2014.** Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, N°17, 21-33. [http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN°17/2.Zougaghe-et-al\\_French.pdf](http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNALN°17/2.Zougaghe-et-al_French.pdf)

## **Sites Web**

**<https://www.rockware.com>, 2010**

**<https://fr.wikipedia.org>, 2012**

**<http://www.laboandco.com>, 2012**

**<http://jwld.czasopisma.pan.pl>, 2012**

**<https://www.memoireonline.com>, 2012**

**<https://www.ufag-labororien.ch/fr>, 2012**

**<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp>, 2015**

**<http://www.setif.com>, 2015**

**<https://www.oieau.org>, 2015**

**<http://www.arcgis.com>, 2015**

**<http://www.innspub.net>, 2015**

**<http://www.diva-gis.org>, 2015**

**<https://dz.kompass.com>, 2015**

**Abréviations:** Selon leur ordre dans l'ouvrage

<b>N°</b>	<b>Symbole</b>	<b>Signification</b>
1	<b>AHS</b>	Algérois- Hodna- Soummam
2	<b>ABH</b>	Agence des Bassins Hydrographiques
3	<b>C</b>	Code du sous bassin selon l'ABH
4	<b>S</b>	Surface du sous bassin
5	<b>Pé</b>	Périmètre
6	<b>Kc</b>	Coefficient de capacité
7	<b>H</b>	Altitude
8	<b>Ds</b>	Dénivelée spécifique
9	<b>Tc</b>	Temps de concentration
10	<b>Dd</b>	Densité de drainage
11	<b>L<sub>p</sub></b>	Longueur du Talweg principal
12	<b>Pm</b>	Pente moyenne
13	<b>Le</b>	Longueur du rectangle équivalent
14	<b>l</b>	Largeur du rectangle équivalent
15	<b>00°00'00''</b>	Degré, Minute, Seconde
16	<b>E, N</b>	Est, Nord
17	<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydriques
18	<b>DHW</b>	Direction d'Hydraulique de la Wilaya
19	<b>Da</b>	Densité Apparente
20	<b>He</b>	Capacité de Rétention
21	<b>P</b>	Précipitations
22	<b>I</b>	Indice d'Aridité
23	<b>ETP</b>	Evapotranspiration potentielle
24	<b>ETR</b>	Evapotranspiration réelle
25	<b>RFU</b>	Réserve Facilement Utilisable
26	<b>Ex</b>	Excédent
27	<b>D.A</b>	Déficit Agricole
28	<b>AEP</b>	Alimentation en Eau Potable
29	<b>pH</b>	potentiel d'Hydrogène
30	<b>CE</b>	Conductivité Electrique
31	<b>DHT</b>	Dureté Totale
32	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Calcium
33	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Magnésium
34	<b>Na<sup>+</sup></b>	Sodium

35	$K^+$	Potassium
36	$Cl^-$	Chlorures
37	$SO_4^{2-}$	Sulfates
38	$HCO_3^-$	Bicarbonates
39	$C^\circ$	Degré Celsius
40	$F^\circ$	Degré Français
41	$CO_2$	Dioxyde de Carbone
42	$H_2O$	Eau
43	$Ca CO_3$	Calcaire
44	$Ca SO_4$	Gypse
45	<b>ISSTEG</b>	Institut Supérieur des Sciences et des Techniques des Eaux- Gabes
46	<b>GNL</b>	Gaz Natural Liquefaction
47	<b>ADE</b>	Algérienne des Eaux
48	<b>UV</b>	Ultra Violet
49	<b>REDD</b>	Ressources en Eau et Développement Durable
50	<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrain
51	<b>GDEM</b>	Global Data Elevation Mapping
52	<b>WGS</b>	World Global System
53	<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
54	<b>HCl</b>	Acide Chlorhydrique
55	<b>NaCl</b>	Sel de table
56	<b>NaOH</b>	Soude
57	<b>NaClO</b>	Eau de javel
58	<b>KCl</b>	Sylvine
59	<b>KMgCl<sub>3</sub>·6(H<sub>2</sub>O)</b>	Carnallite
60	$NO_2^-$	Nitrites
61	$NO_3^-$	Nitrates
62	$PO_4^{3-}$	Phosphates
63	$NH_4^+$	Ammonium
64	<b>Cd</b>	Le Cadmium
65	<b>Cu</b>	Cuivre
66	<b>Pb</b>	Plomb
67	<b>Zn</b>	Zinc

## **ANNEXES**

---

**Station pluviométriques (mm) : Ain Zada****X= 693312.0 m****Y= 4005376.4 m****Z= 960 m****Tableau. 1**

	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>Annuel</b>
<b>1997</b>	20,0	4,5	28,0	37,0	64,0	6,0	4,5	29,5	10,0	3,5	0,5	2,0	<b>209,5</b>
<b>1998</b>	18,0	2,0	12,0	25,4	9,5	2,0	8,5	3,5	5,0	0,0	2,5	12,3	<b>100,7</b>
<b>1999</b>	18,9	12,8	67,9	41,1	51,5	31,9	14,7	33,1	65,6	2,8	14,7	5,0	<b>360</b>
<b>2000</b>	42,5	0,0	1,7	48,4	8,4	17,2	152,1	73,4	22,0	0,0	49,4	2,0	<b>417,1</b>
<b>2001</b>	22,4	37,8	10,8	50,1	75,8	20,3	5,3	12,3	15,4	0,0	0,0	1,5	<b>251,7</b>
<b>2002</b>	56,9	4,0	32,8	6,3	19,3	24,5	0,0	2,5	1,8	0,0	33,4	20,7	<b>202,2</b>
<b>2003</b>	4,1	7,5	115,0	90,6	113,6	25,2	41,5	72,0	31,5	15,8	35,3	21,6	<b>573,7</b>
<b>2004</b>	9,7	54,2	11,7	74,4	54,5	12,2	30,5	66,2	51,2	7,0	0,0	15,3	<b>386,9</b>
<b>2005</b>	16,7	28,9	44,4	94,6	28,7	41,3	10,5	56,8	0,0	10,1	29,9	1,0	<b>362,9</b>
<b>2006</b>	28,9	12,8	67,9	42,1	51,5	31,9	8,7	33,1	65,6	2,8	14,7	0,0	<b>359,3</b>
<b>2007</b>	65,5	0,0	1,7	48,4	8,4	17,2	152,1	73,4	22,0	0,0	49,4	0,0	<b>438,1</b>
<b>2008</b>	81,6	10,5	17,3	12,3	9,6	22,1	34,2	37,6	69,8	1,4	34,0	10,8	<b>341,2</b>
<b>2009</b>	47,0	58,0	25,2	36,2	72,4	29,1	48,8	62,8	5,4	6,2	0,4	53,5	<b>445,0</b>
<b>2010</b>	56,1	7,7	26,6	26,4	29,3	38,3	43,6	60,0	59,2	8,6	3,9	12,5	<b>372,2</b>
<b>2011</b>	19,8	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	<b>268,8</b>
<b>2012</b>	21,5	77	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	73,2	2,8	5,7	11,2	1,0	<b>439,3</b>
<b>2013</b>	12,7	19,0	63,9	7,1	93,4	60,5	43,3	29,1	54,2	4,6	14,3	2,5	<b>404,6</b>
<b>2014</b>	15	22,4	36,5	26,1	28,3	9,8	23,7	41,3	15,3	8,6	12,4	1,1	<b>240,5</b>

*Coordonnées UTM**Source : ANRH Bordj Bou Arriredj et ANRH Constantine  
(Boulguerager. Z, 2009) modifié*

**Station pluviométriques (mm) : Sétif****X= 717129.2 m****Y= 4008742.8 m****Z= 925 m****Tableau. 2**

	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>Annuel</b>
<b>1997</b>	13,7	40,4	13,1	65,6	163,9	32,0	18,8	29,4	22,8	0,0	0,0	4,7	<b>404,4</b>
<b>1998</b>	49,0	4,0	21,8	12,2	35,4	35,4	41,5	9,1	8,1	0,0	19,0	24,3	<b>259,8</b>
<b>1999</b>	6,7	11,0	210,7	150,1	256,7	62,8	52,3	98,7	52,3	0,0	35,8	3,6	<b>737,1</b>
<b>2000</b>	28,4	76,0	11,4	158,1	94,7	20,2	29,1	72,2	98,2	35,8	0,0	4,8	<b>628,9</b>
<b>2001</b>	18,4	33,9	79,8	108,0	49,6	54,8	42,0	65,3	0,0	33,5	0,0	0,0	<b>485,3</b>
<b>2002</b>	25,8	8,8	81,5	91,6	62,5	44,0	23,5	36,1	106,3	4,0	0,8	0,0	<b>484,9</b>
<b>2003</b>	69,3	0,0	3,0	74,3	7,5	35,5	153,0	102,3	0,0	18,0	3,2	0,0	<b>466,1</b>
<b>2004</b>	82,7	63,6	40,9	44,8	11,5	31,9	110,0	16,7	83,0	18,2	0,0	29,5	<b>532,8</b>
<b>2005</b>	55,9	90,2	49,7	83,5	147,5	35,1	36,9	128,3	0,0	0,0	22,2	0,0	<b>649,3</b>
<b>2006</b>	50,4	26,8	47,1	57,4	57,6	64,4	76,7	71,4	50,2	1,4	34,0	10,8	<b>548,2</b>
<b>2007</b>	69,3	0,0	3,0	74,3	7,5	35,5	153,0	102,3	0,0	18,0	3,2	0,0	<b>466,1</b>
<b>2008</b>	82,7	63,6	40,9	44,8	11,5	31,9	110,0	16,7	83,0	18,2	0,0	29,5	<b>532,8</b>
<b>2009</b>	19,5	41,0	70,4	18,2	166,7	24,0	97,6	55,0	63,0	2,8	29,2	29,8	<b>617,2</b>
<b>2010</b>	9,9	54,2	11,7	74,4	54,5	13,2	30,5	66,2	51,2	7,0	0,0	15,5	<b>388,3</b>
<b>2011</b>	16,6	28,9	44,4	94,6	28,7	43,3	10,5	56,8	0,0	10,1	29,9	2,0	<b>365,8</b>
<b>2012</b>	26,2	12,8	67,9	42,1	51,5	32,9	8,7	33,1	67,5	2,8	14,7	1,0	<b>361,2</b>
<b>2013</b>	15,3	28,9	44,4	94,6	28,7	41,3	10,5	56,8	0,0	10,1	29,9	1,1	<b>361,6</b>
<b>2014</b>	23,9	12,8	66,9	42,1	51,5	31,9	8,7	33,1	65,7	2,8	14,7	2,0	<b>356,1</b>

*Coordonnées UTM**Source : ANRH Bordj Bou Arriredj et ANRH Constantine  
(Boulguerager. Z, 2009) modifié*

**Station pluviométriques (mm) : Tixter****X= 691044.3 m****Y= 3990157.4 m****Z= 960 m****Tableau. 3**

	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>Annuel</b>
<b>1997</b>	3,5	0,0	2,5	8,5	19,8	7,0	2,5	21,5	12,0	10,5	2,0	41,0	<b>130,8</b>
<b>1998</b>	40,0	20,5	41,5	17,0	4,0	19,0	10,5	23,0	56,5	3,5	0,0	6,5	<b>242,0</b>
<b>1999</b>	46,5	2,5	18,0	12,0	43,5	16,0	13,0	3,0	1,5	10,5	0,0	12,0	<b>178,5</b>
<b>2000</b>	31,5	13,0	17,0	37,0	1,0	0,0	2,5	3,5	42,5	6,0	0,0	10,5	<b>164,5</b>
<b>2001</b>	7,5	9,5	6,0	9,5	31,5	3,0	2,5	4,0	2,5	0,0	1,0	2,0	<b>79,0</b>
<b>2002</b>	16,0	2,0	12,0	0,0	9,5	2,0	8,5	3,5	5,0	0,0	2,5	16,5	<b>77,5</b>
<b>2003</b>	0,0	4,5	28,0	37,0	64,0	6,0	4,5	29,5	10,0	3,5	0,5	9,0	<b>196,5</b>
<b>2004</b>	3,0	12,5	5,5	21,0	5,5	4,0	10,0	25,0	29,5	5,5	0,0	2,5	<b>124,0</b>
<b>2005</b>	1,5	10,0	15,5	31,0	0,0	12,5	10,0	23,0	0,0	9,0	2,6	1,0	<b>116,1</b>
<b>2006</b>	4,0	19,5	28,0	25,0	25,5	17,0	5,0	21,5	37,0	0,0	3,5	0,0	<b>186</b>
<b>2007</b>	18,0	11	0,0	39,0	2,5	33,0	58,5	50,0	22,4	12,0	0,0	3,5	<b>249,9</b>
<b>2008</b>	71,8	55,5	10,0	8,5	2,5	12,5	30,0	10,0	66,0	8,5	77,5	54,0	<b>406,8</b>
<b>2009</b>	103,0	116,0	76,0	9,2	32,1	12,4	24,6	11,4	32,0	11,3	23,1	34,7	<b>485,8</b>
<b>2010</b>	36,1	0,0	2,2	12,0	5,7	18,7	37,1	47,3	55,5	13,3	0,4	3,9	<b>232,2</b>
<b>2011</b>	2,0	9,8	6,1	14,9	17,1	68,3	43,5	59,1	38,2	17,3	0,8	0,0	<b>277,1</b>
<b>2012</b>	6,0	17,3	42,6	10,4	11,6	15,0	37,7	69,5	4,2	3,6	0,0	3,8	<b>221,7</b>
<b>2013</b>	13,9	23,8	66,8	0,0	19,9	14,3	52,7	36,4	24,3	8,3	2,1	0,5	<b>263</b>
<b>2014</b>	15,3	18,9	21,4	3,6	14,6	25,1	35,4	33,6	23,6	10,6	4,6	2,5	<b>209,2</b>

*Coordonnées UTM**Source : ANRH Bordj Bou Arriredj et ANRH Constantine  
(Boulgueraguer. Z, 2009) modifié*

**Station pluviométriques (mm) : Ain Arnat****X= 63° 11' 00'' N****Y= 5° 19' 00'' E****Z=1020 m****Tableau. 4**

	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>Annuel</b>
<b>1997</b>													
<b>1998</b>	36,4	63,6	40,9	44,8	11,5	31,9	110,0	16,7	83,0	18,2	0,0	09,5	<b>466,5</b>
<b>1999</b>	20,4	26,8	47,1	51,3	57,6	64,4	76,7	63,4	50,2	33,7	0,0	5,3	<b>496,9</b>
<b>2000</b>	11,3	34,7	92,1	30,3	33,4	201,6	11,9	88,6	16,5	49,0	13,9	2,0	<b>585,3</b>
<b>2001</b>	22,4	37,8	10,8	50,1	75,8	20,3	5,3	12,3	15,4	0,0	0,0	1,5	<b>251,7</b>
<b>2002</b>	56,9	4,0	32,8	6,3	19,3	24,5	0,0	2,5	1,8	0,0	33,4	20,7	<b>202,2</b>
<b>2003</b>	4,1	7,5	115,0	90,6	113,6	25,2	41,5	72,0	31,5	15,8	35,3	21,6	<b>573,7</b>
<b>2004</b>	9,7	54,2	11,7	74,4	54,5	12,2	30,5	66,2	51,2	7,0	0,0	15,3	<b>386,9</b>
<b>2005</b>	16,7	28,9	44,4	94,6	28,7	41,3	10,5	56,8	0,0	10,1	29,9	1,0	<b>362,9</b>
<b>2006</b>	28,9	12,8	67,9	42,1	51,5	31,9	8,7	33,1	65,6	2,8	14,7	0,0	<b>359,3</b>
<b>2007</b>	65,5	0,0	1,7	48,4	8,4	17,2	152,1	73,4	22,0	0,0	49,4	0,0	<b>438,1</b>
<b>2008</b>	81,6	10,5	17,3	12,3	9,6	22,1	34,2	37,6	69,8	1,4	34,0	10,8	<b>341,2</b>
<b>2009</b>	47,0	58,0	25,2	36,2	72,4	29,1	48,8	62,8	5,4	6,2	0,4	53,5	<b>445,0</b>
<b>2010</b>	36,1	7,7	26,6	26,4	29,3	38,3	43,6	60,0	59,2	12,3	8,5	12,2	<b>360,2</b>
<b>2011</b>	39,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	90,1	67,1	14,5	21,4	12,3	0,9	<b>334,1</b>
<b>2012</b>	26,7	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	<b>275,7</b>
<b>2013</b>	21,5	77	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	73,2	2,8	5,7	11,2	2,3	<b>440,6</b>
<b>2014</b>	51,4	6,8	36,6	34,7	38,4	34,7	52,3	35,2	46,7	30,5	3,6	4,6	<b>375,5</b>

**Station pluviométriques (mm) : Ain Mehouane**

**X= 36° 17' 01''**

**Y=5° 24' 34''**

**Z=1029 m**

**Tableau. 5**

	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>Annuel</b>
<b>1997</b>													
<b>1998</b>													
<b>1999</b>													
<b>2000</b>													
<b>2001</b>	13,7	40,4	13,1	65,6	163,9	32,0	18,8	29,4	22,8	0,0	0,0	4,7	<b>404,4</b>
<b>2002</b>	49,0	4,0	21,8	12,2	35,4	35,4	41,5	9,1	8,1	0,0	19,0	24,3	<b>259,8</b>
<b>2003</b>	6,7	11,0	210,7	150,1	256,7	62,8	52,3	98,7	52,3	0,0	35,8		<b>937,1</b>
<b>2004</b>	28,4	76,0	11,4	158,1	94,7	20,2	29,1	72,2	98,2	35,8	0,0	4,8	<b>628,9</b>
<b>2005</b>	18,4	33,9	79,8	108,0	49,6	54,8	42,0	65,3	0,0	33,5	0,0	0,0	<b>485,3</b>
<b>2006</b>	25,8	8,8	81,5	91,6	62,5	44,0	23,5	36,1	106,3	4,0	0,8	0,0	<b>484,9</b>
<b>2007</b>	69,3	0,0	3,0	74,3	7,5	35,5	153,0	102,3	0,0	18,0	3,2	0,0	<b>466,1</b>
<b>2008</b>	82,7	63,6	40,9	44,8	11,5	31,9	110,0	16,7	83,0	18,2	0,0	29,5	<b>532,8</b>
<b>2009</b>	55,9	90,2	49,7	83,5	147,5	35,1	36,9	128,3	0,0	0,0	22,2	0,0	<b>649,3</b>
<b>2010</b>	50,4	26,8	47,1	57,4	57,6	64,4	76,7	71,4	50,2	33,7	0,0	16,1	<b>551,8</b>
<b>2011</b>	11,3	34,7	92,1	30,3	33,4	201,6	11,9	88,6	16,5	49,0	13,9	40,0	<b>623,3</b>
<b>2012</b>	7,4	0,0	44,0	73,4	38,0	232,8	29,5	107,7	33,0	14,0	0,0	44,7	<b>624,5</b>
<b>2013</b>	0,0	0,0	109,1	35,9	119,0	111,0	43,6	49,0	64,8	0,0	0,0	0,0	<b>532,4</b>
<b>2014</b>	16,6	57,3	54,4	47,4									

**Station pluviométriques (mm) : Fermatou****X= 36°13' 34''****Y=5° 23' 38''****Z=1012 m****Tableau. 6**

	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>Annuel</b>
<b>1997</b>													
<b>1998</b>	36,0	20,5	41,5	17,0	4,0	21,0	10,5	23,0	56,5	3,5	0,0	6,7	<b>240,2</b>
<b>1999</b>	34,5	2,5	18,0	12,0	43,1	16,0	13,4	3,0	1,5	10,5	0,0	8,1	<b>162,6</b>
<b>2000</b>	31,5	13,0	17,0	37,0	1,0	0,0	2,5	3,5	42,5	6,0	0,0	11,1	<b>165,1</b>
<b>2001</b>	39,5	35,5	18,5	77,5	95	27,7	9,1	18,1	22,7	0	0	1,8	<b>345,5</b>
<b>2002</b>	55,9	7,1	23,9	9,9	26	39,7	31,7	18,6	20,2	0	29,8	0	<b>262,8</b>
<b>2003</b>	5,2	9,2	13,1	142,1	165,1	43	32,4	82,6	38,7	35,8	16,5	26,1	<b>726,8</b>
<b>2004</b>	14,4	66,1	13,51	37,9	59,4	20	50,7	74,9	105,4	9,9	1	56,6	<b>609,8</b>
<b>2005</b>	26	24,9	50,1	122,2	32,6	54,7	20	49,1	1,5	34,3	1,8	26	<b>443,2</b>
<b>2006</b>	28,4	8,4	67,3	50,3	66,1	34,1	16,8	24,7	69,3	3,8	4,5	2,3	<b>376,6</b>
<b>2007</b>	49,2	0,3	2,5	55,9	7	22,9	90,1	67,1	14,5	21,4	0	0,9	<b>331,8</b>
<b>2008</b>	29,8	22,8	17	24,8	12,6	14,1	51	19,2	45,2	5,1	22,1	15,1	<b>278,8</b>
<b>2009</b>	21,5	77	32,6	43,8	83,9	42,8	43,8	73,2	2,8	5,7	11,2	0	<b>438,3</b>
<b>2010</b>	62,6	6,8	36,6	34,7	38,4	34,7	52,3	35,2	46,7	30,5	3,6	10,6	<b>392,7</b>
<b>2011</b>	8	45,3	34,5	27,4	9,5	107	18,4	37,5	15,9	28,4	0	11,9	<b>343,3</b>
<b>2012</b>	24,9	60,2	49,7	83,5	47,5	35,1	36,9	28,3	0,0	0,0	22,2	2,0	<b>390,3</b>
<b>2013</b>	3	8,4	39,3	9,4	67,3	96,9	34	26	31,6	0,7	6,2	8,6	<b>331,4</b>
<b>2014</b>	12,1	29,1	14,1	16,4	23,5								

**Tableau 7. Ressources en eau souterraine (Sétif , 2015)**

Daira	Commune	Nom de Forage	Exploitant gestionnaire	Nappe	Coordonnés lambert			Profondeur Aquifère		Caractéristiques des forages						Date de mise en service	Dispositif comptage Oui /non	Volume Annuel Prélevé M3	Durée Annuel de pompage H	Utilisation des eaux (AEP - AEI-IRR)	Qualité d'eau
					X	Y	Z	Toit (m)	Mur (m)	Diam (mm)	Prof (m)	Débit Max (l/s)	Niveau Statique (m)	Débit Exp (l/s)	Cote calage pompe						
A,Arnet	A,Arnet	Mahdia	ADE	Campano-Maestrichtien	728,6	323,5	1005	20,5	195	304	200	20	30,5	13	95	1991	Oui	222130	4745	AEP	Bonne
		Ain Arnet																			
		Benghafa	ADE	Campano-Maestrichtien	739,05	325	1050	18,5	145	304	150	43	18,5	33	94	1997	Oui	346896	2920	AEP	Bonne
		A,Massaoud	ADE	Campano-Maestrichtien	730,5	324,9	1035	20	196	304	200	20	/	15	/	2003	Oui	78840	1460	AEP	Bonne
	Mezloug	Douali																			
		H,O,Yelles																			
		Orlait	ADE	Aptien	741,5	309,75	921,8	80	N.A	340	200	35	16,9	15	75	1988	Oui	354780	6570	AEP	Bonne
	Guellal	VSA	ADE	Turonien	737,5	308,1	905	11	86	300	130	7,5	10,5	75	75	2002	Oui	118260	4380	AEP	Bonne
		Guellal Centre	APC	Villafranchien	732,4	307,75	910	12		300	60	7	5,2	7	66	1994		110376	4330	AEP	Bonne
		O,Boutara	APC	Aptien	728,3	306,4	940	44		300	150	8	42,5	8	105	1994	Oui	157680	5475	AEP	Bonne
		Zdim	APC	Aptien	727,1	306,5		5		300	200	7		7	75	1997	Oui	137970	5475	AEP	Bonne
		Chouaker	APC	Aptien	727	304,9	902			300	214	7	35	7	12	2003	Oui	110376	4380	AEP	Bonne
		Layadhat	APC	Aptien	720,1	301,85				300	150	8	5,1	6	123	1998	Oui	94608	4380	AEP	Bonne
		O,Si Ahmed	APC	Eocène	420,5	294,74						8		6				118260	5475	AEP	Bonne
		El Alloui	APC	Eocène	721,8	292,7	1220				50	5	7,9	5	44			78840	4380	AEP	Bonne
Guedjel	Guedjel	Maadher bis	APC	Aptien	741,2	308,8	928			300	150	20	120	15	125-130	2000	Oui	394200	7300	AEP	Bonne
		M'Zara I	APC	Barrémien	758,3	309,75	1050	14		300	97	25	34,4	20	80	1993	Oui	131400	1825	AEP	Bonne
		Ras El ma	APC	Campano-Maestrichtien	753,85	318,1	1000	22		300	120	18	15,6	18		1993				AEP	Bonne

		Ras El ma 3	APC	Campano-Maestrichtien	754	316	997			340	200	10	57,3	8	125	2006	oui	210240	7300	AEP	Bonne	
		M'Zara 2	APC	Barrémien	757,8	309	980	50		340	250	25	70	20	80	2006	oui	52560	730	AEP	Bonne	
Salah Bey	Salah,Bey	Chouiet	APC	Turonien	734,5	284	1060			400	200	45	100	25	120	2000	Oui	394200	4380	AEP	Bonne	
		Parc	APC	Turonien	734	286,5	980			400	200	10	110	10	130	2001	Oui	210240	5840	AEP	Bonne	
		Maafer	APC	Turonien	740	287	990	62	N,A	400	100	12	60	12	70	1995	non	189216	4380	AEP	Bonne	
		A,Ztout	APC	Barrémien	742	281,5	1090		N,A	400	180	5	80	5	120	1996	non	78840	4380	AEP	Bonne	
		Afrat	APC	Turonien	742	280	1280		N,A	400	200	5	120	5	160	1996	non	78840	4380	AEP	Bonne	
		A,Hamra	APC	Turonien	738	281,5	1090			400	100	10	70	10	80	2000	non	157680	4380	AEP	Bonne	
		Blalit	APC	Turonien	732,5	287,4	1012			400	220	17	80	15	102	2002	Oui	315360	5840	AEP	Bonne	
Setif	Setif	Sonatrach	ADE	Campano-Maestrichtien	743,8	323,65	1060	83	175	300	180	20	87,52	14	150	2001	Oui	441504	8760	AEP	Bonne	
		P,a,Fourage	ADE	Eocene	744,25	325,3	1110	25	75	300	78	30	31	24,5	65	2001	Oui	772632	3760	AEP	Bonne	
		A,Trick	ADE	Ypresien-Lutetien	746,7	320,2	980	/	/	/	200	5		3		2000	Oui	39420	3650	AEP	Bonne	
		A,Trick bis	ADE	Campano-Maestrichtien	746,7	320,2	980				300	5	101	5		2006	Oui	65700	3650	AEP	moyenne	
		A,romaine	ADE	Campano-Maestrichtien	751,45	324	1060	150	12	200	90			18	87	2002	Oui	662256	3760	AEP	Bonne	
		Chouf Lkdad	Universite	Campano-Maestrichtien	739,5	325,8	1050				100			10		6,5		Oui	210240	5840	AEP	Bonne
		08-mai-45	complexe sp	Campano-Maestrichtien										7	57,8	7		Oui	91980	3650	AEP	Bonne
		Kaaboub	ADE	Eocene	743,35	326,1	1120	24	66	300	7	8	20	3	54	2001	oui	94608	8760	AEP	Bonne	
		A,Sfiha	ADE	Eocene	743,5	321,9	1005	40	112	300	150	10	37,75	5	97	2003	oui	78840	4380	AEP	Bonne	
		A.Trick	ADE	Ypresien-Lutetien	746,7	320,2	980				200	5		3		2000	oui	39420	3650	AEP	Bonne	
		1006 logt	ADE	Ypresien-Lutetien	745,3	325,5	1110				84	20		14		2006	oui	441504	8760	AEP	Bonne	
		Parc APC	APC		743,9	323,6					100	8		2,5		2005	Oui	32850	3650	AEP	Bonne	

Source ; DHW Sétif (2015)

**Barrage Ain Zada (Tableau 8 et 9) :**

ANNEE 1992/1993		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.40	853.19	853.09	853.29	854.40	854.96	855.03	854.93	854.81	854.48	853.96	853.48	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	107.500	105.300	104.300	106.300	117.900	124.100	124.900	123.700	122.400	118.800	113.200	108.300	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	0.5.22	0.727	1.306	3.806	13.325	7.761	8.767	2.138	2.086	0.808	0.289	0.557	42.092
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.361	0.618	0.462	0.061	-	-	-	0.347	0.290	0.550	1.089	1.125	4.903
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	1.567	1.502	1.468	1.490	1.522	1.288	1.525	1.488	1.633	1.566	1.862	1.821	18.732
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.005	0.004	0.018	0.027	-	0.003	0.302	-	-	-	-	-	0.359
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	5.594	0.492	-	-	-	-	6.086
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.489	0.803	0.358	0.228	0.203	0.270	0.546	1.011	1.463	2.292	2.438	2.211	13.312
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	24.0	14.6	26.5	66.4	13.8	27.4	27.2	12.6	43.6	7.5	-	0.6	264.2

ANNEE 1993/1994		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.15	852.22	852.70	852.62	852.56	852.69	852.52	852.26	851.89	851.44	850.94	850.42	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	104.900	101.700	100.500	100.00	99.200	100.400	98.800	96.300	92.800	88.800	84.400	80.000	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	0.543	0.442	1.310	1.792	1.530	3.346	1.216	0.634	0.679	0.723	0.888	0.911	14.014
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.848	0.783	0.399	0.430	0.297	0.091	0.292	0.473	0.430	0.736	0.661	0.635	6.075
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	1.759	1.809	1.728	1.671	1.788	1.618	1.799	1.747	1.937	1.860	2.131	2.141	21.988
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )		0.009		0.012	-	-	0.006	-	0.012	0.012	0.027	0.114	0.222
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.336	1.041	0.383	0.179	0.245	0.437	0.719	0.914	1.800	2.115	2.469	2.391	14.029
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	17.5	1.0	61.4	30.8	12.7	21.2	30.5	16.4	6.3	-	5.0	202.80	202.20

**Barrage Ain Zada (Tableau 10 et 11) :**

ANNEE 1994/1995		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	850.48	851.44	851.23	851.00	852.57	853.32	854.30	854.34	854.08	853.88	853.36	852.88	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	80.500	88.800	86.900	84.900	99.200	106.600	116.800	117.300	114.500	112.400	107.000	102.300	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	4.553	10.800	0.810	1.719	16.267	9.557	12.578	3.347	1.205	1.875	0.372	0.324	62.314
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.603	0.155	0.742	0.730	0.105	-	-	0.100	0.442	0.427	1.220	1.048	5.534
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.113	1.815	1.676	1.719	1.729	1.677	1.751	1.713	1.935	1.812	1.950	1.883	21.773
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.041	0.009	-	-	-	0.018	-	0.054	0.072	-	0.198	0.126	0.518
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.296	0.521	0.330	0.177	0.133	0.462	0.627	0.980	1.556	1.736	2.404	1.967	12.189
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	62.30	68.4	6.0	17.6	66.8	24.7	63.90	35.10	3.5	43.40	2.0	2.0	395.70

ANNEE 1995/1996		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	852.66	852.48	852.24	852.09	852.09	852.82	853.54	853.59	853.80	853.73	853.26	852.77	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	100.100	98.400	96.100	94.700	94.700	101.700	108.900	109.400	111.600	110.800	106.000	101.200	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	1.430	1.276	0.568	1.246	2.299	9.006	9.694	3.099	5.058	2.630	0.521	0.530	37.357
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.355	0.369	0.365	0.411	0.216	0.060	-	0.076	-	0.451	1.154	1.033	4.490
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	1.829	1.855	1.931	1.874	1.763	1.718	1.770	1.726	1.854	1.797	1.923	2.117	22.157
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.027		0.009	-	-	-	0.004	-	-	-	-		0.040
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.419	0.752	0.563	0.361	0.320	228,000	0.720	0.797	1.004	1.182	2.244	2.180	11.770
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	32.90	22.50	14.60	21.10	41.20	58.70	47.3	60.4	58.00	20.20	8.00	10.0	394.90

**Barrage Ain Zada (Tableau 12 et 13) :**

ANNEE 1996/1997		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	852.41	852.15	851.93	851.84	851.73	851.56	851.25	850.96	850.59	850.11	849.60	849.13	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	97.700	95.300	93.200	92.400	91.400	89.800	87.100	8.44	81.400	77.40	73.300	69.700	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	0.328	0.578	0.669	1.723	1.415	0.937	0.321	0.590	0.955	0.958	0.968	1.149	10.591
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.656	0.376	0.470	0.235	0.272	0.334	0.385	0.301	0.311	2.349	0.795	0.780	5.576
A.E.P	( Mm3 )	1.944	1.904	1.837	1.883	1.867	1.810	2.021	2.130	2.429	0.000	2.399	2.249	24.822
LACHES (V. F)	( Mm3 )	-	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.009
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EVAPORATION	( hm3 )	1.288	0.689	0.462	0.405	0.276	0.939	0.615	0.759	1.315	1.948	1.874	1.720	11.684
PLUVIOMETRIE	( mm )	19.10	7.10	11.7	22.8	27.6	2.2	3.1	45.20	13.7	18.5	17.1	21.4	209.50

ANNEE 1997/1998		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	848.95	848.65	848.55	848.62	848.50	848.53	848.45	848.28	848.63	848.25	847.72	847.15	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	68.300	66.100	65.300	65.900	65.000	65.200	64.600	63.400	65.900	63.200	59.500	55.700	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	1.766	0.882	1.867	2.825	1.627	2.314	2.030	1.655	5.187	0.814	0.733	0.665	22.365
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.222	0.672	0.439	0.128	0.245	0.221	0.259	0.141	0.022	0.257	0.486	0.723	3.770
A.E.P	( Mm3 )	2.075	2.024	1.989	1.933	2.153	1.706	1.947	2.113	1.910	1.969	2.287	2.327	24.433
LACHES (V. F)	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EVAPORATION	( hm3 )	0.869	0.431	0.239	1.164	0.129	0.187	0.424	0.601	0.755	1.288	1.660	1.415	8.162
PLUVIOMETRIE	( mm )	37.4	22.9	53.0	32.2	4.3	31.3	3.7	33.9	91.5	10.0		14.5	334.7

**Barrage Ain Zada (Tableau 14 et 15) :**

ANNEE 1998/1999		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	848.38	848.11	848.15	248.66	849.72	851.43	851.81	851.67	851.31	850.91	850.42	849.88	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	64.100	62.200	62.500	66.200	74.300	88.700	92.100	90.800	87.600	84.100	80.000	75.500	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	12.103	0.916	2.747	5.761	10.287	16.389	5.959	1.646	0.560	0.781	0.713	1.013	58.875
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.537	0.400	0.329	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.338	0.479	2.355	0.827	3.610
A.E.P	( Mm3 )	2.116	1.956	1.856	1.953	1.947	1.765	2.009	1.882	1.985	2.017	0.630	2.352	24.193
LACHES (V. F)	( Mm3 )	-	-	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EVAPORATION	( hm3 )	1.050	0.460	0.257	0.108	0.240	0.224	0.550	0.994	1.437	1.785	1.828	2.334	11.267
PLUVIOMETRIE	( mm )	119.5	6.90	41.90	20.9	53.8	30.3	21.70	1.2	4.6	7.5	2.5	3.6	314.40

ANNEE 1999/2000		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	850.16	849.91	849.67	849.87	849.77	849.53	849.25	848.92	849.78	849.38	848.84	848.30	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	77.800	75.800	73.900	75.500	74.700	72.800	70.600	68.100	74.700	71.600	67.500	63.500	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	6.382	1.240	0.867	3.947	1.584	0.740	0.748	0.653	9.916	0.560	0.702	0.681	28.020
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.487	0.488	0.557	0.240	0.258	0.485	0.344	0.420	0.207	0.153	0.671	0.655	4.965
A.E.P	( Mm3 )	2.169	1.964	1.882	1.926	1.974	1.831	2.005	1.938	1.971	2.063	2.252	2.334	24.309
LACHES (V. F)	( Mm3 )	0.027	-	-	-	-	-	-	-	0.045	-	-	-	0.072
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EVAPORATION	( hm3 )	1.399	0.788	0.328	0.181	0.152	0.324	0.599	0.795	1.093	1.444	1.879	1.632	10.674
PLUVIOMETRIE	( mm )	58.80	25.90	9.00	67.00	5.2	5.2	20.0	13.90	45.6	5.0		12.0	267.60

**Barrage Ain Zada (Tableau 16 et 17) :**

ANNEE 2000/2001		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	848.12	847.82	847.46	847.35	847.45	847.89	847.61	847.24	846.85	846.31	845.68	845.06	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	62.300	60.200	57.700	57.000	57.600	60.600	58.700	56.200	53.700	50.300	46.600	43.000	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	2.530	1.043	0.388	1.999	2.864	5.056	1.057	0.458	0.535	0.419	0.494	0.421	17.264
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.432	0.635	0.505	0.360	0.105	0.027	0.259	0.470	0.210	0.345	0.469	0.423	4.240
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.240	2.124	2.039	2.142	1.962	1.763	2.048	1.876	1.979	2.219	2.302	2.341	25.035
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.058	0.384	0.344	0.197	0.197	0.266	0.650	0.612	0.846	1.255	1.423	1.257	8.489
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	29.20	32.30	8.70	38.5	62.30	26.40	8.1	3.5	37.00			1.2	247.20

ANNEE 2001/2002		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	845.18	844.65	844.21	843.74	843.29	842.90	842.55	842.15	841.70	841.27	840.89	840.69	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	43.700	40.800	38.500	36.100	34.000	32.200	30.600	28.900	27.00	25.300	23.800	23.100	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	3.848	0.258	0.537	0.516	0.731	0.752	0.802	0.788	0.769	0.936	1.259	1.787	12.983
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.158	0.383	0.473	0.626	0.538	0.434	0.615	0.804	0.761	0.594	0.640	0.543	6.569
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.186	2.225	2.165	2.197	2.178	1.934	1.464	1.213	1.259	1.220	1.273	1.267	20.581
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.004	-	0.008	0.015
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	0.804	0.550	0.199	0.093	0.115	0.184	0.323	0.471	0.646	0.818	0.846	0.669	5.718
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	64.3	11.00	27.2	7.9	25.8	30.5	25.6	8.9	4.6	9.6	21.7	30.4	267.50

**Barrage Ain Zada (Tableau 18 et 19) :**

ANNEE 2002/2003		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	840.18	839.71	840.82	844.85	849.72	852.79	853.42	855.06	855.01	854.87	854.49	854.26	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	21.300	19.700	23.600	41.900	74.300	101.400	107.700	125.300	124.600	123.100	118.900	116.400	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	0.663	0.726	5.608	19.658	33.764	28.599	8.564	25.849	4.402	3.047	1.121	2.332	134.333
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.791	0.789	0.330	-	-	-	-	-	0.155	0.142	0.512	0.426	3.145
A.E.P	( Mm3 )	1.218	1.217	1.191	1.229	1.206	1.253	1.643	1.858	1.972	2.067	2.240	2.206	19.300
LACHES (V. F)	( Mm3 )	-	-	-	0.016	0.016	0.017	0.006	0.233	0.014	0.014	-	0.009	0.325
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	5.317	1.617	0.291	-	-	7.225
EVAPORATION	( hm3 )	0.454	0.320	0.187	0.113	0.142	0.229	0.615	0.841	1.344	2.033	2.569	2.191	11.038
PLUVIOMETRIE	( mm )	2.9	6.7	81.5	117.7	117.0	32.3	36.5	138.8	32.3	27.2	16.5	24.0	633.40

ANNEE 2003/2004		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	854,18	854.25	854.12	854.52	855.09	855.04	855.01	855.02	855.05	854.88	854.50	854.15	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	115,500	116.300	114.200	119.200	125.600	125.000	124.600	124.800	125.100	123.200	119.000	115.200	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	3,011	4.175	1.468	6.288	26.813	6.375	3.450	5.954	6.100	2.086	0.894	0.949	67.563
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.279	0.173	0.412	0.137	-		0.085	0.075	0.111	0.174	0.576	0.748	2.770
A.E.P	( Mm3 )	2.268	2.314	2.044	1.669	1.748	1.764	1.790	1.936	1.956	1.927	2.088	2.037	23.541
LACHES (V. F)	( Mm3 )	-	0.030	-	0.010	0.892	0.657	0.216	0.689	0.270	-	-	-	2.764
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	-	-	-		17.530	4.028	0.971	2.273	2.515	0.290	-	-	27.607
EVAPORATION	( hm3 )	1.364	0.858	0.412	0.172	0.243	0.526	0.788	0.781	0.948	1.595	2.430	1.964	12.081
PLUVIOMETRIE	( mm )	34.3	66.0	15.6	90.0	70.6	13.5	43.4	60.8	72.6	30.7	0.5	15.9	513.9

**Barrage Ain Zada (Tableau 20 et 21) :**

ANNEE 2004/2005		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.89	853.63	853.59	853.76	855.09	855.17	855.05	855.04	854.85	854.56	854.24	854.84	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	109.186	106.458	106.043	107.816	122.429	123.350	121.971	121.857	119.697	116.450	112.938	108.657	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	0.651	0.512	2.142	4.109	19.212	20.371	21.540	11.486	1.889	1.145	1.525	0.725	85.307
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.165	0.301	0.360	0.131	-	-	-	-	0.012	0.210	0.418	-	-
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	1.989	2.030	1.919	2.004	2.042	1.859	2.044	2.033	2.121	2.097	2.107	2.342	24.587
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	1.904	0.761	0.819	0.270	-	-	-	-	3.754
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	0.452	16.532	19.283	8.384	0.227	-	-	-	44.878
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.275	0.909	0.278	0.201	0.201	0.298	0.773	0.913	1.689	2.085	2.481	2.188	13.291
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	27.8	26.1	57.8	81.7	35.4	34.9	19.3	50.7	0.8	15.3	20.9	3.5	377.7

ANNEE 2005/2006		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.56	853.31	853.32	853.51	853.90	854.63	854.86	854.75	854.99	854.70	854.29	853.88	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	105.732	103.165	103.267	105.215	109.292	117.228	119.810	118.570	121.286	118.010	113.482	109.080	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	0.652	0.655	2.769	4.157	6.346	10.306	5.505	2.032	6.775	1.538	0.872	0.593	42.200
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.102	0.269	0.258	0.032	-	-	0.010	0.139	0.135	0.083	0.651	0.689	2.368
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.362	2.242	2.021	1.999	2.085	1.828	2.078	1.966	2.162	2.297	2.377	2.431	25.848
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	-	0.014	0.027	-	-	0.243	-	-	0.054	-	-	0.014	0.352
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	0.362	-	-	-	0.362
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.113	0.697	0.361	0.178	0.184	0.299	0.835	1.167	1.346	2.434	2.372	1.933	12.919
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	44.8	23.9	69.8	60.0	35.7	29.8	9.7	29.4	60.5	2.3	0.9	7.8	374.6

**Barrage Ain Zada (Tableau 22 et 23) :**

ANNEE 2006/2007		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	854.01	853.70	853.42	853.35	853.19	853.06	853.49	854.25	854.35	854.08	853.70	853.21	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	110.461	107.188	104.289	103.573	101.948	100.640	105.009	113.047	114.136	111.211	107.188	102.150	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	5.452	0.462	0.436	1.888	1.159	1.291	7.140	10.982	4.826	1.830	1.215	0.539	37.220
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.373	0.157	0.734	0.301	0.414	0.268	0.029	-	0.001	0.314	0.551	1.057	4.199
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.350	2.401	2.150	2.116	2.105	1.980	2.169	2.086	2.337	2.337	2.383	2.403	26.817
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.176	-	0.015	-	-	-	0.045	0.135	0.113	-	-	-	0.484
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.172	1.177	0.436	0.187	0.265	0.351	0.528	0.723	1.286	2.104	2.304	2.117	12.650
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	57.8	1.3	12.2	44.5	9.3	31.7	100.5	78.1	16.8	27.3	10.5	-	390

ANNEE 2007/2008		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.26	852.96	852.79	852.64	852.48	852.48	852,27	852,34	854.65	854.05	853.86	853.14	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	106.254	98.654	98.369	95	94.940	94.940	92,931	93,597	111.365	110.984	108.985	104.654	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	4.244	0.411	1.265	1.340	1.295	2,090	3,630	10.982	4.826	1.830	1.215	0.539	33.667
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.072	0.219	0.232	0.200	0.157	0,752	0,036	-	0.002	0.318	0.654	1.365	4.007
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.350	2.446	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.047	2.325	2.654	2.123	2.409	28.191
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.090		0.090		-	-	-	0.138	0.112	-	-	-	0.43
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.226	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.733	1.301	2.245	2.291	2.124	12.359
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	80.2	40.9	21.6	8.7	13.7	18,560	45,100	79.3	17.1	26.8	9.6	-	361.56

**Barrage Ain Zada (Tableau 24 et 25) :**

ANNEE 2008/2009		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.33	853.02	852.88	852.65	852.31	852.26	853.04	853.24	854.22	854.25	853.78	853.02	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	107.364	100.369	99.959	96.321	95.641	94.940	98,931	99,502	106.136	111.211	107.188	102.150	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	4.243	0.425	1.302	1.158	1.369	2,090	3,630	10.982	4.826	1.830	1.215	0.610	33,68
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.073	0.219	0.232	0.200	0.157	0,752	0,037	-	0.001	0.314	0.556	1.057	3,598
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.350	2.546	2.296	2.456	2.446	2,283	2,357	2.086	2.337	2.337	2.383	2.403	28,28
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.036	-	0.112	0.365	-	-	-	0.135	0.113	-	-	-	0,761
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.311	0.761	0.332	0.154	0.236	0,382	0,569	0.723	1.286	2.104	2.304	2.117	12,279
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	76.2	40.7	21.6	8.7	13.7	18,560	45,100	78.1	16.8	27.3	13.5	-	360,26

ANNEE 2009/2010		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	853.81	853.01	852.22	852.03	852.48	852.48	852,27	852,32	854.36	854.10	853.88	853.50	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	105.865	102.636	100.254	98.369	95.321	94.940	92,931	93,597	114.136	111.211	107.188	103.012	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	4.244	0.411	1.265	1.340	1.295	2,090	3,630	10.982	4.826	1.830	1.215	0.539	33,667
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.088	0.219	0.232	0.247	0.157	0,752	0,039	-	0.001	0.314	0.551	1.065	3,665
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.354	2.447	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.086	2.338	2.337	2.383	2.433	28,215
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.090	-	0.090	0.120	-	-	0.213	0.135	0.113	-	-	-	0,761
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	1.178	1.166	0.484	0.254	0.148	0.265	0.598	0.657	1.232	2.111	2.402	2.201	12,696
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.226	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.286	2.104	2.304	2.117	12,199
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	82.2	40.8	22.6	8.7	13.7	18,560	45,100	78.1	16.8	27.4	10.6	-	364,56

**Barrage Ain Zada (Tableau 26 et 27) :**

ANNEE 2010/2011		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	852.96	852.88	852.79	852.51	852.48	852.46	853.45	853.66	853.97	853.99	853.70	853.23	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	94.462	94.002	92.654	92.521	91.324	91.254	94.685	97,597	97.325	97.524	96.541	95.147	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	3.548	0.411	1.265	1.340	1.295	2,090	3,630	10.982	4.826	1.830	1.215	0.415	32,847
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.147	0.219	0.232	0.200	0.157	0,752	0,036	-	0.001	0.314	0.551	1.098	3,707
A.E.P	( Mm3 )	3.154	2.446	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.086	2.337	2.337	2.383	2.403	28,983
LACHES (V. F)	( Mm3 )	0.088	0.254	0.090	1.654	-	-	1.148	0.135	0.113	-	-	1.654	5,136
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	1.223	0.548	0.465	0.321	0.124	0,382	0,571	0.723	1.286	2.104	2.306	3.147	13,2
EVAPORATION	( hm3 )	2.145	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.286	2.104	2.304	3.111	14,112
PLUVIOMETRIE	( mm )	80.2	40.9	21.5	10.54	14.36	18,560	45,100	78.1	15.4	29.1	11.1	1.32	366,18

ANNEE 2011/2012		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	852.33	852.30	852.31	853.26	852.48	852.48	852,27	852,34	854.35	854.08	853.70	853.23	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	88.741	87.364	87.959	96.490	94.940	94.940	92,931	93,597	93.256	93.847	92.147	91.321	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	2.145	1.325	1.025	1.340	1.295	2,090	3,630	10.982	3.829	1.830	1.215	0.124	30,83
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.065	0.219	0.232	0.222	0.157	0,752	0,036	3.265	0.001	0.314	0.552	1.056	6,871
A.E.P	( Mm3 )	2.350	2.446	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.086	2.337	2.337	2.383	2.403	28,179
LACHES (V. F)	( Mm3 )	0.103	0.090	0.092	0.365	-	-	-	0.135	0.113	-	-	-	0,898
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	2.136	0.698	0.458	0.202	0.196	0,382	0,572	0.724	1.299	2.104	2.304	2.987	14,062
EVAPORATION	( hm3 )	1.365	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.284	2.104	2.13	2.117	12,162
PLUVIOMETRIE	( mm )	79.5	39.9	22.4	9.2	17.3	14.98	41.36	77.9	19.6	28.4	11.14	5.36	367,04

**Barrage Ain Zada (Tableau 28 et 29) :**

ANNEE 2012/2013		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	852.03	851.95	852.16	852.16	852.86	853.26	853.25	853.69	853.86	853.74	853.45	853.14	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	83.684	83.210	84.261	84.369	88.947	92.145	93,931	93,597	97.685	97.211	96.321	92.145	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	3.988	0.784	1.022	2.014	1.365	2,100	3,632	10.982	4.826	1.830	1.215	0.535	34,293
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.072	0.219	0.232	0.200	0.157	0,752	0,036	0.023	0.001	0.314	0.551	1.057	3,614
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	8.314	2.446	2.296	2.455	2.446	2,283	2,346	2.086	2.337	2.337	2.383	2.302	34,031
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	1.254	0.325	1.045	0.254	0.147	0.326	0.147	0.135	0.113	0.01	0.0	0.01	3,766
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	2.135	0.698	0.458	0.202	0.196	0,382	0,572	0.724	1.247	2.104	2.304	3.987	15,009
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.226	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.286	2.104	2.304	2.117	12,199
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	81.2	45.03	22.36	6.47	10.65	15.36	44.25	77.98	17.98	27.3	10.5	3.12	362,2

ANNEE 2013/2014		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
<b>COTE FIN DU MOIS</b>	( m )	851.36	851.30	851.31	852.84	852.48	852.48	852,27	852,34	854.35	854.08	853.70	853.24	-
<b>VOLUME FIN DE MOIS</b>	( Mm3 )	84.658	84.530	83.254	83.365	84.876	84.940	88,931	90,597	92.136	93.240	93.186	93.198	-
<b>AFFLUENTS POSITIF</b>	(+) ( Mm3 )	4.244	0.411	1.265	2.340	1.295	2,090	3,630	10.982	4.826	1.830	1.215	0.537	34,665
<b>AFFLUENTS NEGATIF</b>	(-) (Mm3 )	0.088	0.219	0.232	0.247	0.157	0,752	0,039	0.012	0.001	0.314	0.551	1.065	3,677
<b>A.E.P</b>	( Mm3 )	2.354	2.447	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.086	2.338	2.337	2.383	2.433	28,215
<b>LACHES (V. F)</b>	( Mm3 )	0.187	0.365	0.090	0.120	0.010	0.210	0.213	0.135	0.113	-	-	-	1,443
<b>EVACUATEUR DE CRUES</b>	( Mm3 )	1.178	1.166	0.484	0.254	0.148	0.265	0.598	0.657	1.232	2.111	2.402	2.201	12,696
<b>EVAPORATION</b>	( hm3 )	1.226	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.286	2.104	2.304	2.117	12,199
<b>PLUVIOMETRIE</b>	( mm )	85.3	38.6	21.4	11.3	12.4	17.6	43.2	75.8	17.9	34.6	9.6	7.4	375.1

**Barrage Ain Zada (Tableau 30 et 31) :**

ANNEE 2014/2015		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	851.33	851.97	851.84	852.56	852.35	852.39	852,24	852,38	854.98	854.54	853.15	853.45	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	84.102	84.265	84.365	83.241	85.365	88.398	92,931	93,597	94.148	93.254	88.658	85.147	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	3.254	0.411	1.265	2.340	2.145	2,090	3,630	10.982	4.826	1.830	1.215	1.025	35,013
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.088	0.219	0.232	0.247	0.157	0,752	0,039	0.012	0.001	0.314	0.551	1.065	3,677
A.E.P	( Mm3 )	2.354	2.447	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.086	2.338	2.337	2.383	2.433	28,215
LACHES (V. F)	( Mm3 )	0.187	0.365	0.090	0.120	0.010	0.210	0.213	0.135	0.113	-	-	-	1,443
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	1.178	1.166	0.484	0.254	0.148	0.265	0.598	0.657	1.232	2.111	2.402	2.201	12,696
EVAPORATION	( hm3 )	1.226	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.286	2.104	2.304	2.117	12,199
PLUVIOMETRIE	( mm )	84.67	40.25	19.5	13.47	10.65	18.6	43.65	66.41	13.98	37.6	14.37	5.6	35,013

ANNEE 2015/2016		COTE	max.855.00m		volume: 121.400hm3		max.125.000Mm3							
Mois		Sept	Oct	Nov	Dec	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Année
COTE FIN DU MOIS	( m )	850.78	850.88	850.95	851.04	851.15	852.25	852,34	852,55	854.23	854.10	853.69	853.16	-
VOLUME FIN DE MOIS	( Mm3 )	77.014	77.568	78.654	80.365	84.214	84.985	85.478	88.145	90.325	89.478	88.265	87.659	-
AFFLUENTS POSITIF	(+) ( Mm3 )	3.265	1.325	1.025	1.340	1.295	2,090	3,630	10.982	3.829	1.830	1.215	0.158	31,984
AFFLUENTS NEGATIF	(-) (Mm3 )	0.142	0.219	0.232	0.222	0.157	0,752	0,036	3.265	0.001	0.314	0.552	1.056	6,948
A.E.P	( Mm3 )	2.247	2.446	2.296	2.455	2.446	2,283	2,357	2.086	2.337	2.337	2.383	2.403	28,076
LACHES (V. F)	( Mm3 )	0.324	0.090	0.092	0.365	1.032	0.658	1.204	0.135	0.113	-	-	-	4,013
EVACUATEUR DE CRUES	( Mm3 )	2.365	0.698	0.458	0.202	0.196	0,382	0,572	0.724	1.299	2.104	2.304	2.987	14,291
EVAPORATION	( hm3 )	1.2.48	0.761	0.329	0.154	0.242	0,382	0,571	0.723	1.284	2.104	2.13	2.117	12,045
PLUVIOMETRIE	( mm )	80.32	37.68	25.3	9.25	15.98	15.14	39.36	81.47	22.14	26.98	9.54	4.36	367,52

## Production de l'eau Sétif 2015

Tableau 32

COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)	
SETIF A	Raffaoui	12 107	16 891	15 030	13 469	57 497	
	Fermatou	39 151	78 459	24 810	-	142 420	
	Abid Ali	31 807	47 950	17 985	11 070	108 812	
	Chouf lekded 2	31 201	33 281	61 059	48 258	173 799	
	Parc a fourrage	146 490	175 533	159 715	157 733	639 471	
	Kaaboub	34 234	33 360	37 498	35 804	140 896	
	Sonatrach	52 032	59 311	57 286	56 418	225 047	
	Parc d'Attraction	197 200	192 290	179 170	173 910	742 570	
	Zone Industrielle	31 642	22 655	21 984	11 619	87 900	
	Hidhab	195 556	191 861	178 927	193 370	759 714	
	Oued El Bered	890 050	943 320	972 300	887 736	3 693 406	
	E. Souterraine	1 661 470	1 794 911	1 725 764	1 589 387	6 771 532	
	E. Superficielle	1 051 390	1 245 688	1 354 013	1 240 930	4 892 021	
	<b>Total</b>		2 712 860	3 040 599	3 079 777	2 830 317	11 663 553
	AMOUCHA	Oued El Bered	202 085	232 900	311 887	287 993	1 034 865
Ouled Fayed		8 947	11 842	6 220	5 118	32 127	
Ouled Djaber		22 291	36 715	41 872	33 142	134 020	
Laaouameur		17 199	18 148	15 129	14 071	64 547	
<b>Total</b>			250 522	299 605	375 108	340 324	1 265 559
T.BECHAR	Oued El Bered	469 901	496 457	542 172	470 240	1 978 770	
O.E.BERED	Oued El Bered	196 392	157 692	178 531	156 451	689 066	
		<b>2 578 285</b>	<b>2 748 665</b>	<b>2 821 575</b>	<b>2 556 402</b>	<b>10 704 927</b>	
<b>Total</b>		<b>1 051 390</b>	<b>1 245 688</b>	<b>1 354 013</b>	<b>1 240 930</b>	<b>4 892 021</b>	
		<b>3 629 675</b>	<b>3 994 353</b>	<b>4 175 588</b>	<b>3 797 332</b>	<b>15 596 948</b>	
SETIF B	1006 logts	71 825	64 595	52 639	58 385	247 444	
	Ain Rommaine 1	145 480	194 520	203 289	191 991	735 280	
	Ain Rommaine 2	33 887	40 035	49 181	46 651	169 754	
	Ain Rommaine 3	-	-	24 500	64 983	89 483	
	Lemhargua	51 893	76 453	74 403	75 190	277 939	
	Fermatou	226 768	228 872	192 278	196 330	844 248	
	Ras El Ma	184	274	88	-	546	
	Ain Kahla	25 740	27 150	21 110	21 630	95 630	
	E. Souterraine	555 777	631 899	617 488	655 160	2 460 324	
	E. Superficielle	1 790 204	2 121 036	2 305 482	2 112 936	8 329 658	
	<b>Total</b>		2 345 981	2 752 935	2 922 970	2 768 096	10 789 982

Sources : ADE Sétif

## Production de l'eau Sétif 2015

Tableau 33

COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
EL EULMA	Dhamecha	637 000	642 500	704 201	713 534	<b>2 697 235</b>
	Oued Laateuche	13 646	14 173	24 774	19 033	<b>71 626</b>
	Laalalta	27 550	29 870	36 800	40 340	<b>134 560</b>
	Djermane	13 458	16 805	48 428	56 187	<b>134 878</b>
	E. Souterraine	<b>691 654</b>	<b>703 348</b>	<b>814 203</b>	<b>829 094</b>	<b>3 038 299</b>
	E. Superficielle	<b>533 500</b>	<b>548 980</b>	<b>516 150</b>	<b>564 510</b>	<b>2 163 140</b>
	<b>Total</b>	<b>1 225 154</b>	<b>1 252 328</b>	<b>1 330 353</b>	1 393 604	<b>5 201 439</b>
B. EL ARCH	Tnoutit	113 911	105 144	111 974	90 652	<b>421 681</b>
	<b>Total</b>	<b>113 911</b>	<b>105 144</b>	<b>111 974</b>	90 652	<b>421 681</b>
BELLAA	Ain Ras El Oued	77 760	72 616	115 901	104 645	<b>370 922</b>
	<b>Total</b>	<b>77 760</b>	<b>72 616</b>	<b>115 901</b>	104 645	<b>370 922</b>
OUELDJA	Taya	59 195	55 904	60 721	50 558	<b>226 378</b>
	L. A. Rahmane	9 668	9 100	11 435	10 653	<b>40 856</b>
	<b>Total</b>	<b>68 863</b>	<b>65 004</b>	<b>72 156</b>	61 211	<b>267 234</b>
B.FOUDA	Hasbia	6 024	4 151	4 605	4 725	<b>19 505</b>
	Guergour	36 000	36 000	36 000	36 000	<b>144 000</b>
	Balla	5 840	6 948	8 963	7 456	<b>29 207</b>
	Djarja	44 310	30 037	56 361	52 988	<b>183 696</b>
	Chirhoum	32 640	38 157	54 811	17 997	<b>143 605</b>
	Oulidou Rabeah	4 880	3 477	3 885	3 507	<b>15 749</b>
	<b>Total</b>	<b>129 694</b>	<b>118 770</b>	<b>164 625</b>	122 673	<b>535 762</b>
<b>Total</b>		<b>1 081 882</b>	<b>1 064 882</b>	<b>1 278 859</b>	<b>1 208 275</b>	<b>4 633 898</b>
		<b>533 500</b>	<b>548 980</b>	<b>516 150</b>	<b>564 510</b>	<b>2 163 140</b>
		<b>1 615 382</b>	<b>1 613 862</b>	<b>1 795 009</b>	1 772 785	<b>6 797 038</b>

Sources : ADE Sétif

## Production de l'eau Sétif 2015

Tableau 34

COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
A.OULMENE	Chebchib 1	3 888	-	-	-	3 888
	Bir Guessia 1	3 309	11 336	4 662	2 162	21 469
	Bir Guessia 2	45 373	26 269	33 621	16 166	121 428
	Bir Guessia 3	7 043	18 795	15 166	9 969	50 973
	Cherchoura	56 425	46 849	52 880	46 754	202 908
	Kerma 2	201 182	187 080	176 870	150 070	715 202
	Laamamra 1	135 000	107 140	110 880	90 900	443 920
	Laamamra 2	88 302	83 274	87 135	89 586	348 297
	Mhaisser	128 690	144 210	105 210	134 940	513 050
	Laabaid	117 110	107 950	109 400	100 220	434 680
	<b>Total</b>	<b>786 322</b>	<b>732 903</b>	<b>695 824</b>	640 767	<b>2 855 815</b>
K. E. ABTAL	Kerma 1	-	-	85 701	187 107	272 808
	Zdim	13 291	31 019	24 305	38 287	106 902
	<b>Total</b>	<b>13 291</b>	<b>31 019</b>	<b>110 006</b>	225 394	<b>379 710</b>
GUELLAL	Guellal	4 852	5 395	10 128	8 273	28 648
	<b>Total</b>	<b>4 852</b>	<b>5 395</b>	<b>10 128</b>	8 273	<b>28 648</b>
<b>Total</b>		<b>804 465</b>	<b>769 317</b>	<b>815 958</b>	874 434	<b>3 264 173</b>
COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
AIN AZEL	Chaaba 01(En.)	196 340	159 070	169 740	166 350	691 500
	Chaaba 02	105 222	121 668	137 801	134 663	499 354
	Chaaba 03	82 108	72 661	69 540	85 235	309 544
	Chaaba 04	145 151	160 861	119 297	51 873	477 182
	Chaaba 05	168 450	147 300	149 380	167 070	632 200
	Chaaba 06	7 151	96 624	136 474	58 999	299 248
	Affounes	34 549	37 870	27 843	90 736	190 998
	Piscine	30 785	33 019	22 711	24 590	111 105
	<b>Total</b>	<b>769 756</b>	<b>829 073</b>	<b>832 786</b>	779 516	<b>3 211 131</b>
H.SOKHNA	Egmeroual	170 138	205 411	110 435	94 409	580 393
	<b>Total</b>	<b>170 138</b>	<b>205 411</b>	<b>110 435</b>	94 409	<b>580 393</b>
<b>Total</b>		<b>939 894</b>	<b>1 034 484</b>	<b>943 221</b>	873 925	<b>3 791 524</b>

Sources : ADE Sétif

## Production de l'eau Sétif 2015

Tableau 35

COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
AIN KEBIRA	Hammam	277 502	226 921	271 977	259 100	1 035 500
	Bahia	20 899	18 193	18 350	15 366	72 808
	Hotel	6 500	35 175	9 826	12 400	63 901
	<b>Total</b>	<b>304 901</b>	<b>280 289</b>	<b>300 153</b>	286 866	<b>1 172 209</b>
O.ADOUANE	ERCE	63 598	47 809	50 243	110 900	272 550
	Meraghda	1 716	37 455	10 379	3 983	53 533
	<b>Total</b>	<b>65 314</b>	<b>85 264</b>	<b>60 622</b>	114 883	<b>326 083</b>
DHAMECHA	Ain Rbie	38 000	38 500	42 000	48 000	166 500
	Ouled Maiza	8 941	9 458	11 741	8 129	38 269
	Ain Oubra	145	165	180	180	670
	Regada	330	280	300	310	1 220
	<b>Total</b>	<b>47 416</b>	<b>48 403</b>	<b>54 221</b>	56 619	<b>206 659</b>
<b>Total</b>		<b>417 631</b>	<b>413 956</b>	<b>414 996</b>	<b>458 368</b>	<b>1 704 951</b>
COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
AIN ARNAT	Laanacer	8 052	7 815	6 736	5 395	27 998
	M'khalfa	-	-	1 066	2 542	3 608
	Timelouka	15 116	15 240	14 674	14 346	59 376
	Mahdia	37 857	37 692	37 868	41 729	155 146
	Benghadfa	45 577	45 509	45 357	-	136 443
	El Bez 1	15 144	19 247	18 068	15 473	67 932
	Batigek	80 109	77 470	76 707	62 061	296 347
	<b>E. Souterraine</b>	<b>201 855</b>	<b>202 973</b>	<b>200 476</b>	141 546	<b>746 850</b>
	<b>E. Superficielle</b>	<b>616 825</b>	<b>620 686</b>	<b>627 305</b>	670 716	<b>2 535 532</b>
<b>Total</b>	<b>818 680</b>	<b>823 659</b>	<b>827 781</b>	812 262	<b>3 282 382</b>	
MEZLOUG	Bendieb	30 730	25 020	-	-	55 750
	Douali	147 100	148 350	153 420	150 260	599 130
	<b>Total</b>	<b>177 830</b>	<b>173 370</b>	<b>153 420</b>	150 260	<b>654 880</b>
OURICIA	Oued Chair	76 760	76 050	78 470	79 000	310 280
	Khbabcha	39 183	38 334	39 267	39 421	156 205
	<b>Total</b>	<b>115 943</b>	<b>114 384</b>	<b>117 737</b>	118 421	<b>466 485</b>
<b>Total</b>		<b>495 628</b>	<b>490 727</b>	<b>471 633</b>	410 227	<b>1 868 215</b>
		<b>616 825</b>	<b>620 686</b>	<b>627 305</b>	670 716	<b>2 535 532</b>
		<b>1 112 453</b>	<b>1 111 413</b>	<b>1 098 938</b>	1 080 943	<b>4 403 747</b>

Sources : ADE Sétif

## Production de l'eau Sétif 2015

Tableau 36

COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
BOUGAA	Tafrent	600	600	600	600	2 400
	Gragria	41 460	65 301	55 712	57 873	220 346
	<b>E. Souterraine</b>	<b>42 060</b>	<b>65 901</b>	<b>56 312</b>	<b>58 473</b>	<b>222 746</b>
	<b>E. Superficielle</b>	<b>517 200</b>	<b>759 800</b>	<b>921 000</b>	<b>1 148 200</b>	<b>3 346 200</b>
	<b>Total</b>	<b>559 260</b>	<b>825 701</b>	<b>977 312</b>	1 206 673	<b>3 568 946</b>
HAMMAM GUERGOUR	Fertla	2 700	2 700	2 700	2 700	10 800
	Gragria	115 180	99 724	130 088	139 277	484 269
	<b>Total</b>	<b>117 880</b>	<b>102 424</b>	<b>132 788</b>	141 977	<b>495 069</b>
B.OUASSINE	Ouled Sbaa	36 000	31 760	21 770	9 502	99 032
	Issaoua	1 155	1 155	1 155	1 155	4 620
	<b>E. Souterraine</b>	<b>37 155</b>	<b>32 915</b>	<b>22 925</b>	<b>10 657</b>	<b>103 652</b>
	<b>E. Superficielle</b>	<b>151 352</b>	<b>131 390</b>	<b>172 587</b>	<b>164 920</b>	<b>620 249</b>
	<b>Total</b>	<b>188 507</b>	<b>164 305</b>	<b>195 512</b>	175 577	<b>723 901</b>
AIN ROUA	Ain Roua	55 062	57 411	59 650	59 660	231 783
	Ouled Sidi Ali	17 140	18 500	20 000	22 293	77 933
	<b>Total</b>	<b>72 202</b>	<b>75 911</b>	<b>79 650</b>	81 953	<b>309 716</b>
<b>Total</b>		<b>269 297</b>	<b>277 151</b>	<b>291 675</b>	<b>293 060</b>	<b>1 131 183</b>
		<b>668 552</b>	<b>891 190</b>	<b>1 093 587</b>	<b>1 313 120</b>	<b>3 966 449</b>
		<b>937 849</b>	<b>1 168 341</b>	<b>1 385 262</b>	<b>1 606 180</b>	<b>5 097 632</b>
COMMUNE	STATION	1er Trimestre (m3)	2ème Trimestre (m3)	3ème Trimestre (m3)	4ème Trimestre (m3)	Année 2015 (m3)
BOUANDAS	Draouet	78 000	78 000	86 000	90 000	332 000
	B.Bouremane	39 000	39 000	39 000	39 000	156 000
	Ainser	9 483	7 337	6 888	5 730	29 438
	Bouandas	3 300	3 300	3 300	3 300	13 200
	<b>Total</b>	<b>148 904</b>	<b>149 082</b>	<b>152 313</b>	155 480	<b>605 779</b>
MAOKLENE	Draouet	9 300	9 300	9 300	9 300	37 200
	Tahammat	26 330	26 350	26 470	26 390	105 540
	Maoklène	1 750	900	1 740	1 769	6 159
	Ain Margoume	14 365	21 218	17 819	11 339	64 741
	Gueliou	2 130	2 130	2 130	2 130	8 520
	Mechta	2 500	3 000	3 000	3 000	11 500
	<b>Total</b>	<b>56 375</b>	<b>62 898</b>	<b>60 459</b>	53 928	<b>233 660</b>
<b>Total</b>		<b>394 990</b>	<b>421 336</b>	<b>448 597</b>	<b>437 608</b>	<b>1 702 531</b>
<b>UNITE</b>		<b>7 537 849</b>	<b>7 852 417</b>	<b>8 104 002</b>	<b>7 767 459</b>	<b>31 261 726</b>
		<b>4 660 471</b>	<b>5 427 580</b>	<b>5 896 537</b>	<b>5 902 213</b>	<b>21 886 801</b>
		<b>12 198 320</b>	<b>13 279 997</b>	<b>14 000 539</b>	<b>13 669 672</b>	<b>53 148 527</b>

Sources : ADE Sétif

**Tableau 37. Analyses chimiques (Avril 2014)**

Station	T (°)	pH	C cal (µs/cm)	Dureté (F°)	Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	BI (%)
<b>Pd1</b>	23.6	7,16	912	32	73	34	74	77	286	116	0,01	18,52	1,91	0,42	-5,06
<b>Pd2</b>	21.7	7,17	1195	45	88	55	82	186	247	133	1,02	27,13	2,82	1	-4,20
<b>Pd3</b>	20.4	7,16	1285	48	89	62	85	207	252	156	1,1	27,25	5,18	1,39	-5,66
<b>Pd4</b>	20.6	7,09	1326	50	93	66	85	211	285	152	1,12	27,92	5,93	1,57	-5,56
<b>Pd5</b>	20.6	6,97	1438	56	119	65	92	220	303	184	1,26	28,28	6,17	1,72	-4,42
<b>Pd6</b>	18.1	6,86	1547	62	140	67	98	222	345	214	1,52	29,73	8,26	2,16	-4,04
<b>P1</b>	19.3	7,2	959	38	95	35	85	65	285	123	0,31	22,24	9,88	2,78	4,12
<b>P2</b>	18.9	7,5	1121	41	100	40	96	157	145	166	0,32	22,45	10,66	2,33	2,55
<b>P3</b>	18.8	7,3	1061	43	105	42	76	148	193	121	0,65	24,15	12,86	3,45	4,11
<b>P4</b>	18.3	7,3	1030	41	102	37	62	128	210	157	0,44	23,10	11,28	3,63	-2,71
<b>P5</b>	17.4	7,3	1287	52	133	45	90	156	189	247	0,62	24,65	14,66	3,52	0,27
<b>P6</b>	17.6	7	1398	64	146	68	98	124	330	235	0,71	25,72	14,05	4,06	5,74
<b>P7</b>	18.5	7,2	1161	44	114	37	82	110	292	202	0,52	23,25	14,74	3,23	-5,25
<b>P8</b>	17.3	7	1465	68	152	72	100	165	328	211	0,77	25,35	15,36	4,45	5,69
<b>P9</b>	17.3	7,2	1355	66	116	90	68	138	233	280	0,32	22,56	14,49	4,86	5,25
<b>P10</b>	18.4	7,2	1388	68	118	94	69	143	244	283	0,15	19,25	14,93	5,44	5,36
<b>P11</b>	18.9	7,3	1310	54	141	46	97	157	182	245	0,66	24,36	15,86	4,55	3,32
<b>P12</b>	17.7	7	1359	60	155	51	103	150	291	194	0,58	25,06	15,22	4,16	5,79
<b>P13</b>	19.3	7,1	1333	65	115	88	75	95	280	295	0,63	23,05	16,05	5,43	5,61
<b>P14</b>	18.6	7,2	1282	64	107	91	54	109	265	276	0,11	17,35	15,68	4,34	4,19
<b>P15</b>	19.1	7,2	1279	61	126	73	66	112	249	268	0,28	20,14	14,09	5,15	4,66
<b>Normes</b>	/	/	/	/	<b>200</b>	/	<b>200</b>	<b>500</b>	/	<b>400</b>	<b>0,1</b>	<b>50</b>	<b>5</b>	<b>0,5</b>	<b>6</b>

ADE Skikda  
ADE Sétif  
Département GNL- SKIKDA

**Tableau 38. Analyses chimiques (Octobre 2014)**

Station	T (°)	pH	C cal (µs/cm)	Dureté (F°)	Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	BI (%)
<b>Pd1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pd2</b>	21.1	7,15	1200	48	126	41	66	178	255	152	1,11	31,24	1,16	0,98	-4,00
<b>Pd3</b>	21.2	7,1	1347	54	140	47	68	212	264	190	1,34	33,22	3,96	1,24	-5,93
<b>Pd4</b>	20.9	7,11	1492	61	138	64	75	244	272	222	1,55	34,65	5,27	1,46	-5,98
<b>Pd5</b>	20.9	6,99	1613	71	142	86	74	243	358	235	1,41	32,35	5,31	1,6	-4,28
<b>Pd6</b>	17.3	6,94	1705	77	155	94	75	250	378	264	1,82	35,82	6,03	2,05	-3,40
<b>P1</b>	17.4	7,3	924	35	89	32	81	66	268	124	0,38	23,14	9,35	2,45	1,98
<b>P2</b>	17.6	7,5	1066	39	94	38	92	146	136	160	0,41	22,68	10,02	1,92	2,76
<b>P3</b>	17.1	7,3	1140	43	108	39	75	197	184	123	0,88	27,52	10,45	2,96	-2,55
<b>P4</b>	17.9	7,3	1019	39	100	34	63	120	200	174	0,46	23,82	10,36	2,82	-4,23
<b>P5</b>	18.5	7,3	1302	54	146	42	88	171	176	236	0,68	26,47	13,45	3,12	1,70
<b>P6</b>	17.6	7	1429	61	155	55	85	136	305	300	0,95	27,81	13,12	3,66	-1,91
<b>P7</b>	18.3	7,2	1308	47	120	41	112	152	264	214	0,56	24,48	13,23	3,11	-3,07
<b>P8</b>	18.5	7,1	1382	63	149	62	66	184	256	233	0,96	27,26	13,77	4,02	0,26
<b>P9</b>	18.5	7,3	1292	62	120	78	63	133	198	280	0,37	23,24	13,35	4,45	4,78
<b>P10</b>	19.1	7,3	1219	50	115	51	60	125	215	286	0,15	20,68	13,32	4,78	-5,97
<b>P11</b>	17.4	7,3	1369	57	149	48	111	169	174	244	0,68	26,68	15,24	3,86	5,92
<b>P12</b>	17.8	7,3	1397	56	145	49	99	155	241	278	0,83	26,82	13,46	3,24	-0,84
<b>P13</b>	17.4	7,2	1255	62	107	86	61	88	268	281	0,66	23,25	13,94	4,64	5,05
<b>P14</b>	17.5	7,2	1187	59	99	84	44	96	243	266	0,11	17,24	15,04	4,02	3,35
<b>P15</b>	17.4	7,3	1152	54	100	70	67	88	211	254	0,30	20,84	13,88	4,64	5,55
<b>Normes</b>	/	/	/	/	<b>200</b>	/	<b>200</b>	<b>500</b>	/	<b>400</b>	<b>0,1</b>	<b>50</b>	<b>5</b>	<b>0,5</b>	<b>6</b>

ISTEG Gabes  
FS Gabes

**Tableau 39. Analyses chimiques (Avril 2016)**

Station	T (°)	pH	C cal ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Dureté (F°)	Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	BI (%)
<b>Pd1</b>	22.2	7,36	989	36	85	36	78	72	223	201	0,02	19,55	2,65	0,72	-3,24
<b>Pd2</b>	22.2	7,12	1413	58	122	68	102	164	298	228	1,05	28,65	3,22	1,1	0,44
<b>Pd3</b>	20.4	7,07	1512	65	136	75	115	178	304	236	1,11	28,8	5,21	1,55	3,50
<b>Pd4</b>	19.6	7,1	1512	61	128	71	117	198	298	222	1,16	28,98	6,75	1,78	0,75
<b>Pd5</b>	20.5	6,98	1659	72	144	88	124	207	362	238	1,32	29,44	6,81	1,84	2,87
<b>Pd6</b>	19.2	6,95	1734	74	145	92	126	232	388	238	1,64	29,86	7,13	2,29	0,81
<b>P1</b>	18.4	7,2	1017	39	102	34	88	84	299	123	0,38	24,65	10,65	2,99	1,79
<b>P2</b>	18.9	7,4	1151	44	107	42	100	155	162	164	0,38	23,88	10,98	2,86	4,46
<b>P3</b>	19.4	7,3	1115	45	110	42	77	169	200	123	0,82	27,22	12,33	3,67	1,72
<b>P4</b>	18.3	7,3	1054	40	105	33	62	145	208	157	0,48	23,56	12,48	3,84	-5,77
<b>P5</b>	18.6	7,2	1314	54	141	46	90	157	204	248	0,66	27,32	15,35	3,94	0,98
<b>P6</b>	17.5	7	1509	68	165	65	101	186	341	205	0,88	27,50	15,26	4,29	3,68
<b>P7</b>	17.5	7,3	1197	46	115	41	84	174	200	172	0,55	24,39	14,99	4,37	-1,91
<b>P8</b>	17.8	6,8	1554	73	172	73	105	170	380	217	0,96	28,18	16,15	4,86	5,57
<b>P9</b>	17.6	7,3	1123	42	117	31	72	155	195	180	0,35	23,38	15,08	4,75	-4,78
<b>P10</b>	17.5	7,2	1422	66	120	88	73	164	244	283	0,16	20,14	15,46	5,72	2,32
<b>P11</b>	17.3	7,1	1514	64	152	63	100	211	255	245	0,71	26,49	16,37	4,86	0,60
<b>P12</b>	17.6	7	1539	70	160	72	103	220	291	196	0,62	26,21	15,89	4,65	5,017
<b>P13</b>	18.8	7	1427	65	120	86	84	125	310	296	0,64	23,34	16,46	5,89	1,83
<b>P14</b>	19.1	7,1	1366	66	110	93	65	132	285	276	0,11	17,48	15,76	4,88	2,67
<b>P15</b>	18.3	7,2	1319	62	123	75	77	121	256	266	0,30	21,36	14,63	5,74	4,46
<b>Normes</b>		/	/	/	<b>200</b>	/	<b>200</b>	<b>500</b>	/	<b>400</b>	<b>0,1</b>	<b>50</b>	<b>5</b>	<b>0,5</b>	<b>6</b>

*ADE Skikda*

*ADE Sétif*

*Département GNL- SKIKDA*

**Tableau 40. Analyses chimiques (Octobre 2016)**

Station	T (°)	pH	C cal (µs/cm)	Dureté (F°)	Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	BI (%)
<b>Pd1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pd2</b>	20.7	7,26	1184	43	98	46	86	136	252	200	1,21	32,42	3,01	1,06	-5,16
<b>Pd3</b>	20.1	7,04	1529	63	125	78	86	200	354	247	1,45	34,77	5,12	1,42	-5,16
<b>Pd4</b>	20.6	6,98	1705	74	138	96	84	245	386	269	1,73	35,72	6,32	1,42	-4,95
<b>Pd5</b>	18.2	6,9	1767	77	152	95	86	250	420	280	1,62	32,84	6,47	1,63	-5,43
<b>Pd6</b>	17.6	6,89	1845	86	164	109	88	268	412	282	2,51	36,45	6,74	2,22	-1,60
<b>P1</b>	17.1	7,2	972	38	100	32	85	78	274	120	0,41	26,22	9,78	2,56	3,45
<b>P2</b>	18.6	7,5	1075	42	102	40	91	142	144	155	0,44	25,63	10,45	2,15	5,78
<b>P3</b>	18.8	7,3	1152	46	117	42	74	186	200	124	0,92	28,26	11,69	3,24	0,65
<b>P4</b>	17.4	7,3	1027	40	110	30	60	133	205	157	0,52	23,78	10,96	3,23	-4,21
<b>P5</b>	18.8	7,2	1336	58	155	46	83	174	199	237	0,72	28,66	14,88	3,35	2,27
<b>P6</b>	17.5	7	1548	70	178	63	95	188	328	245	0,96	28,43	13,85	3,72	2,49
<b>P7</b>	19.2	7,1	1234	48	126	41	84	146	279	189	0,62	25,61	13,45	3,65	-3,075
<b>P8</b>	18.9	7	1574	71	165	73	99	200	355	222	1,01	30,85	14,46	4,32	2,40
<b>P9</b>	18.6	7,2	1133	44	122	33	70	139	218	193	0,38	24,64	14,45	4,31	-3,90
<b>P10</b>	19.7	7,2	1355	64	115	86	71	142	234	277	0,15	22,36	14,19	5,01	3,98
<b>P11</b>	18.5	7,2	1528	69	166	67	97	232	180	248	0,78	28,15	15,38	4,22	5,53
<b>P12</b>	18.8	7	1590	72	171	71	97	246	277	208	0,78	28,77	13,62	3,99	3,51
<b>P13</b>	17.5	7	1400	65	124	84	80	120	287	300	0,70	24,22	14,75	4,76	3,09
<b>P14</b>	17.4	7,2	1284	62	102	88	65	127	259	244	0,12	17,69	15,25	4,31	4,41
<b>P15</b>	17.2	7,3	1236	55	99	74	77	103	244	261	0,33	21,79	14,12	5,23	2,95
<b>Normes</b>	/	/	/	/	<b>200</b>	/	<b>200</b>	<b>500</b>	/	<b>400</b>	<b>0,1</b>	<b>50</b>	<b>5</b>	<b>0,5</b>	<b>6</b>

*ADE Skikda*

*ADE Sétif*

*Département GNL- SKIKDA*

## Analyses des métaux lourds

**Tableau 41. Cadmium**

	<b>Pi1</b>	<b>Pi2</b>	<b>Pi3</b>	<b>Pi4</b>	<b>Pi5</b>	<b>Pi6</b>
<b>avr-14</b>	0,013	0,010	0,009	0,011	0,009	0,011
<b>oct-14</b>	/	/	/	0,006	0,006	0,010
<b>avr-16</b>	0,015	0,012	0,012	0,015	0,012	0,012
<b>oct-16</b>	/	/	/	0,008	0,007	0,010

mg/l

**Tableau 42. Cuivre**

	<b>Pi1</b>	<b>Pi2</b>	<b>Pi3</b>	<b>Pi4</b>	<b>Pi5</b>	<b>Pi6</b>
<b>avr-14</b>	0,23	0,20	0,20	0,26	0,27	0,27
<b>oct-14</b>	/	/	/	0,20	0,18	0,21
<b>avr-16</b>	0,35	0,31	0,27	0,33	0,30	0,34
<b>oct-16</b>	/	/	/	0,22	0,23	0,19

mg/l

**Tableau 43. Plomb**

	<b>Pi1</b>	<b>Pi2</b>	<b>Pi3</b>	<b>Pi4</b>	<b>Pi5</b>	<b>Pi6</b>
<b>avr-14</b>	0,68	0,68	0,70	0,75	0,65	0,63
<b>oct-14</b>	/	/	/	0,26	0,21	0,31
<b>avr-16</b>	0,76	0,66	0,72	0,83	0,76	0,75
<b>oct-16</b>	/	/	/	0,24	0,22	0,33

mg/l

**Tableau 44. Zinc**

	<b>Pi1</b>	<b>Pi2</b>	<b>Pi3</b>	<b>Pi4</b>	<b>Pi5</b>	<b>Pi6</b>
<b>avr-14</b>	0,14	0,12	0,14	0,16	0,15	0,15
<b>oct-14</b>	/	/	/	0,10	0,09	0,10
<b>avr-16</b>	0,18	0,15	0,17	0,22	0,18	0,17
<b>oct-16</b>	/	/	/	0,09	0,09	0,11

mg/l

**Tableau 45.**

		<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>
<b>Cadmium (Mg/l)</b>	<b>avr-14</b>	/	/	/
	<b>oct-14</b>	/	0.001	/
<b>Plomb (Mg/l)</b>	<b>avr-14</b>	0.006	0.005	0.005
	<b>oct-14</b>	0.006	0.003	0.003

ISTEG Gabes

FS Gabes

Département GNL- SKIKDA