

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira « Bejaïa »
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Biologie

Option : Environnement et Sécurité Alimentaire

Présenté par : KADDOUCHE Mourad

Thème :

***« Contribution à l'étude hydroclimatologique de la
plaine alluviale de l'oued Isser (Willaya de
Boumerdès) »***

Soutenu publiquement le 21 juin 2012, devant le jury :

M. LAIMOUCHE A.

Président

M. LABIOD C.

Examineur

M. NAIT MOULOUD M.

Examineur

M. LAISSAOUI M.

Promoteur

Année Universitaire : 2011 - 2012

Remerciements :

A travers ces quelques lignes, je tiens à remercier tous mes enseignants et enseignantes qui ont su nous transmettre un message de valeur : « Un environnement propre pour un monde meilleur ».

Toute ma sincère gratitude envers mon encadreur, M. LAISSA VOI M. qui m'a aidé et accompagné tout au long de la réalisation de ce travail, je lui suis reconnaissant pour ses conseils, sa patience, ses remarques objectives afin que je puisse acquérir des connaissances profondes, utiles pour mon avenir, surtout en matière de cartographie et des systèmes d'information géographique.

Un grand remerciement aux membres du jury ; M. LAIMOUCHE A., M. LABIOD C., M. NAIT MOULOUD M. pour avoir accepté d'examiner, de juger et d'enrichir ce modeste travail.

Je remercie également le personnel de tous les organismes qui m'ont fourni des données, sans eux ce travail n'aurait pas vu le jour, je cite :

- *Les directeurs de : l'INCT d'Alger ;*
- *Le personnel des services d'hydrologie ; hydrogéologie et hydrochimie de l'ANRH d'Alger ;*
- *Le personnel de la DRC (antenne de l'ANRH) de blida ;*
- *Le personnel de la DHW de Boumerdès ;*
- *Le personnel de la DSA de Boumerdès ;*

- *Le personnel de l'ONM d'Alger.*

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce petit travail, mes remerciements les plus sincères.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui portent le savoir en dessus de toutes considérations, à tous ont contribué de près ou de loin à sa réalisation, à ma petite famille (mon père, ma mère, ma sœur, mon frère),

Je le dédie aussi à mon oncle Mohammed Saïd, sa femme et sa fille Hana.

À tous ceux qui me sont chers, ainsi que tous mes amis.

Liste des figures :

N° fig.	Titre de la figure	N° Page
I.01	-Situation géographique de la plaine alluviale de l'oued Isser	02
I.02	-Carte des sous bassins versants de l'Oued Isser.	04
I.03	-Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Isser.	09
I.04	-Carte géologique du bassin de l'Isser	11
I.05	-Répartition des différentes zones agricoles	13
I.06	-Répartition des terres en fonction de la forme juridique	14
I.07	-Rapport des filières de production au total du produit	14
I.08	-Quantité d'engrais chimiques utilisés dans la plaine de l'Oued Isser	15
I.09	-Part de chaque type d'engrais utilisé.	15
II.01	-Diagramme ombrothermique de la plaine de l'oued Isser	18
II.02	-Répartition des stations de surveillance pluviométrique et hydrométrique	22
II.03	-Evolution des précipitations annuelles à la station 090502 pour la période de (1968-2008).	23
II.04	-Evolution des précipitations annuelles à la station 090510 pour la période de (1972-1996).	24
II.05	-Evolution des précipitations annuelles à la station 090506 pour la période de (1968-2003).	25
II.06	-Variations des précipitations moyennes mensuelles à la station 090506.	25
II.07	-Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station 090510.	26
II.08	-Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station 090502.	26
II.09	-Carte des précipitations moyennes annuelles de la plaine de l'Oued Isser.	29
II.10	-Courbe de variations des températures pour les stations de Thénia et les Isser.	28
II.11	-Variation des débits moyens mensuels de l'Oued Isser à la station de Lakhdaria.	35
II.12	-Variation des débits moyens mensuels à la station de la Traille (Tablat).	35
II.13	-Variation des moyennes annuelles des débits de la station de la Traille (Tablat).	36
II.14	-Variation des moyennes annuelles des débits de la station de Lakhdaria.	36
II.15	-Termes du bilan hydrique pour le sous bassin 0905 de l'Oued Isser.	39
III.01	-Carte de pH en période des basses eaux (Mai, 2010).	42
III.02	-Carte de pH en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	43
III.03	-Carte des teneurs en Calcium en période des basses eaux (Mai, 2010).	44
III.04	-Carte des teneurs en Calcium en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	44
III.05	-Carte des teneurs en Magnésium en période des basses eaux (Mai, 2010).	45
III.06	-Carte des teneurs en Magnésium en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	45
III.07	-Carte des teneurs en Sodium en période des basses eaux (Mai, 2010).	46
III.08	-Carte des teneurs en Sodium en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	46
III.09	-Carte des teneurs en Chlorures en période des basses eaux (Mai, 2010).	47
III.10	-Carte des teneurs en Chlorures en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	47

III.11	-Carte des teneurs en Potassium en période des basses eaux (Mai, 2010).	48
III.12	-Carte des teneurs en Potassium en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	48
III.13	-Carte des teneurs en Bicarbonates en période des basses eaux (Mai, 2010).	49
III.14	-Carte des teneurs en Bicarbonates en périodes des hautes eaux (Octobre, 2010)	49
III.15	-Carte des teneurs en Sulfates en période des basses eaux (Mai, 2010).	51
III.16	-Carte des teneurs en Sulfates en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	51
III.17	-Carte des teneurs en Nitrates en période des basses eaux (Mai, 2010).	52
III.18	-Carte des teneurs en Nitrates en période des hautes eaux (Octobre, 2010)	53
A.01	-Espace du travail du logiciel MAPINFO PROFESSIONAL V 8.0	annexes
A.02	-Interface du convertisseur des coordonnées géographiques.	annexes
A.03	-Espace du travail du convertisseur des coordonnées géographiques.	annexes
A.04	-Carte du réseau hydroclimatique de l'ANRH d'Alger	annexes

Liste des tableaux :

N° tableau	Titre du tableau	N° page
I.01	- Surfaces et périmètres des sous bassins et du bassin de l'oued Isser	04
I.02	- valeurs de l'indice de compacité de Gravelius des différents sous bassins.	05
I.03	- Valeurs des coefficients d'allongement des différents sous bassins	06
I.04	-Longueurs et largeurs des rectangles équivalents des sous bassins de l'oued Isser.	07
I.05	-Valeurs des altitudes caractéristiques des différents sous bassins	08
I.06	-Densités de drainage des différents sous bassins versants	10
I.07	-Fréquences des cours d'eau pour les différents sous bassins	11
I.08	-Productions agricoles dans le sous bassin 0905 de l'Oued Isser	14
II.01	-Valeurs de l'indice d'aridité mensuel.	20
II.02	-Caractéristiques des stations climatiques retenues	22
II.03	-Températures moyennes mensuelles annuelles en (°C).	28
II.04	-Valeurs de l'ETP par la formule de Thornthwaite.	30
II.05	-Réserves utiles évaluées par les pédologues	32
II.06	-Valeurs du bilan hydrique de Thornthwaite.	33
II.07	-Caractéristiques géographiques des stations hydrométriques du bassin versant de l'Isser	34
II.08	-Termes du bilan hydrique selon l'ETP Thornthwaite pour une RFU de 100 mm.	39
III.03	-Normes de potabilité des eaux souterraines.	41
A.01	Résultats d'analyses physico-chimiques effectués par le service de chimie des eaux de l'ANRH d'Alger.	Annexes

Liste des abréviations

ABH : Agence des Bassins Hydrographiques (Alger).

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (Alger).

BV : Bassin Versant.

Dd : Densité de drainage.

DHW : Direction de l'Hydraulique de la Willaya (Boumerdes).

DRC : Direction Régionale Centre de l'ANRH (Blida).

DSA : Direction des Services Agricoles (Boumerdes).

ETP : Evapotranspiration potentielle.

ETR : Evapotranspiration réelle.

FNRDA : Fond Nationale pour la Régulation du Développement de l'Agriculture.

F_s : fréquence des cours d'eau.

I : Infiltration.

K_c : Indice de compacité de Gravelius.

K_p : Coefficient d'allongement du bassin versant.

Mg/l : milligramme par litre.

mm : millimètre.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : Office nationale de la Météorologie (Alger).

P : Précipitations.

pH : potentiel en Hydrogène.

PNDA : Programme Nationale de Développement de l'Agriculture.

R : ruissellement.

RFU : Réserve Facilement Utilisable.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	01
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude :	
I.1. Situation géographique de la plaine de l'oued Isser.....	02
I.2. Superficie et subdivision du bassin versant de l'oued Isser.....	02
I.3. Caractéristiques morphométriques du BV de l'oued Isser	05
I.3.1. Indice de compacité de Gravelius (K_c).....	05
I.3.2. Coefficient d'allongement du bassin (K_p)	06
I.3.3. Rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius.....	06
I.3.4. Répartition des surfaces en fonction des altitudes	07
I.4. Le réseau hydrographique	08
I.4.1. Densité de drainage	09
I.4.2. Fréquence des cours d'eau	10
I.5. Aperçu géologique sur la région de l'oued Isser.....	11
I.6. Contexte socioéconomique de la plaine de l'oued Isser	12
I.6.1. Les caractéristiques du secteur agricole.....	12
I.6.2. Répartition de foncier agricole	12
I.6.3. production agricole.....	14
I.6.4. Aperçu sur les quantités d'engrais chimiques utilisées	14
I.7. Conclusion	16
Chapitre II : Etude des paramètres climatologiques :	
II.1. Introduction	17
II.2. Caractérisation du climat	17
II.2.1. Diagramme ombrothermique	17

II.2.2.Indice de De Martonne.....	18
II.2.3.Indice d'aridité mensuel.....	19
II.2.4.Indice de Paul Moral	20
II.2.5.Comparaison des indices climatiques	21
II.3.Les précipitations	21
II.3.1.Variations interannuelles des précipitations	23
II.3.2.Variations mensuelles des précipitations	25
II.4.La température	27
II.5.Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	29
II.6.Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR).....	30
II.6.1. Calcul de l'ETR par la méthode de Turc	30
II.6.2. Formule de M. Coutagne	31
II.6.3.Bilan hydrique de Thornthwaite	31
II.6.4.Discussion des résultats	33
II.7.Hydrologie de surface	34
II.7.1.Variations mensuelles des débits	35
II.7.2.Régime annuel des débits	36
II.7.3.Calcul de la lame d'eau écoulée (ou ruissellement)	37
II.8.Le bilan hydrique	37
II.9.Conclusion	40
Chapitre III : Hydrochimie :	
III.1.Introduction	41
III.2.Potentiel d'Hydrogène (pH)	42

III.3.Le calcium	43
III.4.Le Magnésium	44
III.5. Le Sodium	46
III.6.Les Chlorures	47
III.7.Le Potassium	48
III.8.Les Bicarbonates	49
III.9.Les sulfates	50
III.10. Les Nitrates	52
III.11.Conclusion	54
Conclusion générale	55

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

Il est certain que l'augmentation de la demande en eau pour satisfaire les activités humaines accentue les contraintes sur cette ressource. L'accès à l'eau est un enjeu stratégique pour le développement d'une agriculture qui pourra satisfaire les besoins alimentaires croissants des populations locales sans pour autant compromettre l'environnement. Les facteurs naturels tels que : la sécheresse, le changement climatique ont un effet indéniable sur la disponibilité et la qualité des eaux.

La plaine alluviale de l'oued Isser a connu durant ces dernières années un certain essor économique, particulièrement dans le domaine agricole, et ce après l'application du Programme National de Développement de l'Agriculture (PNDA) en 2000 et celui du Fond National pour la Régulation du Développement Agricole (FNRDA) en 2001. Par conséquent, la forte demande en eau a exposé cette ressource à différentes sortes de pollutions (physique et chimique) résultant des activités agricoles.

Il est donc essentiel d'analyser les informations hydroclimatologiques sur la plaine de l'oued Isser et trouver le moyen de les représenter au mieux pour une meilleure compréhension des risques qui pèsent sur celle-ci. L'un des outils les plus efficaces pour visualiser spatialement et temporellement les données hydroclimatologiques est la cartographie numérique qui permet à partir de diverses sources d'organiser, de gérer, d'analyser et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de la plaine.

Pour ce faire, nous présenterons une synthèse utile des connaissances acquises sur le bassin versant de l'oued Isser, suivie d'une étude hydroclimatique mettant en évidence les paramètres climatiques qui influencent le bilan hydrologique, et enfin une représentation sous forme de cartes thématiques des différents éléments chimiques présents dans les eaux de la plaine en utilisant le logiciel MAPINFO v.8.0. Ceci afin de répondre aux questions : Quel est l'élément ? Où se trouve-t-il ? Et à quelle concentration ?

Chapitre I :

**PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE**

I.1. Situation géographique de la plaine de l'oued Isser :

La plaine alluviale de l'oued Isser se situe à environ 60km à l'Est d'Alger, elle est comprise entre les méridiens 3°30' et 3°51' Est et les parallèles 36° 30' et 36° 54' Nord (Fig.1). Ses limites naturelles sont :

- au Nord la mer méditerranée ;
- au Sud un ensemble de Koudiets: koudiet Alliah, Koudiet Bouzougane, Koudiet Ali Bouneb et Koudiet Azesch;
- à l'Est les massifs montagneux de grande Kabylie ;
- à l'Ouest les collines des Issers-Ouidane.

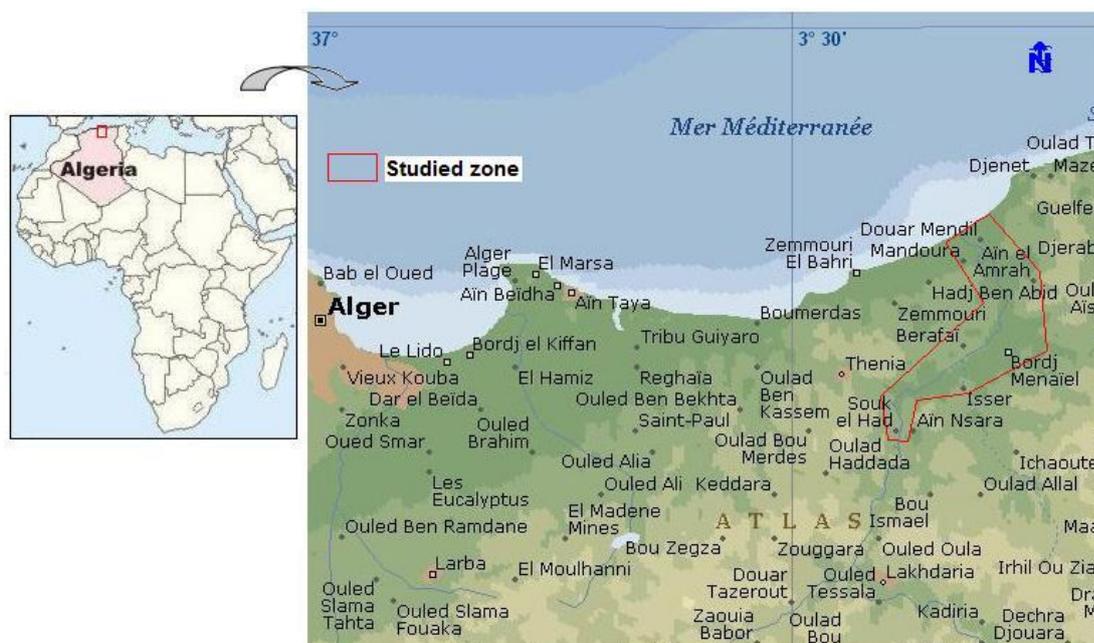


Fig. I.01 – Situation géographique de la plaine alluviale de l'oued Isser

I.2. Superficie et subdivision du bassin versant de l'oued Isser :

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite.

Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de bassin versant topographique.

Le bassin versant de l'Isser est subdivisé en cinq sous bassins portant respectivement les codes 0905, 0904, 0903, 0902 et 0901 sur le répertoire hydrologique de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) :

- le code (0905) représente le sous bassin versant du bas Isser drainé par l'oued Isser ;
- le code (0904) représente le sous bassin versant du moyen Isser drainé par l'Oued Isser ;
- les codes (0901-0902-0903) constituent trois sous bassins qui forment ensemble le sous bassin du haut Isser. Ces sous bassins sont drainés respectivement par les oueds : Malah, Yagour-Malah et Zeroua.

La zone d'étude constitue une partie intégrante du sous bassin versant 0905.

La délimitation de ces différents sous bassins a été réalisée par nos propres soins à l'aide du logiciel MAPINFO v.8, en digitalisant une carte des ressources en eau au 1/50000^e appartenant à l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) (Fig.I.02).

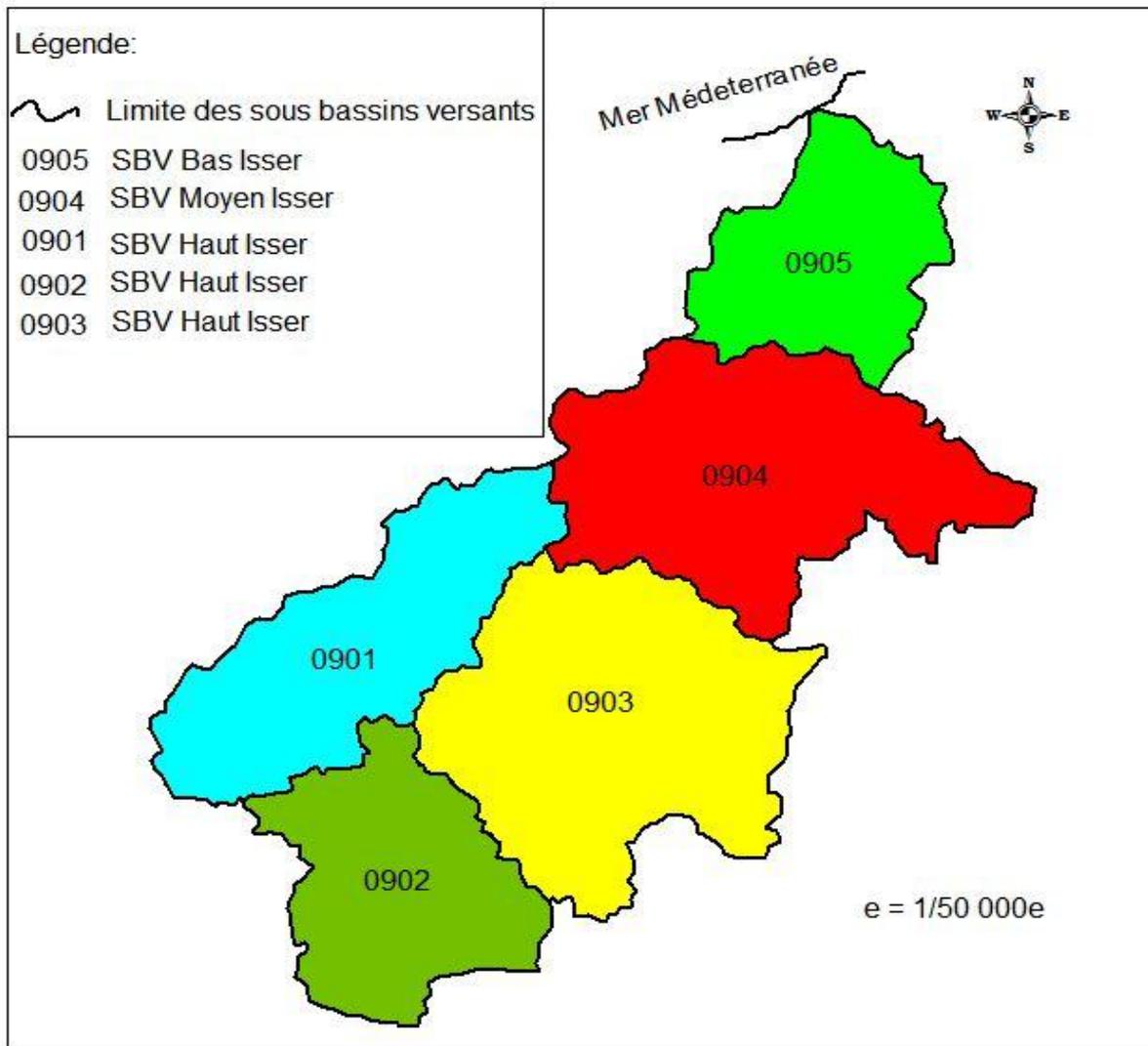


Fig. I.02 - Carte des sous bassins versants de l'Oued Isser.

Les surfaces et les périmètres des différents sous bassins sont présentés dans le tableau : I.01.

Tableau : I.01 - Surfaces et périmètres des sous bassins et du bassin de l'oued Isser

Bassin	0901	0902	0903	0904	0905	09
Surface (km ²)	656	773	1123	1027	539	4118
Périmètre (km)	130.9	155.4	169.5	180.7	113.6	420.7

I.3. Caractéristiques morphométriques du BV de l'oued Isser

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement globale et notamment son temps de réponse. C'est la configuration géométrique projetée sur un plan horizontal.

I.3.1. Indice de compacité de Gravelius (K_c) :

Appelé aussi indice de forme, cet indice caractérisant la forme du bassin versant Il traduit la compacité d'un bassin versant, ce qui influe sur la vitesse de la circulation des eaux, il est calculé par la formule suivante :

$$k_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{S}{\pi}}} ; k_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} = 0.28 \text{ p. s}^{-0.5}$$

Avec :

K_c : indice de Gravelius ;

P : périmètre de bassin versant (km) ;

S : surface de bassin versant (km²).

Les valeurs des indices de compacité de Gravelius du bassin versant de l'oued Isser et ses sous bassin sont résumées dans le tableau : I.02.

Tableau : I.02 - Valeurs de l'indice de compacité de Gravelius des différents sous bassins.

Bassin	BV (09)	SBV (0905)	SBV (0904)	SBV (0903)	SBV (0902)	SBV (0901)
K_c	1.83	1.37	1.57	1.41	1.56	1.43

La valeur élevée de l'indice de compacité du bassin versant de l'oued Isser traduit sa forme allongée, le sous bassin du bas Isser (0905) et le sous bassin (0901) présentent des formes plus ramassées.

I.3.2. Coefficient d'allongement du bassin (K_p) :

$$K_p = \frac{P^2}{S}$$

S : Surface du bassin versant (km²) ;

P : Périmètre du bassin versant (km).

Les valeurs du coefficient d'allongement du bassin de l'oued Isser ainsi que ses sous bassins sont présentées dans le tableau : I.03.

Tableau : I.03 - Valeurs des coefficients d'allongement des différents sous bassins

Bassin	BV (09)	SBV (0905)	SBV (0904)	SBV (0903)	SBV (0902)	SBV (0901)
k_p	42.98	23.94	31.79	25.58	31.24	26.12

I.3.3. Rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius:

Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre (ou le même coefficient de compacité) ;

La notion de rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius, introduite par Roche (1963), permet de comparer facilement des bassins versants entre eux, en ce qui concerne l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

$$L = \frac{K_c \cdot \sqrt{S}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K_c \cdot \sqrt{S}}{1,12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] = \frac{p}{2} - L$$

Avec

K_c : indice de Gravelius

- P : périmètre de bassin versant (km) ;
S : surface de bassin versant (km²) ;
L : longueur du rectangle équivalent (km);
l : largeur de rectangle équivalent (km).

Tableau : I.04 -Longueurs et largeurs des rectangles équivalents des sous bassins de l'oued Isser.

Bassin	SBV (0901)	SBV (0902)	SBV (0903)	SBV (0904)	SBV (0905)	BV (09)
L (km)	53.12	65.82	67.84	76.36	44.71	188.07
l (km)	12.33	11.88	22.91	13.99	12.09	21.90

I.3.4. Répartition des surfaces en fonction des altitudes :

La courbe hypsométrique représente une sorte de profil du bassin, sa pente moyenne exprimée en m/km² est un élément synthétique de comparaison de sa topographie.

Le tracé des courbes hypsométriques des sous bassins versant, a été effectuée à partir de 15 cartes topographiques à l'échelle 1/50 000 (Mancer N., 2000), ces courbes ont permis de définir les altitudes caractéristiques des différents sous bassins à savoir :

- L'altitude moyenne correspondant à la moyenne pondérée par la surface partielle;
- L'altitude de fréquence ½ obtenue à partir de l'ordonnée 50% de la courbe hypsométrique ;
- L'altitude la plus fréquente, c'est le maximum des fréquences altimétriques.

Les résultats de calcul sont consignés dans le tableau : I.05.

Tableau : I.05 -Valeurs des altitudes caractéristiques des différents sous bassins (Mancer N., 2000)

	BV (09)	SBV (0905)	SBV (0904)	SBV (0903)	SBV (0902)	SBV (0901)
Alt. Moyenne (m)	550	200	560	680	630.8	886.4
Alt. 50% (m)	700	200	570	740	774.9	959.09
Alt. plus fréquente (m)	600-700	0-100	600-700	600-700	600-700	900-1000
Alt. Min. (m)	5	5	90	360	390	600
Alt. max. (m)	1720	900	1200	1630	1250	1720

I.4. Le réseau hydrographique :

L'oued Isser prend sa source dans la région de Tablat (wilaya de Médéa) suite à la jonction de l'oued Mellah Est et de l'oued Mellah Ouest.

Au niveau du Moyen Isser, l'oued Isser reçoit sur sa rive droite deux affluents majeurs : oued Mallah et oued Molba.

À partir des gorges de Lakhdaria, l'oued Isser appartient au SBV du Bas Isser et coule encaissé entre les formations calcaires et métamorphiques jusqu'à Souk El Had. Puis jusqu'à son embouchure en méditerranée sur environ 35km, il traverse les alluvions quaternaires de la plaine alluviale du Bas Isser. Celui-ci reçoit d'amont en aval :

- sur la rive gauche: l'oued Menada, l'oued Ben Ridjel et l'oued Hazine ;
- sur la rive droite : l'oued Djemaâ, l'oued Ménaïel, l'oued Bou Ziane et l'oued Aoudja.

On peut noter que le cours de l'oued Isser est marqué par de nombreux méandres dus aux pentes topographiques faibles ainsi qu'aux affleurements du substratum marneux et argileux.

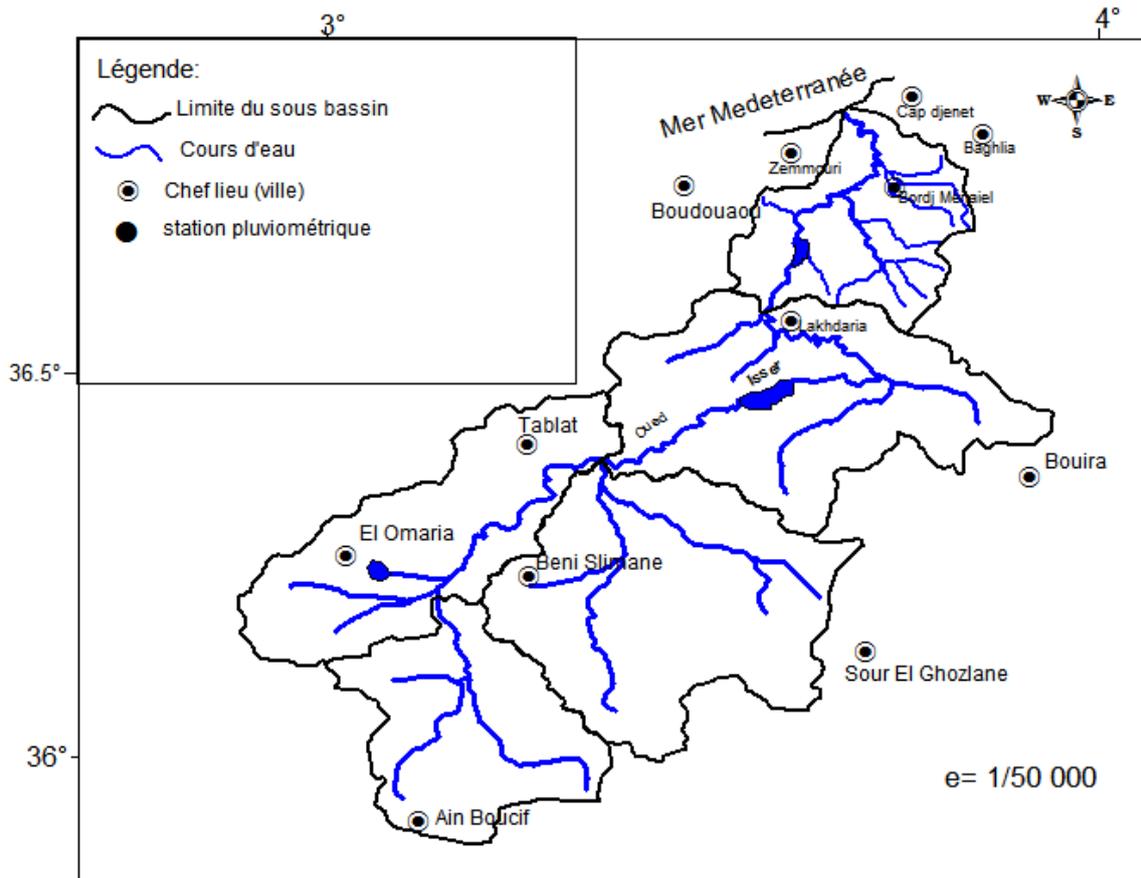


Fig.I.03 - Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Isser.

I.4.1. Densité de drainage :

C'est la longueur totale de tous les talwegs du bassin, elle est calculée par la formule

suivante :

$$D_d = \frac{L_x}{S} \quad \text{avec :}$$

L_x : longueur total des talwegs en (Km) ;

S : surface du bassin versant en (Km²).

D_d : (km/km²)

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau : I.06

Tableau : I.06 -Densités de drainage des différents sous bassins versants

Bassin	Lx (km)	S (km ²)	Dd (km/km ²)
Haut Isser (0901+0902+0903)	8327.2	2552	3.3
Moyen Isser (04)	3133.9	1027	3.0
Bas Isser (05)	5810	539	10.8
Bassin versant de l'Isser	25598.1	4118	6.2

I.4.2. Fréquence des cours d'eau :

Elle représente le nombre de talwegs par unité de surface, elle est donnée par la formule suivante :

$$F_s = \frac{N}{S}$$

Avec :

F_s : fréquence des cours d'eau ;

N : nombre de cours d'eau ;

S : surface exprimée en km²

Les résultats des fréquences obtenus sont reportés dans le tableau : I.07

Tableau : I.07 -Fréquences des cours d'eau pour les différents sous bassins

Bassins	N	S (km ²)	F _s
Haut Isser	23165	2552	9.1
Moyen Isser	12047	1027	11.7
Bas Isser	5829	539	10.8
Bassin versant de l'Isser	64206	4118	15.6

1.5. Aperçu géologique sur la région de l'oued Isser :

Du point de vue stratigraphique, la région est marquée par la présence de terrains métamorphiques précambriens, recoupés localement par des intrusions de roches basiques et acides, ainsi que par la présence de formations quaternaires.

Les dépôts quaternaires sont représentés sous forme de terrasses alluviales et marines, correspondant à la fois aux lits mineur et majeur de l'oued Isser. Les terrasses alluviales, sont liées dans leur formation et dans leur répartition géographique, aux différents déplacements latéraux de l'oued Isser.

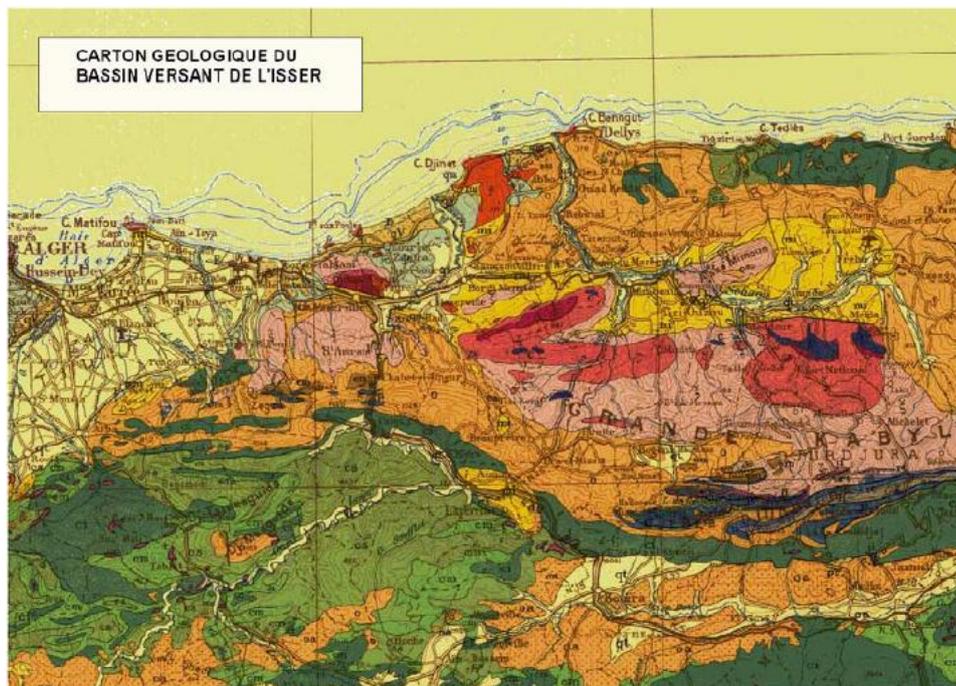


Fig.I.04 - Carte géologique du bassin de l'Isser (Ficheur E. 1895)

I.6. Contexte socioéconomique de la plaine de l'oued Isser :

La plaine de l'oued Isser est caractérisée par une activité agricole très importante du fait des dépôts alluvionnaires actuels qui sont composés des sols très fertiles. Nous disposons des données relatives aux productions agricoles pour l'année 2010-2011.

I.6.1. Les caractéristiques du secteur agricole :

On distingue trois principales zones :

-Zone du littoral : Elle comprend essentiellement les plaines de la Mitidja, bas Sebaou et la vallée d'Isser, la pente varie de 0 - à 3 % .Elle se caractérise par des sols à hautes potentialités agronomiques, de texture sablo limoneuse propices pour la pratique d'une agriculture en intensive : arboriculture en irrigué et maraichage de primeur notamment.

- Zone de piémonts : Se distingue par des sols le plus souvent accidentés et exposés à l'érosion, la pente varie de 7 à 12,5 % et la pluviométrie oscille entre 500 mm à 700 mm/an. Ce sont des sols propices à la pratique de la céréaliculture, des fourrages et l'arboriculture fruitière ; la texture dominante est argilo limoneuse.

- Zone de montagne : Se caractérise par des sols argileux et profonds à pente située entre 7 à 12,5 % formant principalement les massifs montagneux le plus souvent recouverts de végétation hétéroclite. Cette diversité d'espèces constitue un atout important pour la pratique de l'apiculture source de revenus supplémentaires pour les agriculteurs. La pluviométrie varie de 900 mm/an à 1400 mm/an.

I.6.2. Répartition du foncier agricole :

- Superficie

Superficie agricole totale (SAT) : 98,864 Ha

Superficie agricole utile (SAU) : 65,01 Ha dont 12,2 Ha irrigué

Parcours + inculte : 33,854 Ha

- Répartition par zones agricoles :

Zone de plaine : 33,805 Ha soit 52% de la SAU ;

Zone de piémonts : 16,918 Ha soit 26% de la SAU ;

Zone de montagne : 14,287 Ha soit 22% de la SAU (Fig.I.05).

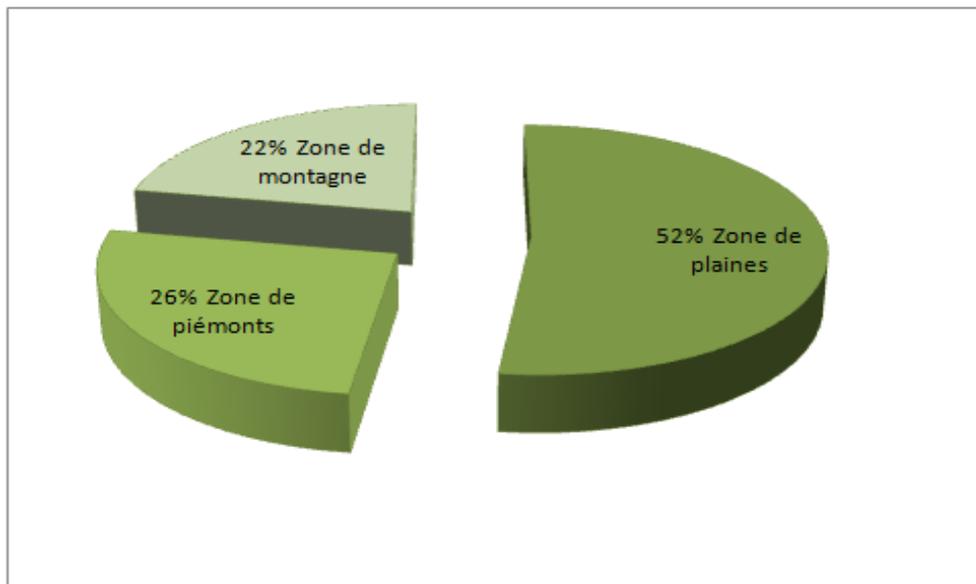


Fig.I.05 -Répartition des différentes zones agricoles (DSA ,2011)

- Répartition suivant la forme juridique :

Patrimoine de l'état : 40 245 Ha ;

Terres privées : 24 765 HA (Fig.I.06).

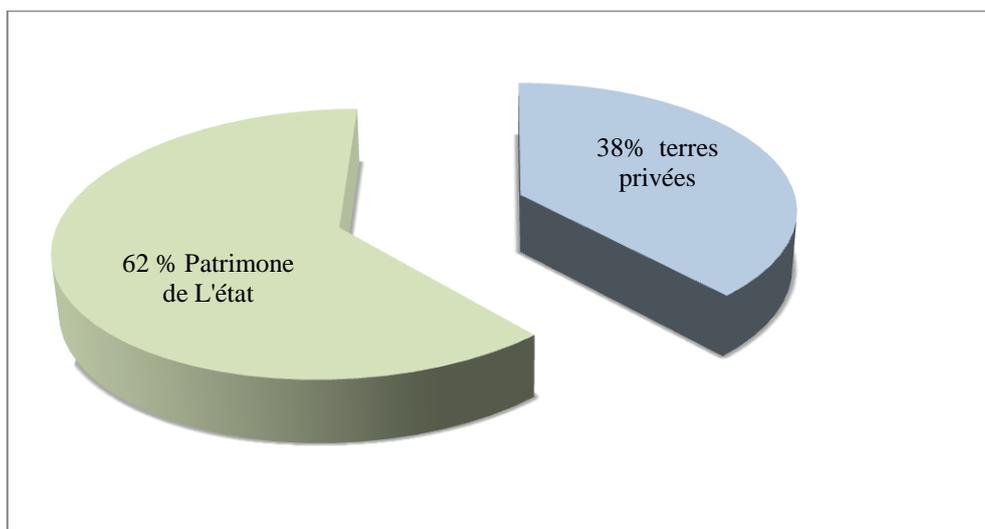


Fig.I.06 -Répartition des terres en fonction de la forme juridique (DSA, 2011)

I.6.3. Productions agricoles :

Tableau : I.08 -productions agricoles dans le sous bassin 0905 de l'Oued Isser (DSA, 2011)

type	Céréales d'hiver Qx	huile olive (L)	pomme de terre (Qx)	Agrumes (Qx)	cultures fruitières (Qx)	Bovins (tête)	Caprins (tête)	Ovins (tête)
total	5 960	21 154	236300	158780	363266	9489	2040	27845

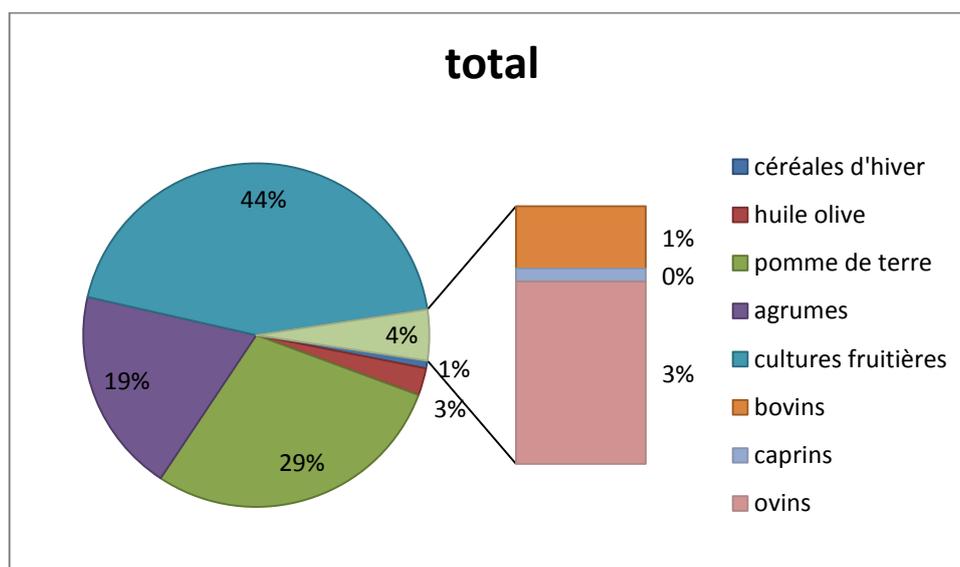


Fig.I.07 -Rapport des filières de production au total du produit (DSA, 2011).

I.6.4. Aperçu sur les quantités d'engrais chimiques utilisées :

Ces taux de production importants sont possibles grâce à l'épandage de grandes quantités d'engrais chimiques (Tableau : I.08). Ce qui est nuisible à l'environnement, notamment l'eau de surface et souterraine qui est l'élément le plus vulnérable à la pollution chimique surtout par le processus du lessivage.

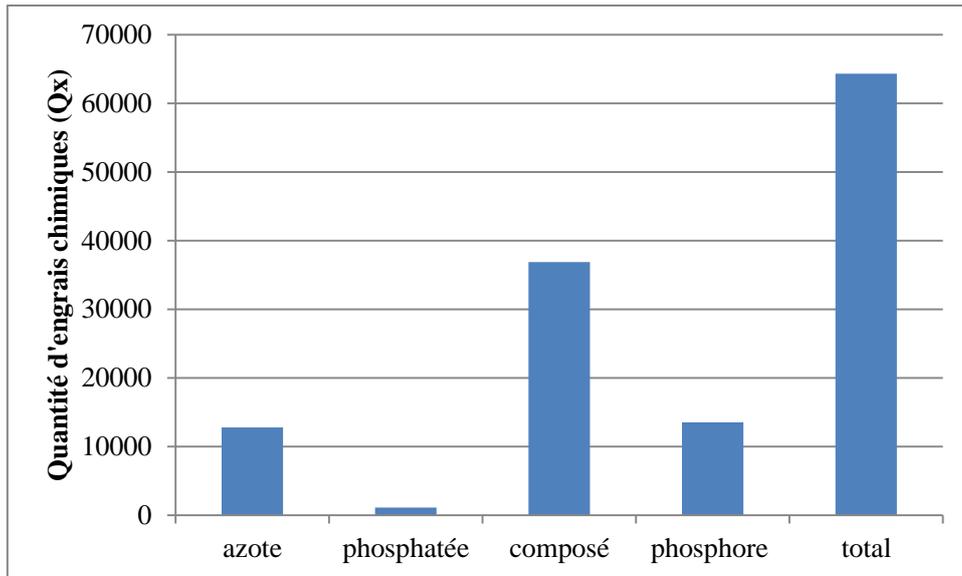


Fig.I.08 -Quantité d'engrais chimiques utilisés dans la plaine de l'oued Isser (DSA, 2011).

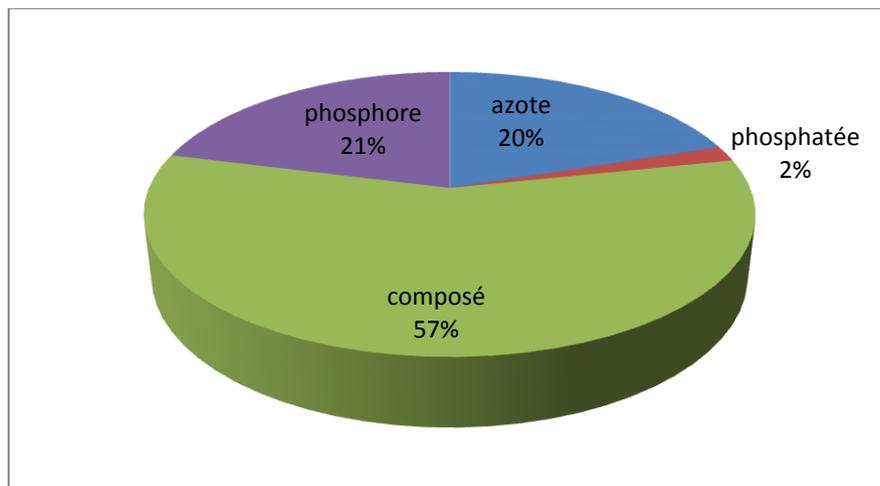


Fig.I.09 -Part de chaque type d'engrais utilisés (DSA, 2011)

1.7. Conclusion :

La situation géographique du bassin versant de l'oued Isser est d'une importance stratégique, elle représente le carrefour de quatre grande Willaya (Alger, Boumerdes, Bouira et Tizi ousou).

L'indice de compacité de Gravelius relative au bassin versant de l'Isser (1.83) traduit sa forme allongée donc, le temps d'acheminement des eaux à l'exutoire est assez faible, quant au sous bassin 0905 présente une forme plus ramassée donc un temps d'acheminement important.

Les reliefs du bassin versant de l'oued Isser présente une hétérogénéité de répartition, on constate que les altitudes les plus élevée sont caractéristique de la zone Sud et qui diminuent tout en se dirigeant vers le Nord, le sous bassin 0905 présente les plus basses altitudes ($\leq 200\text{m}$), ce qui rend de l'agriculture intensive l'activité principale des populations locales.

Chapitre II :

ETUDE DES PARAMETRES CLIMATIQUES

II.1. Introduction :

L'eau est un fluide sans cesse en mouvement qui passe d'un réservoir à un autre par l'intermédiaire de plusieurs mécanismes:

- l'évaporation,
- la transpiration des végétaux,
- les précipitations,
- le ruissellement,
- l'infiltration.

Nous allons tenter donc d'estimer les différents flux d'eau intervenants dans le cycle de l'eau à l'échelle du sous bassin versant du Bas Isser (0905) afin d'en établir le bilan hydrologique.

Ce travail consiste à analyser les séries de données, anciennes et récentes, des différents facteurs climatologiques pouvant intervenir dans le bilan hydrologique. Il s'agit essentiellement d'une collecte de données effectuée au niveau des organismes suivants :

- l'Office National de la Météorologie (ONM) ;
- l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

II.2. Caractérisation du climat :

La caractérisation du climat d'une zone donnée à l'aide d'indices ou de diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement en compte l'offre pluviométrique, la demande en évaporation et les températures. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

II.2.1. Diagramme ombrothermique :

Un mois sec se définit, selon (Bagnouls et Gaussen, 1953, 1957) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T^\circ$). Ainsi, on constate que la saison sèche est formée par plusieurs mois secs consécutifs. Le diagramme de Gaussen (figure) permet de mettre en évidence une saison humide débutant au mois d'octobre qui se termine au mois de mai, et une saison sèche qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois de septembre (Fig.II.01).

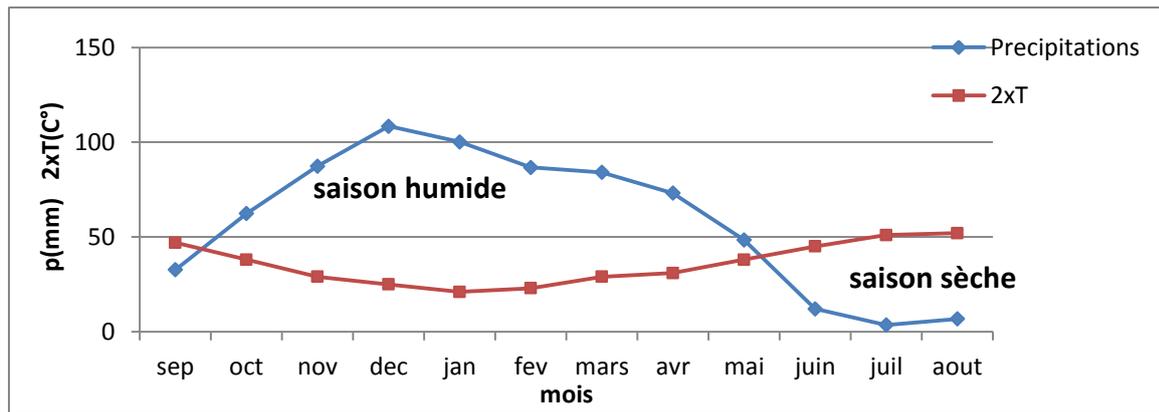


Fig.II.01 -Diagramme ombrothermique de la plaine de l'oued Isser.

II.2.2. Indice de De Martonne:

Cet indice est fonction des températures et des précipitations ; il est calculé par la relation suivante :

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

Avec :

I : indice d'aridité ;

P : précipitations moyennes annuelles en mm ;

T : températures moyennes annuelles en °C.

Application :

P = 706mm

T = 17,87° C

Ce qui donne :

I = 25,33

Suivant les valeurs de (I), De Martonne a établi la classification suivante :

$I < 5$: climat hyperaride ;

$5 < I < 7,5$: climat désertique ;

$7,5 < I < 10$: climat steppique ;

$10 < I < 20$: climat semi-aride ;

$20 < I < 30$: climat tempéré.

La plaine de l'oued Isser bénéficie d'un climat tempéré.

II.2.3. Indice d'aridité mensuel:

L'indice d'aridité mensuel est défini par la relation suivante :

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

Avec :

I : Indice d'aridité mensuel ;

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm ;

T° : Température moyenne mensuelle en °C.

Tableau : II.01 -Valeurs de l'indice d'aridité mensuel.

Mois	I	Etage bioclimatique
Septembre	11,72	Semi-aride
Octobre	25,8	Tempéré
Novembre	42,79	Humide
Décembre	57,85	Humide
Janvier	58,67	Humide
Février	48,41	Humide
Mars	41,18	Humide
Avril	34,43	Humide
Mai	20,07	Tempéré
Juin	4,47	Hyper aride
Juillet	1,22	Hyper aride
Aout	2,26	Hyper aride

II.2.4. Indice de Paul Moral :

Les résultats précédents sont confirmés par l'indice pluviométrique de Moral (IM), qui utilise aussi la hauteur annuelle des précipitations (en mm) et les températures moyennes annuelles en °C. Cet indice permet de dire :

Si $IM < 1$ on a climat sec et si $IM > 1$ on a climat humide.

$$IM = \frac{P}{(T2 - 10T + 200)}$$

Pour :

$$P = 706 \text{ mm}$$

$$T = 18,87 \text{ °C}$$

Ce qui donne

$$IM = 2,07 > 1$$

On peut dire que le climat de la plaine de l'oued Isser est humide,

II.2.5. Comparaison des indices climatiques :

Sachant que les éléments climatiques les plus importants pour caractériser un climat sont les précipitations et les températures ; les méthodes combinant ces éléments sont plus intéressantes que celles qui incluent un seul élément. Toutes ces méthodes ont qualifié le climat de la plaine de l'oued Isser comme étant humide.

II.3. Les précipitations :

L'étude des précipitations présente un intérêt considérable en hydroclimatologie, car c'est la seule et unique source de réalimentation des ressources en eau superficielles et souterraines ainsi ce paramètre présente des fluctuations spatio-temporelles (des variations mensuelles et annuelles sont à étudier).

Le bassin versant de l'oued Isser dispose d'un réseau de surveillance pluviométrique assez dense (près de 40 stations de surveillance), mais la quasi-totalité présente de grande lacune dans les séries d'observations (Fig.II.02).

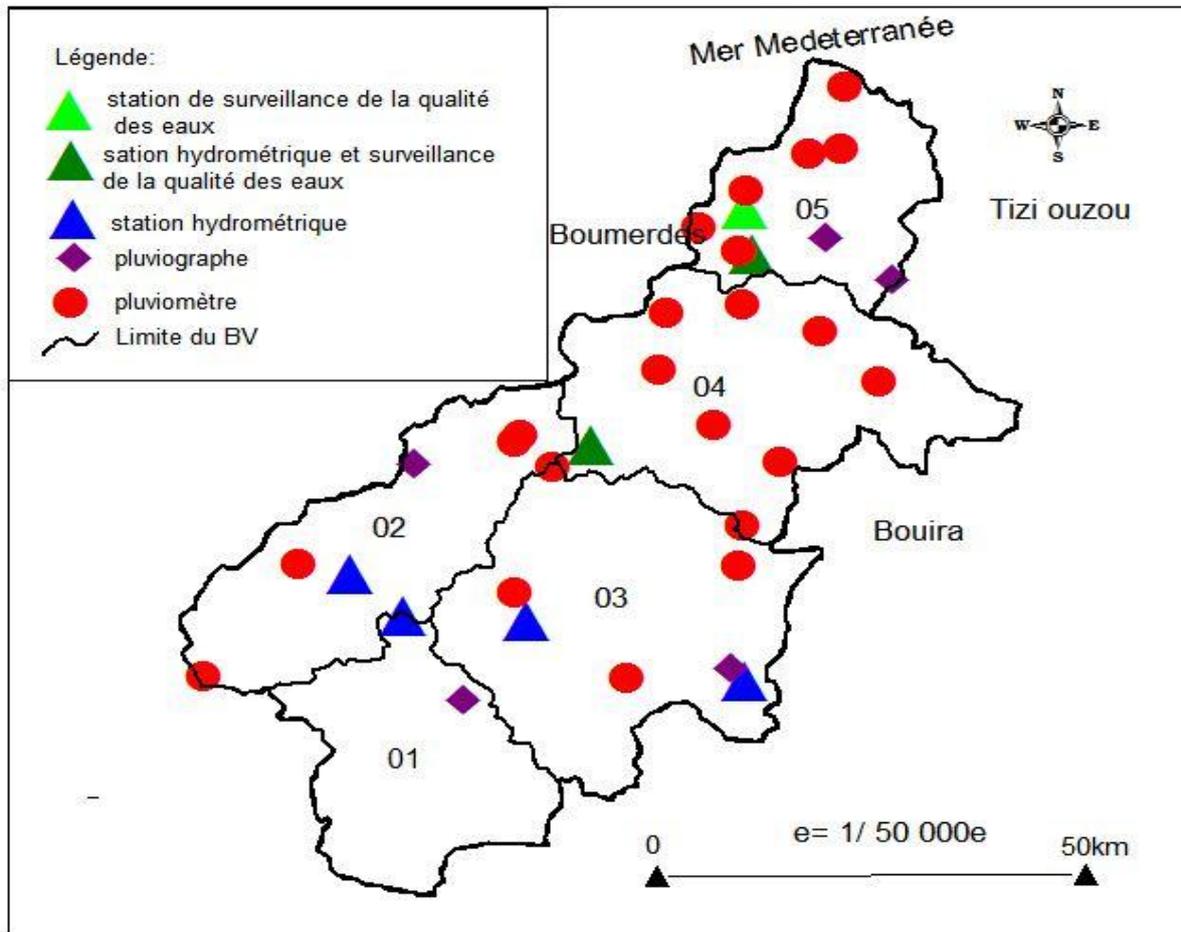


Fig.II.02 - Répartition des stations de surveillance pluviométrique et hydrométrique

Nous disposons des données de trois stations situées dans le sous bassin versant du Bas Isser (0905) comme mentionné dans le tableau : II.02.

Tableau : II.02 -Caractéristiques des stations climatiques retenues (ABH, 2005).

Sous bassins versants	Noms des stations	Codes	Altitudes (m)	X (km)	Y (km)	Périodes considérées
Bas Isser (0905)	Bordj-Ménaïel	090510	27	591,000	390,250	1971-1995
	Pépinière					
	Tizi Gheniff	090506	415	596,300	366,100	1970-2003
	Lakhdaria Gorges	090502	50	579,000	369,500	1970-2003

II.3.1. Variations interannuelles des précipitations :

L'analyse des histogrammes des variations annuelles des précipitations fait ressortir ce qui suit :

Pour la station 090502 sur la période de 1968 à 2008 :

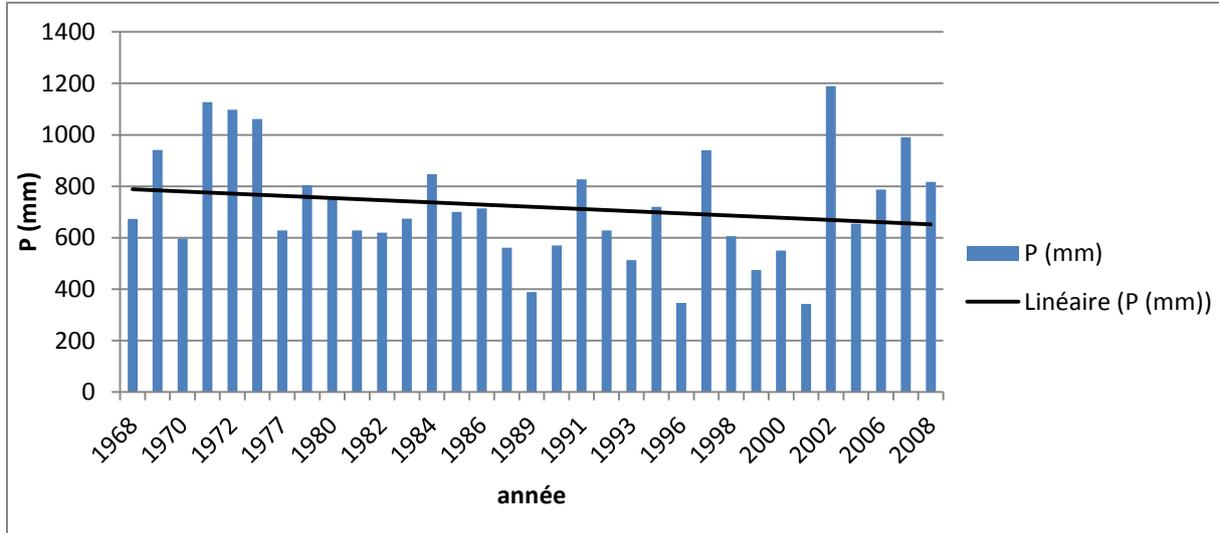


Fig.II.03 -Evolution des précipitations annuelles à la station 090502 pour la période de (1968-2008).

- L'année la plus arrosée est l'année : 2002 avec 1189,2 mm
- L'année la plus sèche est l'année : 1996 avec 346,9 mm
- La courbe de tendance démontre une diminution de l'ordre de 200 mm sur la période allant de 1968 à 2008 soit 6,66 mm chaque année (Fig.03).

Pour la station 090510 sur la période de 1965 à 1996 :

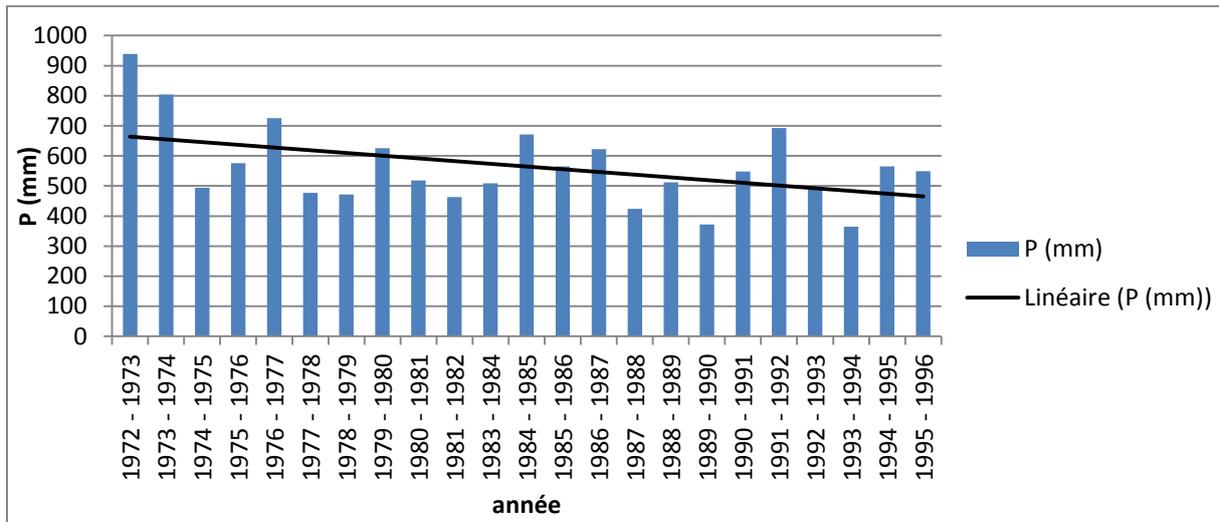


Fig.II.04 -Evolution des précipitations annuelles à la station 090510 pour la période de (1972-1996).

- L'année la plus arrosée est l'année : 1972 – 1973 avec 939,16 mm
- L'année la plus sèche est l'année : 1987 – 1988 avec 423,5 mm
- La courbe de tendance démontre une diminution très importante allant de 650 mm

à 450 mm qui de l'ordre de 200 mm soit 8,33 mm chaque année (Fig.II.04)

Pour la station 090506 sur la période de 1968 à 2003 :

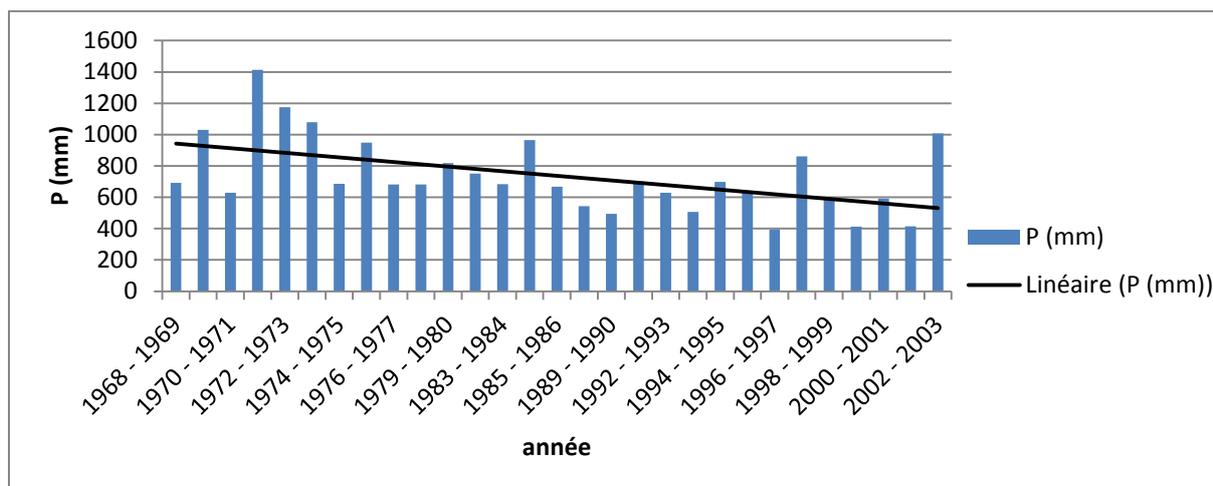


Fig.II.05 -Evolution des précipitations annuelles à la station 090506 pour la période de (1968-2003).

- L'année la plus arrosée est l'année : 1971 – 1972 avec 1410 mm.
- L'année la plus sèche est l'année: 1996 – 1997 avec 395,1 mm
- La courbe de tendance démontre une diminution très importante des volumes des précipitations allant de 900mm à 500mm ce qui est de l'ordre de l'ordre de 45% des précipitations sur la période de 1968-2003 soit 14,28mm chaque année (Fig.II.05)

II.3.2. Variations mensuelles des précipitations :

L'analyse des courbes des variations de précipitations montrent que :

Pour la station 090506 :

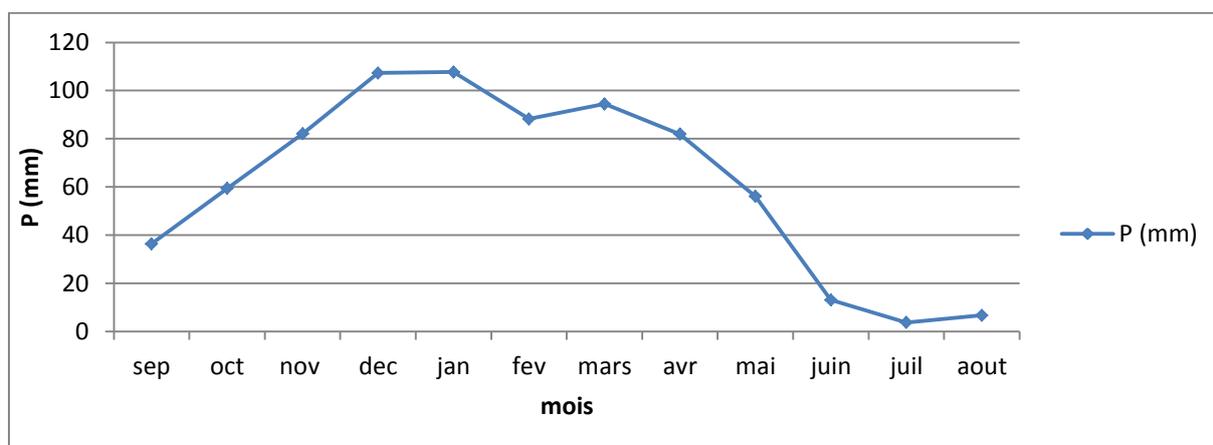


Fig.II.06 -Variations des précipitations moyennes mensuelles à la station 090506.

- Le mois le plus pluvieux est le mois de janvier avec une moyenne de 107,7 mm ;
- Le mois le plus sec est le mois de juillet avec une moyenne de 3,71 mm (Fig.II.06).

Pour la station 090510 :

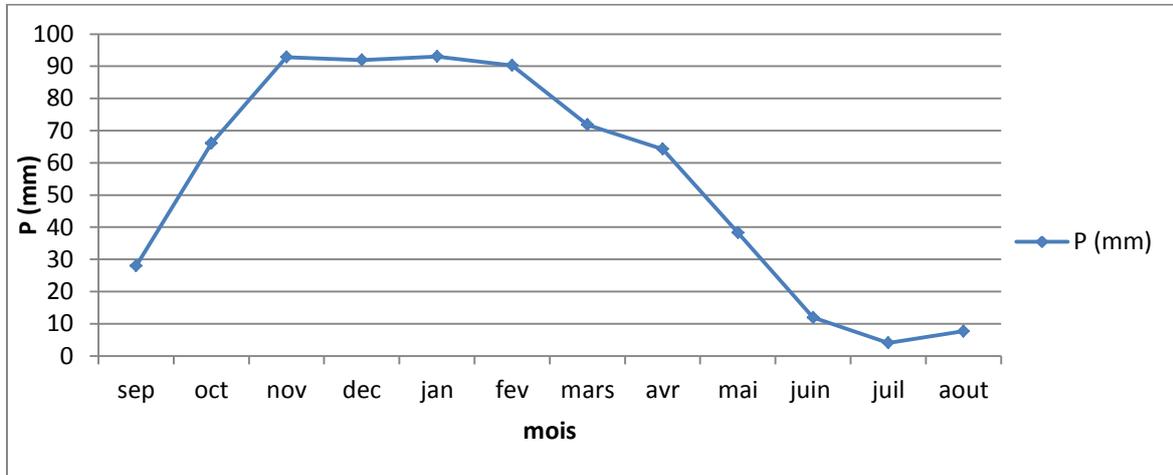


Fig.II.07 -Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station 090510.

- Le mois le plus pluvieux est le mois de janvier avec une moyenne de 93,03 mm
- Le mois le plus sec est le mois de juillet avec une moyenne de 4,10 mm (Fig.II.07)

Pour la station 090502 :

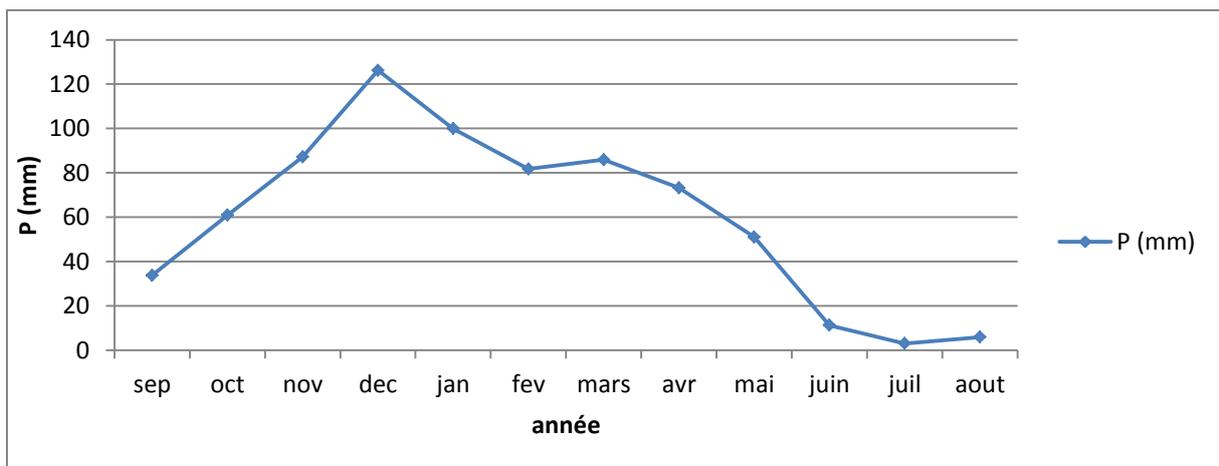


Fig.II.08 -Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station 090502.

Pour étudier l'évolution de la température, nous disposons des données des stations présentées dans le tableau ;

Tableau : II.03 -Températures moyennes mensuelles annuelles en (°C).

Stations	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	Moyennes annuelles	Périodes
Thénia	24	19	15	13	11	12	15	16	20	23	26	27	18	1952-1960
Issers	23	19	14	12	10	11	14	15	18	22	25	25	17	1952-1961

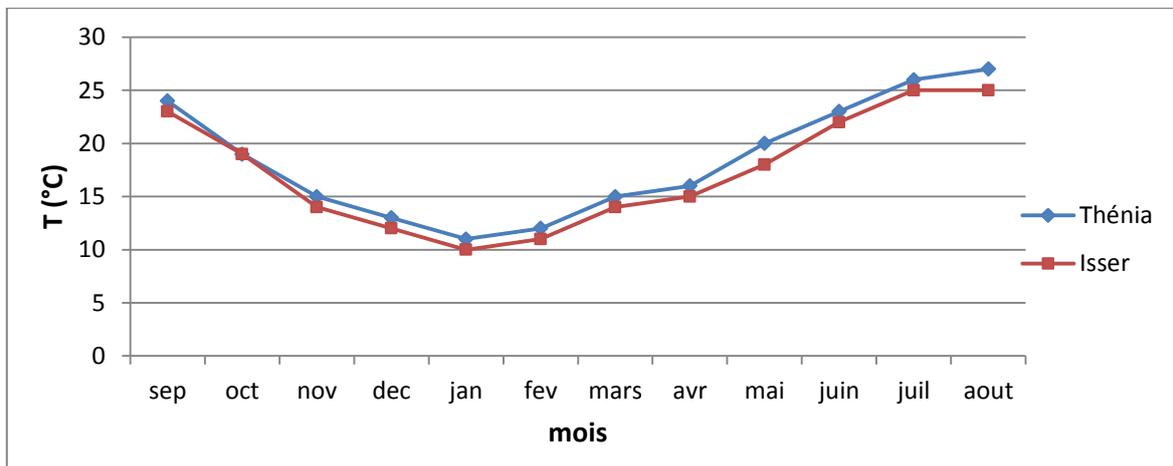


Fig.II.10 -Courbe de variations des températures pour les stations de Thénia et les Isser.

- On constate que le mois le plus chaud est le mois de juillet et aout avec 25°C
- Le mois le plus froid est le mois de janvier avec 10°C, la variation de la température ne présente pas de grandes fluctuations. Les températures des deux stations présentent une certaine concordance.

II.5. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur.

L'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique.

L'estimation de ce paramètre a été faite à l'aide de la formule de G.W.Thornthwaite. L'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1948 une expression pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle. Le développement de cette expression donne la formule suivante :

$$ETP = 16 (10T/I)^a$$

Où

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

T : température moyenne du mois en (°C)

$I = \sum i$ et $i = (T/5)^{1,514}$

$a = (1,6.I/100) + 0.5$ (D'après Serra L. 1954)

Les valeurs obtenues sont corrigées par un coefficient de correction k qui dépend de la latitude du bassin. Les résultats sont présentés dans le tableau : II.04.

Tableau : II.04 -Valeurs de l'ETP par la formule de Thornthwaite.

Paramètres	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	Total annuel
ETP_{nc} (mm)	106,76	72,35	44,12	33,63	24,44	28,87	44,12	49,85	72,35	98,6	123,97	128,45	/
k	1,03	0,97	0,85	0,83	0,86	0,84	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	/
ETP_c (mm)	109,96	70,18	37,50	27,91	21,02	24,25	45,44	54,83	87,54	120,29	153,72	149	901,66

On distingue :

- L'ETR (évapotranspiration réelle) : qui est la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée ;
- et L'ETP (évapotranspiration potentielle) : qui est la quantité d'eau qui pourrait être évapotranspirée si le sol contenait suffisamment d'eau.

II.6. Estimation de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

Elle peut se faire à l'aide de deux formules parmi tant d'autres :

II.6.1. Calcul de l'ETR par la méthode de Turc :

L'ETR est calculée par la formule suivante :

$$ETR = P / (0,9 + p2/L2)^{1/2}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : température moyenne annuelle (C°) ;

L : pouvoir évaporant, $L = 300 + 25T + 0,05T^3$;

ETR : évapotranspiration réelle (mm).

Soit ETR = 586,1 mm.

Ce qui présente 87 % des précipitations.

II.6.3. Formule de M. Coutagne :

Elle s'écrit de la manière suivante :

$$ETR = P - \lambda P^2 \quad \text{avec :}$$

$$\lambda = 1 / (0,8 + 0,14T) ;$$

P : précipitation moyenne annuelle en (m).

L'application de cette formule est conditionnée par la relation suivante :

$$1/8\lambda \leq p \text{ (m)} \leq 1/2\lambda ; \text{ ce qui est vérifié dans notre cas ;}$$

$$\lambda=0,30 ;$$

$$0,42 \leq 0,6741 \leq 1,66 ;$$

$$\text{Soit : } ETR = 537,8 \text{ mm}$$

Ce qui représente 79,8 % des précipitations.

II.6.4. Bilan hydrique de Thornthwaite :

D'une manière générale, la valeur de la RFU est estimée à 100mm en climat tempéré, et jusqu'à 300mm en pays aride. Le tableau donne les valeurs de la RFU déterminées par les pédologues, selon le type de sol et les plantes qui s'y trouvent.

Tableau : II.05 -Réserves utiles évaluées par les pédologues.

Cultures	Sols sablonneux	Sols argilo-sablonneux	Sols argileux
Maraîchères	95	80	70
Céréalières	50	130	130
Alfa-Luzerne	70	170	170
Arbres fruitiers	100	200	170

Vu la nature alluvionnaire des dépôts (sables et graviers argileux...etc.) qui constituent les réservoirs aquifères de la plaine de l'oued Isser, le climat tempéré et le type de cultures qui s'y développent (cultures maraîchères et arbres fruitiers), nous nous proposons d'estimer le bilan hydrique de l'aquifère du Bas Isser, en partant d'une valeur de la RFU égale à 100mm tout en considérant ce qui suit :

Si $P > ETP_c \rightarrow ETR = ETP_c$: il reste une quantité d'eau $P - ETP_c$ qui va alimenter la RFU, s'il reste encore de l'eau, on aura un excédent sous forme de ruissellement ;

Si $P < ETP_c$ et la RFU = 0 : on aura $ETR = P$;

Si $P < ETP_c$ et la RFU $\neq 0$: deux cas sont possibles :

$$P + RFU > ETP_c \rightarrow ETR = ETP_c$$

$$P + RFU < ETP_c \rightarrow ETR = P + RFU$$

Si malgré l'apport de la RFU, l'ETR reste toujours inférieure à l' ETP_c : il y aura déficit agricole (DA) tel que : $DA = ETP_i - (P_i + RFU_{i-1})$, où i est le mois en cours et i-1 représente le mois précédent.

Tableau : II.06 -Valeurs du bilan hydrique de Thornthwaite.

Paramètres	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juil	août	Total annuel
<i>P (mm)</i>	32,72	62,34	87,36	108,48	100,23	86,74	84,08	73,16	48,5	12,1	3,62	6,8	706,15
<i>ETP_c (mm)</i>	109,96	70,18	37,50	27,91	21,02	24,25	45,44	54,83	87,54	120,29	153,72	149	901,66
<i>P-ETP_c (mm)</i>	-76,28	-7,84	49,86	80,57	79,21	62,49	38,64	18,33	-39,04	-108,19	-149,38	-144,2	
<i>ETR (mm)</i>	32,72	62,34	37,50	27,91	21,02	24,25	45,44	54,83	87,54	12,1	3,62	6,8	392,36
<i>RFU (mm)</i>	0	0	49,86	100	100	100	100	100	60,96	0	0	0	610,82
<i>Excédent (mm)</i>	0	0	0	58,34	79,21	62,49	38,64	18,33	0	0	0	0	257,01
<i>Déficit agricole (mm)</i>	77,24	7,84	0	0	0	0	0	0	0	108,19	150,1	142,2	387,57

II.6.4. Discussion des résultats :

De l'examen l'analyse de ce bilan, nous retenons les points suivants :

Septembre – octobre :

Les précipitations (p) sont inférieures à l'ETP_c, la réserve du sol est nulle. L'ETR est égale à P, P – ETP donne des valeurs négatives, qui correspondent au déficit hydrique du mois.

Novembre :

Les précipitations sont supérieures à l'ETP, l'ETR est égale à l'ETP_c, la différence P – ETP_c sert à la reconstitution des réserves du sol.

De Décembre jusqu'à Avril :

Les précipitations sont supérieures à l'ETP_c, l'ETR est égale à l'ETP_c, la réserve utile est portée à son maximum (100 mm). La quantité de l'excédent dépassant les réserves cumulées, constituent surplus disponible au ruissellement.

Mai :

Les précipitations sont inférieures à l'ETP, $RFU \neq 0$, $P + RFU > ETP_c$, donc l'ETP_c égale à l'ETR.

Juin jusqu'à aout :

Les précipitations sont inférieures à l'ETP_c, la RFU étant épuisée au mois de Mai, donc l'ETR est égale aux précipitations du mois correspondant, le déficit agricole est égale à $ETP_c - P$.

II.7. Hydrologie de surface :

Le bassin de l'Isser compte 8 stations hydrométriques (tableau), parmi lesquelles 4 sont implantées sur le haut Isser, celle de la traïlle (090408) contrôle les sortie de ce dernier. Les mesures des débits nous ont été transmises par la DRC de Blida (Direction Régionale Centre de l'ANRH).

La station de Lakhdaria (090501), quantifie les entrées vers le bas Isser, par contre les sorties à l'embouchure ne sont pas contrôlées.

Tableau : II.07 -Caractéristiques géographiques des stations hydrométriques du bassin versant de l'Isser

code	nom	X	Y	Z	Sous bassin contrôlé
090408	La traïlle (tablat)	559.25	343.25	349	Haut Isser
090501	Lakhdaria	579.10	368.75	90	Haut et moyen Isser
050902	Bou hamoud				
090416	O. djemaa				
090205	El Omaria	533.35	327.30	658	O. El Besbes
090101	Mezahim	539.70	322.65	585	O. Malah Ouest
090305	Beni Slimane	557.55	322.25	600	O. Malah Est
090309	Dechmya	578.25	316.45	810	O. Zeroua

II.7.1. Variations mensuelles des débits :

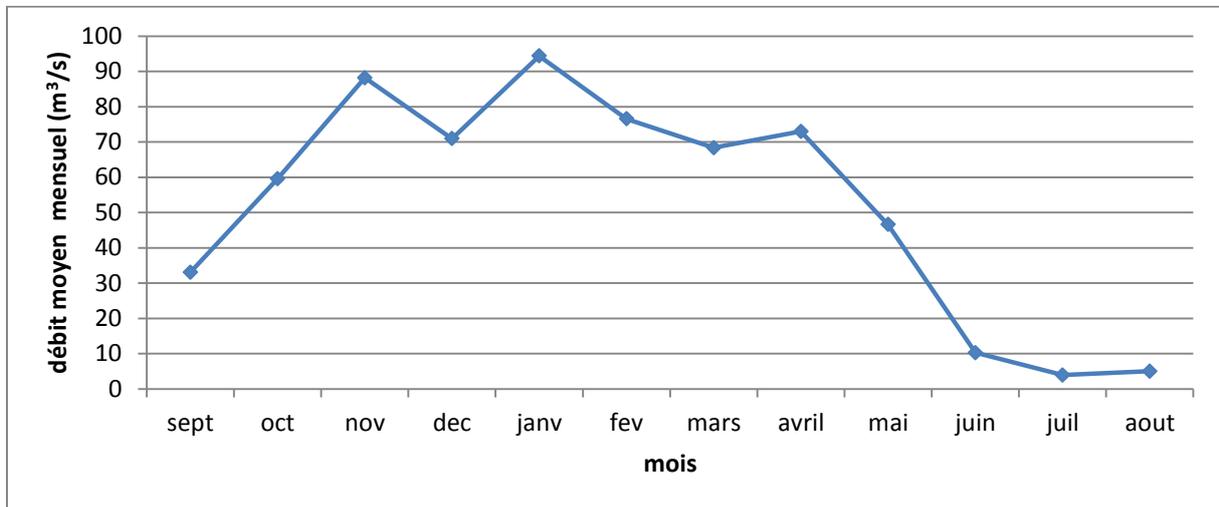


Fig.II.11 -Variation des débits moyens mensuels de l'oued Isser à la station de Lakhdaria.

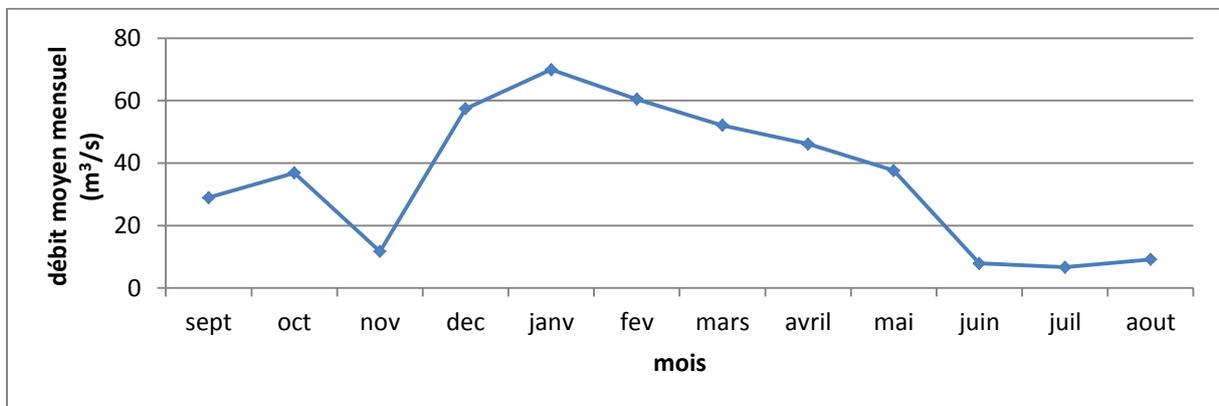


Fig.II.12 -Variation des débits moyens mensuels à la station de la Traille (Tablat).

II.7.2. Régime annuel des débits :

Nous disposons des données de trois stations : la Traille et Lakhdaria, cette dernière nous servira de base à l'établissement de l'équation du bilan hydrique.

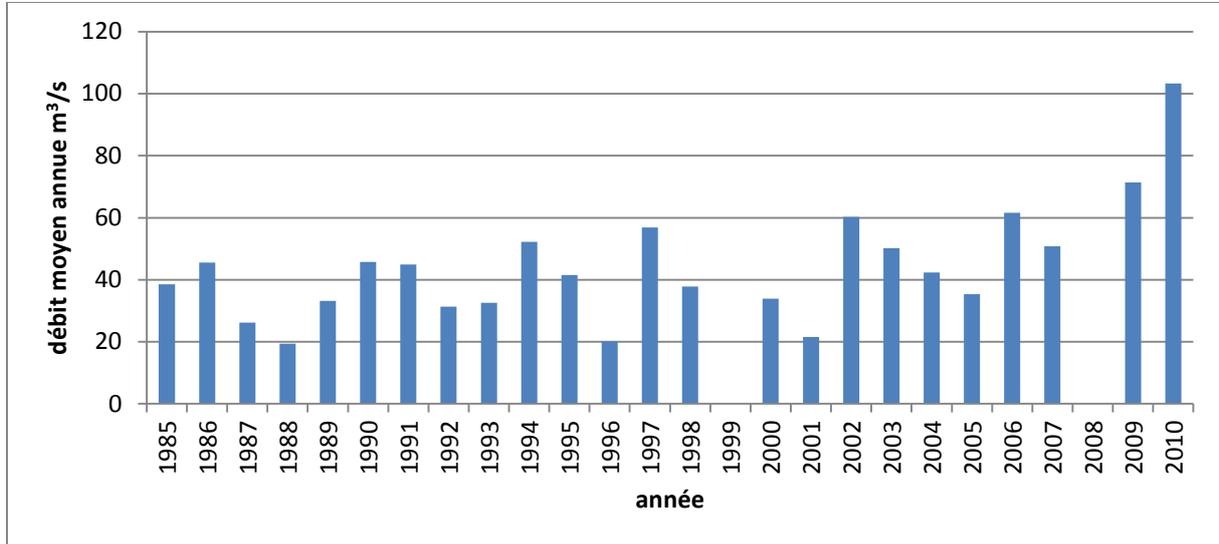


Fig.II.13 -Variation des moyennes annuelles des débits de la station de la Traïlle (Tablat).

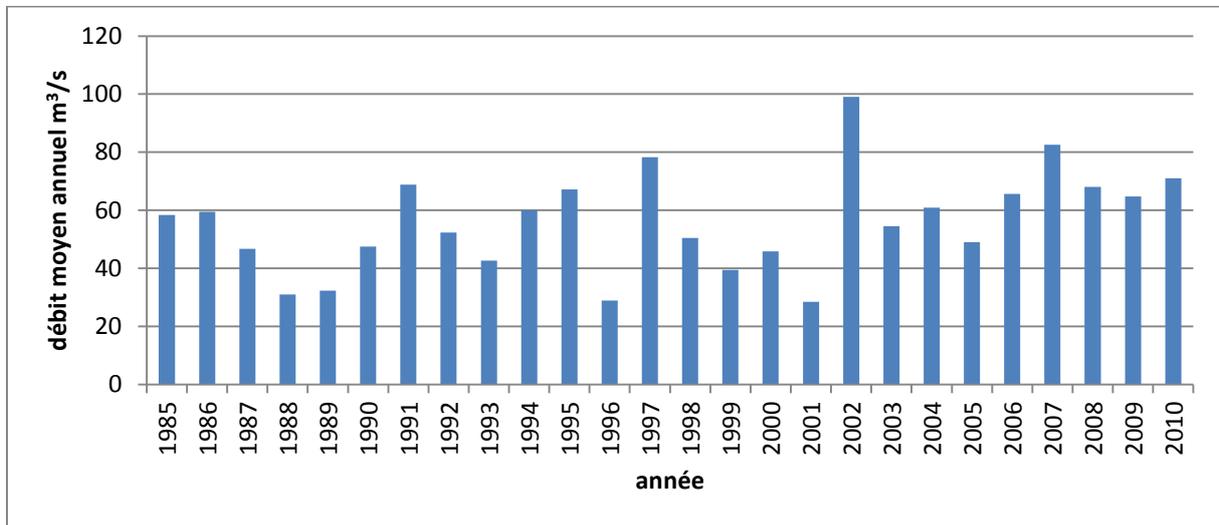


Fig.II.14 -Variation des moyennes annuelles des débits de la station de Lakhdaria.

II.7.3. Calcul de la lame d'eau écoulée (ou ruissellement) :

Faute de station hydrométrique mesurant le débit à l'embouchure de l'oued Isser, on a eu recours à la méthode empirique de Tixeront-Berkaloff pour calculer le débit moyen annuel d'exhaures du SBV du Bas Isser.

- Formule de Tixeront-Berkaloff

Le raisonnement tenu par ces deux chercheurs est le suivant :

- Lorsque les précipitations augmentent, le ruissellement tend à les égaler, déduction faite de l'évapotranspiration plafonnée à la valeur de l'ETP ;

- lorsque les précipitations tendent vers zéro, le ruissellement tend aussi vers zéro, et le rapport du ruissellement à la pluviométrie tend vers zéro.

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

Avec :

P : précipitations moyennes annuelles (m) ;

ETP : évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (m).

Donc : $R = 144,5$ mm.

Soit $R = 20\%$ des précipitations.

II.8. Le bilan hydrique :

L'établissement du bilan hydrique d'une région donnée consiste à évaluer la répartition des précipitations reçues sur une surface entre les composantes: évapotranspiration réelle (ETR), ruissellement et infiltration. L'équation du bilan hydrique est basée sur l'équation de continuité et peut, pour une période et un bassin considéré, s'exprimer comme suit:

$$P = ETR + R + I \pm (\Delta S)$$

Avec:

P : précipitations moyennes annuelles (mm) ;

E : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm) ;

R : ruissellement moyen annuel (mm) ;

I : infiltration moyenne annuelle (mm) ;

ΔS : variations des réserves (mm).

Si le bassin versant naturel est relativement imperméable, la variation des stocks sur une période donnée peut être considérée comme nulle ($\Delta S = 0$), par conséquent l'équation du bilan hydrique s'écrit :

$$P = ETR + R + I \dots \dots \dots [1.1]$$

Les précipitations moyennes annuelles :

La pluviométrie moyenne annuelle :

Elle représente la moyenne arithmétique des précipitations mesurées au niveau des stations de Lakhdaria, Tizi Ghennif et Bordj Ménaïel pépinière, elle est égale à 706,15 mm.

L'évapotranspiration réelle :

Il s'agit de l'ETR moyenne annuelle déterminée par le bilan hydrique de Thornthwaite et qui représente 392,36 mm, soit 56% des précipitations.

Le ruissellement :

Au bassin versant de l'oued Isser, le ruissellement moyen annuel a été estimé grâce à la Formule de *Tixeront-Berkaloff*, il est égale à 144,5 mm soit 20 % des précipitations annuelles.

L'infiltration :

Les autres termes de l'équation du bilan étant connus, on déduit directement la valeur de l'infiltration à partir de la formule [1.1], on obtient :

$$[1.1] \quad I = P - ETR - R$$

L'application numérique donne une infiltration de 169,29 mm c'est-à-dire 24% des précipitations.

Tableau : II.08 - Termes du bilan hydrique selon l'ETP Thornthwaite pour une RFU de 100 mm.

Terme	P (mm)	ETP _c (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
Valeur (mm)	706,15	901,66	392,36	144,5	169,29
Taux (%)	100%		56	20	24

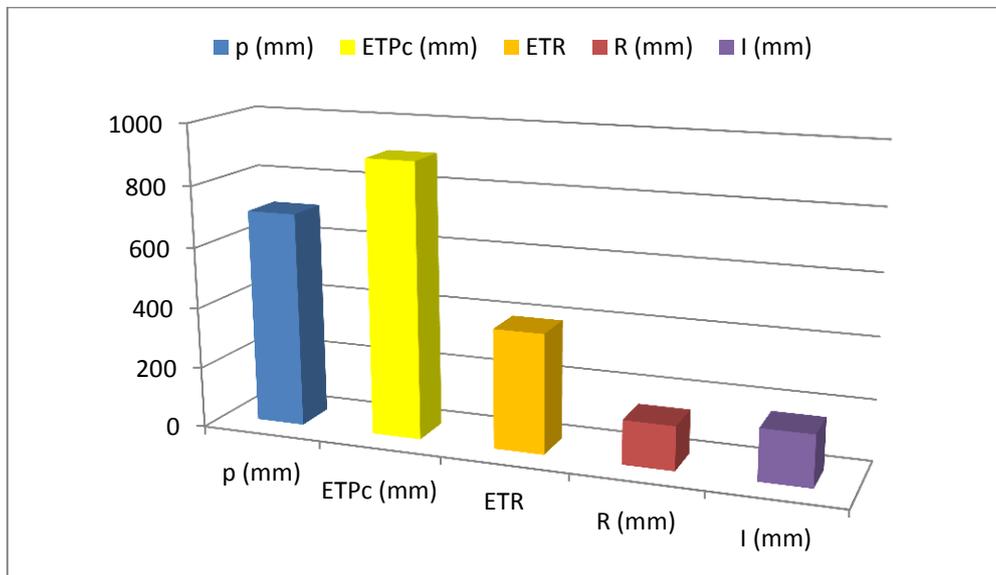


Fig.II.15 -Termes du bilan hydrique pour le sous bassin 0905 de l'oued Isser.

II.9. Conclusion :

A partir des différents calculs des formules citées dans ce chapitre et le calcul du bilan, on conclut que la plaine de l'oued Isser appartient à l'étage bioclimatique humide avec une moyenne pluviométrique annuelle de 700 mm, caractérisée par deux principales saisons, une saison sèche allant du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre où l'irrigation est indispensable aux cultures et une saison humide allant du mois de Novembre au mois de d'Avril, les températures sont modérément chaudes dont, les mois les plus chauds sont les mois de Juillet et Aout.

L'évapotranspiration représente une grande partie des précipitations allant jusqu'à 56 %, quant au ruissellement et à l'infiltration ils représentent respectivement 20 et 24% des précipitations.

On peut dire que la plaine de l'oued Isser est une zone à potentiel hydrique relativement important, qui permet de développer l'arboriculture fruitière et les cultures maraichères.

Chapitre III :

HYDROCHIMIE

III.1. INTRODUCTION :

Il est évident que le chimisme des eaux souterraines dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ). Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre aquifères et les eaux de surface.

Les activités anthropiques ont une influence non négligeable sur la qualité physicochimique des eaux souterraines. On observe principalement deux types d'influence:

- En agriculture : apports de K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ et PO_4^{3-} .
- Rejets des eaux usées : apports de Na^+ , K^+ , NO_3^- et Cl^- .

Les résultats mis à notre disposition par le service de chimie des eaux de l'ANRH sont présentés sous forme de cartes thématiques, ce qui permet de bien présenter l'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques sur les deux périodes importantes de l'année : la période des basses eaux (Octobre 2010) et la période des hautes eaux (Mai 2010).

La cartographie hydrochimique a été réalisée en utilisant le logiciel MAPINFO PROFESSIONAL V 8.0.

Pour ce faire, nous avons effectué une conversion des coordonnées des points d'eau en passant du système de coordonnées Lambert à celui WGS 1984 (World Geodesic System).

Tableau : III.03 -Normes de potabilité des eaux souterraines (DHW, 2008)

Elément	HCO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Na^{2+} (mg/l)	K^+ (mg/l)	pH	NO_3^- mg/l
Norme OMS	250	250	250	100	50	100	12	6.5-8.5	50

III.2. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (Chapman et al., 1996). Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (Meybeck et al., 1996).

C'est un paramètre physique qui détermine l'acidité ou l'alcalinité. Les mesures du pH montrent que tous les puits se trouvent dans l'intervalle de norme de potabilité. Pendant

La période des hautes eaux le pH varie entre 7.1 et 8.3 (Fig.III.02), alors qu'en période des basses eaux les valeurs oscillent entre 7.77 et 9.41, ceci indique que les valeurs varient peu et sont proches des valeurs normales (Fig.III.01).

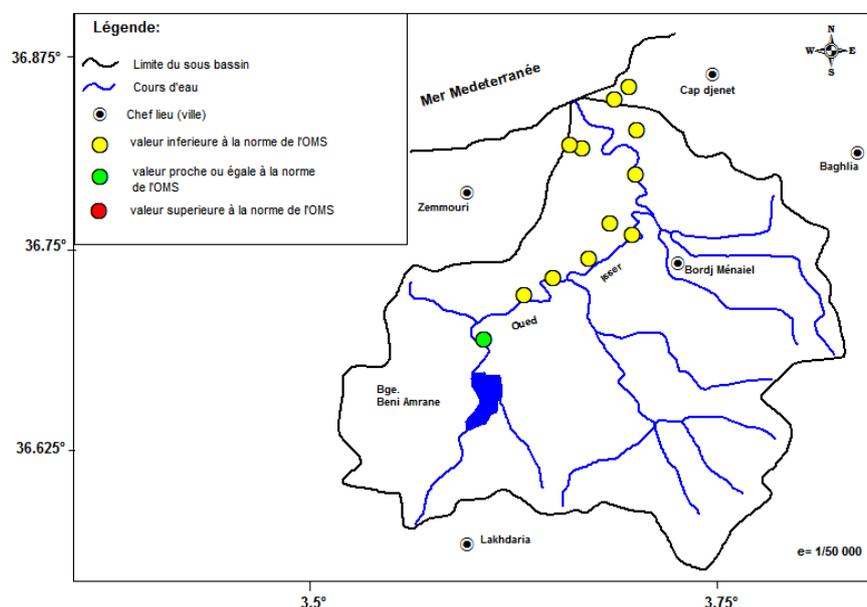


Fig.III.01 -Carte de pH en période des basses eaux (Octobre, 2010).

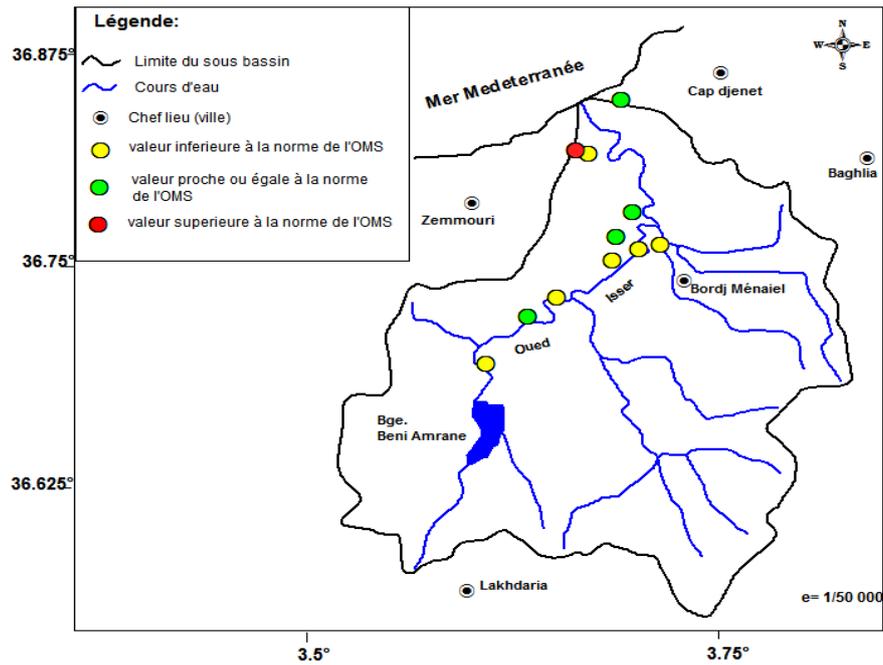


Fig.III.02 -Carte de pH en période des hautes eaux (Mai, 2010)

III.3. Le calcium :

Pour la période des basses eaux (Fig.III.03), 70% des puits présentent des teneurs inférieures à la norme de l'OMS (100 mg/l) et 30% sont supérieures à cette dernière avec une valeur maximale de 224 mg/l ; quant à la période des hautes eaux (Fig.III.04) : la moitié des puits présentent des teneurs supérieures à la norme avec une valeur maximale de 207 mg/l.

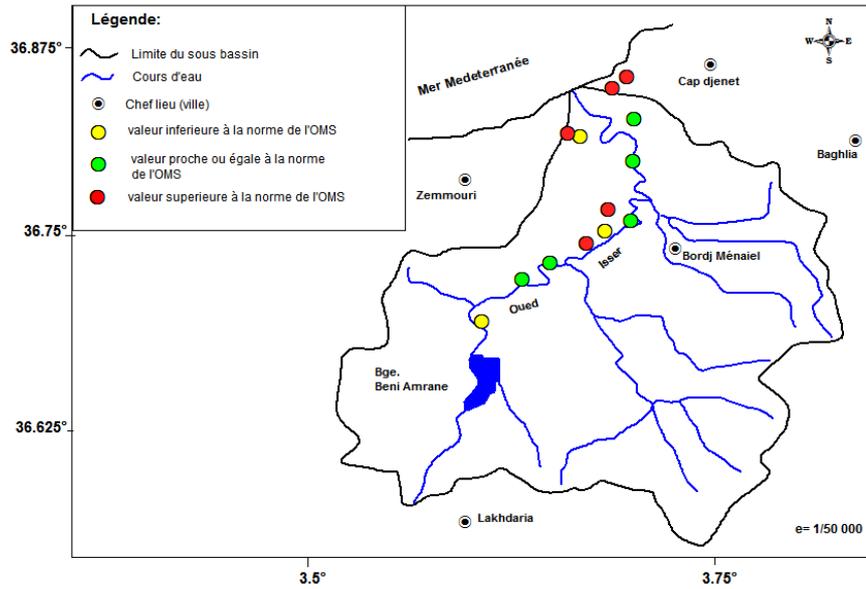


Fig.III.03 -Carte des teneurs en Calcium en période des basses eaux (Octobre, 2010).

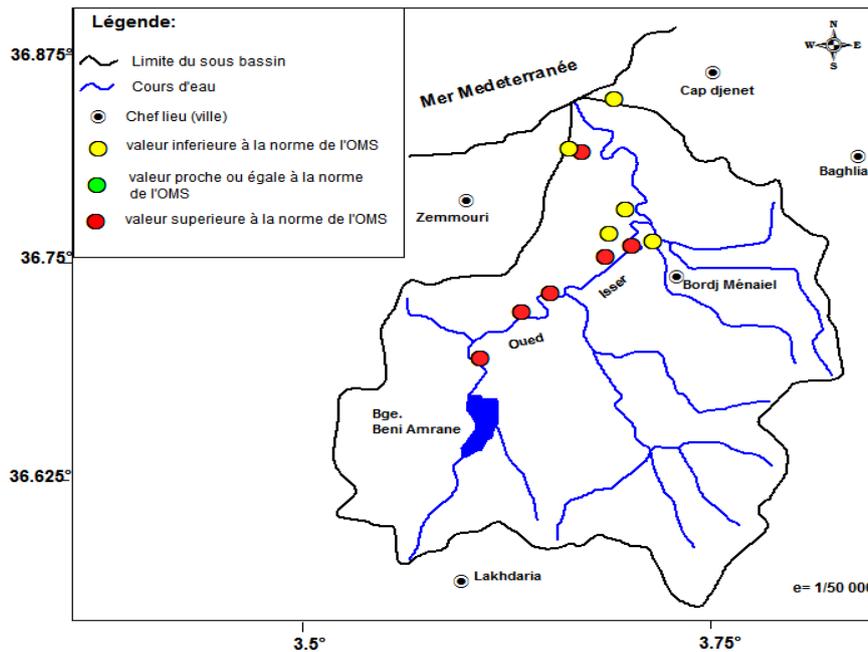


Fig.III.04 -Carte des teneurs en Calcium en période des hautes eaux (Mai, 2010)

III.4. Le Magnésium :

En période des basses eaux, la moitié des puits qui présentent des teneurs supérieures à la norme de l'OMS (50mg/l) se situent en aval du sous bassin avec une valeur maximale de 241 mg/l (Fig.III.05), en période des hautes eaux, c'est la moitié des puits situés en amont qui présentent des teneurs supérieures à la norme avec une valeur maximale de 92 mg/l

(Fig.III.06). Il pourrait provenir du lessivage des roches cristallines ou des minéraux ferromagnésiens des micas.

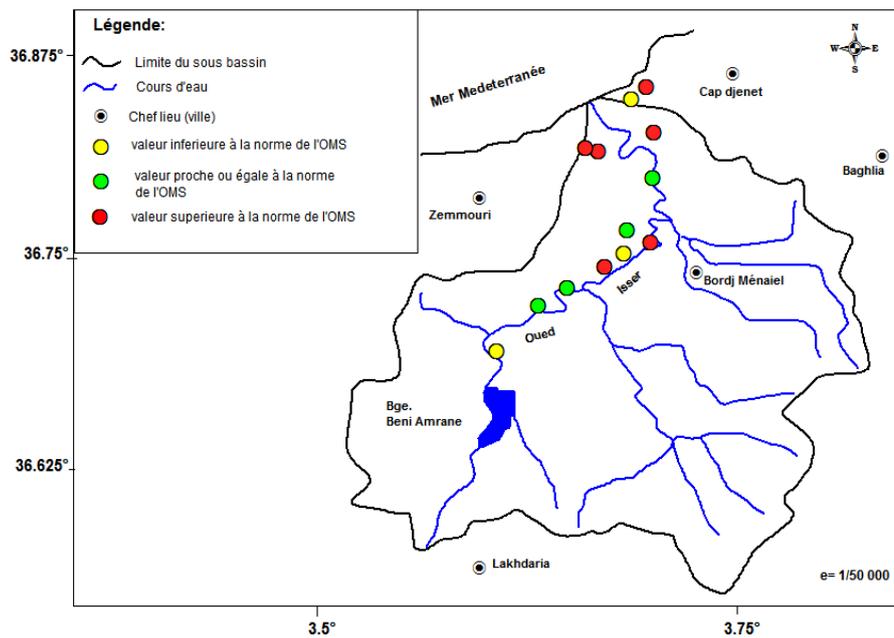


Fig.III.05 -Carte des teneurs en Magnésium en période des basses eaux (Octobre, 2010).

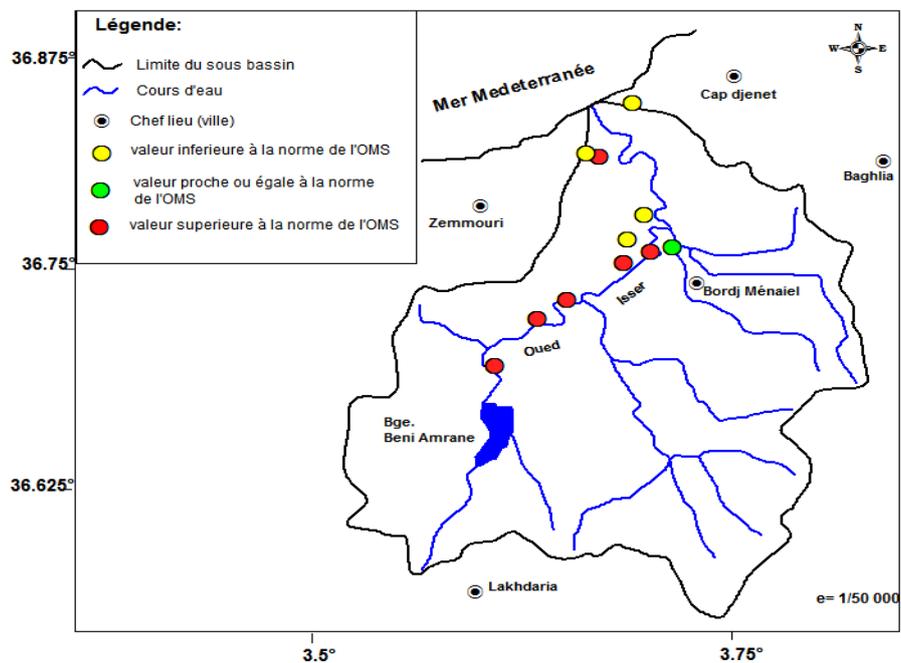


Fig.III.06 -Carte des teneurs en Magnésium en période des hautes eaux (Mai, 2010)

III.5. Le Sodium :

Dans les deux périodes, il n'y a que deux puits qui présentent des valeurs supérieures à la norme (150 mg/l) avec une valeur maximale de 1000 mg/l en période de basses eaux (Fig.III.07) et 260 mg/l en période de hautes eaux (Fig.III.08). Il peut provenir de la dissolution des minéraux argileux et les évaporites.

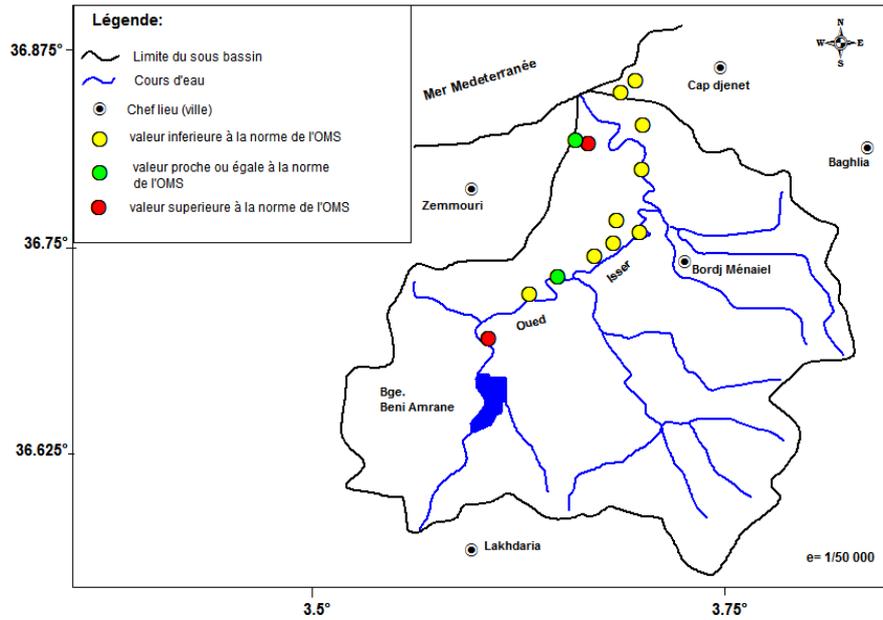


Fig.III.07 -Carte des teneurs en Sodium en période des basses eaux (Octobre, 2010).

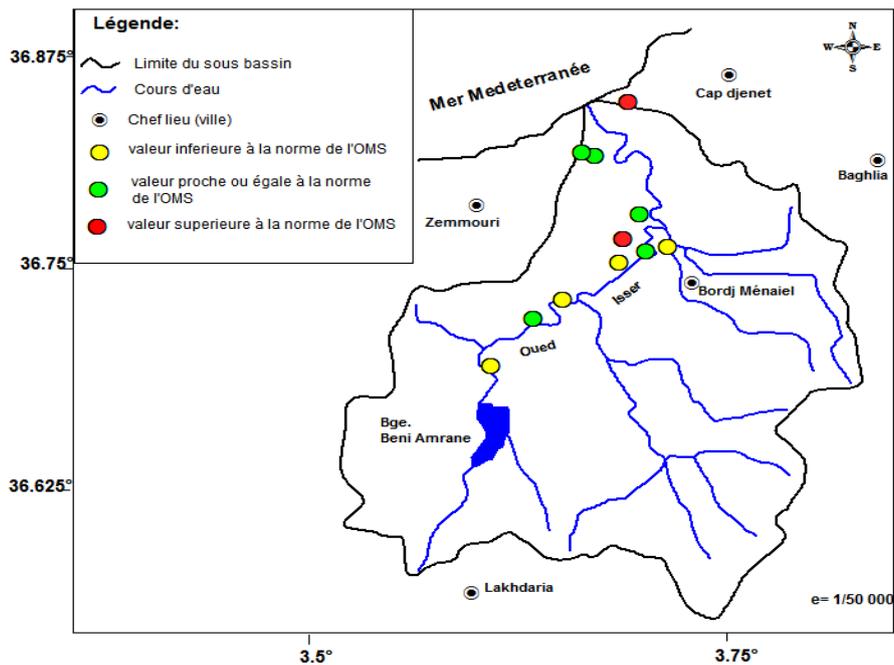


Fig.III.08 -Carte des teneurs en Sodium en période des hautes eaux (Mai, 2010).

III.6. Les Chlorures :

En période des basses eaux ,La majorité des puits présentent des valeurs proches ou égales à la norme de l’OMS(250 mg/l) avec deux puits qui ont des teneurs supérieures à celle-ci avec une valeur maximale de 1800 mg/l qui se situe près de l’exutoire , une contamination par les eaux de la mer est suspectée ;en période des hautes eaux, 25% des puits présentent des valeurs supérieures à la norme et qui se situent en aval du sous bassin, ce qui peut s’expliquer par les rejets des eaux usées des agglomérations limitrophes.

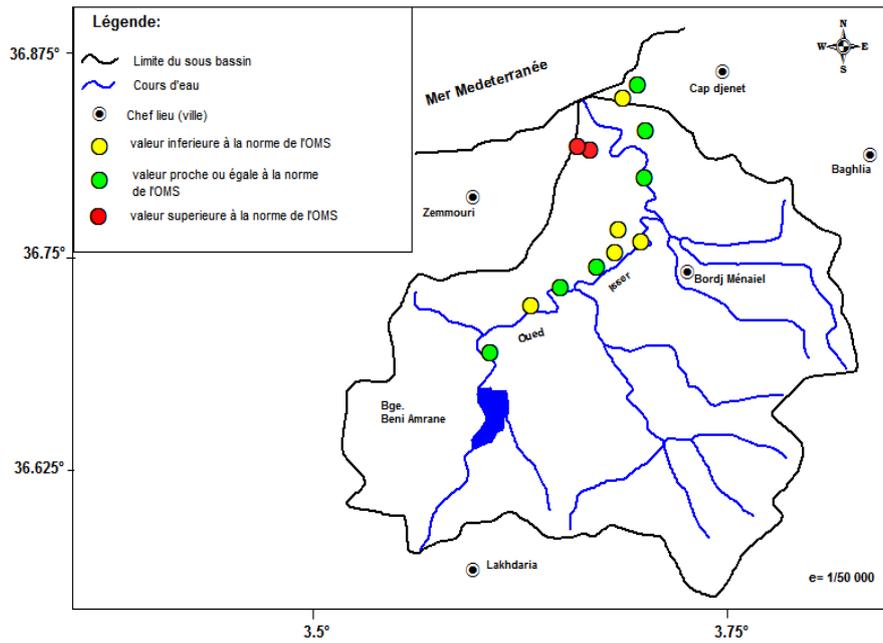


Fig.III.09 -Carte des teneurs en Chlorures en période des basses eaux (Octobre, 2010).

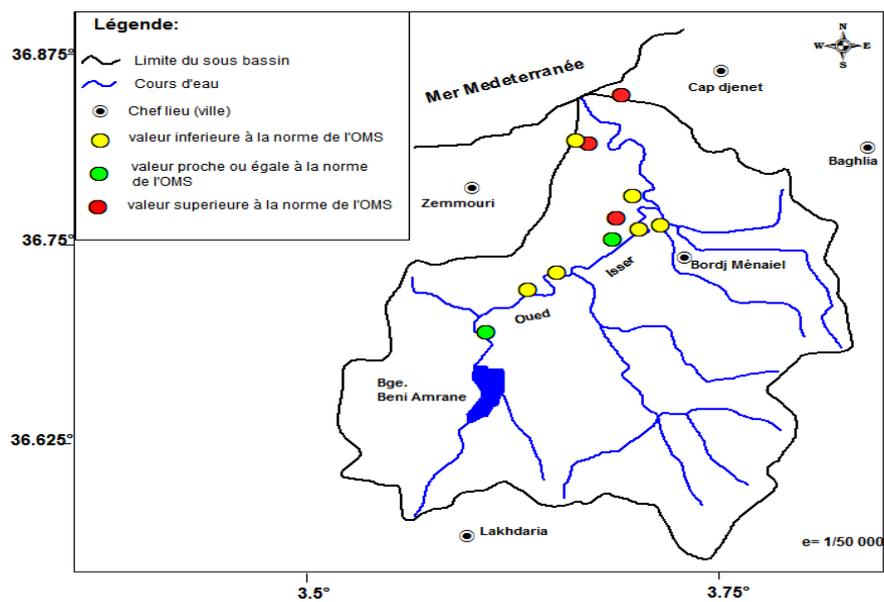


Fig.III.10 -Carte des teneurs en Chlorures en période des hautes eaux (Mai, 2010).

III.7. Le Potassium :

La quasi- totalité des puits présentent des teneurs inférieures ou égales à la norme de l'OMS (12 mg/l) avec un seul puits qui présente une valeur maximale de 25 mg/l, ceci est probablement dû à l'épandage des fertilisants (NPK).

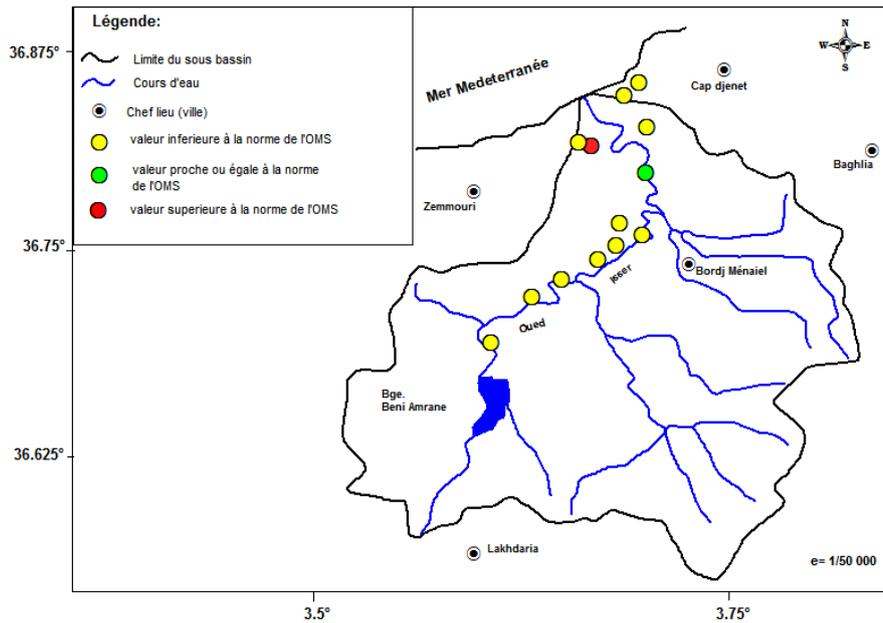


Fig.III.11 -Carte des teneurs en Potassium en période des basses eaux (Octobre, 2010).

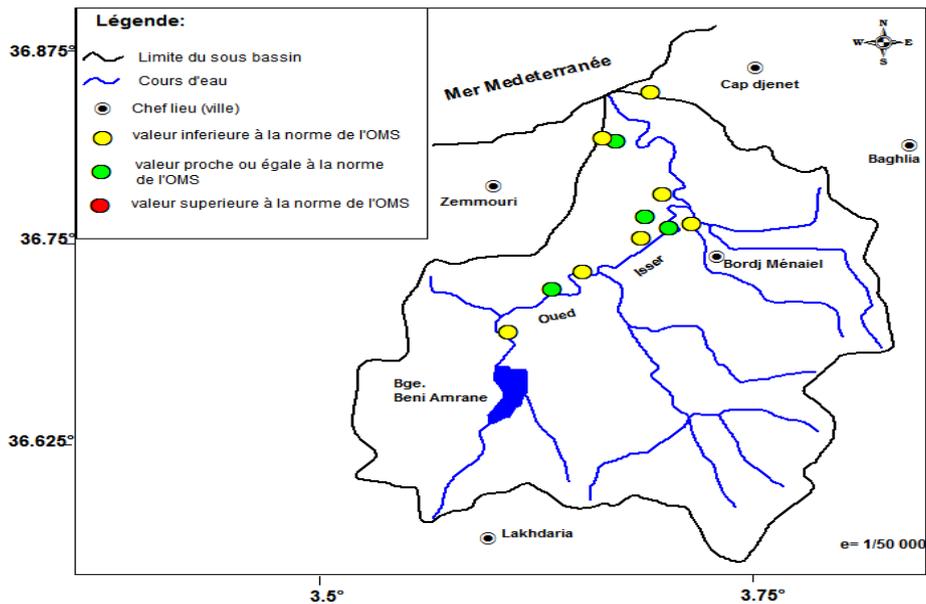


Fig.III.12 -Carte des teneurs en Potassium en période des hautes eaux (Mai, 2010)

III.8. Les Bicarbonates :

La quasi-totalité des puits présentent des valeurs supérieures à la normale (250 mg/l) avec une valeur maximale de 1242 mg/l en période des basses eaux (Fig.III.13) et 705 mg/l en période des hautes eaux (Fig.III.14). Leur origine est due peut être au lessivage des calcaires situés en amont (les gorges de Lakhdaria).

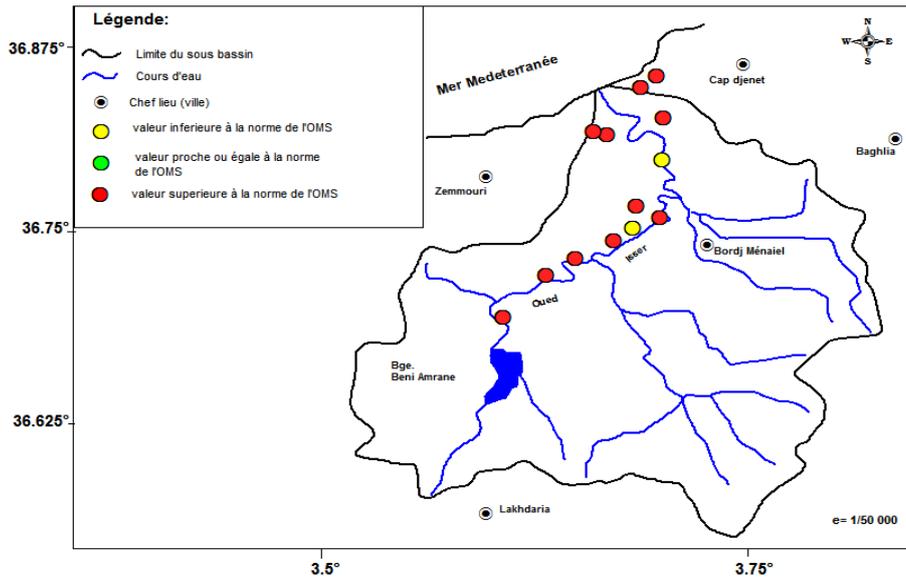


Fig.III.13 -Carte des teneurs en Bicarbonates en période des basses eaux (Octobre, 2010).

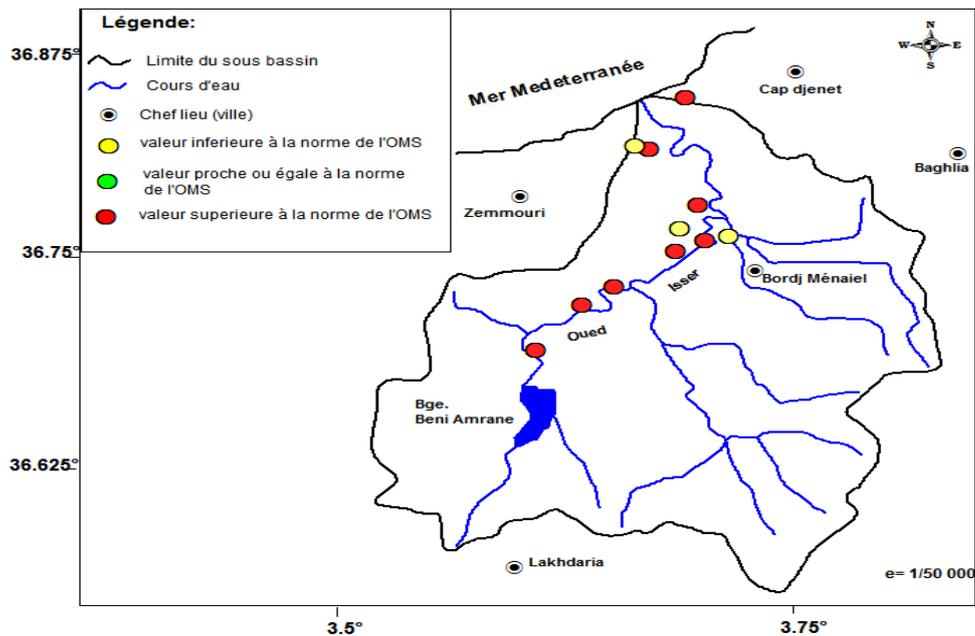


Fig.III.14 -Carte des teneurs en Bicarbonates en périodes des hautes eaux (Mai, 2010)

III.9. Les sulfates :

Le soufre est un élément non métallique qui existe à l'état naturel dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et à l'état minéral (sulfures, sulfates et soufre élémentaire). Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, présent dans certains minéraux : gypse, baryte... La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre (Peck, 1970). Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates. Leur concentration est généralement comprise entre 2,2 et 58 mg/l (Meybeck et al., 1996).

Les teneurs en sulfates des différents puits sur les deux périodes présentent des valeurs inférieures ou égale à la valeur normale (250mg/l), aucune contamination par les sulfates n'est détectée. Des auteurs tels que Delisle et al., (1977) et Greenwood et al., (1984), ont étudié les sulfates et ont constaté que les valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau polluée, au niveau des zones de rejets industriels (industrie minière, fonderie, usines de pâtes et papiers, usines de textiles, tanneries...). Ces fortes teneurs peuvent être dues aussi aux activités agricoles. En effet, l'agriculture, principale activité dans la zone d'étude, emploie de manière excessive des insecticides et des fongicides à base de sulfates ou d'acide sulfurique ainsi que des engrais au sulfate d'ammonium (Barry, 1989).

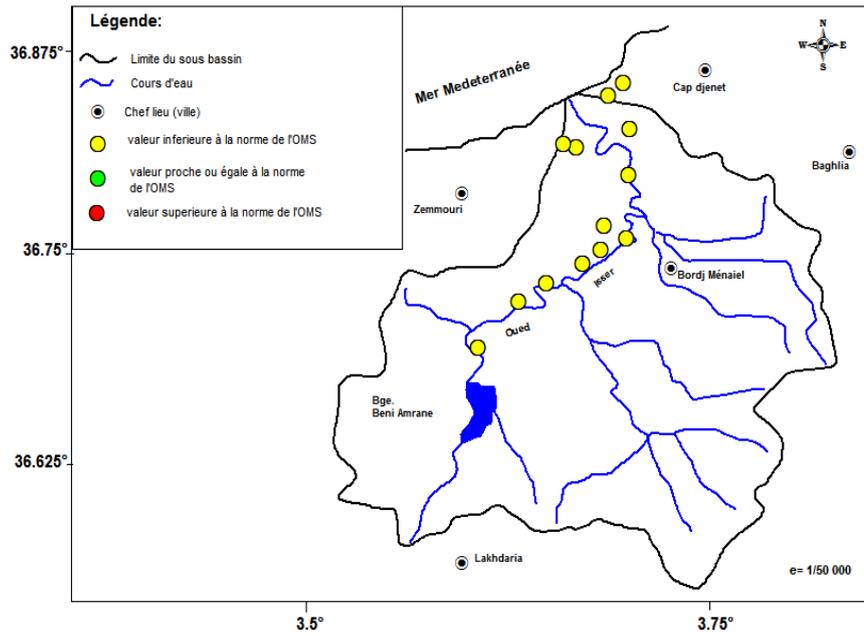


Fig.III.15 -Carte des teneurs en Sulfates en période des basses eaux (Octobre, 2010).

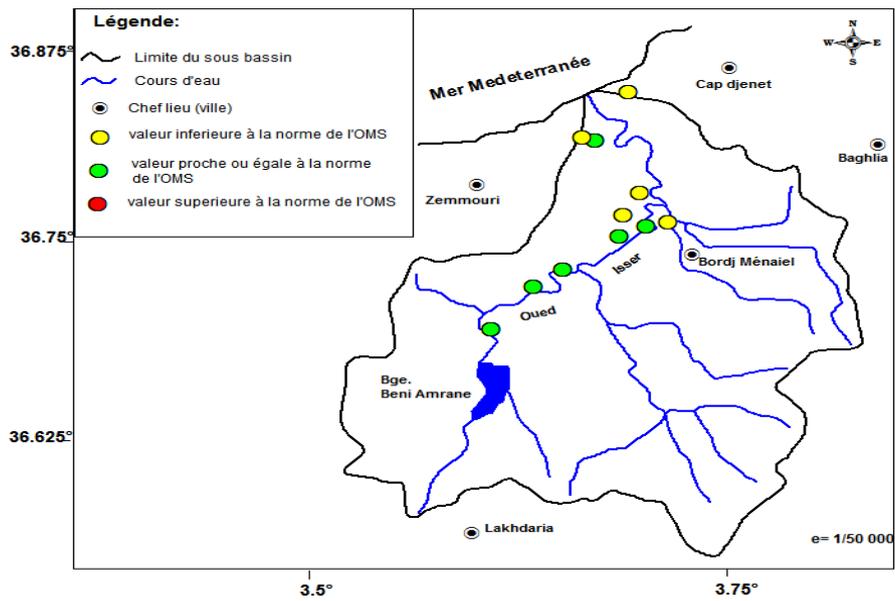


Fig.III.16 -Carte des teneurs en Sulfates en période des hautes eaux (Mai, 2010)

III.10. Les Nitrates :

Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficiels et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture (NPK), (Chapman et al.1996).

L'azote est l'un des éléments chimiques les plus abondants sur terre. Il se présente sous deux formes : l'azote organique (protéines, acides aminés,...) et l'azote minéral (azote moléculaire, ammonium, nitrites, nitrates, ...).

Deux puits présentent des teneurs supérieures à la norme (50 mg/l) qui se situent en aval du sous bassin avec une valeur maximale de 89 mg/l en période des basses eaux et 59 mg/l en période des hautes eaux.

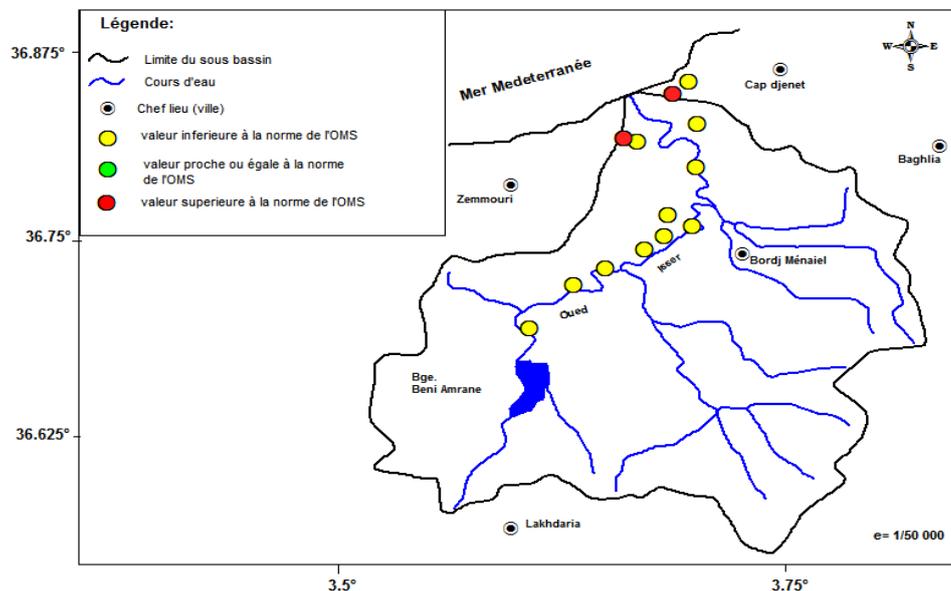


Fig.III.17 -Carte des teneurs en Nitrates en période des basses eaux (Octobre, 2010).

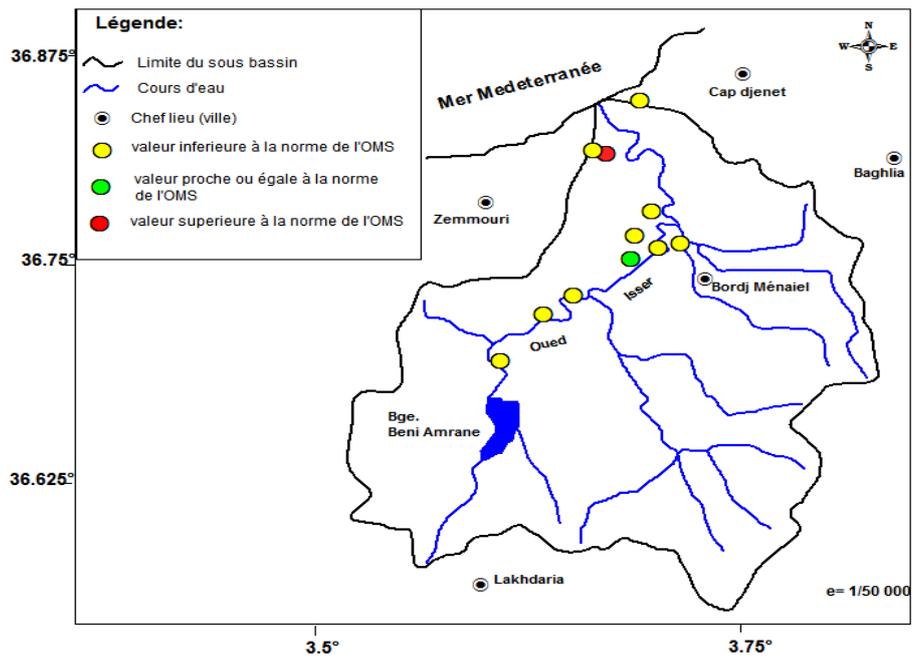


Fig.III.18 -Carte des teneurs en Nitrates en période des hautes eaux (Mai, 2010)

III.11. Conclusion :

L'analyse des différentes cartes des teneurs des différents paramètres physico-chimiques présents dans les eaux des puits échantillonnés nous conduit à conclure ceci :

- L'augmentation de la concentration des différents éléments se fait dans le sens d'écoulement voir l'entraînement des éléments par les eaux ;
- Les eaux la plaine alluviale présentent une minéralisation excessive à la norme.
- Du point de vue potabilité : les eaux de la plaine ne sont pas potables et présentent un danger pour la santé publique (elles présentent un milieu favorable au développement des microorganismes extremophiles (ex : les bactéries nitrosomonas pour les fortes teneurs en nitrates).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

La plaine alluviale de l'oued est caractérisée par un climat méditerranéen de type humide à semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations annuelles de l'ordre de 700 mm. La température moyenne interannuelle est de 18°C. Le calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite a révélé que l'ETR est de l'ordre de 400 mm, mobilisant 56 % des précipitations, et que l'infiltration ne représente que 24 % de ces dernières. Le ruissellement ne bénéficie également que de 20 % de ces précipitations, ces paramètres lui confèrent un régime climatique adéquat à l'arboriculture fruitière et les cultures maraichères.

Les eaux souterraines de la nappe de l'oued Isser présentent une forte minéralisation, à savoir, certains éléments chimiques dépassent de cinq fois la valeur admise par l'OMS (Sodium : 1000 mg/l, chlorures : 1800 mg/l, Potassium : 35 mg/l, Nitrates : 89 mg/l), l'origine de ces forte concentration est lié principalement à l'épandage anarchique des fertilisants et la composition minéralogique caractérisant la géologie de cette zone.

Recommandation :

- ✓ Rentabiliser et équiper les infrastructures d'observation et de mesure des paramètres climatiques, et ce en évitant les ruptures dans les enregistrements ;
- ✓ Valoriser toutes les régions à haut potentiel agricole tout en dispensant des formations aux agriculteurs, pour mieux éviter la pollution des eaux par des fertilisants ;
- ✓ Approfondir les études en matière sur l'environnement et l'eau tout en développant un suivi rigoureux via les nouvelles technologies comme les systèmes d'information géographique (SIG) ;
- ✓ Arrêter le déversement direct des rejets urbains et industriels au niveau de l'oued Isser en réalisant un traitement préalable de ces effluents avant qu'ils atteignent les oueds et surveiller en permanence la qualité des eaux au niveau de l'oued.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- BARRY G.S, 1989, Sodium sulphate. Canadian minerals yearbook – 1988, Mineral Report, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines et ressources, Ottawa.
- CHAPMAN D., KIMSTACH V.,1996, Selection of water quality variables, Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.
- DELISLE C.E., SCHMIDT J.W. (1977), The effect of sulphur on water and aquatic life in Canada, Sulphur and its inorganic derivatives in the canadian environment. NRCC, n°. 15015, Centre National des recherches du Canada, Ottawa.
- Ficheur E. (1895) — Carte géologique de MENERVILLE au 1/50 000^e.
- Ficheur E. (1895) — Carte géologique de PALESTRO au 1/50 000^e.
- HAMMOUM H., BOUZIDA R., Pratique des systèmes d'information géographique, édition Pages bleues, 2010.
- GREENWOOD N.N., EARNSHAW A. (1984), Chemistry of the elements, Pergamon Press, Oxford, UK.
- MANCER N., 2000, contribution à la cartographie hydrogéologique de la plaine alluviale de l'oued Isser, thèse de magister, IST, USTHB, Alger.
- PECK H.D, (1970),Sulphur requirements and metabolism of microorganisms, Proceedings of a symposium on sulphur in nutrition, D.H. Muth & J.E, Oldfields, Ari Publishing Co., Westport, CT.

ANNEXES

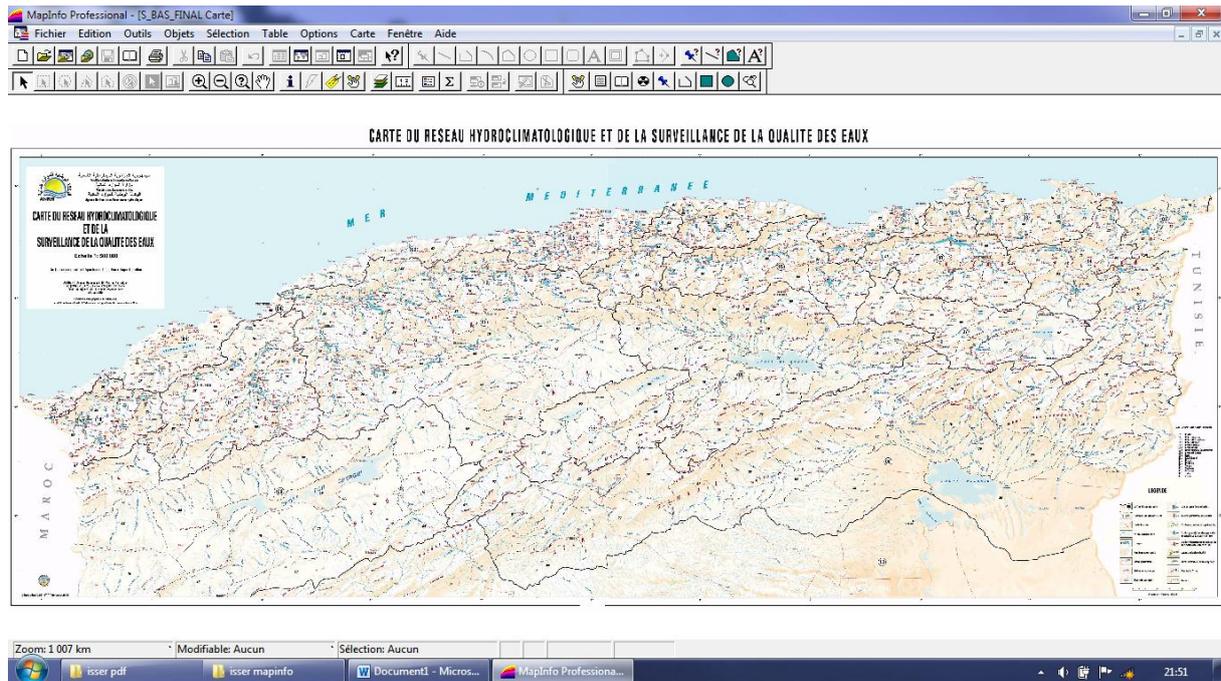


Fig.A.01-Espace du travail du logiciel MAPINFO PROFESSIONAL V 8.0.

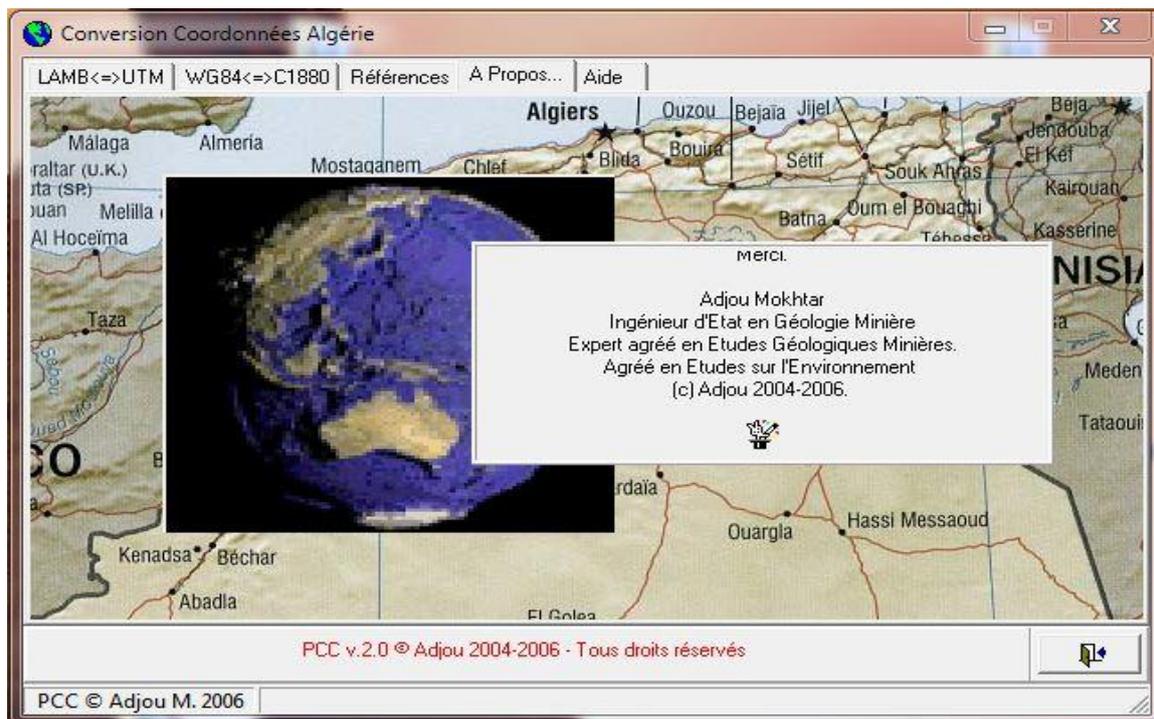


Fig.A.02 -Interface du convertisseur des coordonnées géographiques.

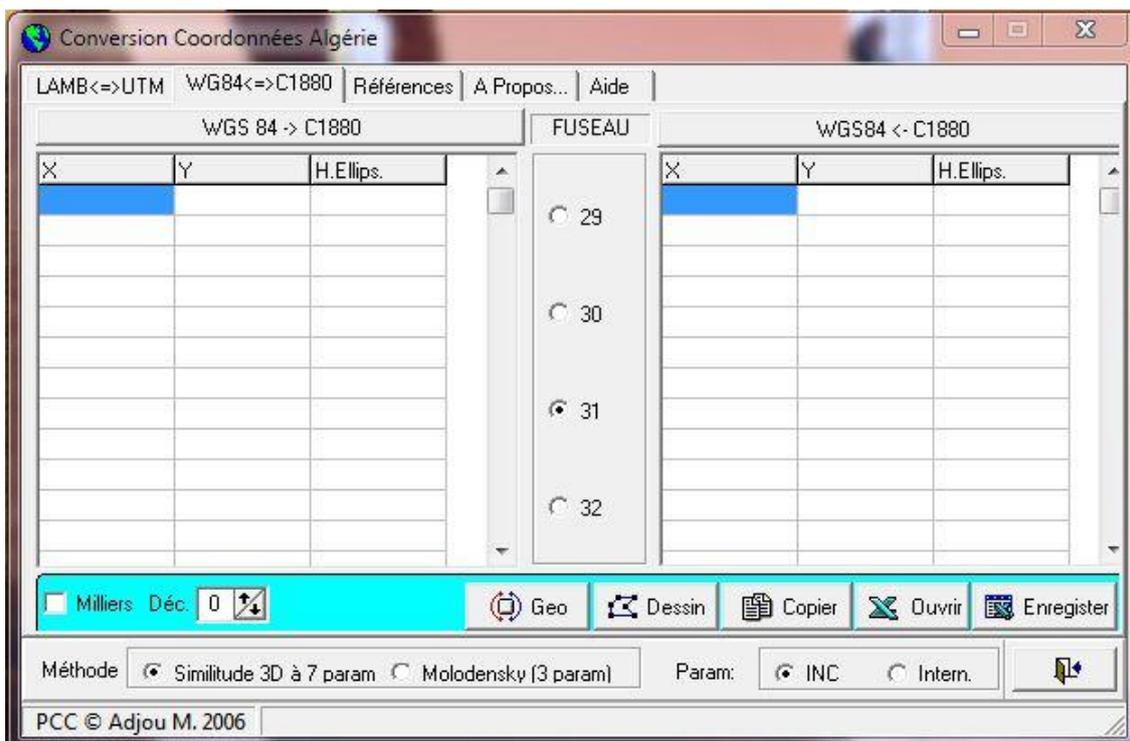


Fig.A.03 -Espace du travail du convertisseur des coordonnées géographiques.

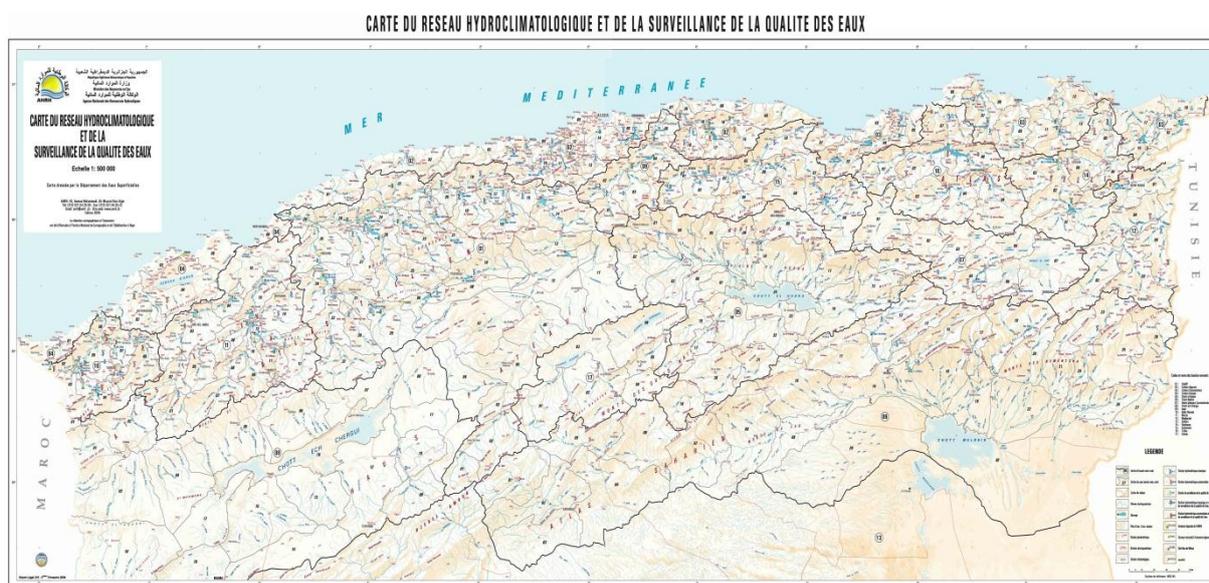


Fig.A.04 -Carte du réseau hydroclimatique de l'ANRH d'Alger.

Code	DDP	x	y	Calcium mg/l	Magnésium mg/l	Sodium mg/l	Potassium mg/l	Chlorures mg/l	Sulfates mg/l	Bicarbonates mg/l	Nitrates mg/l
E008-8407	09/05/2010	588 551	383208	221	63	60	2	131	233	610	31,0
E008-8408	09/05/2010	587 533	382296	87	43	120	2	203	153	305	6,0
E008-8409	09/05/2010	585 511	380950	97	42	55	2	86	95	397	17,0
E008-8410	09/05/2010	583 946	379742	90	56	100	2	134	85	458	0,0
E008-8411	09/05/2010	590 206	391046	134	42	96	2	126	99	577	6,0
E008-8413	09/05/2010	588 721	384721	65	30	114	6	219	132	179	3,0
E008-8415	09/05/2010	590 138	388093	98	72	85	2	100	119	628	0,0
E008-8416	09/05/2010	589 982	383931	164	64	80	2	128	154	637	10,0
E008-8417	09/05/2010	589 799	393996	37	241	1 000	35	1 800	0	1 242	0,0
E008-8422	09/05/2010	587 170	389820	224	100	127	4	295	212	539	89,0
E008-8423	09/05/2010	586 449	389997	106	24	116	4	104	75	415	54,0
E008-8425	09/05/2010	588 976	393188	1	22	232	3	201	53	384	0,0
E008-8426	09/05/2010	581 641	376761	2	17	17	13	20	0	111	0,0
E008-8407	20/10/2010	588 551	383208	196	92	43	1	195	225	583	39,0
E008-8426	21/10/2010	581 641	376761	102	65	78	0	226	115	384	0,0
E008-8409	20/10/2010	585 511	380950	171	68	43	0	156	148	613	0,0
E008-8410	20/10/2010	583 946	379742	138	89	140	3	157	135	705	20,0
E008-8412	20/10/2010	591 169	384221	42	38	41	0	143	6	149	0,0
E008-8413	20/10/2010	588 721	384721	33	34	260	2	351	50	214	0,0
E008-8414	20/10/2010	589 638	386230	40	24	147	0	152	38	281	7,0
E008-8416	20/10/2010	589 982	383931	153	69	135	5	145	184	726	7,0
E008-8422	21/10/2010	587 170	389820	207	85	93	2	279	229	470	59,0
E008-8423	21/10/2010	586 449	389997	36	15	122	2	142	5	162	6,0
E008-8425	21/10/2010	588 976	393188	49	34	165	2	260	1	336	0,0

Tableau : A.01. Résultats d'analyses physico-chimiques effectués par le service de chimie des eaux de l'ANRH d'Alger.