

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

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
ARBAOUI ABDALLAH**

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

OPTION : Conception des systèmes d'irrigation-drainage

THEME:

**L'EVOLUTION DE LA SALINITE DANS LES EAUX
SOUTERRAINES DU MOYEN CHELIFF**

Présenté par :

M^r LETIREG HAMZA

Promotrice :

M^{me} W. AZIEZ

Devant le jury composé de :

Président: M^r T. KHETTAL

**Examineurs: M^{me} L. BAHBOUH
M^{me} S. LEULMI
M^{elle} D. HADJ BACHIR
M^r M. DJELLAB**

Octobre 2010

∞ Remerciements ∞

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Mes Remerciements vont, tout d'abord, à Ma Promotrice Mme : AZIEZ, qui a acceptée de diriger mon travail. Elle S'est montrée Compréhensive et particulièrement Sensible Aux divers problèmes que j'ai rencontrés.

Je suis également reconnaissant aux membres de Jury qui, ont bien voulu examiner et discuter mon travail ; je les en Remercie vivement.

Je Remercie Mme : BAHBOUH pour leurs aides.

Je Remercie également tout le personnel de l'ANRH de Blida et surtout Mr : RAISSI.

Je Remercie mes Enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation d'Ingénieur d'état en hydraulique

*Enfin, je voudrais souligner les contributions efficaces de tous mes Proches et Amis qui, à des titres divers, m'ont aidé et soutenu moralement, tout au long de la préparation de cette thèse. Ce soutien moral est d'autant plus important que la rédaction d'une thèse. Je les remercie encore une fois ,
MERCI.*

LETIREG. HAMZA

∞ Dédicace ∞

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- *À ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;*
- *À mes frères ET mes sœurs ;*
- *À toute la famille LETIREG;*
- *Mes amis à EL OUED et en particulier : OMAR, HICHEM.*
- *À mes amis de l'ENSH et en particuliers : BILAL SAID, ELARBI, OMAR, ABDELHAK.*

LETIREG. HAMZA

ملخص

عرف سهل الشلف الأوسط نموا اقتصاديا ملحوظا. خاصة في قطاع الفلاحة. إلا أن مصادر المياه الحالية المتمثلة في المياه الجوفية تعتبر جد محدودة وذلك راجع لتزايد الطلب على هذه المادة الحيوية. كما إن هذه النشاطات الفلاحية ساهمت بقدر كبير في تدني نوعية هذه المياه .

إن الاختيار لهذا الموضوع كان من أجل توضيح آليات عمل المياه الجوفية مثل الخصائص الهيدروديناميكية و الفيزيوكيميائية وتأثيرها على ملوحة المياه.

بعد تحليل الوضعية الحالية للمياه الجوفية تم تحديد برنامج عمل ومراقبة التغيرات الخصائص الهيدروديناميكية و الفيزيوكيميائية تلك المتابعة دامت حملتين (أفريل 2008 و أكتوبر 2008).

أن معالجة وتمثيل المعطيات تطلب استعمال وسائل حديثة مثل الرسم الآلي للخرائط. حيث أظهرت نتائج تحليل المعطيات مايلي

- تتكون المياه الجوفية لسهل الشلف الأوسط من الطمي الرملي والحصوي .

-إن نوعية المياه رديئة جدا نظرا لكثرة ملوحتها الناتجة عن نوعية الصخور وكذا العوامل المناخية (التبخر و التساقط).

RESUME

La plaine de Moyen Cheliff possède actuellement des ressources hydriques relativement limitées, à savoir uniquement les eaux souterraines de la nappe Mio-Plio-Quaternaire.

Ces dernières années, un essor économique, particulièrement agricole, a eu lieu, ce qui a entraîné, d'une part, l'accroissement des besoins en eaux et a provoqué, d'autre part, la dégradation de la qualité des eaux.

Le choix de ce thème a été guidé par le souci de mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement de cette nappe, comme les caractéristiques hydrodynamiques et physico-chimiques et leur influence sur la salinité des eaux.

Suite à l'analyse de la situation actuelle de la nappe et de son environnement, un programme d'action a été conçu pour mener un suivi des variations, en fonction de la lithologie et des facteurs climatiques. Nous avons ainsi pu étudier l'évolution des paramètres physicochimiques au cours de deux campagnes (avril 2008 et octobre 2008).

Le traitement et la représentation des données ont fait appel à l'usage d'outils modernes : cartographie.

L'interprétation de ces données a révélé ce qui suit :

- La nappe de Moyen Cheliff est constituée par des alluvions sableuses, gréseuses .*
- La qualité chimique de l'eau est médiocre, résultant d'une forte salinité influencée par la lithologie de la nappe et les facteurs climatiques (les précipitations et les températures).*

ABSTRACT:

The plain Medium Cheliff currently has relatively limited water resources

In recent years, a booming economy, particularly agriculture, has occurred, which caused, firstly, the increasing need for water and caused the other hand, degradation of water quality underground.

The choice of this line of research has been guided by the desire to better understand the operating mechanisms of this aquifer, hydrodynamic and physico-chemical and its influence on salinity of water.

After analyzing the current situation of the water and its environment, a program Action has been designed to conduct a follow-up variations, depending on the lithology and climatic factors. We were able to study the evolution of parameters physicochemical during two campaigns (april 2008 and October 2008).

The processing and data representation have called for the use of modern tools: cartography

The interpretation of these data revealed the following:

- The water medium Cheliff consists of alluvial sand, sandstone .*
- The chemical quality of water is poor, resulting in a high salinity influenced by the lithology of the aquifer and climatic factors (precipitation and temperature).*

Sommaire**Page**

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale01

Chapitre I : Présentation du Périmètre Moyen Cheliff

I-1 présentation générale du périmètre moyen Cheliff.....03

I-2 climatologie04

I-2-1 la température04

I-2-2 les précipitations05

I-2-3 le vent07

I-2-4 nombre de jours du sirocco07

I-2-5 l'humidité relative de l'air08

I-2-6 : évaporation08

I-2-7 insolation09

I-3 classification du climat09

I-3-1 classification du climat selon l'indice de Mr MARTON09

I-3-2 classification du climat selon diagramme de Mr EMBERGER11

Chapitre II : Caractéristiques générales de la plaine de moyen Cheliff

II-1 caractéristiques géologiques..... 14

a)*géologie sommaire des bassins des affluents de l'oued Cheliff..... 14

b)*stratigraphie 16

II-2 caractéristique hydrologique 16

II-3 .les ressources en sol 18

II-4 ressource en eau20

Chapitre III : Qualité de l'eau d'irrigation

III-1-Définition de la salinité d'une eau22

III-2-Effets des sels solubles sur les plantes22

III-3-Classification des eaux d'irrigation23

III. 3.1. La classification du U.S.S.L23

III.3.1.1.Teneur en sel23

III.3.1.2.Teneur en sodium24

III.3.2.classification de Christiansen (1977)26

III.3 .3. classification mondiale de la FAO.....	27
III.4. risque et mesure de l'alcalinité	27
III-5-autres problèmes.....	31
III-5-1-les problèmes de toxicité.....	31
III-6-tolérance des cultures à la salinité.....	32

Chapitre IV : Géophysique

IV-1-Introduction	36
IV.2- Objectifs de l'étude	37
-secteur II.....	37
- secteur I	37
IV.3-Situation géographique	38
IV.4.Géologie locale	39
IV-5-Hydrogéologie.....	41
IV-6-.Etude géophysique.....	44
IV-6-2.Mise en œuvre.....	44
IV-6-3.Travaux réalisés.....	45
IV-6-4.Etalonnage des données géophysiques.....	46
IV-6-5.Echelle des resistivites adoptées.....	49
IV-6-6-Interprétation des cartes de resistivites.....	51
Secteur I.....	51
Carte des résistivités apparentes en AB = 200 m.....	51
Carte des résistivités apparentes en AB = 450m.....	51
Carte des résistivités apparentes en AB = 1000 m.....	51
Secteur II	51
Carte des résistivités apparentes en AB = 200 m.....	51
Carte des résistivités apparentes en AB = 450 m.....	52
Carte des résistivités apparentes en AB = 1000 m.....	52
IV-6-7-Interprétation des coupes geoelectriques.....	52
Secteur I	52
Coupes géo électriques des profils A, B, C, D, E, F.....	52
Secteur II.....	54
Coupes géo électriques des profils, S, T, U, V, W ET X.....	54

<i>IV-7. Conclusions et recommandations</i>	55
<i>Recommandations</i>	56
Chapitre V : Hydrogéologie	
<i>V.1-Introduction</i>	57
<i>V.2-Identification des réservoirs</i>	57
<i>V.3-Piézométrie</i>	59
<i>V.3.1-Evolution de la piézométrie</i>	59
<i>V.3.1.1-Carte piézométrique mai 2008</i>	60
<i>V.3.1.2-Carte piézométrique octobre 2008</i>	60
<i>V.3.1.3- Fluctuation piézométrique</i>	61
<i>Conclusion</i>	65
Chapitre VI : Hydrochimie	
<i>VI.1-INTRODUCTION</i>	66
<i>VI.2-DESCRIPTION SOMMAIRE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</i>	66
<i>VI.2.1-Paramètres physico-chimiques</i>	67
<i>VI.2.1.1- Potentiel d'Hydrogène (pH)</i>	67
<i>VI.2.1.2- La conductivité électrique (CE)</i>	67
<i>VI.2.2-Les éléments majeurs</i>	68
<i>a)-Le calcium (Ca²⁺)</i>	68
<i>b)-Le sodium (Na⁺)</i>	68
<i>c)-Les chlorures (Cl⁻)</i>	68
<i>d)-Les sulfates (SO₄²⁻)</i>	69
<i>VI.3-DETERMINATION DES PRINCIPAUX FACIES HYDROCHIMIQUES</i>	69
<i>VI.4-CARTOGRAPHIE HYDROCHIMIQUE</i>	70
<i>a)-Cartes du calcium</i>	71
<i>b)-Cartes du sodium</i>	71
<i>c)-Cartes des chlorures</i>	72
<i>d)-Cartes des sulfates</i>	72
<i>e)-Cartes des conductivités électriques (CE)</i>	72
<i>f)-Cartes des SAR</i>	72
<i>VI.4- APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION</i>	73
<i>VI.4.2-Classification des eaux d'irrigation</i>	73
<i>VI.4.2.1- La classification de l'U.S.S.L</i>	73

VI.4.2.2- Classification mondiale de la FAO.....	74
VI.5-CONCLUSION.....	80
Chapitre VII :	Etude d'un cas
VII.1-Présentation du périmètre	81
VII.1.1- Caractéristiques pédologiques	81
VII.1.2-Réserve en eau des sols	82
VII.1.3-Aptitude culturale	82
VII.2-Etude hydrologique	83
VII.2.1-Réseau pluviométrique	83
VII.2.2- Homogénéité de la série pluviométrique	83
VII.2.2 .1- Test de Wilcoxon pour la station de chlef, code (020115)	85
VII.2.3- Etude de l'échantillon et choix du type de loi	86
VII.2.3.1- Traitement des données	87
VII.2.3.2- Test de validité d'un ajustement	87
a)- Test de validité de l'ajustement à la loi Normale	88
b)- Test de validité de l'ajustement à la loi log Normale	89
VII.2.4- Ajustement à la loi Normale	89
VII.2.5-Détermination de l'année de calcul	92
VII.3-Besoin en eau des cultures	92
VII.3.1-L'EVAPOTRANSPIRATION	93
VII.3.1.1-Evapotranspiration de référence.....	93
VII.3.1.1.1- Définition.....	93
VII.3.1.1.2-Estimation de l'évapotranspiration de référence.....	93
VII.3.1.1.3-Evapotranspiration réelle maximale	95
VII.3.2-Besoin en eau théoriques pour 1ha.....	96
VII.3.2.2-Calcul du débit fictif continu en mois de pointe (juillet).....	97
VII.3.2.3-Besoins en eau de lessivage	97
VII.4-CONCLUSION	105
CONCLUSION GENERALE.....	106

Annexes

Liste des tableaux	pages
Tableau I-1 : températures mensuelles et annuelles de CHLEF (°c) (1987-2008)	5
Tableau I-2 série pluviométrique (station de CHLEF 1987–2008).....	6
Tableau I -3 : précipitations moyennes mensuelles (mm) Période (1987-2008).....	7
Tableau I-4 : les moyennes mensuelles des vitesses de vent (m /s).....	8
Tableau I-5 : nombres des jours de sirocco.....	8
Tableau I-6: l'humidité relative de l'air en (%)	8
Tableau n°I-7 : évaporation moyennes mensuelles (mm).....	9
Tableau I-8: insolation moyenne mensuelle en heure (h).....	9
Tableau I-9 : Classification du climat selon Mr MARTON.....	10
Tableau III-1 : Classification de Christiansen et al. (1977).....	26
Tableau III-2 : problème potentiel d'infiltration du au sodium dans l'eau d'irrigation	31
Tableau III-3: Tolérance relative au sel des cultures herbacées: légumes et fruits (Maas, 1990)	33
Tableau III-4:Tolérance relative au sel des cultures herbacées: cultures boisées (Maas, 1990).....	34
Tableau III-5:Tolérance relative au sel des cultures herbacées: graminées et fourrages	35
Tableau IV.1-coordonnée des 2 secteurs d'étude.....	38
Tableau IV-2- : Programme des prospections géophysiques.....	46
Tableau IV-3 : Échelles des résistivités adoptées	50
Tableau IV-4 : Forages de reconnaissance proposés.....	56
Tableau VI.1 : Normes d'OMS de potabilités des eaux.....	66.
Tableau VI.2 : Types d'eau et qualité chimique des eaux souterraines du Moyen-Chélif d'après l'ABH-CZ	70
Tableau VI.3- Evolution des classes d'irrigation selon la méthode de L'USSL.....	74
Tableau .VI.4: Evolution des classes d'irrigation selon le FAO	75
Tableau : VII.1: Caractéristiques pédologiques	81
Tableau VII.2: Les résultats des mesures.....	81
Tableau VII.3: Les mesures de réserve en eau.....	82
Tableau VII.4 : Caractéristique de la solution du sol	82
Tableau VII.5 : les surfaces parcellaires correspondantes aux types des cultures	83
Tableau VII.6: Caractéristiques de la station pluviométrique de CHLEF.....	83
Tableau VII.8: Pluies moyennes mensuelles observées à la station CHLEF.....	84
Tableau.VII.9 : Test d'homogénéité pour la station de CHLEF code (020115).....	86
Tableau: VII.10-l'ajustement a loi normale	90

<i>Tableau VII.11-Précipitation de l'année de calcul</i>	<i>94</i>
<i>Tableau VII.13-Exemple de calcul de k</i>	<i>99</i>
<i>Tableau VII.14 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.10mmhos/cm</i>	<i>100</i>
<i>Tableau VII.15 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.30mmhos/cm</i>	<i>101</i>
<i>Tableau VII.16 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.50mmhos/cm</i>	<i>102</i>
<i>Tableau VII.17 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.70mmhos/cm</i>	<i>103</i>
<i>Tableau VII.18 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.90mmhos/cm</i>	<i>104</i>

<i>Liste des figures</i>	<i>pages</i>
-Fig. I-1 : Carte de la zone du moyen Cheliff.....	4
-Fig. I-2 : Climogramme de GAUSSEN	11
-Fig. I-3 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	13
-Fig. II-1 : Carte géologique du Moyen-Chélif d'après Scet-Agri (1985).....	15
-Fig. III-1: Classification des eaux d'irrigation selon l'U.S.S.L.....	25
-Fig. III-2: Abaque donnant l'E.S.P en fonction du S.A.R.....	29
-Fig. IV.1–carte de situation des secteurs d'étude.....	37
-Fig. IV-2 :-coupe géologique schématique Nord-Sud a travers la plaine d'el attaf.....	40
-Fig. IV-3-Coupe lithologique du forage Hammam Boutrig.....	43
-Fig. .IV-4 :-le sondage électrique.....	45
Fig. : IV-5-Résistivité des calcaires de Temoulga.....	47
Fig. IV-6 : Etalonnage du sondage électrique A3 a.l'aide du forage E6- 747.....	48
Fig. . IV-7-Etalonnage du sondage électrique X2a l'aide du forage E6-826.....	49
Fig. V.1-la carte des nappes de moyen Chélif (l'ABH-CZ 2001).....	59
Fig. V.2-carte piézométrique de la nappe du moyen Cheliff, mai 2008.....	62
Fig. V.3-carte piézométrique de la nappe du moyen Cheliff, octobre 2008.....	63
Fig. V.4-Carte fluctuation de la nappe du moyen Cheliff (année2008).....	64
Fig.VI.9-Carte de conductivité électrique, avril 2008.....	76
Fig.VI.10-Carte de conductivité électrique, octobre2008.....	77
Fig.VI.11-Carte de SAR, avril 2008.....	78
Fig.VI.12-Carte de SAR, octobre 2008.....	79
Fig. VII.1:Statistiques de base.....	87
Fig. VII.2: résultats du test de validité de l'ajustement à la loi normale.....	88
Fig. .VII.3 : résultats du test de validité de l'ajustement à la loi log normale.....	89
Fig. VII.4 : Graphique de l'ajustement a la loi normale.....	91
Fig. VII.5 :-Evapotranspiration de référence de la zone de projet.....	96
Fig.VII.6 -variation du débit spécifique en fonction de la conductivité électrique de l'eau.....	105

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour d'innombrables activités humaines. L'eau peut être rare à certains endroits, comme les zones arides et semi-arides, ou tout simplement d'une qualité médiocre à d'autres endroits. Il est certain que l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines accentuera les contraintes sur cette ressource. En outre, les facteurs naturels, telle que la sécheresse ou les contraintes géologiques, ont un effet sur l'approvisionnement en eau potable et sa distribution.

Il est donc essentiel de quantifier et d'analyser la quantité et la qualité des réserves en eau et de trouver le moyen de gérer cette ressource pour en assurer la durabilité.

Dans ce contexte, la présente étude s'ajoute à de plus anciens travaux de recherche, et ce pour donner un aperçu scientifique sur l'état actuel de la nappe de moyen Cheliff, du point de vue qualitatif et quantitatif. La qualité des eaux de cette région a subi ces dernières années une certaine détérioration physico-chimique (salinité). Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau et en sols (Salinisation secondaire), à cause de rejets urbains non contrôlés, de l'utilisation intensive d'engrais chimiques et de fertilisants dans l'agriculture ainsi que de son exploitation désordonnée. Ces éléments modifient le chimisme de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

La région d'étude a connu, durant ces dernières années, une certaine expansion économique et particulièrement 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. Ceci a augmenté la demande en eau.

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'analyser la qualité des eaux au niveau de la dite nappe.

Quelques études, déjà réalisées sur la plaine de Moyen Cheliff (mémoires d'ingénieur, de Magister), ont signalé l'influence de la nature lithologique sur la salinité des eaux souterraines. Les facteurs climatiques ont également contribué à la variation de cette salinité.

Dans cette étude, nous allons essayer de mieux comprendre l'impact des paramètres climatiques et lithologiques sur la qualité de cette ressource souterraine et d'optimiser l'interprétation des analyses physico-chimiques en utilisant des moyens plus adéquats.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations

suivantes :

- *Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux souterraines de la nappe?*
- *Quels sont les mécanismes physico-chimiques régissant l'évolution de la salinité dans le temps et dans l'espace (influence de la lithologie et des facteurs climatiques sur le chimisme de la nappe)?*

Afin de répondre à ces préoccupations, nous allons adopter la méthodologie suivante :

- *Etude du cadre naturel et hydrodynamique en relation avec la qualité chimique.*
- *Etude des paramètres physiques et chimiques de l'eau.*
- *Etude des mécanismes d'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines.*

Pour concrétiser ce programme de travail, un suivi saisonnier (basses et hautes eaux) de la qualité physico-chimique et piézométrique des eaux souterraines a été réalisé. deux campagnes (avril 2008 et octobre 2008) ont été entreprises.

Plusieurs outils (géologique, hydrodynamique, chimique, et informatique) ont été utilisés afin de mieux interpréter les données acquises.

Les explications des phénomènes et le détail des résultats seront présentés dans les chapitres qui constituent cette thèse.



Chapitre : I
Présentation de la
plaine du Moyen
Cheliff



I-1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA PLAINE DU MOYEN CHELIFF:

La plaine du Moyen Cheliff est située à **175 KM** de la capitale ; à l'ouest, entre le périmètre du Bas et Haut CHELIFF ; avec les coordonnées géographiques suivent le méridien de Greenwich de : **1°06'** et **1°42'** de longitude EST et **36°14'** de latitude NORD avec une surface totale de **21600 ha**

Le périmètre du Moyen Cheliff (P.M.C) s'étend entre l'oued TIKEZAL (El-Attaf;w-Ain Defla) et de barrage de Boukadir (w-Ech Chleff). Sur une longueur de **60KM** (Est-ouest) et de largeur (Nord-sud) de **10 KM** environ.

Il se compose de deux plaines nettement séparées par la zone de collines et le seuil d'Oum-drou

1. la plaine d'Oued Fodda ; qui s'étend entre le village d'El-Attaf et le seuil d'Oum Drou. représente une **S.A.U** irrigable d'environ **4539 HA**; constituée de sols de vallée d'Oued Fodda et des alluvions rive gauche de Oued Cheliff.
2. la plaine d'Ech-Chleff comprise entre les seuils d'Oum-Drou et de Boukadir représente une **S.A.U** irrigable d'environ **16 435 HA**.

Le bassin du Cheliff se caractérise par une insuffisance ou une mauvaise répartition des pluies (une pluviométrie moyenne de 350mm), une insolation forte avec des déviations de températures importantes (environ 40°C); un abaissement thermique accentué en hiver à quelques degrés au dessous de " Zéro ", enfin par des Oueds secs ou forts torrentiels.

Néanmoins les terres des plaines chéelifiennes, formées d'alluvions profondes sont fertiles quand elles sont suffisamment arrosées et bien drainées.

Périodiquement, la vallée du Cheliff est soumise à des séries d'années sèches ou d'années humides, et la sécheresse du climat est le principal obstacle au développement de l'agriculture, bien que plus d'un milliard de mètres cubes d'eau s'écoulent à la mer en année.

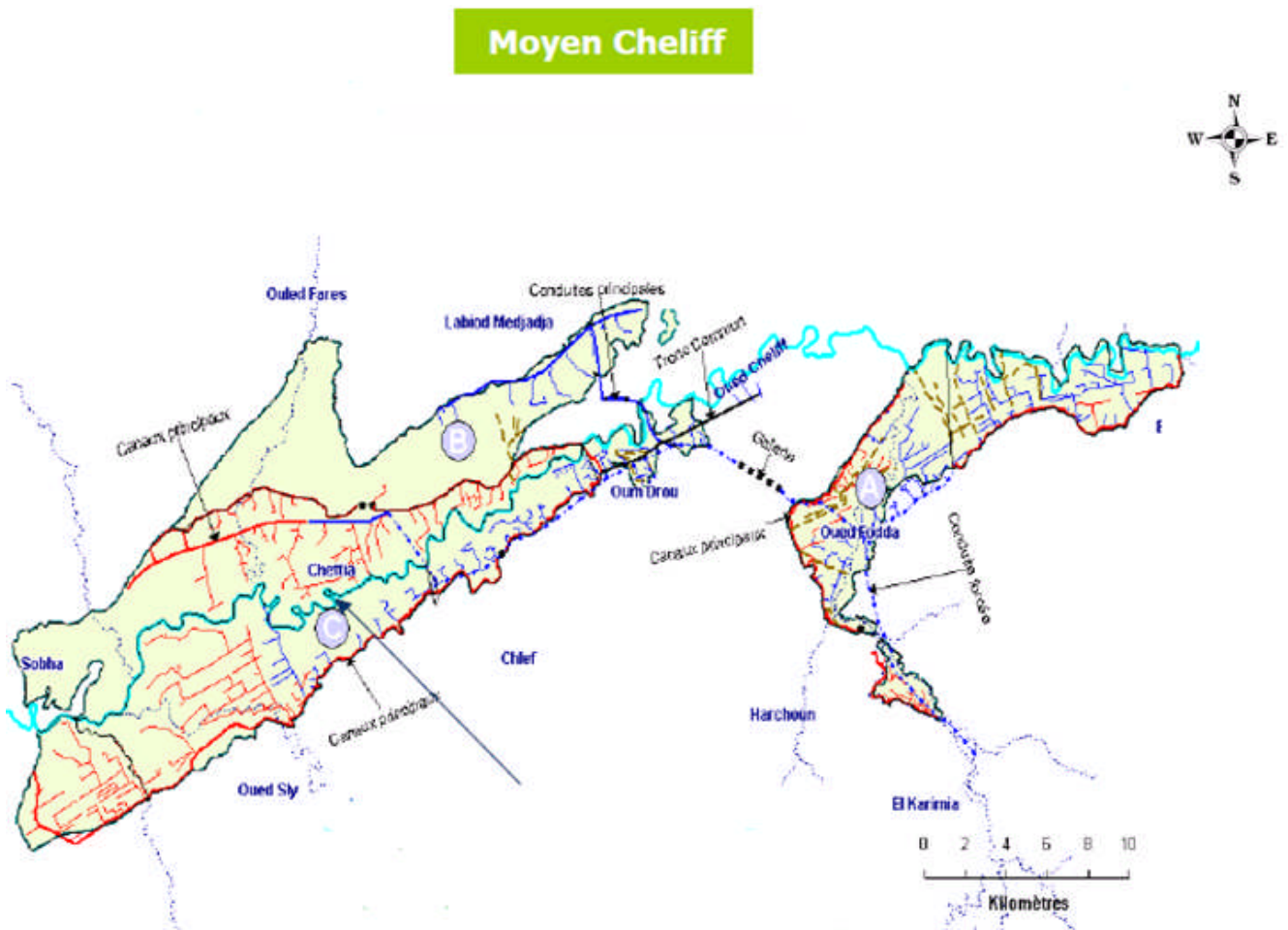


Fig. I-1 : Carte de la zone du moyen Cheliff

I-2 CLIMATOLOGIE :

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Tous les facteurs climatiques à savoir : température, vent, précipitation, l'humidité relative et l'évaporation influent sur les cultures envisagées dans leur cycle végétatif et sur leurs besoins en eau.

I-2-1 la température :

*Les plaines du Cheliff ont un climat spécial de type **Continental**, malgré la proximité de la mer. c'est un climat marqué par des étés chauds et secs, aux hivers assez froids, tempéré et pluvieux, un printemps assez long et un automne très bref.*

Les résultats des mesures élaborés dans la station de Cheliff sont donnés sur le tableau n°I-1

Tableau n°I-1 : températures mensuelles et annuelles de CHLEF (°c) (Période : 1987-2008)

mois t°(c)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A	MOYEN ANNUE L
max	32.5	26.8	20.2	16.4	15.9	17.6	20.9	23.3	28.2	34	37.8	37.6	25.9
min	19.4	15.6	10.2	7.2	6.0	6.6	8.5	10.3	14.4	18.8	21.9	22.5	13.5
moy	25.5	20.6	14.7	11.7	10.5	11.5	14.3	16.4	21.0	26.3	29.6	29.8	19.3

Source :(INSID) Alger.

Station de CHLEF : Latitude : 36°N 13' Nord

Longitude : 1°E 20' Est

Altitude : 143 m

La moyenne annuelle des températures s'élève à **19.3°c**, mais on observe un écart très important entre la saison d'hiver et la saison d'été.

I-2-2 les précipitations :

La pluviométrie est d'un régime variable et irrégulier suivant les mois et les années sachant que les pluies moyennes interannuelles sont de l'ordre de **300mm**

Tableau N°I-2 série pluviométrique (station de CHLEF 1987–2008):

Mois Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	P (annuelle)
87-88	10,4	63,2	72,5	24,7	52,4	6,3	31,9	24,1	30	5,1	0	0	320,6
88-89	9,1	13,7	29,5	51,7	10,5	17,2	44,8	18,2	3,9	4,6	0	13,4	216,6
89-90	7	7	16,7	21,4	41,1	0	56,9	37,5	14,2	1,9	0,4	2,5	206,6
90-91	0,6	46	87,3	41,7	37,6	34,4	52,1	17,2	23,9	2,1	0	2,3	345,2
91-92	4,7	29,6	24,2	1,1	46,6	10	59,8	32	25	15,6	10,4	0	259
92-93	0	43	13	19,5	6,5	38,7	14,5	60,8	11,2	0	0	0,2	207,4
93-94	21,2	13,6	32,1	16,2	23,7	22,7	1	24,6	9,9	0	0	0	165
94-95	50,6	42,6	19,8	19,8	66,8	13,9	28,1	9,6	0	2,4	0	29,2	282,8
95-96	34,6	30,1	48,9	34,5	54,4	108,9	76,2	51,5	30	1,7	9,7	2,8	483,3
96-97	41,8	20,2	5,1	31,2	65,4	3,5	0	140	16	0,4	7,1	19,8	350,5
97-98	32,3	46,1	114,7	29,8	10,1	17,6	5,1	51,9	86,6	0,8	0	1,4	396,4
98-99	15,3	15,2	13,1	17,9	60,7	66	70,9	6	6,1	0	0	0	271,2
99-00	29,2	14,3	48,7	95,5	2,5	0	22,9	10,3	5,7	0	0	0	229,1
00-01	30,3	83,4	68	68,4	56,9	13,5	3,8	32,9	11,5	0	0	0	368,7
01-02	16,3	3,4	97,6	32,7	15,2	5,2	33,7	34,3	27,2	0	0	8,2	273,8
02-03	0	17,9	60,8	37,7	69,8	57,1	12,5	42,4	42,6	1	0	5,2	347
03-04	0	25,3	66,5	45	25	46,9	13,2	14,1	97,4	4,3	0	0	337,7
04-05	0	37,6	24,8	63,3	17	79,4	27,3	1,5	1	0	0	0,3	252,2
05-06	21	36	61,4	54,4	35,5	69,4	15,5	5,2	71,7	7	0,5	1,2	378,8
06-07	17,4	0	0	88,2	27,3	60,8	49,2	66,6	34,2	0	1	1,6	346,3
07-08	39,8	31,7	40,7	16,6	25	64	53	70	42	0	0,8	2,2	385,8

Source : INSID(Alger).

Tableau n° I -3 : précipitations moyennes mensuelles (mm) Période (1987-2008)

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A	ann.
P(mm)	18.2	29.5	45	38.6	35.7	35	32	35.7	28.1	2.2	1.4	4.3	305.9

Source : INSID(Alger).

Après l'analyse des ces données on remarque la majeure partie des précipitations étant concentrés sur la période de "Novembre -Avril".

Les pluies en Juin ; Juillet et Août sont négligeables.

I-2-3 le vent :

Il s'agit d'un facteur important aussi bien sur un plan agronomique que de point de vue de l'aménagiste puisque il consiste élément déterminant dans le choix de type d'irrigation (aspersion ou gravitaire) aussi que dans l'élaboration du système de protection des périmètres (réseau de brise-vents).

Les vitesses moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau n°1-4

Tableau n°I-4 : les moyennes mensuelles des vitesses de vent (m /s)

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A
V(m/s)	2.9	2.4	2.4	2.5	2.1	2.4	2.8	3.0	3.2	3.1	2.9	2.5

Source : INSID(Alger).

Une analyse des valeurs moyennes observées montre une stabilité des vitesses tout au long de l'année.

I-2-4 nombre de jours du sirocco :

Il s'agit d'un vent du sud pouvant causer aux cultures des dégâts très importants par l'élévation brutal des températures et la diminution de l'hygrométrie de l'air qu'il entraîne.

Tableau n°I-5 : nombres des jours de sirocco.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A	totale
Nombres Des jours	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	12

Source : INSID(Alger).

I-2-5 l'humidité relative de l'air :

Il s'agit d'un élément important du cycle hydrologique contrôlant entre autre l'évaporation du sol et de couverture végétale. Les résultats sont représentés dans le tableau n°I-6.

Tableau n°I-6 : l'humidité relative de l'air en (%)

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A	moyenn e
%	50. 5	60. 5	71. 5	75. 8	75. 5	72. 6	66. 0	60. 4	52. 7	44.7	37.9	40. 1	59

Source : INSID(Alger).

L'analyse de tableau (I-6) montre une bonne homogénéité sur cette zone ainsi que l'importance des variations d'amplitude liées aux phénomènes thermiques aussi bien d'un point de vue mensuel (variation d'amplitude de 38% entre le moi le plus humide et le mois le plus sec).

I-2-6 : évaporation :

L'évaporation est connue quotidiennement le plus souvent par des mesures effectuées sur des bacs, ici le bac enterré de 1 m² de surface dit « **bac Colorado** » où on mesure la quantité d'eau évaporée par une surface évaporant « **piche** ».

Les résultats des mesures sont représentés dans le tableau n°I-7

Tableau n°I-7 : évaporation moyennes mensuelles (mm)

mois station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A	total annuel
chlef	138	86	41	28	29	45	85	116	161	190	212	194	1325

Source : INSID(Alger).

Une analyse plus fine des mécanismes d'évaporation montre la répartition journalière diverse bien distincte.

- Les 3/4 de l'eau s'évapore entre **7h** et **18h**.
- Le maximum est généralement atteint **2** à **3h** après que le soleil soit passé au Zénith.

I 2-7 insolation :

Le nombre d'heures d'ensoleillement dans la région est élevé ; Ce paramètre climatique est observé à la station météorologique de CHLEF et illustré par le tableau n°I-8.

Tableau°I-8: insolation moyenne mensuelle en heure (h).

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUL	A	total
Heurs D'insolation	8.9	7.4	6.1	5.2	5.7	6.8	7.5	8.5	9.5	10.2	11	10.6	97.4

Source : INSID(Alger).

Ce phénomène est très important de Juin à Août ; il dépasse **10 heures/jour**.

• I-3 CALASSIFICATION DU CLIMAT :

I-3-1 Classification du climat selon l'indice de Mr MARTON :

L'indice d'aridité ou MARTON, est un paramètre qui permet la classification du climat, afin de nous renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation par rapport au climat (voir tableau n° I--9).

L'indice d'aridité est donné par l'expression (I-1)

$$I_A = \frac{P}{T + 100} \quad (I-1)$$

Avec :

I : Indice de MARTON

P : Précipitation annuelle moyenne de la région en (mm/an)

T : Température moyenne annuelle en (°C)

Tableau n°I-9: Classification du climat selon Mr MARTON

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
I<5	Désertique	Indispensable
5<I<10	Très sec	Indispensable
10<I<20	Sec	Souvent Indispensable
20<I<30	Relativement humide	Parfois utile
I>30	Humide	Inutile

Pour :

$$P = 305.9 \text{ mm/an}$$

$$T = 19.3^\circ\text{C}$$

On aura :

$$I = \frac{305.9}{19.3 + 10} \approx 11$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime de climat Sec par conséquent, **L'irrigation est Nécessaire.**

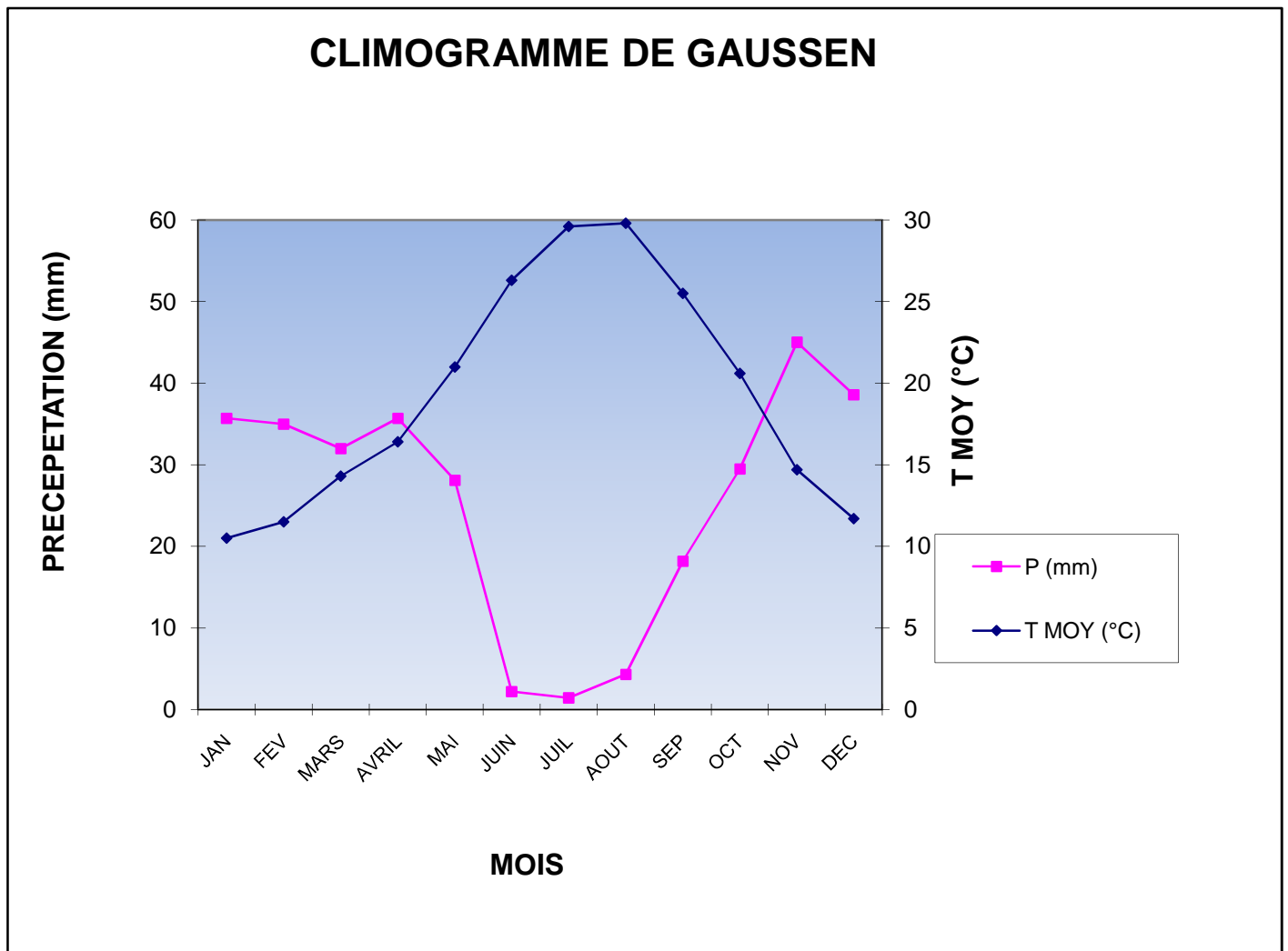


FIG. I-2 : Climogramme de GAUSSEN

D'après ce climogramme on remarque que la période sèche s'étend de mai jusqu'au septembre (5 mois) se qui confirme que le climat de cette zone est semi aride.

I-3-2 Classification du climat selon diagramme de Mr EMBERGER :

La technique est fondée sur un diagramme dressé par Mr EMBERGER (figure n°: I-3) qui nous renseigne sur le climat, ainsi que le type d'Hiver dominants d'une région.

Pour cela, nous avons calculé, par l'expression (I-2), le quotient de Mr EMBERGER, que nous avons projeté sur le Diagramme Bioclimatique.

$$Q = \frac{1000 * P}{\left(\frac{M + m}{2}\right)(M - m)} \quad (I-2)$$

Tel que :

P : Précipitation moyenne annuelle de la région en (mm)

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°)

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°)

Pour :

$$P = 305.9 \text{ mm}$$

$$M = 29.8^\circ \text{ c}$$

$$m = 10.5^\circ \text{ c}$$

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 305.9}{(29.8 + 273)^2 - (10.5 + 273)^2} \approx 54 \text{ mm}$$

D'après le diagramme Bioclimatique, le périmètre du moyen Cheliff jouit d'un climat **Semi-aride**.

Ces renseignements complètent celles obtenus précédemment par la méthode de MARTON; et qui sont d'une importance majeure.

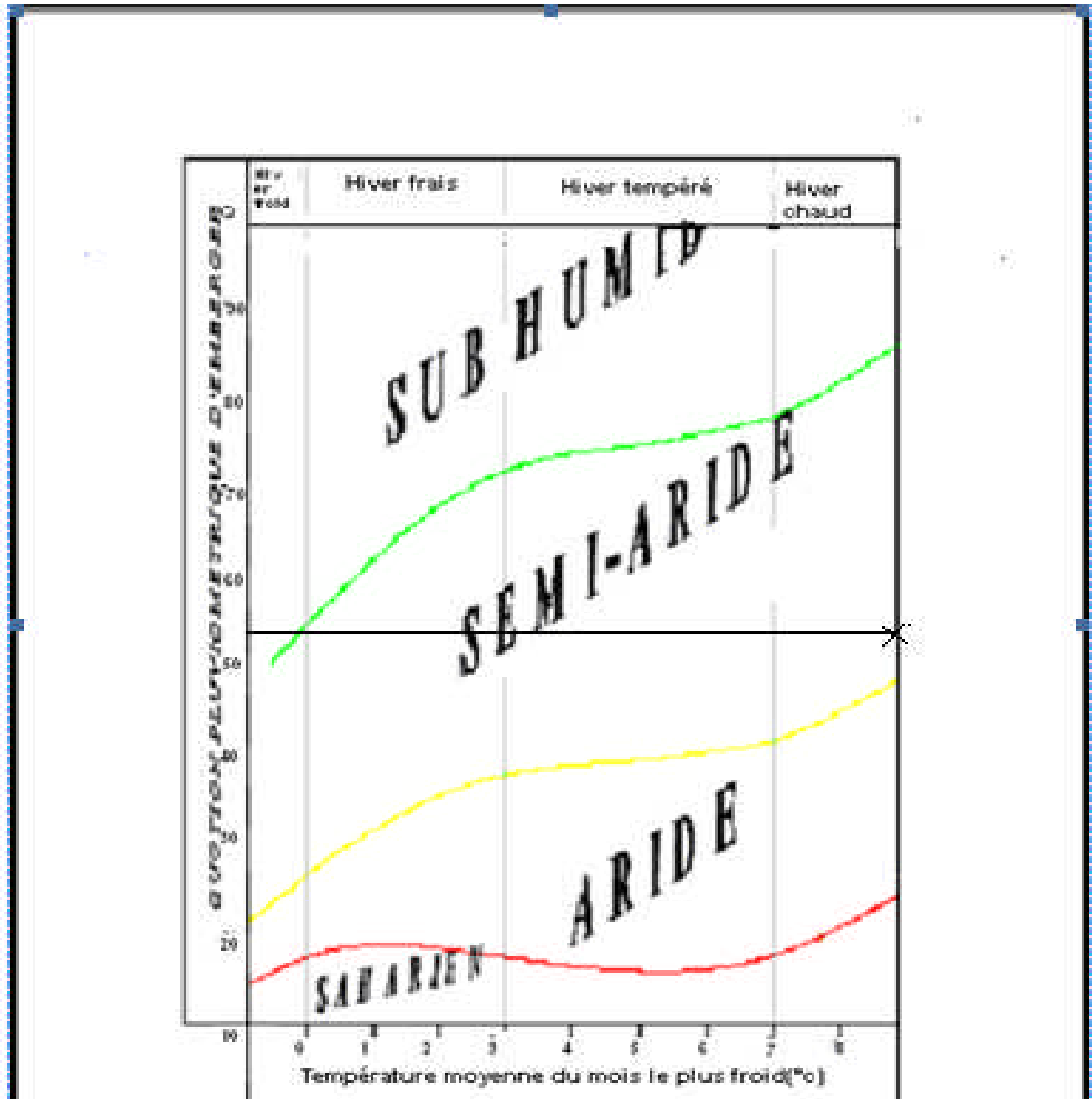


Fig. I-3 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER



Chapitre : II
Caractéristiques
générales de la
plaine de moyen
Cheliff



II-1 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES :

***Géologie sommaire des bassins des affluents de l'oued Cheliff.**

Les caractères géologique des bassins versants des affluent rive droit et rive gauche de l'Oued Cheliff sont dissemblables car résultant d'une histoire géologique différente :

***Au sud :** les bassin versants sont situés dans le massif de l' Ouarsenis qui appartient au domaine des nappes Telliennes dont la mise en place date du Miocène supérieur ; la structure du massif n'a pas changé de puis cette période. Les terrains qui le constituent sont datés du Trias (secondaire).*

La partie haute des bassins versants est constituée par les formations du Crétacé : marne; macro-calcaires surtout, et calcaire de l'OUARSENIS.

Les nappes Telliennes se sont mises en place sur du train Gypseux qui affleure en quelques points sur quelques dizaines de Km².

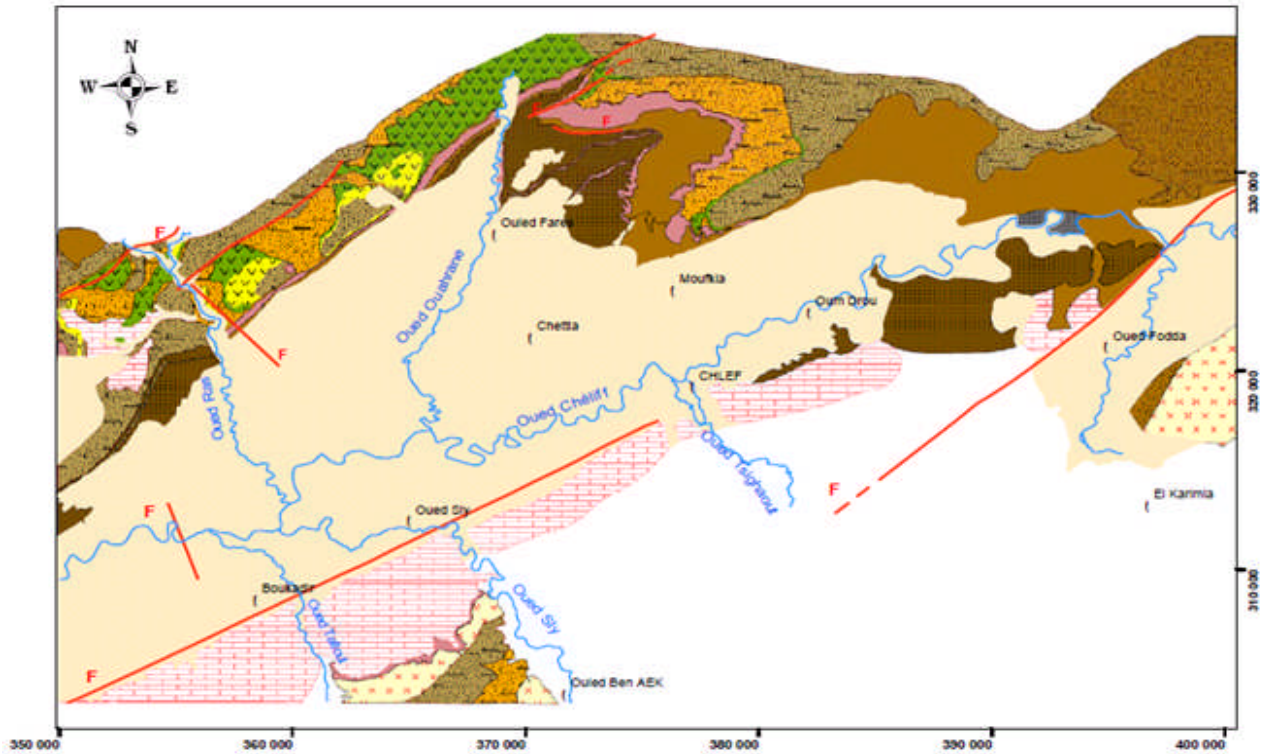
En conclusion : les bassins des Oueds affluents rive gauche sont constitués de matériaux tendres sensibles à l'érosion et produisant des matériaux fins facilement mis en suspension . La présence de traits gypseux est un élément favorable à la salure des eaux.

***Au nord :** au contraire, les monts DAHRA primitifs et l'OUARSENIS au cours de transgression venues du golfe d'ORAN ; la sédimentation est active dans le bassin à cause de la subsidence ; Ces dépôts se sont fortement plissés après le Miocène et la tectonique n'a pas cessé. Elle se manifeste encore de nos jours par une surélévation des monts DAHRA et une subsidence des bassins constituant la plaine du Cheliff.*

Les formations du Miocène supérieur comportent des marnes gypseuses même du gypse massif, ce type de formation affleure surtout dans les bassins des oueds à l'Ouest et dans le bassin de l'oued OUAHRANE.

En conclusion : comme dans les bassin du sud, ceux des oueds affluents rive droit sont constitués de matériaux tendres sensibles à l'érosion car les grés fait que le charriage est plus important dans les oueds du Nord que du sud.

La aussi la présence de Marnes gypseuses et de gypse du Miocène supérieur est un élément favorable à la salure des eaux.



quaternaire	Quaternaire (récent – ancien)
Grès à Hélix	Pliocène Continental
Grès Astiens	Pliocène Marin (Plaisancien – Astien)
Marnes	
grès de base	
Marnes à Gypse	Miocène Supérieur (Vindobonien)
Gypse massif	
Marnes à Tripoli	
Grès Grossier	
Calcaires Recifaux Lithothamnium	
Marnes	
Marnes	Miocène Inférieur (Burdigalien)
Substratum Antimiocène	

(Communes
	Oued
	Faïlle

Fig. II-1 : Carte géologique du Moyen-Chélif d'après Scet-Agri (1985)

***Stratigraphie :(voir annexe)**

Des plus anciens aux plus récents, les couches constituant le périmètre du Moyen Cheliff sont les suivantes :

1. *Substratum Antemiocène*
2. *Miocène Inférieur (burdigalien)*
 - Marnes
 - Grès
3. *Miocène supérieure*
 - Marnes à gypse
 - Gypse massif
 - Marnes à tripoli
 - Grès grossier
 - Grès du gontas
 - Calcaires récifaux a lithamnium
 - Grès de base
4. *Pliocène : on distingue le pliocène Marin et le Pliocène Continental .*
 - 4-1 *Pliocène Marin*
 - Grès astiens
 - Marnes
 - Grès de base
 - 4-2 *Pliocène Continental*
 - Gres a Helix
 - Marnes
5. *Quaternaire.*

II -2 CARACTERISTIQUE HYDROLOGIQUE :

Le périmètre du Moyen Cheliff est drainé par un réseau Hydrographique bien marqué dont les ramifications principales sont constituées par les affluents marquants de l'oued Cheliff, on trouve :

a. rive droite :

- l'Oued BOUKALI
- l'Oued TARIA
- l'Oued HAMMAMA
- l'Oued OUAHRANE
- l'Oued RAS

b. rive gauche :

- l'Oued TIKEZALE
- l'Oued FODDA
- l'Oued TSISHAOUT
- l'Oued SLY

Les affluents de rive droite, issus des monts DAHRA, présentent des bassins versants de taille modeste et des débits nuls à l'étiage.

Les affluents de rive gauche ont des bassins versants beaucoup plus étendus, dont la partie supérieure formée par les reliefs montagneux de l'Ouarsenis.

Les deux oueds principaux (Fodda ; Sly), qui bénéficient d'un régime hydrologique favorable, ont fait l'objet d'aménagement en vue d'une mobilisation de leurs ressources en eau (barrages de régularisation interannuelle)

Outre ces affluents principaux, le périmètre du Moyen Cheliff est concerné par l'existence d'un très grand nombre de petits oueds, issus de reliefs de bordure. A leur entrée dans la plaine (ligne de rupture de pente) la plupart de ces oueds se désencrassent et abandonnent leur débit solide, donnant naissance à de véritables cônes de déjection Sablo- limoneuse.

Les eaux décantées s'écoulent alors, par un réseau de surface diffus et peu marqué en direction des thalwegs et des points bas de la plaine, où elles s'accumulent et provoquent des engorgements temporaires particulièrement néfastes aux cultures lorsque le modèle topographique le permet, ces eaux rejoignent les émissaires régressive et des creusements de lits d'oueds.

Dans les parties avals de la plaine, on peut observer alors des phénomènes d'érosion régressive et des creusements de lits d'oueds.

II-3 .LES RESSOURCES EN SOL :

Au sein du périmètre hydraulique de Moyen Cheliff nous avons retenu sept (07) Zones Homogènes plus une zone regroupée les surfaces à exclure des aménagements hydrauliques .

Ces Sept zones ont été définies à partir des quatre (4) critères fondamentaux de Texture, Tirsification, Salinité et Teneur en Calcaire actif, dont nous avons vu qu'ils constituaient les contraintes majeurs rencontrées sur le périmètre.

Les notions de texture et tirsification se recoupent partiellement dans la mesure où les sols tirsifiés sont toujours de texture fine. Il nous a paru important de distinguer les alluvions Argileuses, des alluvions de texture équilibrée qui présentent des caractéristiques agrologiques bien différentes.

Zone 1 : Alluvions récentes profondes non salées, de texture équilibrée.

Ces alluvions s'observent le long des principaux Oueds (Cheliff ; Sly ; Fodda) dans cette zone homogène les sols sont toujours profonds. La texture est de type Limono-argileuse à Argilo-limoneuse; ces sols présentent une bonne perméabilité (k de l'ordre de 3 cm/h). Ils ne sont par ailleurs jamais salés, les conductivités électriques sont toujours inférieures à 2mmhos/cm en surface.

Les caractéristiques pédologiques et hydrodynamiques de cette zone homogène lui confèrent d'excellentes aptitudes agronomiques.

Zone 2 : Alluvions récentes de texture fine, légèrement salées et tirsifiées .

Cette zone est la plus importante elle occupe de vastes surfaces dans la plaine d'Ech-Chleff principalement. Sa caractéristique majeure est la texture fine ; souvent dès la surface qui induit une faible perméabilité (K de l'ordre de 1cm/h).

Ces terres sont profondes et possèdent des réserves hydrauliques et minérales importantes mais ne pourront pas toujours être bien exploitées par les cultures. Il conviendra de se méfier des risques d'asphyxie fréquents en sols lourds, asphyxie par accumulation d'eau en surface,

entraînant des problèmes de germination. Asphyxie du réseau racinaire qui aura du mal à se développer dans les horizons compacts. La conductivité électrique toutefois ne dépassant pas 4mmhos/cm en surface.

Bien que moins favorable que la zone 1, et pour garantir les meilleurs résultats, on cherchera à améliorer la perméabilité de surface par des façons culturales appropriées et surtout un grand respect de l'état d'humidité de sol, et par limitation des excès d'eau dans le cas d'irrigation. Moyennant ces précautions indispensables, cultures légumières, céréalières et maraîchères pourront y être pratiquées.

Zone 3 : Alluvions récentes et anciennes fortement tirsifiées.

Cette zone répartie sur l'ensemble du périmètre, surtout représentée sur les alluvions récentes en position légèrement dépressionnaire où mal drainée; cette zone de sols fortement tirsifiés est uniformément caractérisée par des textures très fines (plus de 40% d'argile), et de perméabilité très faible (inférieure à 1cm/h). Ces sols compacts présentent actuellement une conductivité électrique inférieure à 4 mmhos/cm en surface; donc ils sont peut-être salés mais leur texture fine les rendent particulièrement sensibles à la qualité des eaux d'irrigation.

Cette zone doit être réservée aux cultures adaptées aux sols lourds (riz; orge ou blé pour les céréales, vesce-avoine pour les fourrages, et pour les maraîchères sont nombreuses: choux, pastèque...), l'arboriculture est déconseillée dans cette zone. Les irrigations devront être suivies de près afin de supprimer tous les apports d'eaux excessifs (l'aspersion est conseillée).

Zone 4 : Alluvions salées.

Dans ces secteurs, la conductivité électrique est supérieure à 4 mmhos/cm à la surface, elle croît toujours avec la profondeur. La texture est équilibrée sauf dans la plaine de Bir-Saf-Saf où elle est fine.

On a trois secteurs bien délimités géographiquement, présentent des sols salés :

1. la zone de confluence des Oueds Sly et Cheliff.
2. le piémont Nord-ouest de la plaine d'Ech-Chleff (bled Essaoula).
3. un petit secteur de la plaine de Bir-Saf-Saf.

Dans l'immédiat on n'y pratiquera que les cultures les mieux adaptées: Coton; Sorgho fourrager; orge; luzerne sur les terres les moins lourdes;...

Zone 5 : Alluvions fortement salées et tirsifiées.

Cette zone concerne exclusivement la plaine de Boukadir ou y trouve des sols très lourds (plus de 40% d'argile), fortement tirsifiées et présentant des conductivités supérieures à 7 mmhos/cm à la surface. En fait la seule culture qui aurait des chances raisonnables de se développer toute en permettant un relatif dessalage des terrains est le Riz. (Économiquement difficile).

Zone 6 : Alluvions anciennes et sols piémont non tirsifiés :

Ces alluvions sont situées exclusivement à la périphérie des plaines d'Ech-Cheliff, Ouled Farès et Oued Fodda ainsi que dans la plaine des Medjadjas .

Les sols de texture équilibrée à fine sont bien structurés et de ce fait présentent une très bonne perméabilité (K de l'ordre de 10 cm/h) .Ils ne sont en outre jamais salés. Cette zone supporte toutes les cultures adaptées aux conditions climatiques de la vallée du Cheliff.

Zone 7 : Sols sur croûtes ou encroûtements calcaires.

Cette zone est située assez haut dans le paysage et se trouve le plus souvent en limite d'étude.

Les contraintes de cette zone sont d'abord d'ordre mécanique. Les croûtes calcaires sont souvent mêlées à des formations caillouteuses qui limitent les possibilités d'enracinement. Plus important est le risque de calcaire actif, source de chlorose, que l'on trouve avec les croûtes, encroûtements et Tufs calcaires. L'arboriculture devra être exclue des zones présentant une croûte ou un encroûtement à moins de 80 cm, de façon générale, cette zone devra donc être réservée aux céréales et fourrages.

Zone 8 : Zone à exclure des aménagements.

Il s'agit des zones Urbaines, des affleurements rocheux ou zones de pente très forte, mais également du lit majeure des principales rivières qui peut être exploité pendant une partie de l'année (marâtchage irrigué.....) Mais ne peut faire partie d'un schéma d'aménagement en raison des risques d'inondation

II-4 RESSOURCE EN EAU :

Le principe ressource en eau destinée à l'irrigation du périmètre du Moyen Cheliff provient exclusivement des eaux stockées dans les barrages (barrage de Sidi Yakoub et Oued-Fodda qui se présentent comme suit :

➤ Barrage de Sidi Yakoub **98Hm³/an** .

➤ Barrage de Oued-Fodda **54Hm³/an** .

ainsi que les eaux excédentaires et non régularisées d'Oued Cheliff. En entre les eaux excédentaires et non régularisées dérivées au niveau du Barrage d'Oum-Drou s'élèvent à un volume de **54Hm³/an** .Soit pour tout le périmètre un volume de **206Hm³/an**.



Chapitre : III
Qualité de l'eau
d'irrigation



INTRODUCTION :

-Les eaux d'irrigation, qu'elles proviennent de sources, qu'elles soient dérivées de cours d'eau ou qu'elles soient pompées dans des forages, contiennent d'appréciables quantités de substances chimiques en solution susceptibles de réduire les rendements des cultures et de détériorer la fertilité des sols.

-La salinité est un problème qui se pose couramment aux exploitants irriguant dans les climats arides, en raison des sels solubles contenus dans toutes les eaux d'irrigation. Toutes les eaux provenant de sources, de rivières ou pompées à partir de puits contiennent d'appréciables quantités de substances chimiques en solution, dissoutes au travers des couches géologiques, et sur lesquelles les eaux se sont écoulées. Les eaux avec une forte concentration en sels peuvent provenir d'un aquifère salin.

- Dans les zones d'agriculture intense, la fertilisation est une cause majeure de salinisation des aquifères.

III-1-Définition de la salinité d'une eau :

La salinité d'une eau est un terme utilisé pour faire référence à la concentration totale d'ions inorganiques majeurs (Na, Ca, Mg, K, HCO₃⁻, SO₄⁻ et Cl⁻) dissous dans cette eau. Elle exprime la concentration totale des cations ou anions en solution et non la somme des concentrations de ces cations et anions.

Pour des raisons de commodité analytique, un indice pratique de salinité électrique Ce exprimée en decisiemens par mètre (ds/m) ou en mmhos/cm ^[8].

III-2-Effets des sels solubles sur les plantes :

L'application d'eau d'irrigation sur un sol entraîne des sels dans la zone racinaire de la plante; celle-ci puise l'eau, mais n'absorbe que peu de sels de la solution.

D'une manière similaire, l'eau s'évapore de la surface du sol, mais les sels restent et s'accumulent. Les deux processus conduisent à un accroissement graduel des sels dans la zone racinaire, même avec une eau de faible salinité. Cette situation peut affecter les plantes de deux manières: a) en créant des problèmes de salinité et de carences en eau, et b) en causant une certaine toxicité et d'autres problèmes. ^[7]

III-3-Classification des eaux d'irrigation :

III. 3.1. La classification du U.S.S.L :

Elle a été, probablement la plus utilisée aux U.S.A. basée sur :

- la conductivité électrique, c'est-à-dire la teneur en sel.
- le SAR.

III.3.1.1.Teneur en sel :

Classe C1, CE < 250µmhos/cm :

Eau a faible salinité. Elle peut être utilisée pour la plus part des cultures sur la plus part des sols et il est peu probable qu'elle provoque des difficultés. Un certain lessivage est nécessaire mais celui-ci fait partie des pratiques normales d'irrigation, sauf sur les sols de très faibles Perméabilités

Classe C2, CE entre 250 et 750µmhos/cm :

Eau de salinité moyenne. Elle peut être utilisée s'il se produit un lessivage modéré. Les plantes ayant une résistance modérée au sel peuvent être cultivée dans la plus part des cas , sans qu'il soit nécessaire de prendre des précautions spéciales pour abaisser la salinité .

Classe C3, CE entre 750 et 2250µmhos/cm:

Eau à forte salinité .Elle ne peut pas être utilisée sur des sols faiblement drainés. Même lorsque le drainage est suffisant, il est nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour abaisser la salinité et on doit choisir des plantes ayant une forte résistance au sel.

Classe C4, CE entre 2250 et 5000µmhos/cm :

Eau a très forte salinité. Elle ne convient pas a l'irrigation dans des conditions ordinaires, mais peut être utilisée occasionnellement dans des conditions très particulières. Les sols doivent être perméables le drainage doit être suffisant, l'eau d'irrigation doit être appliquée a refus pour provoquer un lessivage très important, et il faut pratiquer des cultures extrêmement résistantes au se l.

III.3.1.2.Teneur en sodium :

Classe S1 :

L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

Classe S2 :

L'eau contenant une quantité moyenne de sodium peut présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine .Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

Classe S3 :

Les eaux contenant une quantité élevée de sodium peuvent provoquer des difficultés dans la plus part des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques .S'il n'y a pas de gypse, il faut en ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

Classe S4 :

L'eau contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropre a l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage du gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

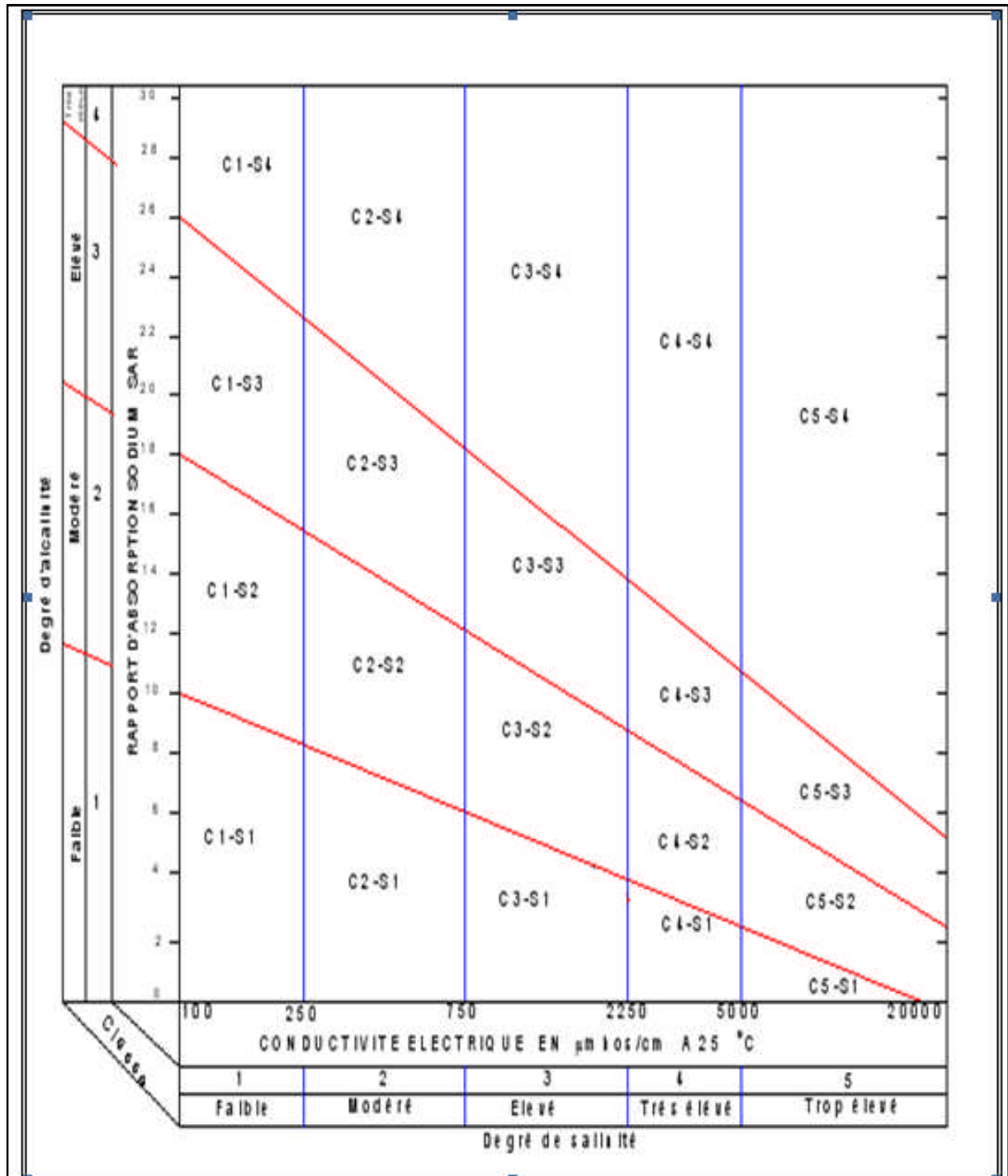


Fig. III-1: Classification des eaux d'irrigation selon l'U.S.S.L.

Interprétation des classes correspondant aux couples risques salins - risques alcalins

C1 S1 Eau de bonne qualité. Précautions avec les plantes sensibles.

C1 S2 Qualité moyenne à bonne. A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal

C2 S1 drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).

C2 S2 Qualité moyenne à médiocre. A utiliser avec précaution. Nécessité de drainage

C1 S3 , C3 S1 avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.

C1 S4 Qualité médiocre à mauvaise. Exclure les plantes sensibles et les sols lourds

C2 S3 Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers et bien drainés

C3 S2, C4 S1 avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.

C2 S4 Qualité mauvaise. A n'utiliser, avec beaucoup de précautions, que dans

C4 S2 les sols légers et bien drainés et pour des plantes résistantes.

C3 S3 Risques élevés. Lessivage et apports de gypse indispensables.

C3 S4, C4 S3 Qualité très mauvaise. A n'utiliser que dans des circonstances exceptionnelles.

C4 S4 Eau déconseillée pour l'irrigation ^[4]

III.3.2. Classification de Christiansen (1977) :

- C'est une classification fondée sur sept critères :

-la conductivité électrique.

-le pourcentage en Na

-le SAR

-la teneur en Na_2CO_3

-la teneur en Cl^- .

-la salinité effective : ES

-la teneur en Bore

Les différentes classes sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau N°III-1 : Classification de Christiansen et al. (1977)

Classe	CE en mmhos/cm	Na en %	SAR	Na_2CO_3 en méq/l	Cl^- en méq/l	ES en méq/l	Bore en ppm
1	0.5	40	3	0.5	3	4	0.5
2	1.0	60	6	1.0	6	8	1.0
3	2.0	70	9	2.0	10	16	2.0
4	3.0	80	12	3.0	15	24	3.0
5	4.0	90	15	4.0	20	32	4.0
6	Valeurs supérieures aux limites de 5						

III.3.3. Classification mondiale de la FAO (g/l)

Pour CE égal ou compris entre :

1g/l	bonne pour l'irrigation
1g/l-3g/l	faiblement salée
3g/l-5g/l	moyennement salée
5g/l-10g/l	fortement salée
>10 g/l	extrêmement salée

Si le sol et l'eau d'irrigation sont pauvres en calcium (Ca), une alcalinisation du sol peut se produire du fait de l'absorption de Na⁺ par le complexe absorbant du sol surtout dans les proportions dépassant 3-1 g/l.

Généralement au delà de 1 g/l il est nécessaire d'avoir un bon drainage du sol, un régime de lessivage et une technique élevée des travaux agro-techniques du sol.

D'autres classifications peuvent être citées celles de Ayers (1977), Rijtima (1981).

Les études réalisées par Durand (1958) sur la qualité des eaux en Algérie montrent que :

- 5% des eaux en classe C1
- 28% des eaux en classe C2
- 28% des eaux en classe C3
- 21% au delà de 6 mmho/cm

III.4. RISQUE ET MESURE DE L'ALCALINITE :

-Il fait référence à la proportion de sodium par rapport aux autres cations (particulièrement Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺) en solution.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (USDA.1954)$$

Avec Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ les concentrations respectives des ions Na, Ca et Mg dans l'eau d'irrigation.

Un problème de perméabilité du sol se produit lorsque l'eau d'irrigation présente une teneur en sodium élevée. Dans l'eau salée, le sodium a une plus grande concentration

que tout autre cation, ses sels étant très solubles. Chargés positivement, les ions sodium sont attirés par les particules du sol chargées négativement, remplaçant les cations dominants du calcium et du magnésium. Le remplacement des ions calcium par des ions sodium entraîne la dispersion des agrégats du sol et la détérioration de sa structure, rendant ainsi le sol imperméable à l'eau et à l'air. L'augmentation en concentration du sodium échangeable peut entraîner une augmentation du pH du sol au-dessus de 8,5 et une réduction de la disponibilité de certains micro-nutriments, par exemple le fer et le phosphore. Le degré d'absorption des particules d'argile dépend de son magnésium. Concentration dans l'eau et de la concentration en ions de calcium et de La réaction, appelée échange de cations, constitue un processus réversible.

-La capacité du sol à adsorber et à échanger les cations est limitée. Le pourcentage de la capacité du sodium à adsorber est défini comme le sodium échangeable. Les sols qui présentent un sodium échangeable supérieur à 15 sont sérieusement affectés par le sodium adsorbé.

-Le problème du sodium est diminué si la quantité de calcium plus magnésium est élevée par rapport à la quantité de sodium. Cette relation est nommée taux d'adsorption du sodium(SAR),

-L'utilisation d'eau avec une valeur de taux d'adsorption du sodium élevée et une salinité basse à modérée peut être risquée et réduit le taux d'infiltration du sol. Le taux d'adsorption du sodium de l'eau d'irrigation indique approximativement le sodium échangeable d'un sol avec l'eau.^[4]

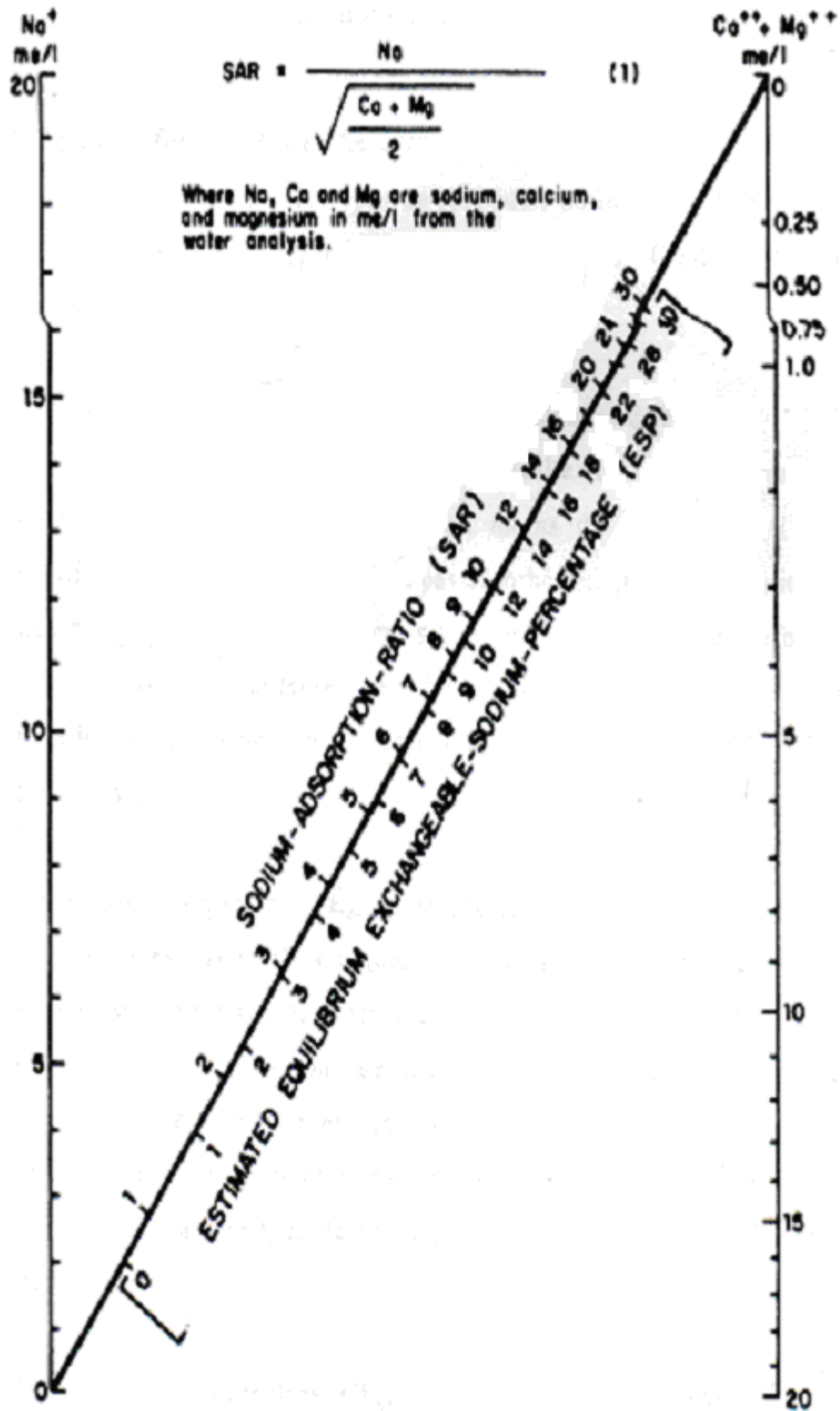


Fig. III-2: Abaque donnant l'E.S.P en fonction du S.A.R.

Selon le F.A.O (1984), la limite de classe pour le taux de sodium échangeable est comme suit :

$ESP < 5\%$ légère alcalinité

$5\% < ESP < 20\%$ alcalinité modérée

$20\% < ESP < 45\%$ alcalinité grave

$ESP > 45\%$ alcalinité très grave empiriques reliant ces deux termes.

Il existe aussi des Relations empiriques reliant ces termes :

United states salinity laboratory (1954)

$$ESP = \frac{100 \times (-0.0125 + 0.01475 \times SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475 \times SAR)}$$

$$ESP = 0,988 \times SAR - 0,61 \quad (\text{CRUESI-1969})$$

$$ESP = 1,049 \times SAR - 0,381 \quad (\text{SERVENT-1974})$$

Les risques liés au sodium :

Ces relations ne sont applicables que dans le contexte où elles ont été déterminées.

Le taux d'adsorption du sodium est couramment utilisé comme indice des risques liés au sodium dans les eaux et les sols, et comme un substitut du sodium échangeable du sol.

Le taux d'adsorption du sodium (SAR) d'une eau donnée définit, dans une certaine mesure, la quantité relative de sodium susceptible d'être adsorbée par le sol.

L'effet des ions de sodium dans l'eau d'irrigation sur la réduction du taux d'infiltration et de la perméabilité du sol est fonction de la concentration totale en sels, comme le montre le tableau suivant :

Tableau III-2 : problème potentiel d'infiltration du au sodium dans l'eau d'irrigation :

Niveaux de salinité de l'eau d'irrigation (dS/m)	Réductions			
	Aucune	Légère	Moyenne	Sévère
EC _w = 0,7	SAR < 1	SAR 1-5	SAR 5-11	SAR > 11
EC _w = 0,7-3,0	< 10	10-15	15-23	> 23
EC _w = 3,0-6,0	< 25	> 25	Pas d'effet	Pas d'effet
EC _w = 6,0-14,0	< 35	> 35	Pas d'effet	Pas d'effet
EC _w > 14	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet	Pas d'effet

Source: extrait de Rhoades, Oster et Schroer.

III-5-Autres problèmes

-En plus des effets de disponibilité en humidité et des problèmes de toxicité auxquels les sels solubles contribuent, certains constituants salins peuvent interférer avec la nutrition normale des plantes. De hautes concentrations en ions de bicarbonate peuvent affecter l'assimilation d'éléments minéraux nutritifs et leur métabolisme dans la plante. Des symptômes chlorotiques dans les plantes sensibles peuvent être dus aux effets directs ou indirects du bicarbonate, comme par exemple un accroissement du pH du sol.

- Une concentration excessive en nitrates, supérieure à 100 mg/l, peut affecter les greffes et les cultures sensibles au stade initial de croissance.

-Toutefois, aucun effet négatif n'a été enregistré au cours des trois dernières décennies de fertilisation avec des concentrations d'azote pur dans l'eau d'irrigation d'environ 200 ppm.

-Bien qu'il n'existe aucun doute sur l'existence de ce problème, il semble que la préoccupation principale réside dans la concentration en nitrate de l'eau d'irrigation, lorsqu'en calculant l'application totale d'azote, NO₃ atteint 0,226 N (azote pur).

III-5-1-Les problèmes de toxicité

-Les problèmes de toxicité peuvent survenir à cause d'un excès de chlorure, de sodium, de bore, de bicarbonate, de nitrate et d'un pH anormal. L'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation doit inclure ces paramètres et quelques autres, en association avec tous les autres facteurs entrant en jeu.

III-6-Tolérance des cultures à la salinité

-La tolérance des cultures est le degré de salinité d'un sol salin, dans lequel une culture peut croître et avoir un rendement acceptable. La réaction de différentes cultures à la salinité est très variable.

-Certaines peuvent tolérer moins de 2dS/m et d'autres jusqu'à 8dS/m et au-delà. La tolérance au sel dépend aussi considérablement des conditions culturales et des pratiques de gestion de l'irrigation. Beaucoup d'autres facteurs, tels que la plante, le sol, l'eau et le climat, peuvent interagir pour influencer la tolérance en sel des cultures.

-Des données relatives à la tolérance en sel ont été déterminées pour de nombreuses plantes et sont utilisées comme normes générales. Les données suivantes sont relatives aux baisses de rendements attendues. La valeur d'ECe est la salinité du sol en termes de conductivité électrique (EC) mesurée à partir de l'extrait de sol saturé, avec une valeur de 1,5 EC pour l'eau d'irrigation (ECiw).

- *le seuil: la salinité maximale admissible de l'extrait de sol saturé (ECe);*
- *le gradient: le pourcentage de diminution de rendement par unité d'accroissement de la salinité.^[4]*

-La classification des plantes en fonction de leur sensibilité/tolérance au sel se trouve dans les tableaux suivants :

Tableau N : III-3: Tolérance relative au sel des cultures herbacées: légumes et fruits (Maas, 1990)

<i>NOM COMMUN</i>	<i>Seuil ds/m</i>	<i>Gradient % par ds/m</i>	<i>Classe</i>
<i>Betterave rouge</i>	4	9	<i>MT</i>
<i>Brocoli</i>	2.8	9.2	<i>MS</i>
<i>Carotte</i>	1	14	<i>S</i>
<i>Chou</i>	1,8	9,7	<i>MS</i>
<i>Chou-fleur</i>	--	--	<i>MS*</i>
<i>Chou-rave</i>	--	--	<i>MS*</i>
<i>Chou vert</i>	--	--	<i>MS*</i>
<i>Concombre</i>	2,5	13	<i>MS</i>
<i>Courge</i>	3,2	16	<i>MS</i>
<i>Courgette</i>	4,7	9,4	<i>MT</i>
<i>Fraise</i>	1	33	<i>S</i>
<i>Haricot</i>	1	19	<i>S</i>
<i>Haricot mungo</i>	1.8	20.7	<i>S</i>
<i>Laitue</i>	1.3	13	<i>MS</i>
<i>Maïs</i>	1.7	12	<i>MS</i>
<i>Melon</i>	--	--	<i>MS</i>
<i>Oignon</i>	1.2	16	<i>S</i>
<i>Pastèque</i>	--	--	<i>MS*</i>
<i>Patate douce</i>	1.5	11	<i>MS</i>
<i>Pois</i>	--	--	<i>S*</i>
<i>Pommes de terre</i>	1.7	12	<i>MS</i>
<i>Radis</i>	1.2	13	<i>MS</i>
<i>Tomate</i>	2.5	9.9	<i>MS</i>

Remarque:

S: sensible, MS: modérément sensible, MT: modérément tolérant, T: tolérant.

Les données ci-dessus ne doivent être considérées que comme un guide de valeur relative de tolérance entre les cultures. Les tolérances en valeurs absolues sont variables en fonction du climat, des conditions du sol et des pratiques culturales.

Dans les sols gypseux, les plantes toléreront un ECe d'environ 2 dS/m plus élevé que le niveau indiqué.

Tableau N°III-4 : Tolérance relative au sel des cultures herbacées: cultures boisées (Maas, 1990)

<i>NOM COMMUN</i>	<i>Seuil ds/m</i>	<i>Gradient (% par ds/m)</i>	<i>Classe</i>
<i>abricot</i>	<i>1.6</i>	<i>24</i>	<i>S</i>
<i>amande</i>	<i>1.5</i>	<i>19</i>	<i>S</i>
<i>ananas</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>MT</i>
<i>citron</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>S</i>
<i>figue</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>MT</i>
<i>framboise</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>S</i>
<i>grenade</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>MT</i>
<i>mangue</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>S</i>
<i>olive</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>MT</i>
<i>orange</i>	<i>1.7</i>	<i>16</i>	<i>S</i>
<i>palmier, dattier</i>	<i>4</i>	<i>3.6</i>	<i>T</i>
<i>pêche</i>	<i>1.7</i>	<i>21</i>	<i>S</i>
<i>poire</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>S</i>
<i>pomme</i>	<i>--</i>	<i>--</i>	<i>S</i>
<i>raisin</i>	<i>1.5</i>	<i>9.6</i>	<i>MS</i>

Tableau N°III-5 : Tolérance relative au sel des cultures herbacées: graminées et fourrages (Maas, 1990)

<i>NOM COMMUN</i>	<i>Seuil ds/m</i>	<i>Gradient % par ds/m</i>	<i>Classe</i>
<i>blé</i>	<i>4.5</i>	<i>2.6</i>	<i>MT</i>
<i>blé dur</i>	<i>2.1</i>	<i>2.5</i>	<i>MT</i>
<i>brome</i>	<i>–</i>	<i>–</i>	<i>MT</i>
<i>herbe</i>	<i>6.9</i>	<i>6.4</i>	<i>T</i>
<i>luzerne</i>	<i>2</i>	<i>7.3</i>	<i>MS</i>
<i>maïs</i>	<i>1.8</i>	<i>7.4</i>	<i>MS</i>
<i>orge</i>	<i>6</i>	<i>7.1</i>	<i>MT</i>
<i>sorgho</i>	<i>2.8</i>	<i>4.3</i>	<i>MT</i>

Remarque:

-Les données ci-dessus ne doivent être considérées que comme un guide de valeur relative de tolérance entre les cultures. Les tolérances en valeurs absolues sont variables en fonction du climat, des conditions du sol et des pratiques culturales.

-Dans les sols gypseux, les plantes toléreront un ECe d'environ 2 dS/m plus élevé que le niveau indiqué.^[4]



Chapitre : IV

Géophysique



IV-1-INTRODUCTION :

L'intervention de la prospection géophysique en hydrogéologie se limitait généralement à la détermination des meilleurs emplacements de forage dans des zones assez restreintes, voisines des centres d'utilisation, villes ou usines. Depuis, le rapide accroissement des besoins urbains et industriels et le développement de l'irrigation ont entraîné une exploitation intensive de certaines nappes, comme corollaires, l'abaissement du niveau statique et parfois l'augmentation de la salinité des eaux. Il est alors devenu nécessaire d'effectuer le bilan des nappes afin d'établir des programmes rationaux d'exploitation. Le bilan comportant l'évaluation du volume des aquifères et des réserves d'eau, le champ d'application de la prospection géophysique en hydrogéologie s'est considérablement élargi.

A l'heure actuelle, les problèmes hydrogéologiques que la prospection géophysique peut aider à résoudre sont les suivantes :

- Localisation de couches ou de fractures.*
 - Estimation de la profondeur de l'aquifère et du niveau hydrostatique.*
 - Détermination de l'extension latérale, de l'épaisseur et du volume d'une formation .*
 - évaluation de la porosité totale et des réserves d'eau d'un aquifère .*
 - Mesure de la vitesse d'écoulement de la nappe.*
 - Détermination de la salinité des eaux.*
 - Mise en évidence des relations entre aquifères .*
 - Tracé des rivières souterraines.*
 - Découverte des exutoires marins.*
- Dans une étude hydrogéologique il est important de déterminer l'allure du toit du substratum servant de support aux terrains perméables. L'étude géophysique se propose de déterminer la profondeur du substratum argileux de la nappe phréatique.*

- A la demande de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques A.N.R.H) et suite une consultation restreinte le bureau d'études Béta-Consults a réalisées les Travaux de géophysique (Électrique) dans deux secteurs (I et II) situés respectivement a l'Est et à l'Ouest de la ville d'El Attaf (Wilaya d'Ain Defla) longeant route nationale RN4 reliant Alger a Oran (Fig. IV.1)

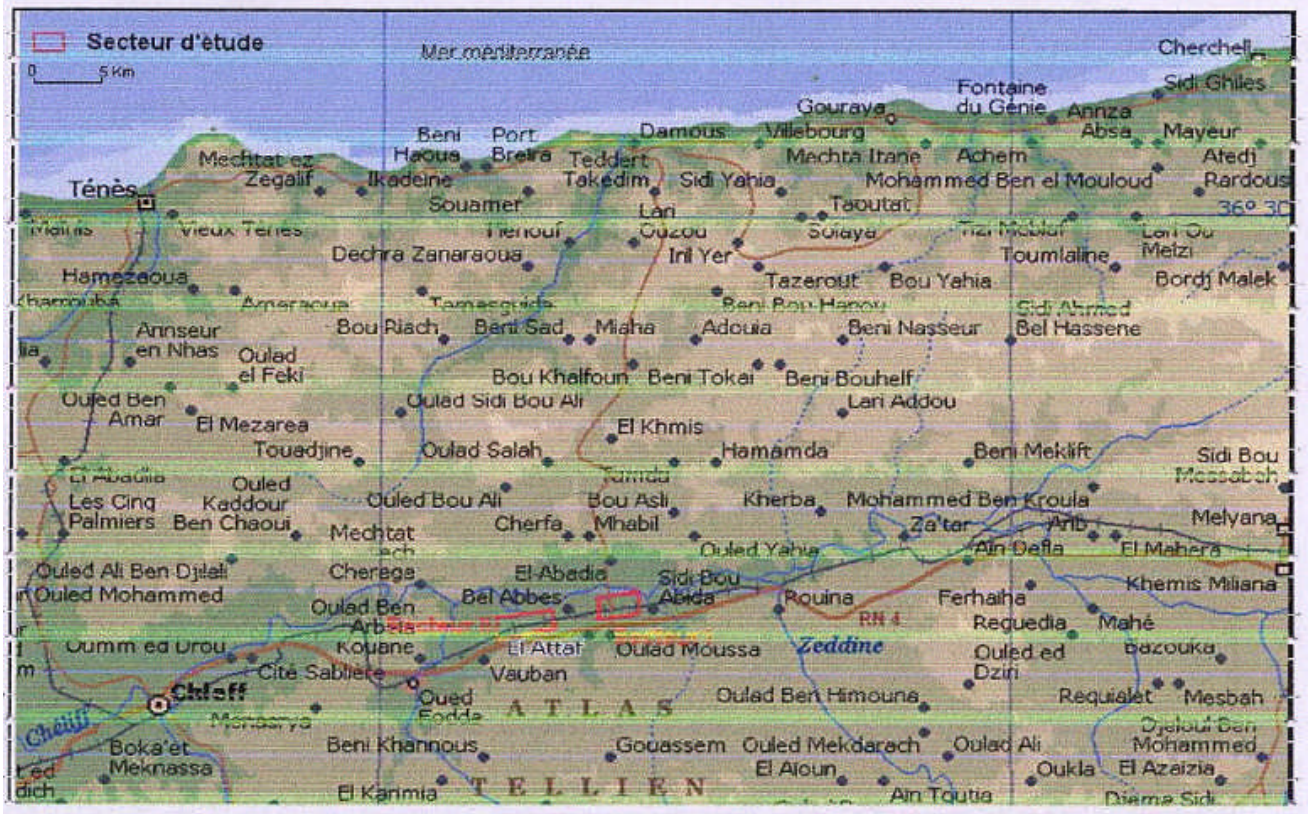


Fig. IV.1—carte de situation des secteurs d'étude

IV.2- OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Les objectifs principaux assignés à cette étude concernent essentiellement :

- Secteur I :

La détermination du contact eaux douces — eaux salées dans la partie Est de la nappe alluviale d'el Attaf

-Secteur II

-La détermination du contact eaux douces eaux salées dans la partie Sud d'El Attaf

-La mise en évidence de nouvelles zones d'exploitation des eaux souterraines de bonne qualité chimique

-Limiter l'intercommunication entre les eaux minéralisées circulant au niveau des calcaires Jurassiques et du Permo Trias avec les eaux de la nappe alluviale.^[2]

IV.3-SITUATION GEOGRAPHIQUE :

-La zone d'étude se situe dans la région d'El Attaf à 25 km du chef lieu de Wilaya d'Ain Defla, (extrême est de la plaine due moyen Cheliff) elle comprend deux secteurs d'étude (Tab IV.1)

Secteur I : Il est situé à l'Est d'El Attaf.

Secteur II : Il est situé à l'Ouest entre El Attaf et Bir Safsaf. Cette région se trouve aux bords de la route nationale n°4 (RN 4) au Sud, et au bord de l'oued Chélif, au Nord. L'agriculture représente l'activité principale des populations établies dans cette région

Tableau N° :IV.1-coordonnée des 2 secteurs d'étude

Borne	X (km)	Y (km)	SEV
SECTEUR 1			
A	381800	4010738	A1
B	382000	4009938	A5
C	383526	4011075	J1
D	383760	4010321	J5
SECTEUR 2			
E	373765	4008550	K1
F	373900	4007967	K4
G	378766	4010031	X1
H	378838	4009435	X4

IV.4.GEOLOGIE LOCALE :

- On distingue dans la région d'EL Attaf un certain nombre d'unités géomorphologiques
- Au Nord, des collines bordières d'une altitude moyenne de 600 m .
- Au centre, la plaine d'El Attaf qui est assez large et drainée par l'Oued Chéelif. C'est un ensemble subsidés d'une largeur moyenne de 7 km. L'axe de cette plaine est orienté Est- Ouest.
- Au Sud, le massif de Témoulga qui constitue le substratum des dépôts transgressifs du Néogène et apparaît à la faveur d'accidents tectoniques. Ce massif est constitué d'une série schisto-calcaire d'âge siluro-dévonien et d'une couverture calcaro-dolomitique du Jurassique (Lias). Des plis synschisteux couchés vers le Sud dominant l'organisation d'ensemble. Ce massif est considéré comme étant autochtone.^[2]

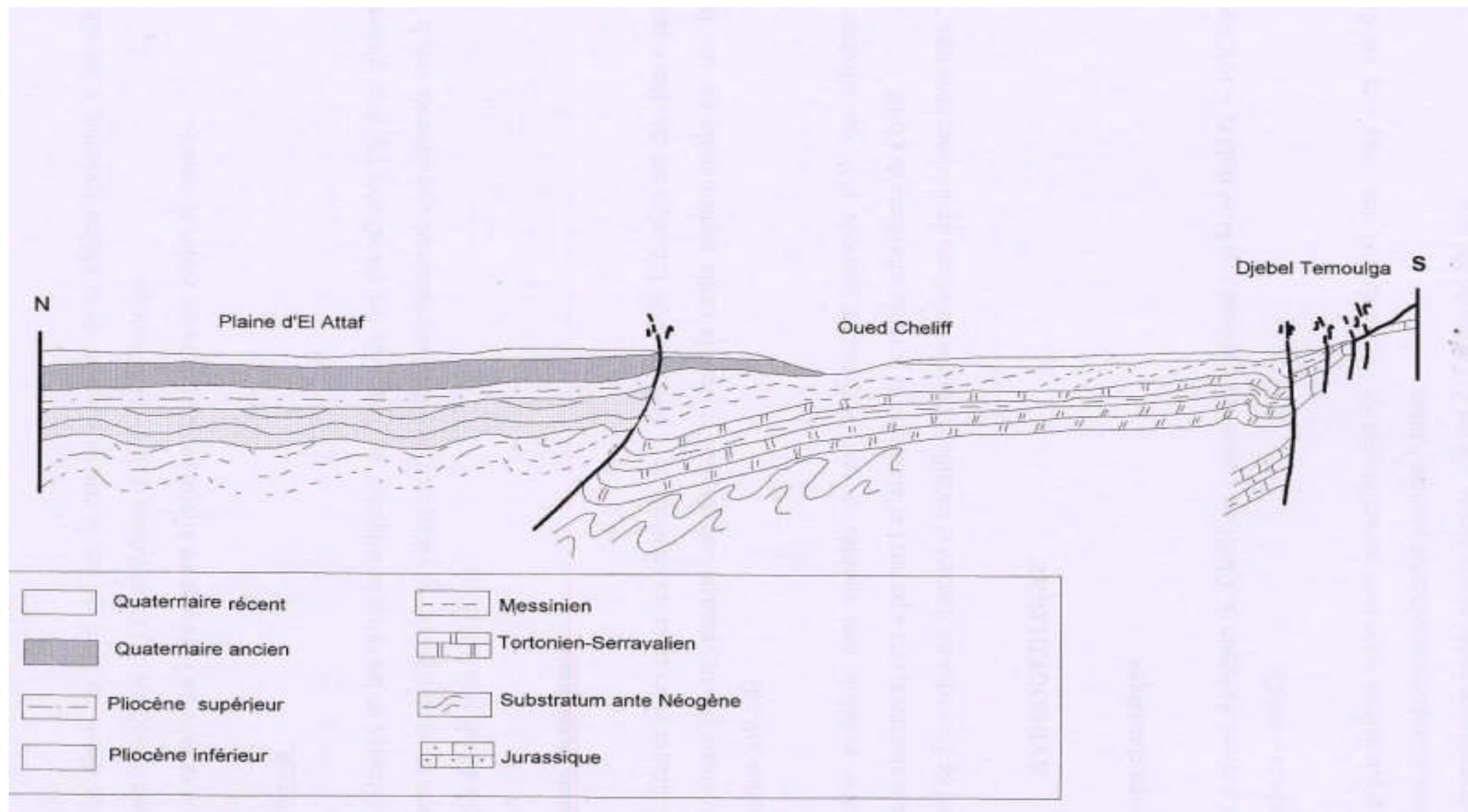


Fig IV-2 :-coupe géologique schématique Nord-Sud a travers la plaine d'el attaf

.IV-5-HYDROGEOLOGIE

a)Formations aquifères

-Dans la plaine d'El Attaf et sur le plan hydrogéologique, on distingue deux compartiments sud et nord.

Dans la partie nord, deux nappes se superposent :

La première nappe est située dans les colluvions grossières du Quaternaire et les poudingues et sables du Pliocène supérieur ;

-La seconde nappe qui est plus profonde est contenue dans les grès calcaires et sable du Pliocène inférieur.

Ces deux nappes sont séparées par 30m d'argiles sableuses.

Elles sont en communication, en raison d'un changement latéral de faciès vers l'Est où les argiles évoluent à des conglomérats.

Dans la partie sud, les dépôts du Quaternaire reposent directement sur les grès Miocène.

La nappe de la Pliocène présente dans le compartiment nord est absente ici en raison d'une érosion des niveaux supérieurs.

Les calcaires du Lias de Témoulga, karstifiés et fracturés forment un réservoir important.

Le sens principal d'écoulement des eaux souterraines de la nappe alluviale se fait de l'Est vers l'Ouest.

b)Aperçu hydro chimique

-Là campagne hydro chimique, effectuée sur 13 points d'eau dans la région d'El Attaf durant l'année 2006 (données ANRH), a montré une salinité élevée des eaux dans cette région.

En effet, nous avons constaté même un changement de faciès chimiques dans le temps les eaux qui étaient à l'origine bicarbonatées calciques en général ; ont évolué depuis le séisme d'octobre 1980 aux faciès bicarbonaté sodique ou chloruré sodique).

Les zones les plus affectées par la salinité sont:

Haï Bel Abbès et Chekaknia qui sont situées au Nord du Djebel Témoulga avec des résidus secs allant de 3 861 mg/l à 5 681 mg/l.

La zone touchée par le phénomène de salinité (El Attaf — Haï Bel Abbés — Djebel Témoulga — Bir Safsaf) est située près de l'affleurement des calcaires du Lias du Témoulga et de la zone faillée.

Les eaux salées et chaudes du forage Hammam Boutrig (Fig.IV-3) situé au pied du Témoulga, remontent à travers la faille de cette région.

Les eaux de ce forage sont ascendantes, leur salinité est de 8 g/l et la température est de 50° C.

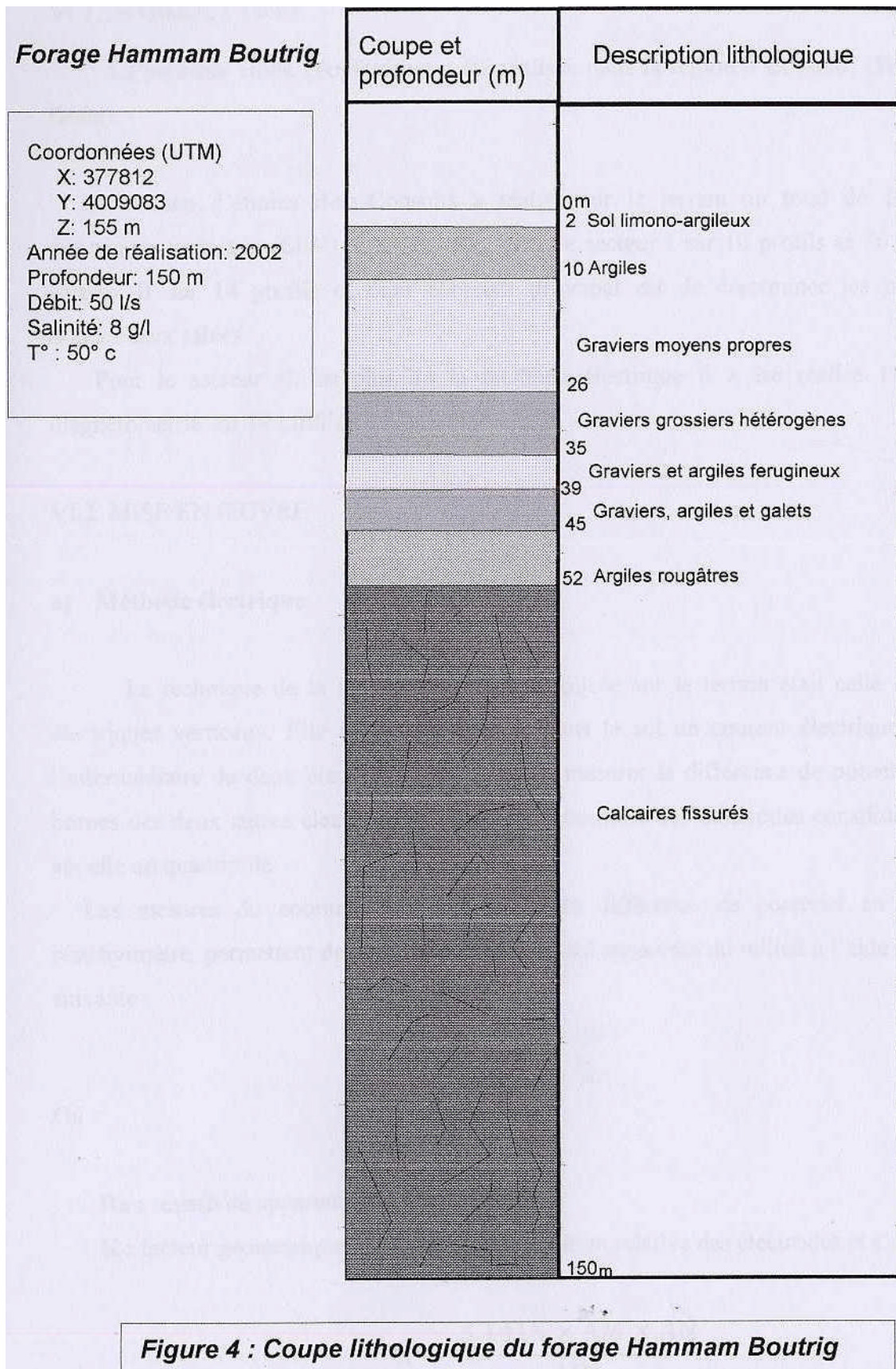


Fig. IV-3-Coupe lithologique du forage Hammam Boutrig

IV-6-.ETUDE GEOPHYSIQUE

IV-6-1-.INTRODUCTION

-La présente étude géophysique a été réalisée dans la région d'El Attaf, Le Bureau d'études Beta-Consults a réalisé sur le terrain un total de 106 sondages électriques verticaux (SEV), dont 50 SEV pour le secteur I et 56 SEV pour le secteur II et dont l'objectif principal est de déterminer les contacts eaux douces/eaux salées.

IV-6-2.MISE EN ŒUVRE

Méthode électrique

-La technique de la méthode électrique utilisée sur le terrain était celle des sondages électriques verticaux. Elle consiste à injecter dans le sol un courant électrique continu par l'intermédiaire de deux électrodes d'acier et de mesurer la différence de potentiel créée aux bornes des deux autres électrodes en cuivre. L'ensemble des électrodes constitue ce que l'on appelle un quadripôle. Les mesures du courant électrique et de la différence de potentiel au moyen d'un résistivimètre, permettent de déterminer la résistivité apparente du milieu à l'aide de la formule suivante :

$$Ra = K \frac{dV}{I_{AB}}$$

Ou :

Ra : résistivité apparente du milieu

K : facteur géométrique qui dépend de la position relative des électrodes et s'exprime par :

$$K = (\dots \times \dots) /$$

dV : différence de potentiel aux bornes des électrodes MN.

I_{AB} : intensité du courant électrique circulant dans le circuit AB.

Une fois la résistivité déterminée, la longueur AB est allongée de manière à obtenir une autre valeur de résistivité correspondant à une plus grande profondeur, jusqu'à ce que la longueur maximum du dispositif (1000mètres) soit atteinte

Lors de cette étude le dispositif utilisé était celui de Schlumberger et comprenait 15 mesures par sondage électrique.

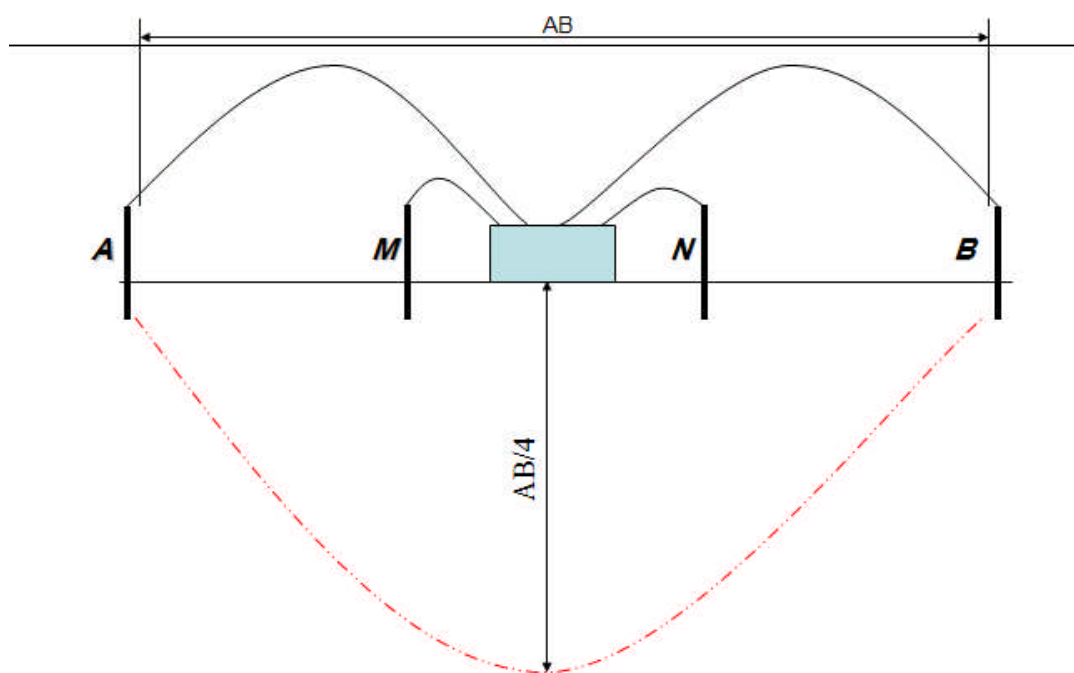


FIG.IV-4 :-le sondage électrique

IV-6-3. TRAVAUX REALISES

-Conformément au programme défini par L'ANRH, Beta-Consults a réalisé durant le mois de Mai 2007, 106 sondages électriques à l'aide d'une ligne d'émission $AB = 1000$ m, répartis sur 24 profils orientés nord nord-ouest — sud sud-est

- Le secteur I a fait l'objet de travaux par la méthode du sondage électrique vertical orientés nord nord-ouest — sud sud-. Avec une ligne d'émission de courant $AB=1000$ m, nous avons réalisé 50 SEV.

Le secteur II a fait l'objet de travaux par sondages électriques verticaux (SEV)

Pour la méthode électrique, 56 SEV ont été réalisés.

Tableau IV-2- : Programme des prospections géophysiques.

Zone	I - Prospection électrique	
	Longueur AB en m	Nombres de sondages
Secteur I	1000	50
Secteur II	1000	56

IV-6-4. ETALONNAGE DES DONNEES GEOPHYSIQUES

Pour l'établissement d'une échelle des résistivités qui sera utilisée lors de l'interprétation des sondages électriques et en raison de la particularité géologique et hydro chimique (présence d'eau salée) dans les secteurs étudiés, nous nous sommes basés sur les sondages étalons réalisés à proximité des forages et les données des études précédentes réalisées dans la région d'études (I.F.E.S 2002).

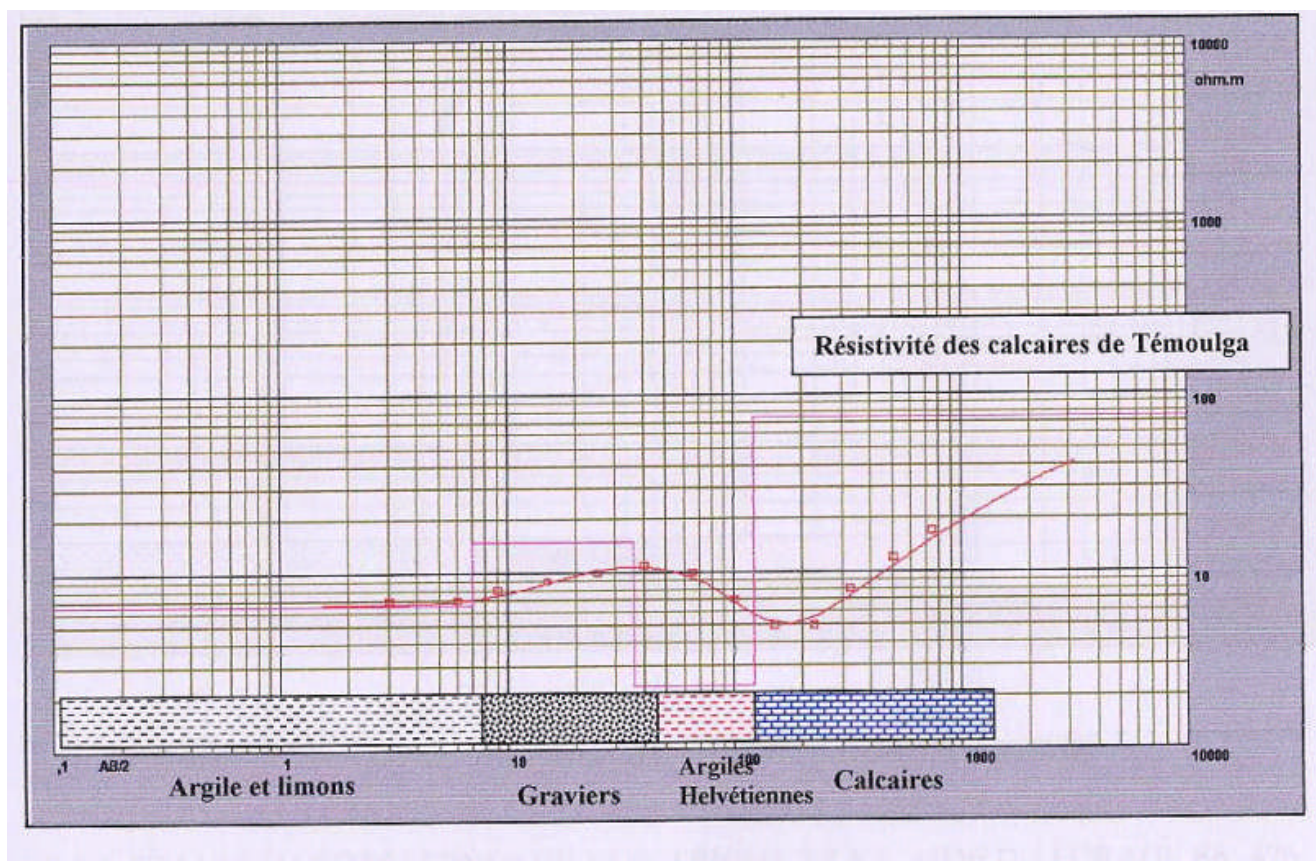
a)- RESISTIVITE DES CALCAIRES DE TEMOULGA

Le bureau d'étude I.F.E.S a réalisé des sondages paramétriques directement sur les calcaires liasiques ; ces derniers ont donné des résistivités comprises entre 110 et 450 Ohm.m.

Après la réalisation du forage de Hammam Boutrig, nous avons effectué un sondage étalon dans le but de déterminer la nouvelle résistivité de ces calcaires en présence d'eau salée: aux coordonnées Lambert X : 404,766 Km et Y : 324,924 Km '.

Il faut noter que le sondage étalon a été effectué à 160 m environ au Nord du forage Hammam Boutrig (E6-958) à cause de la présence de clôtures sur le site qui nous ont empêchées de déployer le dispositif.

Ce qui est intéressant de démontrer dans ce modèle (Fig IV.5), du fait de la contamination des eaux souterraines par des eaux salées aux abords du djebel Témoulga et qui doivent provenir de l'accident Est-ouest situé juste au pied de cette colline ; c'est que les résistivités ont tendance à baisser dans les mêmes formations, d'où la résistivité de 75 Ohm.m pour les calcaires saturés, 2,3 Ohm.m pour les argiles helvétiennes et 15 Ohm.m pour les graviers quaternaires.



Source : ANRH de Blida

Fig : IV-5-Résistivité des calcaires de Temoulga

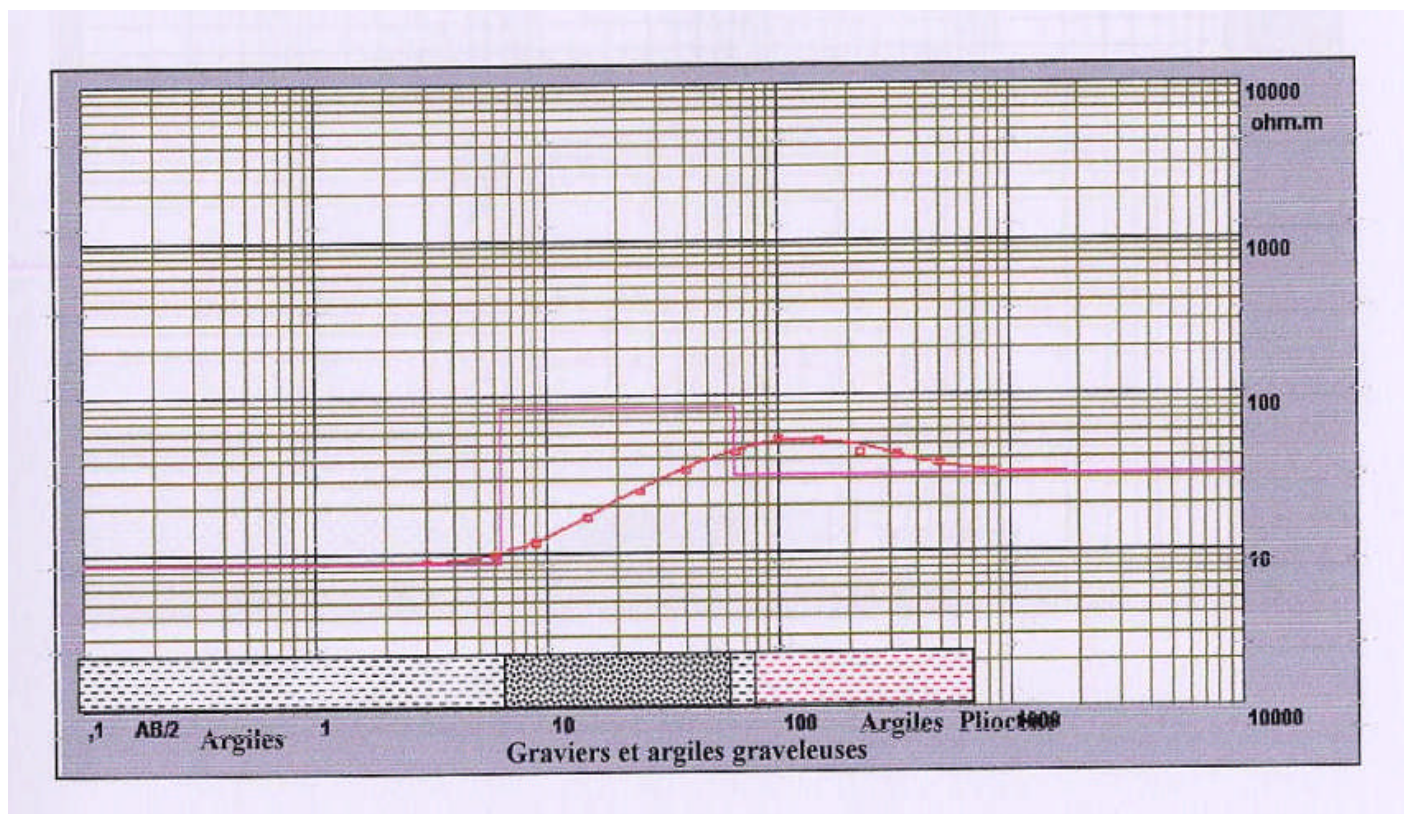
b)-ETALONNAGE DU SONDAGE ELECTRIQUE A3 A L'AIDE DU FORAGE E6 -747

-Le sondage électrique A3 réalisé dans le secteur I à proximité du forage E6-747 aux coordonnées lambert 408,750 Km, Y= 326,140 Km avec une profondeur de 60 m, montre d'après le modèle électrique (Fig.IV-6) que l'on peut attribuer :

Une résistivité de 8.7 Ohm.m aux argiles quaternaires ;

Une résistivité de 85 Ohm.m aux graviers et argiles graveleuses quaternaires

Une résistivité de 32 -Ohm.m pour des argiles probablement pliocènes non recoupées par le forage E6-747.



Source : ANRH de Blida

Fig. IV-6 : Etalonnage du sondage électrique A3 à l'aide du forage E6- 747

c)-.ETALONNAGE DU SONDAGE ELECTRIQUE X2 A L'AIDE DU FORAGE E6 -826

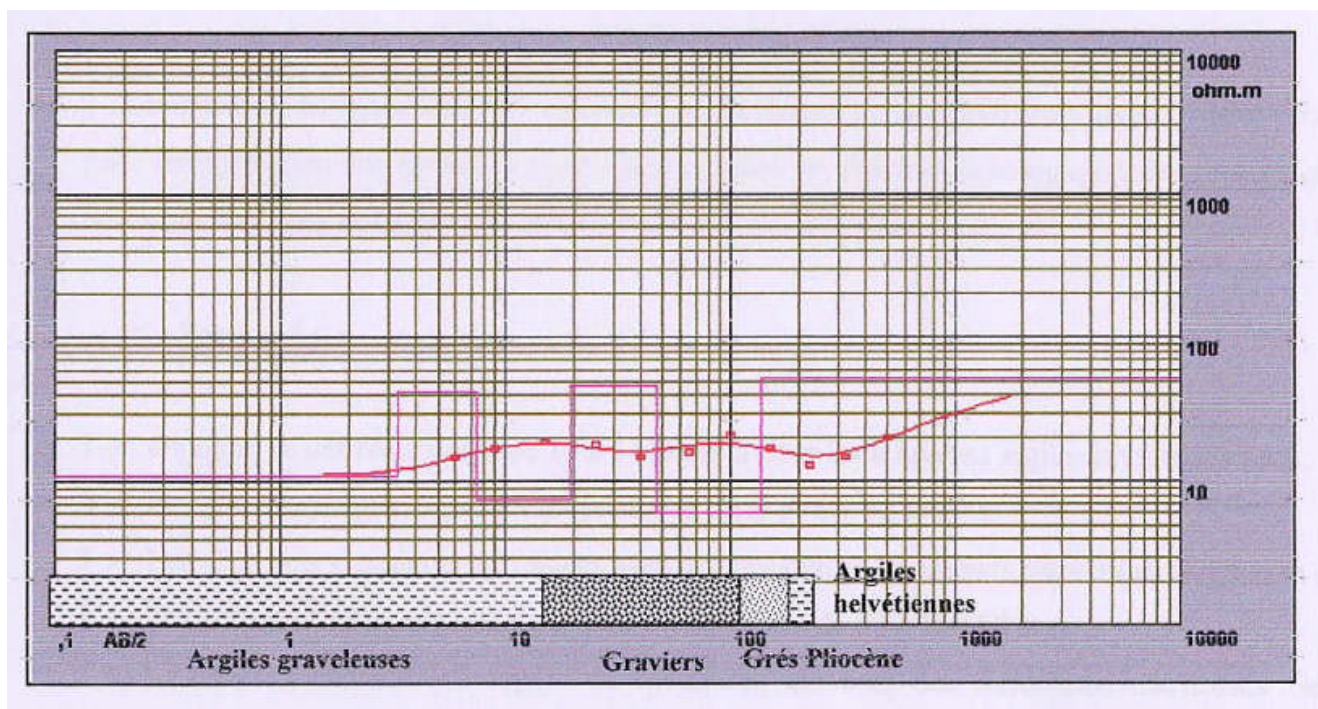
- Le sondage électrique X2 réalisé dans le secteur II à proximité du forage E6426 aux coordonnées Lambert X= 405,950 Km, Y= 325,650 Km avec une profondeur de 150 m, montre d'après le modèle électrique (Fig.IV-7) :

Du fait de la salinité des eaux souterraines, le courant électrique a traversé totalement les graviers quaternaires et partiellement les grès du Pliocène

La résistivité de 11 Ohm.-m et 43 Ohmm peut être attribué aux alluvions argilo-graveleuses sèches.

La résistivité de 46 Ohm.m correspond aux graviers quaternaires saturés.

La résistivité de 53 Ohm.m correspond aux grès du Pliocène saturés.



Source : ANRH de Blida

Fig. IV-7-Etalonnage du sondage électrique X2a à l'aide du forage E6-826

IV-6-5.ECHELLE DES RESISTIVITES ADOPTÉES

-Pour une interprétation fiable des coupes géo électriques, il est nécessaire d'analyser la géologie locale afin d'établir une corrélation optimale.

-La plaine d'El Attaf comporte deux grands ensembles séparés par une faille inverse avec au Sud un compartiment soulevé.

Sa lithologie est différente du compartiment Nord.

- Le Quaternaire repose dans la zone étudiée directement soit sur les grès du Mio-Pliocène, soit sur les marnes du Miocène ou directement sur les argiles helvétiques. Le raccordement de ce compartiment au Témoulga se fait par un système de failles en gradins

D'après l'analyse des sondages électriques, il ressort que dans la région d'El Attaf, les résistivités électriques varient de la manière suivante :

Des variations des résistivités au sein d'une même formation sont observées respectivement d'un secteur à un autre, avec une diminution de ces valeurs dans le secteur II à l'Ouest et au Sud, en raison de la présence des eaux salées conductrices.

Toutes les coupes géo électriques sont concernées par ce phénomène.

Les attributions des résistivités reflètent la caractérisation des différents niveaux déterminés par l'interprétation des sondages électriques et selon les données lithologiques des forages qui ont servis d'étalon, nous avons établi l'échelle des résistivités comme suit :

Secteur I :

- 1 - On observe des résistivités de 14 à 31 Ohm.m pour les alluvions argilo-limoneuses secs ;
- 2 - Les alluvions argileuses dont la résistivité varie de 6 à 12 Ohm.m ;
- 3 - Les alluvions grossières très salées avec des résistivités comprises entre 12 et 28 Ohm.m ;
- 4 - Les alluvions grossières relativement moins salées de 52 à 120 Ohm.m ;
- 5 - Au dessus, viennent les dépôts du Messénien qui sont des formations marneuses ; les résistivités sont de 12 à 38 ohms m.
- 6 - Les grès aquifères du Miocène pour des résistivités comprises entre 52 et 220 Ohm.m.

Secteur II :

- 1 - On observe des résistivités de 5 à 37 Ohm.m pour les alluvions argilo limoneuses secs ;
- 2 - Les alluvions argileuses dont la résistivité varie de 6 à 20 Ohm.m
- 3 - Les alluvions grossières très salées avec des résistivités comprises entre 8 et 23 Ohm.m ;
- 4 - Les alluvions grossières relativement moins salées de 28 à 63 Ohm.m ;
- 5 - Les marnes du Messéniens dont les résistivités sont comprises entre 5 et 9 ohms m ;
- 6 - Les grès du Mio-Pliocène qui sont aquifères pour des résistivités comprises entre 11 et 200 Ohm.m^[2]

Tableau IV-3 : Échelles des résistivités adoptées :

Age	Formations	Résistivités adoptées (Ohm-mètre)	
		SECTEUR I.	SECTEUR II
Quaternaire	Limons argileux.	14 — 31	5 — 37
Quaternaire	Argiles.	6 — 12	6 — 23
Quaternaire	- Graviers et galets moins salés -	52 — 120	28 — 63
	Graviers et galets très salés	12 - 28	8 - 23
Messénien	Marnes.	12 — 38	5 — 9
Tortonien	Grés à intercalations argileuses.	52 — 220	11 — 200

IV-6-6-INTERPRETATION DES CARTES DE RESISTIVITES**✓ Secteur I****CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES EN AB = 200 m**

-On observé une nette diminution des résistivités au sud du secteur d'étude avec un fort gradient (voir annexes). La résistivité chute de 10 à 45 ohms m. sur 200 m entre la ligne A4 — J4 et la ligne A5 - J5. Cet abaissement est dû notamment à une faille, d'orientation Est - Ouest, qui se situe entre les points 4 et 5 de tous les profils du secteur.

A partir de là et vers le sud, les résistivités sont étalées et dénotent une géologie calme et sans discontinuités apparentes. Les résistivités se situent entre 45 et 65 ohms m et reflètent la composition graveleuse Continue de la coupe à ce niveau.

CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES EN AB = 450m

Concernant la carte des résistivités en AB = 450m, (voir annexes) nous observons les mêmes plages de résistivités que la planche précédente. A l'extrémité sud, entre les points 4 et 5 de tous les profils à l'exception des points J4 et J5 dans le coin Sud-est du secteur, où une discontinuité apparaît dû probablement à une faille sous les alluvions d'orientation Nord Est — Sud Ouest.

CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES EN AB = 1000 m

Cette carte (voir annexes) montre un aspect différent des cartes précédentes. En effet, la faille visible auparavant n'apparaît ici que par intermittence. Ceci s'explique par la composition argileuse des horizons en contact de part et d'autre de la faille à ce niveau. Par contre, la faille mise en évidence au coin Sud Est du secteur dans la carte précédente se confirme par un gradient important. Le reste de la carte est uniforme, avec cependant de légères variations dans les résistivités qui sont dues certainement à un lent changement de faciès géologiques.

✓ Secteur II :**CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES EN AB = 200 m**

Cette carte (voir annexes) montre une augmentation progressive des résistivités vers le Nord passant de 5 à 35 ohms m. Ceci s'explique par les eaux qui sont de plus en plus salées en direction du Sud.

On remarque sur le profil W, (SEV W1 et W2) une nette augmentation des résistivités (supérieures à 40 ohms m.). Cet accroissement est dû probablement aux eaux moins salées en raison de la proximité de ces points des apports de l'oued Chéelif

CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES EN AB = 450 m

-La carte en question (voir annexes) montre l'évolution des résistivités à une profondeur de 100 m, sur la quasi-totalité du secteur ces faibles résistivités sont attribuées aux marnes salées du Messénien. On observe de légères augmentations des résistivités à l'Est du secteur au niveau des points W1 et W2 qui sont dues probablement aux apports à la nappe par l'oued Chéelif, qui ont tendance à diluer la salinité de la nappe.

CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES EN AB = 1000 m

-La carte des résistivités apparentes en ligne AB=1000 m (voir annexes), montre une seule plage des résistivités qui est de l'ordre de 15 Ohm.m. Cette faible résistivité est liée à la salinité des eaux souterraines

IV-6-7-INTERPRETATION DES COUPES GEOELECTRIQUES :

Les coupes géo électriques d'orientation Nord-Sud, sont perpendiculaires à la structure générale et montrent une succession d'horizons avec un pendage général vers le Nord. On notera dans ces coupes géo électriques, que les dépôts du Quaternaire sont représentés par deux à trois niveaux, dont le plus important et le plus intéressant est le niveau inférieur. Ce dernier se trouve au dessus des argiles du Messénien et se compose essentiellement de graviers hétérogènes. Les niveaux conducteurs en surface concernent les dépôts du Quaternaire récents représentés par les limons argileux et argiles. Les dépôts du Quaternaire sont présents dans toute la zone.

- Secteur I :

Coupes géo électriques des profils A, B, C, D, E, F.

Ces coupes (voir annexes) se caractérisent par une concordance évidente dans la succession des niveaux géo électriques. Les SEV 1 à 4 de tous les profils montrent des coupes similaires. Entre les points 4 et 5, il existe une faille de direction Est Ouest séparant un compartiment Nord effondré et un compartiment Sud surélevé.

Au Nord de la première faille et de bas en haut, nous avons

> Les marnes du Messénien de 12 à 37 ohms m (SEV B3 et SEV B1).

Ensuite, nous avons la succession suivante de roches attribuées au Quaternaire.

> Des graviers grossiers hétérogènes et argileux, de résistivité 12 ohms m. (SEV C5) à

120 ohms m. Les valeurs les plus basses correspondent aux zones dont les eaux sont le plus salées.

Des argiles variant de 7 ohms m à 21 ohms m et une épaisseur de 2 et 13m.

La coupe se présente comme suit de bas en haut:

Le Tortonien gréseux à intercalations argileuses de 52 à 220 ohms m. (SEV G5 et SEV A5). Ce niveau n'a pas été atteint dans la partie du secteur décrite précédemment. Les variations dans les résistivités s'expliquent par la composition du Tortonien qui est gréseux avec des intercalations d'argiles.

> Le Messénien de 10 ohms m. à 29 ohms m. (SEV D5 et J5)

✓ Secteur II :

Coupes géo électriques des profils, S, T, U, V, W et X.

En comparaison avec le secteur I décrit ci-dessus, les résistivités dans ce secteur et pour les mêmes horizons montrent une nette diminution en raison de la salinité des eaux présentes dans ce secteur (voir annexes).

Les niveaux profonds se caractérisent par des résistivités s'échelonnant de 26 à 200 ohms m. (SEV S4 et U1) et concernent les dépôts du Tortonien représentés par des grés à intercalations argileuses. Ceci explique en partie les variations dans les résistivités interprétées. Comme mentionné dans le commentaire de la carte en AB = 1000 m, il y a lieu de prendre en compte la difficulté de pénétration du courant électrique injecté dans le sol à cause de la salinité très élevée des horizons épaisse trouvant au dessus.

Dessus, nous avons un horizon très conducteur, représenté par les marnes du Messinien, avec des résistivités de 2 à 7 ohms m et des épaisseurs qui peuvent atteindre 152 m.

Nous remarquons que la partie sud est toujours salée que la partie nord.

Ensuite, viennent des argiles dont les résistivités varient de 4 à 54 ohms m (V2 et W 1) et épais de 1 à 1.6m.

Enfin des limons argileux de 12 à 41 ohms m. et de 1 à 10 m. d'épaisseur.

Au niveau de ces points, les alluvions reposent sur les argiles helvétiques dont la résistivité varie de 4 à 10 Ohm.m, au dessous viennent les grés helvétiques avec des résistivités allant de 39 à 100 Ohm.m.

VII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Du point de vue hydrogéologique, il existe dans la région d'étude (compartiment Sud d'El Attaf) deux nappes.

– La première nappe, présentant un intérêt hydrogéologique, est constituée des dépôts alluvionnaires du Quaternaire qui reposent directement sur le Messinien. Ce sont des limons sableux, des conglomérats, des passages argilo graveleux et des graviers. Les eaux de cette nappe sont salées entre la région d'El Attaf et Bir Saf Saf. La salinité peut atteindre 8 g/l

– La deuxième nappe se situe dans les formations du Tortonien composées en majorité de grès à intercalations argileuses et offre les caractéristiques d'un aquifère multicouche.

Ces deux nappes sont séparées par les marnes du Messinien.

Les coupes géoélectriques montrent un plongement des couches vers le Nord.

Dans le secteur I, une faille d'orientation Est Ouest, perpendiculaire aux profils a été mise en évidence.

Nous remarquons une variation des résistivités dans les mêmes couches d'un secteur à un autre. Ces résistivités sont nettement moins élevées dans le secteur II, ce qui confirme la salinité des eaux entre El Attaf et Bir Saf Saf.

Enfin, nous pouvons conclure ce qui suit :

Secteur I :

Le contact eaux douces — eaux salées dans la partie Est de la nappe alluviale des Attaf ne peut être clairement établie et se trouverait plus à l'Ouest.

Secteur II:

Le contact eaux douces — eaux salées dans la partie Sud d'El Attaf est impossible à déterminer, puisque les résistivités obtenues sont très faibles et confirment la salinité générale sur toutes les coupes.

Selon les variations des résistivités, la salinité diminue vers le Nord et l'Est pour les horizons du Quaternaire et vers l'Ouest pour les horizons profonds du Tortonien.

Le contact eaux douces — eaux salées se situe vraisemblablement entre les secteurs I et II.

A cause de la longueur insuffisante de la ligne d'émission, les calcaires du Jurassique et du Permo Trias qui forment le substratum sous les dépôts du Tortonien ne se distinguent pas par les sondages électriques (SEV).

Enfin, deux points intéressants pour l'implantation de forages ont été déterminés, (p1.20) pour capter la nappe du Quaternaire dans le secteur I ; leurs coordonnées sont récapitulées dans le tableau ci dessous :

Tableau IV-4 : Forages de reconnaissance proposés

Forage proposé	Coordonnées UTM		Profondeur (m)	Formation aquifère
	X (m)	Y (m)		
Forage 1	382 096	4 010 378	55	Alluvions quaternaires
Forage 2	382 783	4 010 925	70	Alluvions quaternaires

Néanmoins, les eaux souterraines à l'endroit de ces forages demeurent encore chargées.

RECOMMANDATIONS

- Pour mieux répondre aux problèmes qui se posent dans la région d'étude, il est recommandé de :
- Procéder à des travaux de géophysique au Nord et à l'Ouest du secteur II suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines qui se fait vers l'Ouest.
- Effectuer une prospection géophysique avec des longueurs d'émission de courant plus importantes pour délimiter la géométrie de la nappe des calcaires (AB supérieure à 2000 m.).



Chapitre : V

Hydrogéologie



V.1-INTRODUCTION:

Les formations aquifères, tant par leur nature lithologique que par leur extension dans l'espace, occupent une place importante dans notre présente étude, car elles influent sur le fonctionnement hydrogéologique de celles-ci. Ainsi, ce travail a pour but de comprendre l'impact des variations climatiques, dans le temps, et la variation de la lithologie dans l'espace, sur le comportement hydrodynamique de la nappe du moyen Cheliff.

V.2-IDENTIFICATION DES RESERVOIRS:

La vallée de l'oued Cheliff est constituée d'une suite de bassins sédimentaires subsidents, séparés par des zones de collines formant des seuils hydrauliques, à travers desquels tout écoulement souterrain est pratiquement exclu (remontée du substratum argilo-marneux imperméable)

Encore de nos jours, les mouvements de tectonique soit intenses (surrection des monts DAHRA et subsidence des plaines) et se manifestent par une sismicité notable de la région (séismes de 1954 et 1980 dont les épicentres situés à quelques Kilomètres à l'est du barrage de dérivation d'Oum-Drou.

-Dans la série stratigraphique, les formations de nature poreuse et perméable et qui peuvent être considérées comme aquifères potentiels sont :

- Les calcaires jurassiques à lithothamnium.*
- Les grès et marnes de base Miocène inférieur, Miocène supérieur, Pliocène marin et continental. - Les alluvions quaternaires.*

La carte établie par l'ABH-CZ en 2001 identifie trois types de nappes dans le Moyen Chéiff
a – La nappe alluviale : une nappe libre à multicouches avec un ou deux aquifères profonds plus productifs, constituée essentiellement d'alluvions (galets et gravier) ; sa recharge potentielle annuelle est de 12 hm^3 (ABH-CZ, 2001).

b – La nappe des grès et sable du Pliocène marin : Elle présente un système aquifère à nappe libre ou captive. Sa partie libre est alimentée par le déversement de diverses sources situées dans les collines bordant la plaine du côté nord. C'est une réserve faible avec une recharge potentielle annuelle de 3 hm^3 seulement.

c- La nappe du calcaire Lithothamnium : Bordée entre la nappe Quaternaire au nord et le massif de l'Ouarsenis au sud, la nappe calcaire est considérée comme une réserve importante. Elle est à surface libre, à structure tabulaire ou plissée et/ou fracturée. La recharge potentielle annuelle est semblable à celle de la nappe alluviale (12 hm³).

Les phénomènes de subsidence ont favorisé la création de ces grandes formations quaternaires, composées d'alluvions fines en surface, grossière en profondeur.

Il existe toutefois une telle hétérogénéité dans les dépôts quaternaires que les nappes, des matériaux perméables ou semi-perméables ont toujours la possibilité de communiquer entre elles.

La profondeur de l'eau sous la surface du sol varie dans d'assez grandes proportions d'une plaine à l'autre et à l'intérieur de chaque plaine. Dans le bassin d'Ech Cheliff-Boukader cette profondeur varie de quelques mètres près de l'oued Cheliff à plusieurs dizaines de mètres, dès que l'on se rapproche des massives bordures.

Dans la plaine d'El Abadia-Al attaf, on la rencontre parfois la surface du sol, dans la zone des marais de bir-Saf-Saf.

Dans la plaine de Mouaféquia (Synclinal des Medjadjas) le niveau piézométrique de la nappe, localement en charge, se situe toujours à plus de 10 m de profondeur.

Comme les seuils séparant les différents bassins quaternaires sont étanches, où se trouvent, donc en présence de systèmes hydrauliques fermés et les débits d'étiage de l'oued Cheliff peuvent être considérés comme les débits de transfert des nappes quaternaires d'un bassin à l'autre.^[5]

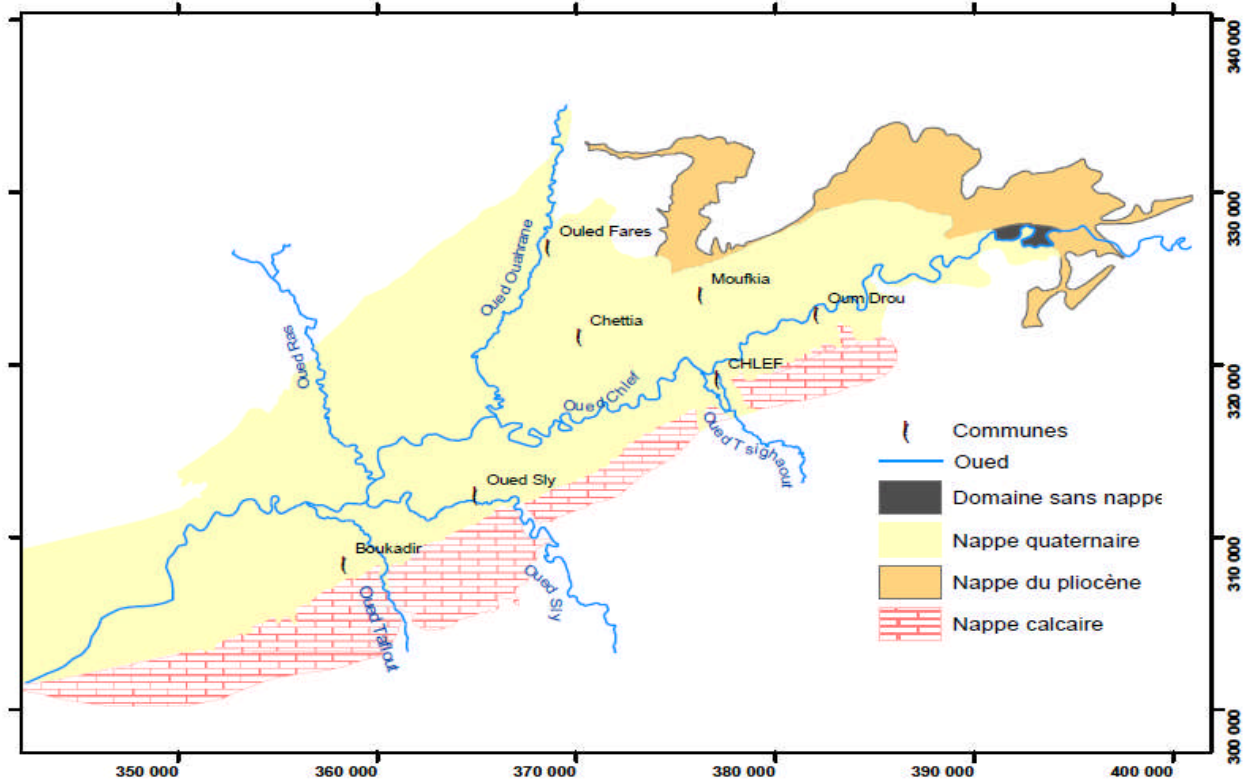


Fig. V.1-la carte des nappes de moyen Chélif (l'ABH-CZ 2001)

V.3-PIEZOMETRIE :

L'étude piézométrique s'est déroulée en mai 2008 (hautes eaux) et en octobre 2008 (basses eaux).

Durant cette période, 13 puits traditionnels et 5 forages d'observation (environ 8 autres puits ne sont pas prélevés), répartis à travers le moyen Cheliff à usage domestique ou agricole ont fait l'objet de mesures de niveaux statiques.

Deux cartes piézométriques ont été établies, l'une pour la période des basses eaux et l'autre pour la période des hautes eaux.

V.3.1-Evolution de la piézométrie :

-Le suivi de l'évolution piézométrique de la nappe dans le temps et dans l'espace permet de reconnaître d'une part, la direction générale de l'écoulement et d'autre part d'identifier quelques paramètres hydrodynamiques (gradient hydraulique et vitesse d'écoulement). Ces derniers nous renseignent sur le temps de séjour des eaux d'infiltration dans la couche aquifère et par conséquent nous informe sur le degré des échanges

géochimiques entre l'eau et la roche.

-Comme les eaux souterraines représentent le moyen de transport des substances minérales et organiques, la détermination de leur itinéraire renseigne sur leur minéralisation. La cartographie piézométrique a été illustrée à la base des relevés piézométriques des différentes campagnes, par interpolation triangulaire, en utilisant le logiciel Surfer 6 et Mapinfo 7.5

V.3.1.1-Carte piézométrique mai 2008 :

Cette carte piézométrique correspond à la période des hautes eaux.

-L'observation de la morphologie de la carte piézométrique des hautes eaux (mai2008) permet de constater que l'écoulement souterrain se fait en général suivant une direction du Nord-Est vers le Sud-ouest. L'axe de drainage des eaux souterraines coïncide sensiblement avec le parcours de l'Oued Cheliff qui draine les eaux de surface.

Dans presque toute la zone de la nappe du moyen Cheliff, les courbes isopièzes indiquant un gradient hydraulique moyen, de l'ordre de 0.004.

Sauf que la zone qui se trouve dans le triangle des trois communes (chlef-chettia-oued sly) les courbes se trouvent serrées suite à un gradient hydraulique important, de l'ordre de 0.025 dues essentiellement à une faible perméabilité de la formation

Le sens d'écoulement dans cette zone est du nord vers le sud.

On pense que la variation du gradient hydraulique est due, essentiellement, à l'hétérogénéité de la lithologie

V.3.1.2-Carte piézométrique octobre 2008:

Cette carte piézométrique correspond à la période des basses eaux.

Elle possède la même morphologie piézométrique que la carte précédente ; ceci est dû à la faible recharge qui n'arrive pas à combler l'exhaure de la nappe.

Néanmoins, on remarque une certaine fluctuation de la surface piézométrique à l'ouest de La nappe près de la commune de oued sly et à l'est dans la zone de oued fodda et quelques perturbations dans l'extrême ouest de la nappe dues au pompage intensif.

V.3.1.3- Fluctuation piézométrique :

La comparaison de la piézométrie entre la période de hautes eaux et celle de basses eaux a permis de dresser une carte de battement de la nappe pour l'année 2008

Les résultats obtenus montrent de mai à octobre, une baisse des niveaux presque dans toute la plaine d'amont en aval, les écarts piézométriques varie de 0.04 à 3.92m. la plus important de baisse se trouve dans deux zones (oued sly et oued fodda) .

Avec aussi quelques zones où nous observons une remonté des niveaux de - 0.55 à - 1.36 m dans l'extrême ouest de la nappe

Pour cette remonté des valeurs observées, elle est certainement due au fait que la mesure correspond un niveau dynamique, où des forages et puits voisins de ces derniers étaient certainement en pompages, Par ailleurs, le baisse des niveaux de la nappe est due essentiellement à la consommation important et la faible précipitation dans la période estivale.

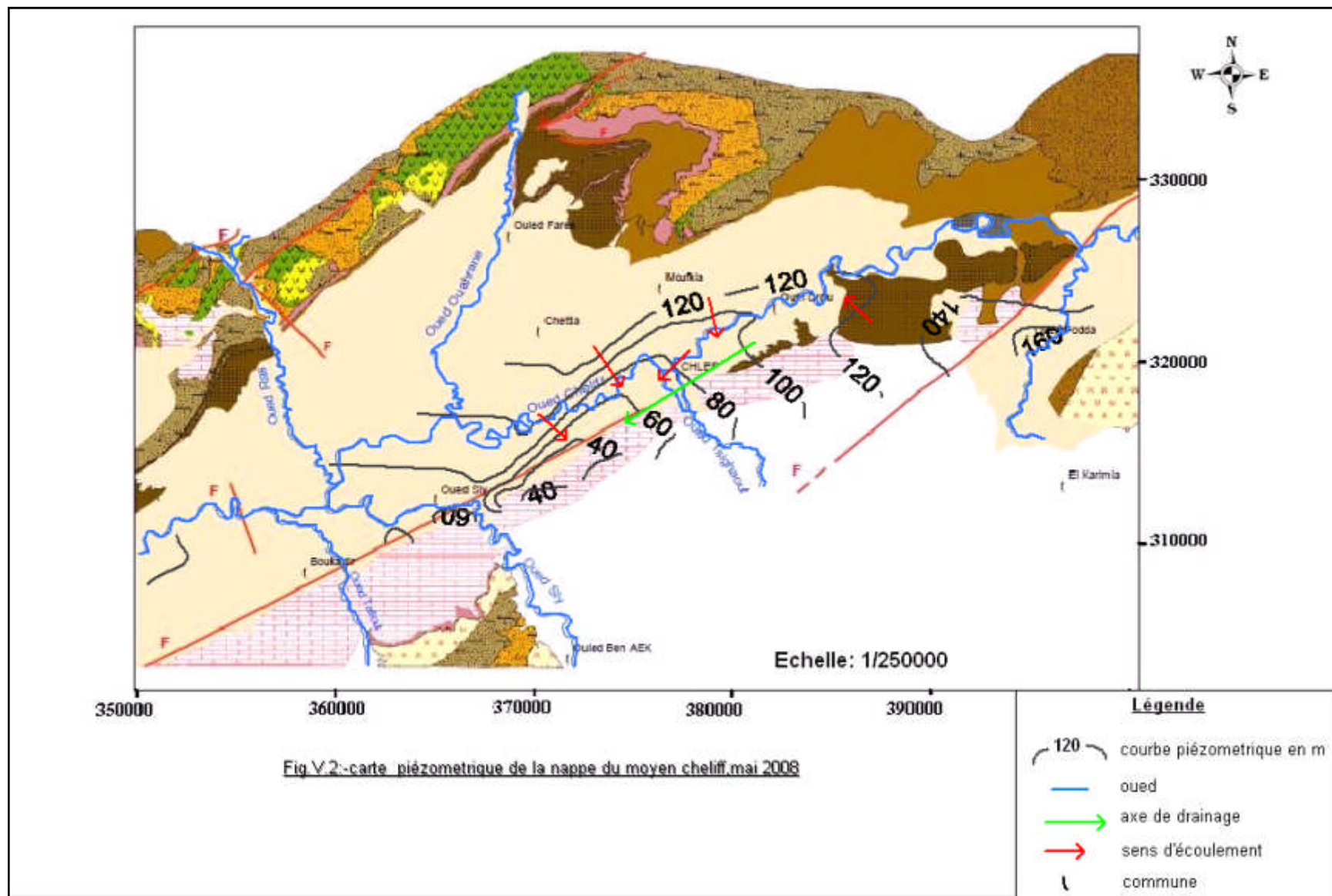


Fig V.2.-carte piézométrique de la nappe du moyen chelif, mai 2008

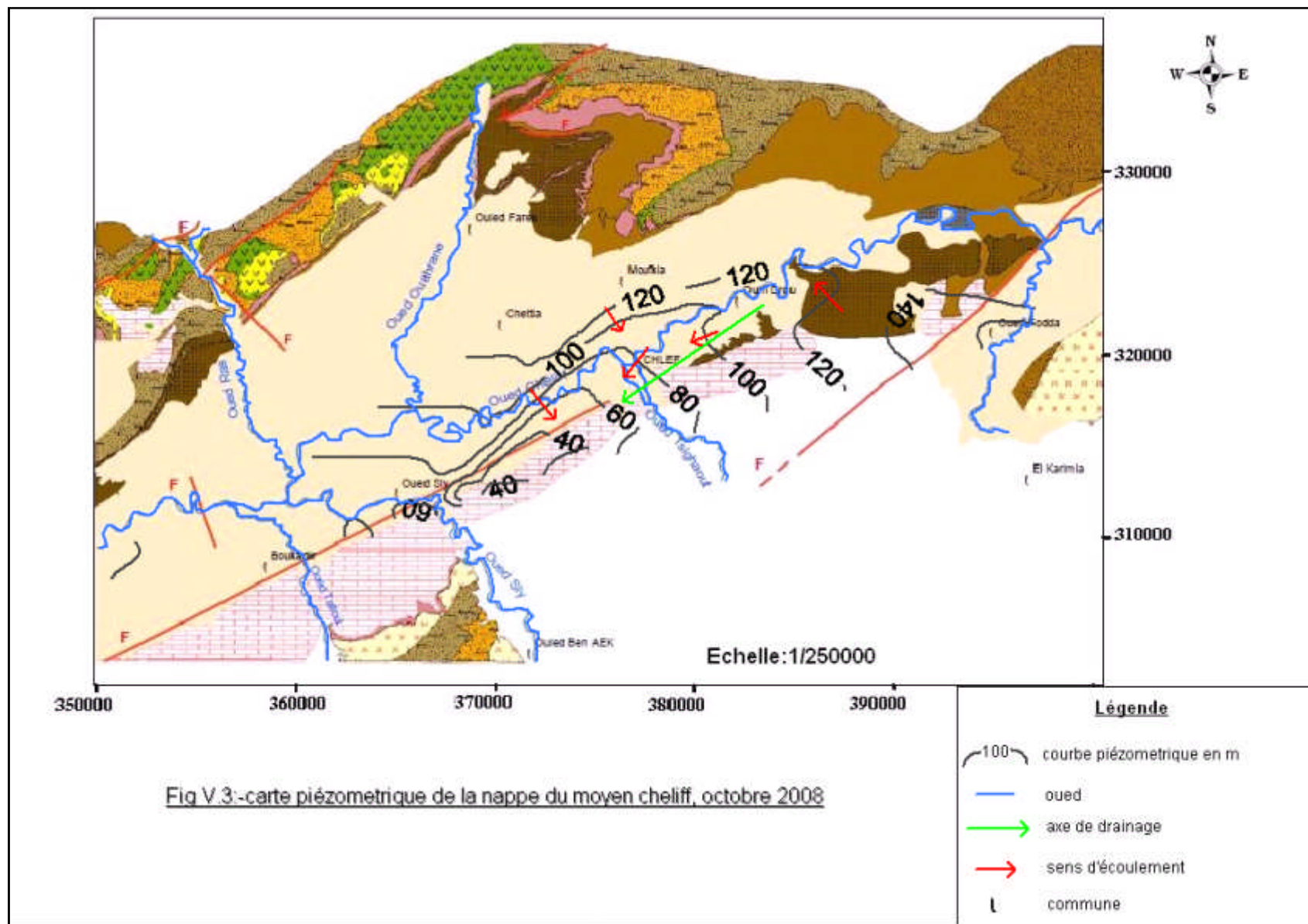
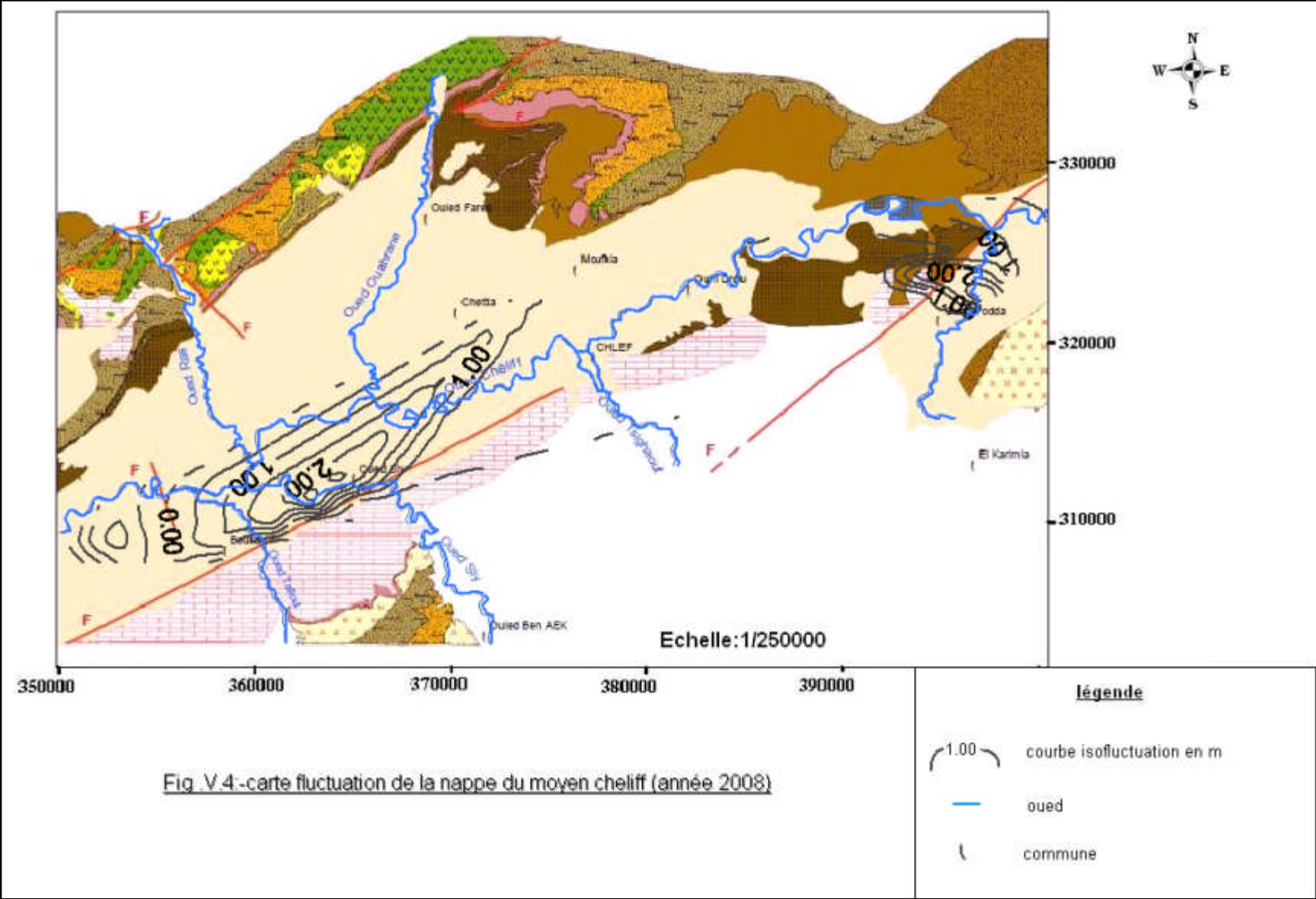


Fig V.3:-carte piézométrique de la nappe du moyen chelif, octobre 2008



V.4-CONCLUSION :

La cartographie piézométrique des différentes campagnes d'observation a montré que Les écoulements de la nappe se font des bordures vers l'axe central de la vallée avant de prendre une direction Est-Ouest parallèlement au cours d'eau de l'oued Chélif.

La surface piézométrique présente une fluctuation régulière, caractérisée par une baisse durant la période de basses eaux, sous l'effet de l'évaporation, et une remontée pendant la période de hautes eaux, suite à la recharge de la nappe à partir des précipitations.



Chapitre : VI

Hydrochimie



VI.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^- , 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*
- *Rejets des eaux usées : apports de Na^+ , K^+ , NO_3*
- *Cl^- et quelques métaux lourds.*

Le présent chapitre traite du chimisme des eaux souterraines, et nous permettra d'essayer tentons d'expliquer le comportement, l'origine et l'évolution des éléments chimiques décrits pour expliquer le fonctionnement hydraulique du système aquifère.^[6]

L'étude se base principalement sur les informations de deux campagnes de prélèvement à partir de 37 points d'eau, répartis sur le terrain. Comme la plaine de moyen Cheliff est à vocation agricole, un intérêt particulier sera accordé à cet effet.

VI.2-DESCRIPTION SOMMAIRE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES :

-L'OMS a établi des normes de potabilité des eaux, le tableau ci-dessous représente ces normes

Tableau VI.1 : Normes d'OMS de potabilités des eaux.

Eléments	SO_4^{-2} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	Ca^{+2} (mg/l)	Na^+ (mg/l)	PH	CE (mmhos/cm)
Norme OMS	250	250	100	150	6,5<PH<9,5	2,5

VI.2.1-Paramètres physico-chimiques :**VI.2.1.1- Potentiel d'Hydrogène (pH) :**

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 7.8, alors qu'en période des basses eaux les valeurs oscillent entre 7 et 7.9, ceci indique que les valeurs varient peu et sont proches des valeurs naturelles.

VI.2.1.2- La conductivité électrique (CE):

La mesure de la conductivité électrique donne un aperçu sur la minéralisation des eaux de la nappe. Elle accroît avec l'augmentation de la teneur de l'eau en sels dissous.

La variation de la minéralisation de l'eau est régit par plusieurs facteurs:

- Evaporation importante liée à l'approximation de la surface*
- Temps de séjour et échange eaux-encaissant*
- Sens générale d'écoulement de la nappe*
- Echanges avec nappes adjacentes*

L'évolution de la conductivité électrique dans la nappe superficielle est bien visible à l'échelle des saisons où les fortes valeurs s'observent en période de plus basses eaux, elles atteignent 11.03mmhos/cm en octobre 2008, alors que les faibles valeurs se

manifestent en période de crue, elles sont de l'ordre de 0.44mmhos/cm en avril 2008

Toutefois, on note une très forte minéralisation en période d'avril 2008 où la conductivité électrique est de 10.92 mmhos/cm ce qui reflète plutôt une pollution au niveau de ce puits.

Par ailleurs, l'évolution de la minéralisation de la nappe superficielle dans l'espace montre une très grande variation dans le secteur Ouest où l'on remarque au Nord une valeur de conductivité électrique de l'ordre de 1.14mmhos/cm au point d'eau W0105-348, elle augmente à 8.37mmhos/cm au point d'eau W0105-313 distant de 3400m vers le sud,

Au centre de la zone d'étude, la conductivité étant initialement de 5.98mmhos/cm à l'Ouest au niveau du puits W0105-385 puis s'élève à 4.18mmhos/cm à l'Est.

En général, la conductivité électrique suit le sens d'écoulement des eaux souterraines c à d que la minéralisation aussi augmente de l'est à l'ouest

VI.2.2-Les éléments majeurs :**a)-Le calcium (Ca²⁺) :**

La plupart des puits présentent des teneurs supérieures à la norme de potabilité des eaux. Les valeurs les plus élevées avec un maximum de 595 mg/l sont observées à l'ouest de la nappe pendant la période des basses eaux.

Les valeurs les plus faibles avec un minimum de 39 mg/l sont observées au centre de la nappe. Pendant la période des hautes eaux, on enregistre une certaine dilution, avec une moyenne de 193.37 mg/l, alors qu'en période des basses eaux la moyenne enregistrée est de 219.75 mg/l.

Les valeurs de l'écart-type sont relativement importantes, ce qui traduit une grande variation des teneurs, car l'ion Ca²⁺ provient de deux origines naturelles différentes qui sont :

La dissolution des formations carbonatées et la dissolution des formations gypseuses

b)-Le sodium (Na⁺) :

Les marnes gypsifères, qui constituent le substratum, donnent des concentrations élevées en ions sodium et ceci par des phénomènes de lessivage et d'évaporation.

L'écoulement a favorisé l'acquisition de ces teneurs, car les eaux souterraines, qui s'écoulent suivant la direction EST-OUEST, se chargent progressivement au fur et à mesure que l'on se déplace vers la zone d'accumulation. Ceci explique les fortes concentrations, qui dépassent 1750 mg/l dans la zone ouest de la nappe.

Les plus faibles valeurs, de l'ordre de 50 mg/l, sont enregistrées en amont de la nappe, pendant la période des hautes eaux

c)-Les chlorures (Cl⁻) :

L'ion chlorure possède des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution.

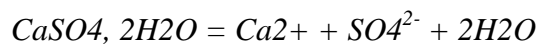
Les teneurs enregistrées, pendant toute la période d'observation, montrent des valeurs importantes qui dépassent la norme de potabilité de l'OMS fixée à 250 mg/l (3080mg/l dans l'ouest de la zone d'étude comme valeur maximale et moyenne de 771mg/l en avril 2008.

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines :

- Les argiles sableuses du Mio-Plio-Quaternaire
- Le déversement des eaux usées dans la plaine.
- Les marnes formant le substratum.

d)-Les sulfates (SO₄²⁻) :

La présence des sulfates dans l'eau est liée à la dissolution du gypse contenu dans les marnes selon la relation :



Les plus fortes valeurs sont enregistrées pendant la période des basses eaux au centre de la zone, avec une moyenne de 504 mg/l, suite au phénomène d'évaporation.

En effet, la plupart des puits dépassent la norme (250 mg/l) de potabilité. Les plus faibles valeurs sont enregistrées à l'amont et à proximité des bordures, là où les marnes gypseuses sont absentes

Remarque :

Parfois on trouve que les concentrations des éléments dans la période de plus hautes eaux sont supérieures à celle de plus basses eaux, cela peut justifier du fait que dans cette zone il ya du lâché d'un barrage proche ou une pluviométrie exceptionnelle avant le prélèvement de la campagne de plus basses eaux (mois de septembre) qui dilue les eaux souterraines.

VI .3-DETERMINATION DES PRINCIPAUX FACIES HYDROCHIMIQUES :

Les faciès hydrochimiques, d'après Jaeckli (1970), sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles. On les détermine par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentrations en méq/l), et en tenant compte de la classification des ions (formule ionique).

Les principaux faciès hydrochimiques déterminés dans les eaux souterraines de la nappe de moyen Cheliff sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau VI.2 : Types d'eau et qualité chimique des eaux souterraines du Moyen-Chélif d'après l'ABH-CZ :

<i>Nappe</i>	<i>Type d'eau</i>
<i>Quaternaire</i>	<i>Chloruré sodique</i>
<i>Calcaire</i>	<i>Chloruré calcique et chloruré sodique</i>
<i>Pliocène marin</i>	<i>Chloruré calcique et bicarbonaté calcique</i>

Sur toute la période d'observation, on a remarqué que la répartition des différents faciès dépendait de la lithologie et de l'hydrodynamisme de la nappe aquifère.

- (35) échantillons d'eau ont été prélevés à travers toute la plaine du moyen et haut Chelif durant la campagne piézométrique des hautes eaux en avril 2008. Et (38) échantillons ont été prélevés durant la campagne de basses eaux en octobre 2008.

Les résultats des analyses chimiques de ces échantillons nous ont permis de faire ressortir les différents ions représentatifs des eaux de la nappe alluviale du moyen Chelif. Ainsi nous avons constaté des faciès généraux prédominants de types sulfaté chloruré - carbonaté magnésien (54.5%), chloruré - sodique (29.1%) et des faciès secondaires de types bicarbonaté – calcique (9.1%), sulfaté – sodique (7.3%).^[1]

Le lessivage des calcaires à Lithotamiés du Miocène supérieur (affleurant sur les bordures sud du bassin de Chelif) et l'hétérogénéité lithologique des formations du Plio-Quaternaire formant l'aquifère alluvial, sont à l'origine de ces faciès chimiques.

VI.4-CARTOGRAPHIE HYDROCHIMIQUE :

Les eaux souterraines contiennent toujours des sels dissous qui leur confèrent les caractéristiques du milieu dont elles sont issues. Ces sels peuvent également provenir de phénomènes exogènes qui ont contribué à des modifications de la chimie du milieu, parmi lesquels on note l'évaporation et le lessivage.

Afin de montrer la répartition spatiale des éléments chimiques, on a procédé à l'établissement de la cartographie hydrochimique. La répartition des concentrations dépend de plusieurs facteurs tels que la lithologie, l'état hydrodynamique de la nappe (les profondeurs de la surface piézométrique, la vitesse d'écoulement) et les conditions climatiques (une température

élevée provoque l'évaporation et les précipitations engendrent le lessivage et la dissolution des roches).

Dans notre présente étude, on va cartographier les éléments chimiques dominants caractérisant les faciès chimiques qui présentent une influence sur la qualité des eaux et qui montrent une évolution significative durant toute la période d'observation. Deux campagnes sont fait (mois d'avril 2008 et celle du mois d'octobre2008).

La cartographie hydrochimique a été illustrée par interpolation triangulaire, en utilisant le logiciel Surfer 32 et le Mapinfo 7.5

Remarque :

Il ya des cartes qui sont représentées dans ce chapitre, et les autres sont trouvées dans les annexes.

a)-Cartes du calcium (fig.VI.1 et fig.VI.2) :

Les concentrations oscillent en général entre 39 et 595 mg/l. Ces dernières sont relativement faibles à l'amont de la nappe par rapport aux autres régions, car les eaux souterraines ne sont pas encore minéralisées et proviennent de la dissolution des formations calcaires de bordures. On remarque que les teneurs croissent dans le sens de l'écoulement. Les fortes teneurs apparaissent à l'ouest, on pense qu'elles résultent de la dissolution des gypses contenus dans les marnes.

On remarque que les fortes concentrations coïncident avec la période des basses eaux, ce qui nous laisse penser que l'élévation des concentrations est due au consommation intensif et la faible pluviométrie après la période estivale.

b)-Cartes du sodium (fig.VI.3 et fig.VI.5) :

Les concentrations varient entre 50 et 1750mg/l. L'observation des deux cartes montre que les concentrations sont importantes dans la zone ouest de la plaine pendant la période des basses eaux.

Des teneurs assez remarquables sont observées au centre de la nappe, pendant les deux périodes,

On signale que les faibles concentrations se localisent en amont de la nappe, là où les eaux souterraines sont au début de leur cheminement, c'est-à-dire ne sont pas encore trop minéralisées. Les argiles du Crétacé, qui se trouve dans la nappe, peuvent donner du sodium par le phénomène d'échange de base et ce en fixant un ion Ca^{2+} après libération de deux ions Na^{+} .

c)-Cartes des chlorures (fig.VI.5 et fig.VI.6) :

L'observation des cartes de chlorures montre que les teneurs varient entre 74 et 3080mg/l.

Ces dernières sont importantes à l'ouest de la plaine. Les argiles et les alluvions du dépôt de remplissage Mio-Plio-Quaternaire constituent l'origine de ces chlorures

Au centre de la plaine, on a enregistré des concentrations importantes en chlorures (1110 mg/l), Il est à signaler que l'évolution de la teneur en chlorures se fait suivant deux axes : le premier selon le sens de l'écoulement des eaux souterraines, c'est-à-dire selon une direction NE-SW et le second à partir des bordures vers le centre de la plaine.

Les activités anthropiques contribuent également à l'augmentation des teneurs en chlorures. En effet, le déversement d'eaux usées domestiques, sans qu'elles soient traitées préalablement, nuit à la qualité des eaux souterraines.

d)-Cartes des sulfates (fig.VI.7 et fig.VI.8) :

Les concentrations, en général, oscillent entre 0 et 1305 mg/l. Les fortes concentrations sont enregistrées durant la période des basses eaux, à l'ouest de la nappe. Elles sont dues, à la dissolution des gypses qui sont contenus dans les marnes. Des teneurs remarquables ont été observées pendant la période des basses eaux,

Les plus faibles concentrations sont constatées en amont de la nappe et le long des bordures.

En général la présence de fortes concentrations obéit à :

-Le lessivage des formations gypsifères

e)-Cartes des conductivités électriques (CE) (fig.VI.9 et fig.VI.10) :

Les valeurs sont comprises entre 0.44 et 11.03 mmhos/cm, les faibles valeurs enregistrées dans les bordures et en amont de la nappe ou l'eau est en début de l'écoulement c à d moins chargé en minéraux tandis que dans la zone centre et ouest l'eau devient trop chargé.

f)-Cartes des SAR (fig.VI.11 et fig.VI.12) :

Les valeurs de SAR en général oscillent entre 1.2 et 24.7. Les valeurs maximales sont enregistrées durant la période des basses eaux à l'ouest de la nappe, la répartition des valeurs de SAR est en fonction de la répartition des valeurs de Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} .

VI.4- APTITUDE DES EAUX A L'IRRIGATION :

Introduction :

Dans les zones arides et semi-arides, l'approvisionnement en eau d'irrigation constitue l'un des facteurs déterminants dans la production agricole, aussi bien dans l'intensification des cultures, que dans l'extension des surfaces irriguées. Pour les régions tempérées, les eaux superficielles constituent la principale source d'eau d'irrigation ; alors que dans les zones semi-arides, où cette ressource est rare ou inexistante, on fait appel aux eaux souterraines. Le développement de l'agriculture dans ces zones rencontre actuellement, en dehors de la rareté des ressources hydriques, de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation des sols qui peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière est due aux échanges ioniques (du sodium, du calcium et du magnésium) entre l'eau et le sol irrigué.^[6]

Comme la région de moyen Cheliff est à vocation agricole et les risques de salinisation des sols se font sentir, une étude d'aptitude des eaux à l'irrigation s'avère nécessaire car cette région se caractérise par une faible pluviométrie, une forte évaporation et une eau souterraine trop chargée en chlorures et en sulfates. Les risques qu'encourt cette plaine imposent une bonne connaissance des régimes hydriques et salins afin de pouvoir assurer une durabilité d'utilisation des ressources en eau et des sols.

Dans la présente approche, on a fait l'estimation de quelques paramètres de salinité en rapport avec l'usage agricole pour les 2 campagnes saisonnières.

VI.4.2-Classification des eaux d'irrigation :

Remarque :

(Toutes les explications de ces classifications se trouvent dans le chapitre III)

VI.4.2.1- La classification de l'U.S.S.L

Les eaux de la nappe de moyen Cheliff présentent, en général, les mêmes qualités pour l'irrigation au cours de toute la période d'observation (tableau VI.3). La dégradation observée traduit l'effet de la lithologie (présence de gypses et d'argiles) d'une part et l'effet de l'évaporation d'autre part (augmentation des concentrations).

Tableau VI.3- Evolution des classes d'irrigation selon la méthode de L'USSL

CLASSES	Avril 2008	Octobre 2008
	28 points d'eau	16 points d'eau
C3S1	25%	25%
C3S2	7,14%	12,50%
C4S1	3,57%	6%
C4S2	39,30%	25%
C4S3	0%	12,50%
C5S2	10,70%	6,25%
C5S3	10,70%	0%
C5S4	3,57%	12,50%

La répartition de cette qualité a fait apparaître trois classes

-Bonne (C2S1): on observe l'absence des eaux de bonne qualité dans cette zone.

-Admissible (C3S1-C3S2): Elle englobe environ 35% des points d'eau de la nappe, on le rencontre à l'amont et à la bordure de la nappe, généralement les eaux moyennement minéralisées avec des risques de salinisation moyens et de faible alcalisation.

-Médiocre (C4S1-C4S2) : Cette classe se caractérise par les eaux de forte minéralisation, présentant des risques de salinisation des sols importants, mais à alcalisation moyenne.

Il représente d'environ 40% des points d'eau, on le rencontre au centre de la plaine.

-Inutilisable pour l'irrigation (C5S2-C5S3-C5S4) : cette classe se caractérise par les eaux de très forte minéralisation, il présente 25% des points d'eau de la nappe de la plaine, on le rencontre à l'ouest de la plaine.

VI.4.2.2- Classification mondiale de la FAO (g/l)

Pour CE égal ou compris entre :

1g/l bonne pour l'irrigation

1g/l-3g/l faiblement salée

3g/l-5g/l moyennement salée

5g/l-10g/l *fortement salée*

>10 g/l *extrêmement salée*

Les résultats des analyses des eaux de la nappe et leur classification selon le FAO est noté dans le tableau ci-dessous :

Tableau .VI.4: Evolution des classes d'irrigation selon le FAO :

	Avril 2008	Octobre2008
<i>classes</i>	28 points d'eau	16 points d'eau
<i>Bonne pour l'irrigation</i>	14%	19%
<i>Faiblement salée</i>	53,60%	43,75%
<i>Moyennement salée</i>	25,00%	25%
<i>Fortement salée</i>	7,15%	13%
<i>Extrêmement salée</i>	0%	0,00%

La répartition de cette qualité a fait apparaître les classes :

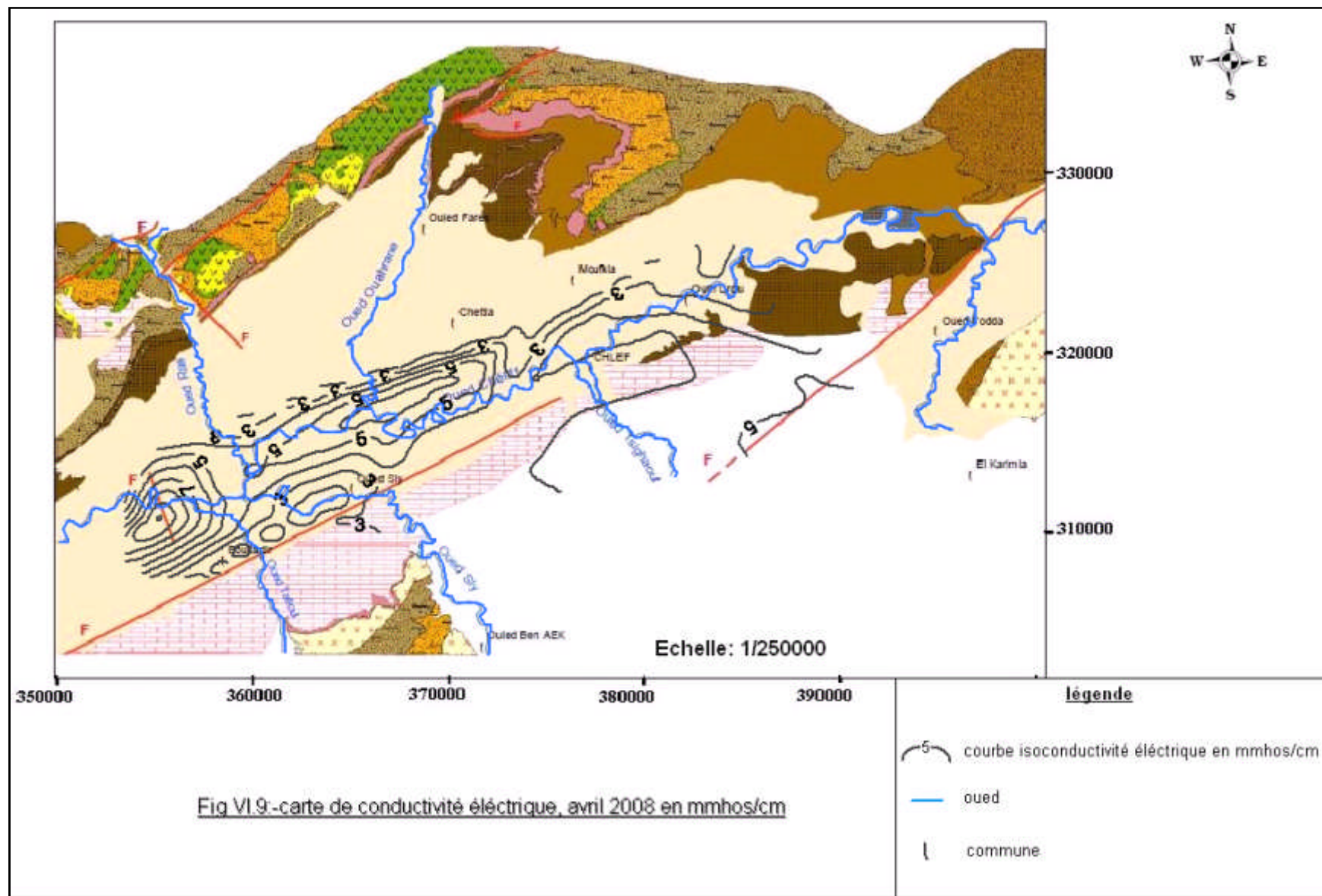
-Bonne pour l'irrigation: on observe que les eaux de bonne qualité dans cette zone ce trouve dans les bordures de la nappe

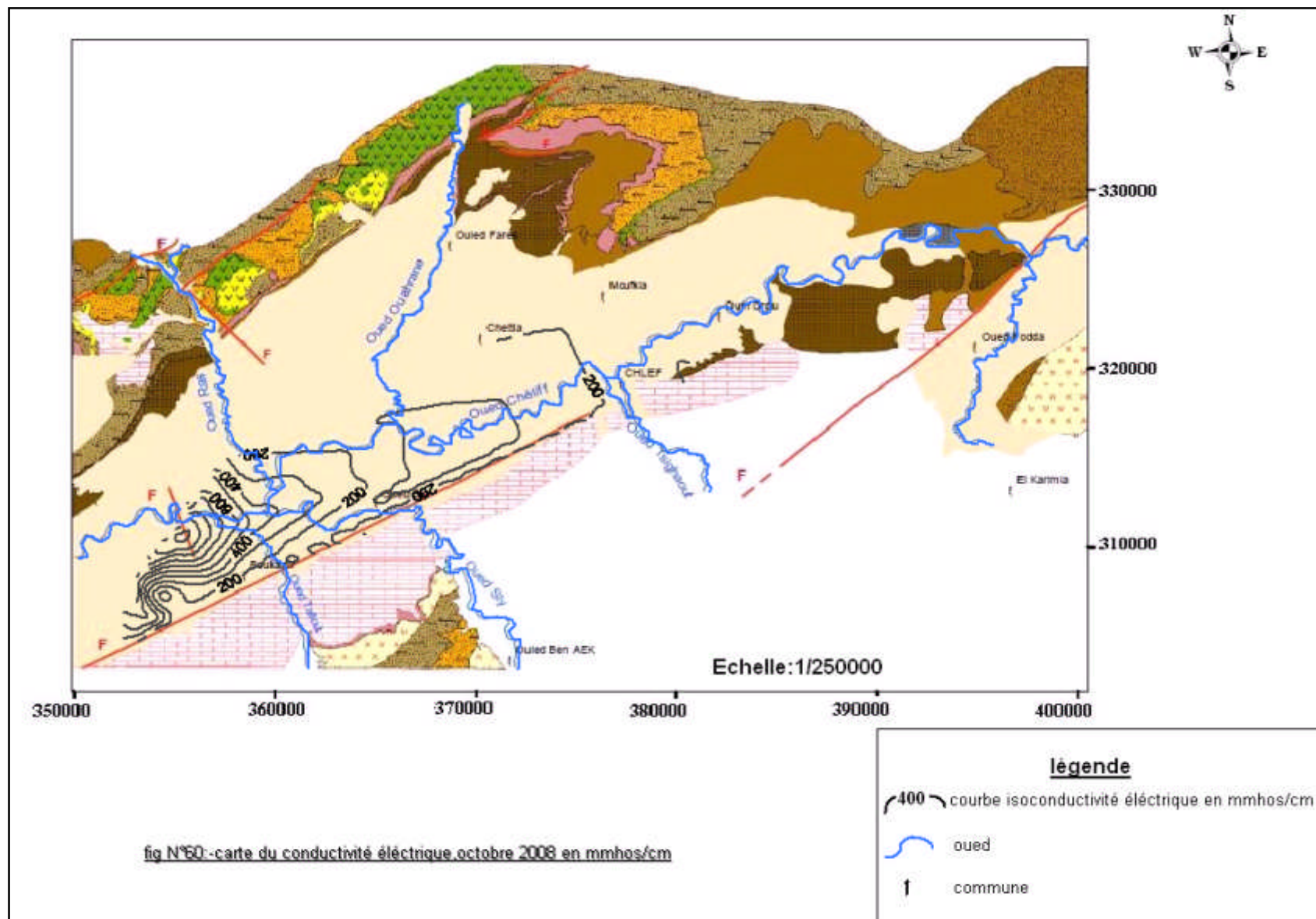
-faiblement salée: Elle englobe environ la moitié des points d'eau de la nappe, on le rencontre a l'amont de la nappe.

-moyennement salée : Il représente 25% des points d'eau, on le rencontre au centre de la plaine.

-fortement salée : cette classe se caractérise par les eaux de très forte minéralisation, il présente 10% des points d'eau de la nappe de la plaine, on le rencontre a l'ouest de la plaine.

-on observe aussi l'absence des eaux extrêmement salée.





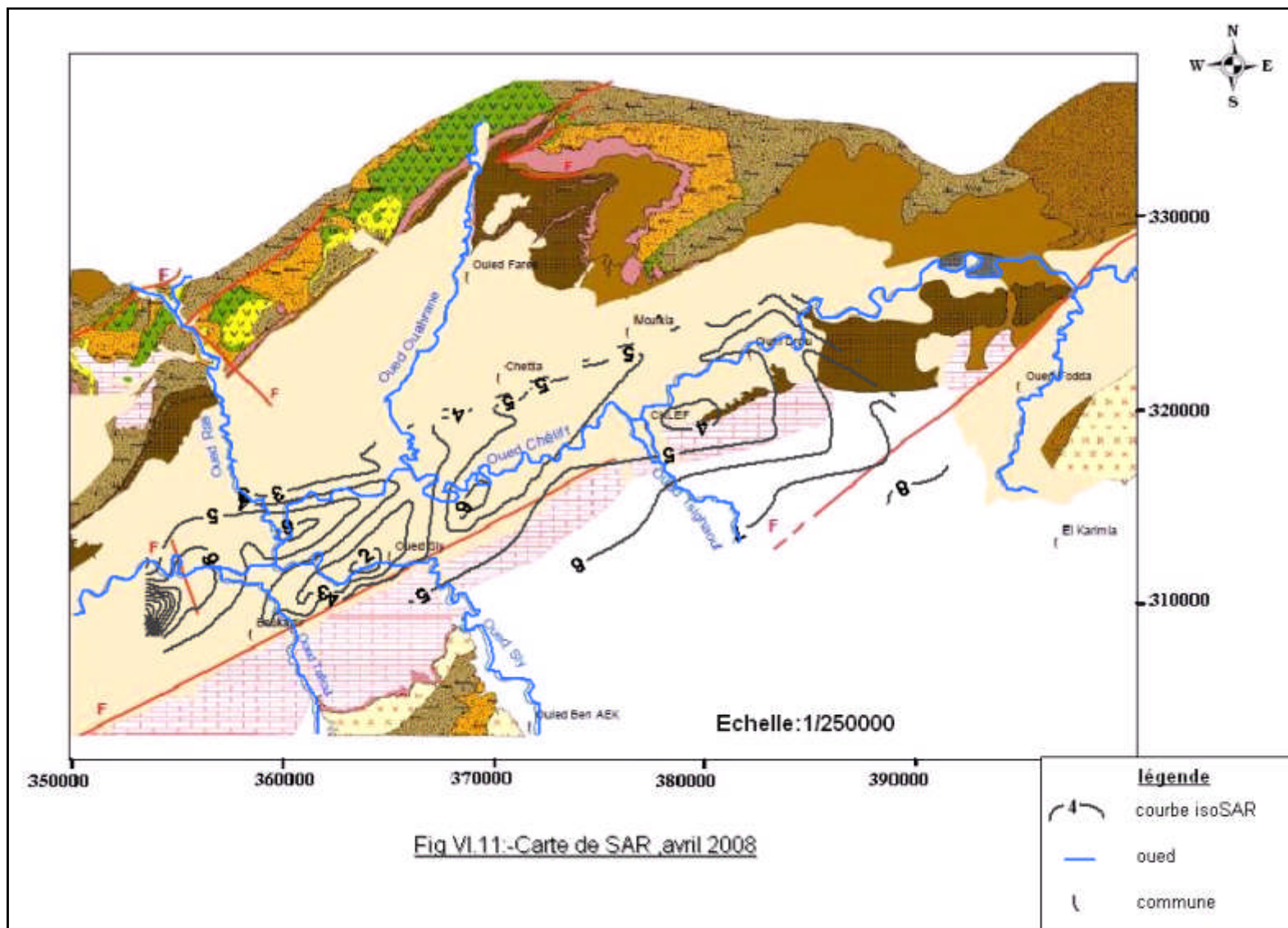
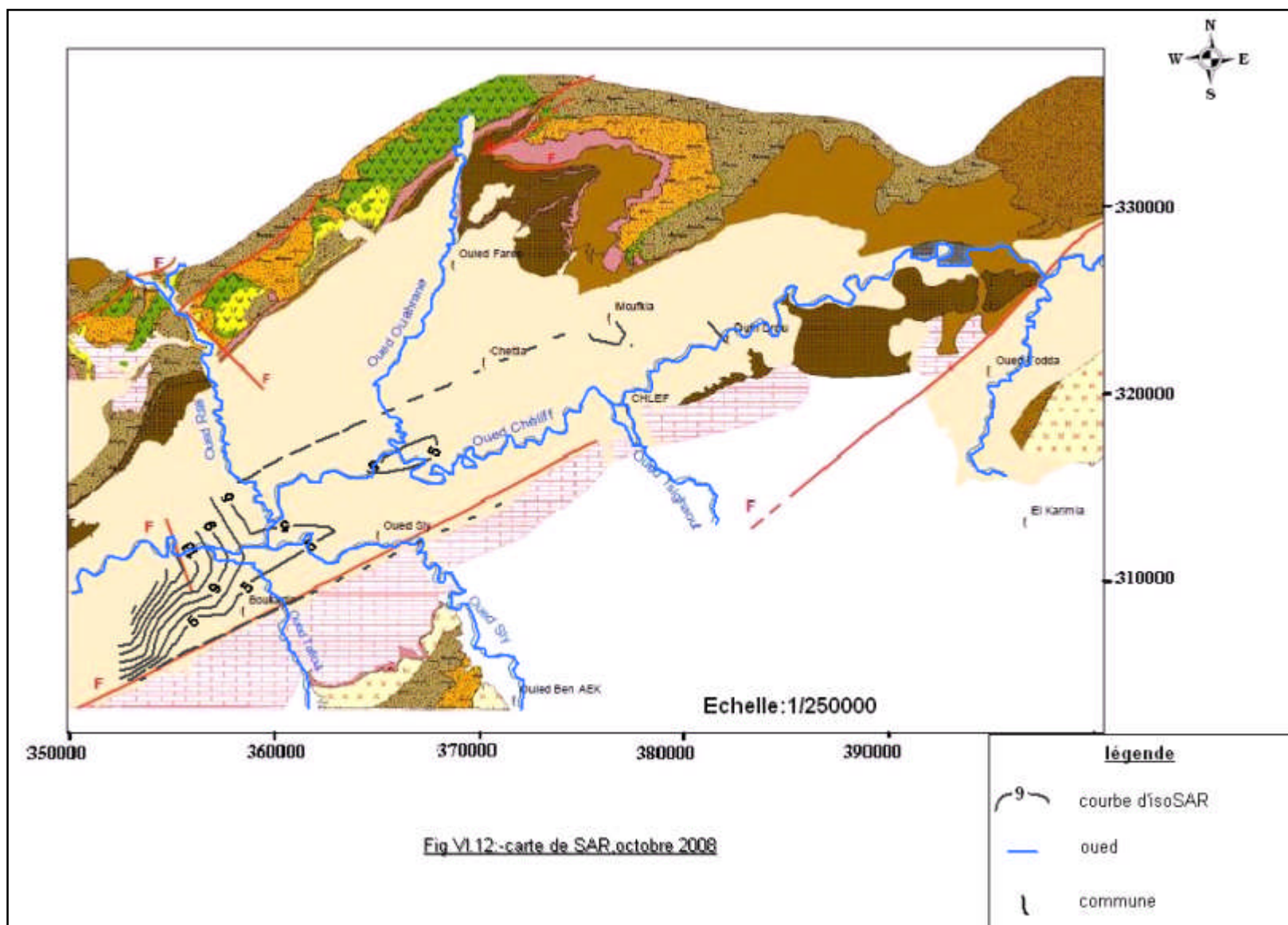


Fig VI.11:-Carte de SAR ,avril 2008



VI.5-CONCLUSION:

L'étude hydrogéochimique des eaux de la nappe du de moyen Cheliff permet de dire que :

-Les eaux sont caractérisées par une forte salinité et par la présence de trois faciès dominants, qui sont le chloruré calcique, le chloruré sodique et le bicarbonaté calcique ;

-La répartition spatiale des éléments chimiques montre que le chimisme est fortement lié à la lithologie de la nappe, suite à la dissolution des formations carbonatées

-Le suivi de la qualité des eaux dans le temps a montré l'effet des précipitations et de l'évaporation sur la minéralisation des eaux souterraines.

- L'analyse en composante principale a confirmé le mode de minéralisation des eaux souterraines, car les puits qui se situent en amont (est) de la nappe se trouvent faiblement minéralisés au contraire de ceux qui se positionnent en aval (ouest) l, qui sont trop minéralisés.

-La classification de l'ESSL et celle de FAO ont prouvé la dégradation de la qualité des eaux pour l'irrigation dont la majorité des points d'eau a une qualité mauvaise.



Chapitre : VII

Etude d'un cas



VII.1-Présentation du périmètre :

La zone VI s'étend de l'oued OUAHRANE a l'oued RAS, elle se limite au nord par le glacis bordant la plaine alluviale et au sud par l'oued Cheliff sur une superficie de 5829 ha

La superficie a irriguée est de surface de **90ha**.

VII.1.1- Caractéristiques pédologiques :

Tableau : VII.1: Caractéristiques pédologiques :

ZONE	CARACTERISTIQUES	APTITUDES
6=Alluvions anciennes et solde piémont Non tirsifiées.	Sols de texture argilo limoneuse à argileuse. Bien structurés Drainage externe facilité par la pente naturel. Bonne perméabilité Zones moins sensibles aux gelées	Toutes cultures adaptées aux Conditions climatiques.

Trois mesures ont été réalisées dans cette zone sur le sol

Les vitesses d'infiltration, élevées, varient de 4.7 à 14 cm /h .Donc la moyenne est de **9 cm/h**.
(voir tableau VII.2)

Tableau VII.2: Les résultats des mesures

Nombre de mesures	Qualité de la mesure	Perméabilité moyenne (cm/h)	
		Par mesure	Par site
3	Bonne	14	9.3
	Moyenne	4.7	
	Bonne	9.1	

VII.1.2-Réserve en eau des sols :

D'après les mesures qui ont été faites sur différents profondeurs on obtient le tableau suivant : (voir tableau VII.3)

Tableau VII.3: Les mesures de réserve en eau.

Profondeur (en cm)	Densité apparente moyenne	Humidité(%)		Réserve en eau utile (mm/dm)	Réserve calculé pour 1m de sol
		PF 3	PF 4.3		
10-20	1.28	21.1	15.1	7.7	83.6
65-75	1.44	21.9	15.6	9.1	
80	1.68	20.40	14.4	10.1	

Tableau VII.4 : Caractéristique de la solution du sol :

profondeur (cm)	10-20	30-40	70-80
ph	7.5	7.8	7.5
CE (mmhos/cm)	1.5	2.4	4.2

D'après le tableau ci-dessus on trouve que la conductivité électrique de la solution du sol moyenne est de **2.7 mmhos /cm** inférieure a 4mmhos/cm^[9].

Donc le sol n'est pas salin

On a aussi comme données, la conductivité électrique de l'eau d'irrigation est de :

3.50 mmhos/cm

VII.1.3-Aptitude culturale :

Le sol de ce périmètre est conviendra a toute les cultures.

Les cultures contenues dans ce périmètre sont les suivants :

Tableau VII.5 : les surfaces parcellaires correspondantes aux types des cultures :

<i>cultures</i>	<i>surfaces (ha)</i>
<i>blé</i>	40
<i>pomme de terre</i>	20
<i>tomate</i>	15
<i>poivron</i>	5
<i>melon-pastique</i>	10

VII.2-Etude hydrologique :

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet tels que :

-Le calcul des besoins des cultures a projetées dans le périmètre.

VII.2.1-Réseau pluviométrique :

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH).

Le tableau.VII.6 décrit ci-dessous, nous indique la position de cette station

Tableau VII.6: Caractéristiques de la station pluviométrique de CHLEF.

<i>Nom de la station</i>	<i>Code</i>	<i>Coordonnées en degrés</i>		<i>Altitude (m)</i>	<i>Période d'observation</i>	<i>Nombre d'années observées</i>
		<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>			
<i>CHLEF</i>	020115	36°13'	01°20'	143	1987-2008	21

Tableau VII.8: Pluies moyennes mensuelles observées à la station CHLEF.

Mois Année	sep	oct	nov	dec	jan	Fév	mars	avril	mais	juin	juillet	août	P (annuelle)
87-88	10,4	63,2	72,5	24,7	52,4	6,3	31,9	24,1	30	5,1	0	0	320,6
88-89	9,1	13,7	29,5	51,7	10,5	17,2	44,8	18,2	3,9	4,6	0	13,4	216,6
89-90	7	7	16,7	21,4	41,1	0	56,9	37,5	14,2	1,9	0,4	2,5	206,6
90-91	0,6	46	87,3	41,7	37,6	34,4	52,1	17,2	23,9	2,1	0	2,3	345,2
91-92	4,7	29,6	24,2	1,1	46,6	10	59,8	32	25	15,6	10,4	0	259
92-93	0	43	13	19,5	6,5	38,7	14,5	60,8	11,2	0	0	0,2	207,4
93-94	21,2	13,6	32,1	16,2	23,7	22,7	1	24,6	9,9	0	0	0	165
94-95	50,6	42,6	19,8	19,8	66,8	13,9	28,1	9,6	0	2,4	0	29,2	282,8
95-96	34,6	30,1	48,9	34,5	54,4	108,9	76,2	51,5	30	1,7	9,7	2,8	483,3
96-97	41,8	20,2	5,1	31,2	65,4	3,5	0	140	16	0,4	7,1	19,8	350,5
97-98	32,3	46,1	114,7	29,8	10,1	17,6	5,1	51,9	86,6	0,8	0	1,4	396,4
98-99	15,3	15,2	13,1	17,9	60,7	66	70,9	6	6,1	0	0	0	271,2
99-00	29,2	14,3	48,7	95,5	2,5	0	22,9	10,3	5,7	0	0	0	229,1
00-01	30,3	83,4	68	68,4	56,9	13,5	3,8	32,9	11,5	0	0	0	368,7
01-02	16,3	3,4	97,6	32,7	15,2	5,2	33,7	34,3	27,2	0	0	8,2	273,8
02-03	0	17,9	60,8	37,7	69,8	57,1	12,5	42,4	42,6	1	0	5,2	347
03-04	0	25,3	66,5	45	25	46,9	13,2	14,1	97,4	4,3	0	0	337,7
04-05	0	37,6	24,8	63,3	17	79,4	27,3	1,5	1	0	0	0,3	252,2
05-06	21	36	61,4	54,4	35,5	69,4	15,5	5,2	71,7	7	0,5	1,2	378,8
06-07	17,4	0	0	88,2	27,3	60,8	49,2	66,6	34,2	0	1	1,6	346,3
07-08	39,8	31,7	40,7	16,6	25	64	53	70	42	0	0,8	2,2	385,8

Dans ce tableau on a relevé les précipitations pendant la période 1987-2008, on a remarqué que la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude de la série se fait à l'aide de logiciel de l'hydrologie **HydroLab**, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement.

VII.2.2- Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon qui le plus puissant des tests non paramétriques

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant:

On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$ sachant que X est la série de base et Y est la série à étudier.

On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient-elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

$$W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

$$W_x = \left| \text{Rang} \right|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous séries X

$$W_{\min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - u_{1-\alpha/2} \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2}$$

$$u_{1-\alpha/2} = 1.96$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1).N_1 - W_{\min}]$$

VII.2.2 .1- Test de Wilcoxon pour la station de chlef, code (020115) :

Le tableau n°VII.9 détaille le procédé de test d'homogénéité proposé par de Mr Wilcoxon pour la station de **CHLEF** code(020115).

On a donc

$$W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

Le tableau.VII.9 : Test d'homogénéité pour la station de CHLEF code (020115).

Série origine	Série X	Série Y	RANG	TRI	XunionY
320,6	320.6	350,5	1	165	X
216,6	216.6	396,4	2	206.6	X
206,6	206.6	271,2	3	207.4	X
345,2	345.2	229,1	4	216.6	X
259	259	368,7	5	229.1	Y
207,4	207.4	273,8	6	252.2	Y
165	165	347	7	259	X
282,8	282.8	337,7	8	271.2	Y
483,3	483.3	252,2	9	273.8	Y
350,5		378,8	10	282.8	X
396,4		346,3	11	320.6	X
271,2		385,8	12	337.7	Y
229,1			13	345.2	X
368,7			14	346.3	Y
273,8			15	347	Y
347			16	350.5	X
337,7			17	368.7	Y
252,2			18	378.8	Y
378,8			19	385.8	Y
346,3			20	396.4	Y
385,8			21	483.3	X

D'après le tableau ci-dessus on calcul les paramètres du test de WILCOXON :

$$W_x = 1+2+3+4+7+10+11+13+16+21 = 88$$

$$\underline{W_x = 88}$$

$$W_{min} = 71$$

$$W_{max} = 127$$

$$71 < W_x < 127$$

La condition de M' Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de CHLEF est homogène.

VII.2.3- Etude de l'échantillon et choix du type de loi :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes

- Loi de Gauss ou loi Normale
- Loi de Galton ou loi log – Normale

VII.2.3.1– Traitement des données :

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYFRAN nous donne les résultats suivants :

Station de CHLEF :

Nombre d'observations 21

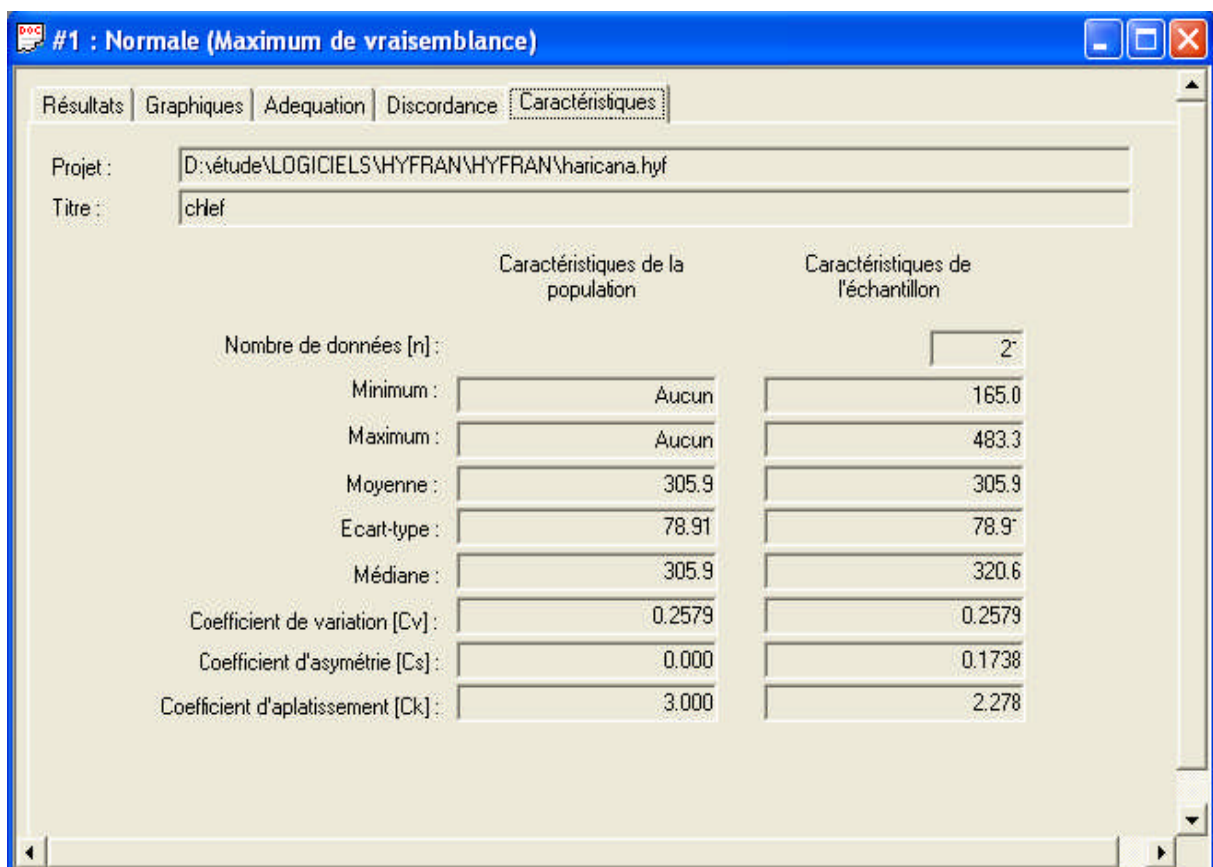


Fig. VII.1: Statistiques de base

VII.2.3.2– Test de validité d'un ajustement :

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré " χ^2 "

a)- Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi Normale est fait par le logiciel HYFRAN

Les résultats du test sont mentionnés dans la figure ci-dessous :

The screenshot shows a software window titled "#1 : Normale (Maximum de vraisemblance)". It contains several tabs: "Résultats", "Graphiques", "Adequation", "Discordance", and "Caractéristiques". The "Résultats" tab is active. The test name is "Test du Khi carré". The project path is "D:\étude\LOGICIELS\HYFRAN\HYFRAN\haricana.hyf" and the title is "chlef". The hypotheses are: H0: "L'échantillon provient d'une loi Normale" and H1: "L'échantillon ne provient pas d'une loi Normale". The results section shows: Result of the statistic: $\chi^2 = 3.86$, p-value: $p = 0.2773$, Degrees of freedom: 3, and Number of classes: 6. The conclusion states: "Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %".

Résultats	
Résultat de la statistique :	$\chi^2 = 3.86$
p-value	$p = 0.2773$
Degrés de liberté :	3
Nombre de classes :	6

Conclusion
Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

Fig.VII.2: résultats du test de validité de l'ajustement a la loi normale

b)- Test de validité de l'ajustement à la loi log Normale :

Les résultats du test sont mentionnés dans la figure ci-dessous

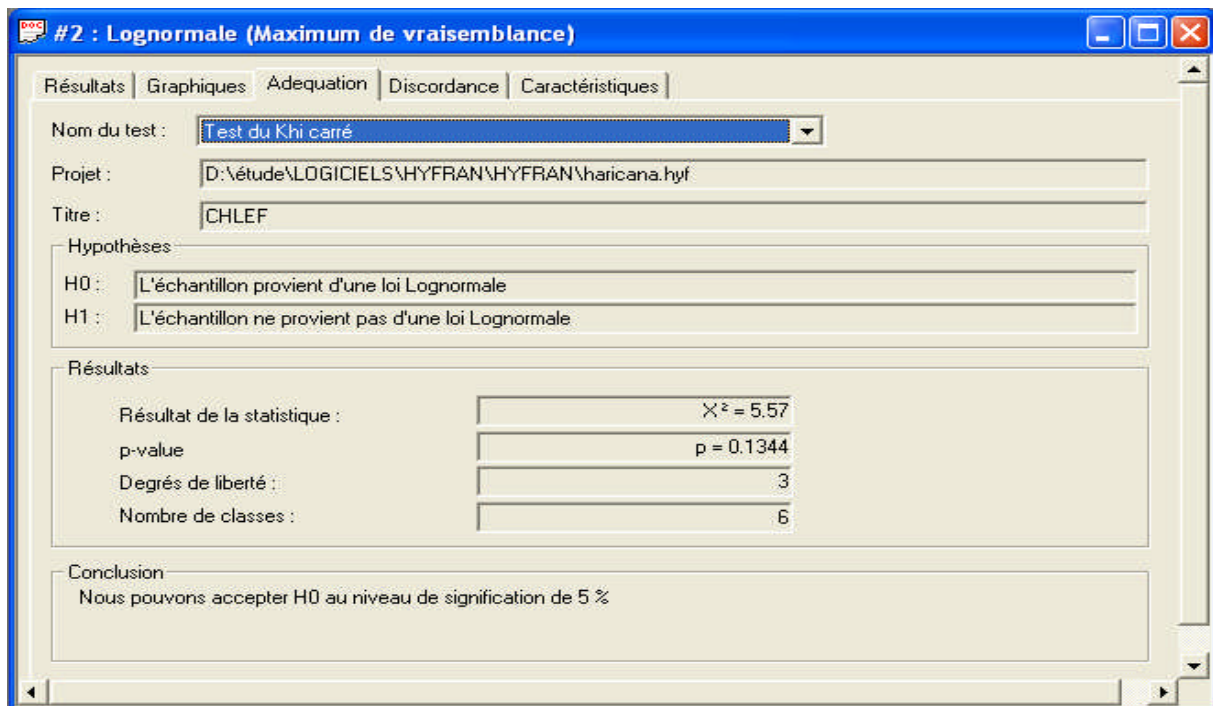


Fig VII.3 : résultats du test de validité de l'ajustement a la loi log normale

D'après le test de khi carré et les figure VII.2 et VII.3, on conclut que loi normale présente une adéquation meilleur que le log loi normale.

VII.2.4- Ajustement à la loi Normale :

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du$$

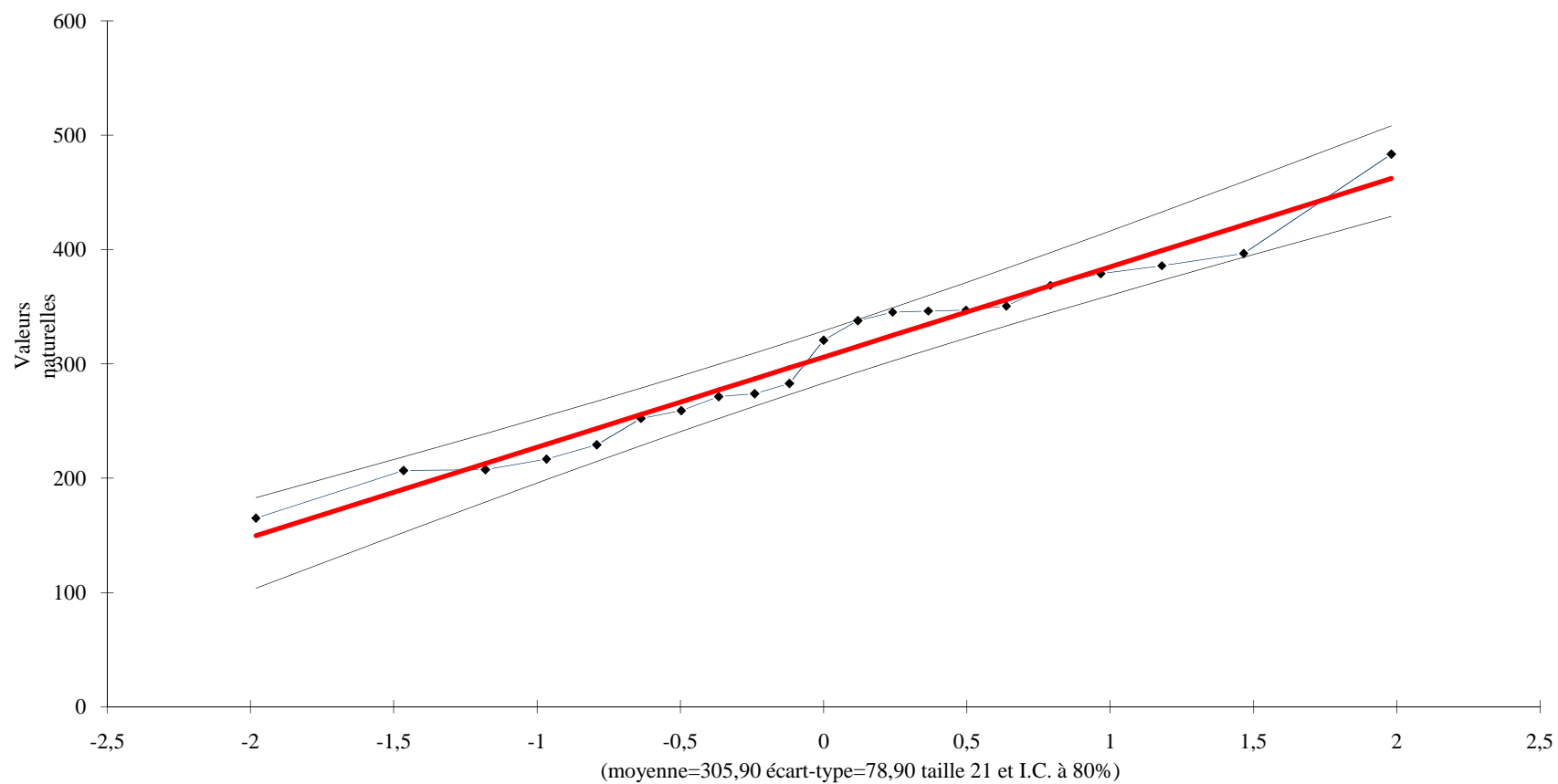
Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de CHLEF sont regroupés dans le tableau VII.10 et la figure VII.4 :

Tableau: VII.10-l'ajustement a loi normale :

Ajustement à une loi de Gauss								
Taille n= 21		Moyenne= 305,9		I.C. à (en%)= 80			U Gauss= 1,2817	
		Ecart-type= 78,9041317						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
165	165	1	0,0238	-1,981	165	149,57626	103,680868	182,744639
206,6	206,6	2	0,0714	-1,466	206,6	190,264748	152,482137	218,632979
207,4	207,4	3	0,1190	-1,180	207,4	212,803475	179,102596	238,924951
216,6	216,6	4	0,1667	-0,967	216,6	229,571052	198,637168	254,290657
229,1	229,1	5	0,2143	-0,791	229,1	243,452742	214,591206	267,230167
252,2	252,2	6	0,2619	-0,637	252,2	255,625738	228,388252	278,770173
259	259	7	0,3095	-0,497	259	266,701315	240,762207	289,449083
271,2	271,2	8	0,3571	-0,366	271,2	277,047752	252,150379	299,596135
273,8	273,8	9	0,4048	-0,241	273,8	286,912965	262,842387	309,437722
282,8	282,8	10	0,4524	-0,119	282,8	296,480632	273,047957	319,146435
320,6	320,6	11	0,5000	0,000	320,6	305,900008	282,932452	328,867565
337,7	337,7	12	0,5476	0,119	337,7	315,319368	292,653565	338,752043
345,2	345,2	13	0,5952	0,241	345,2	324,887035	302,362278	348,957613
346,2	346,2	14	0,6429	0,366	346,2	334,752248	312,203865	359,649621
347	347	15	0,6905	0,497	347	345,098685	322,350917	371,037793
350,5	350,5	16	0,7381	0,637	350,5	356,174262	333,029827	383,411748
368,7	368,7	17	0,7857	0,791	368,7	368,347258	344,569833	397,208794
378,8	378,8	18	0,8333	0,967	378,8	382,228948	357,509343	413,162832
385,8	385,8	19	0,8810	1,180	385,8	398,996525	372,875049	432,697404
396,4	396,4	20	0,9286	1,466	396,4	421,535252	393,167021	459,317863
483,3	483,3	21	0,9762	1,981	483,3	462,22374	429,055361	508,119132

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	239,505588	210,077217	263,528494	239,505588	0,200	1,3

Ajustement à une loi Normale



h

Fig. VII.4 : Graphique de l'ajustement a la loi normale

VII.2.5-Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi log normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie mensuelle interannuelle, représentative de la région. L'estimation sera pour l'année sèche de fréquence 80%.

Pour trouver la pluie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la relation suivante :

$$P_{men\ 80\%} = P_{men,moy} \times (P_{80\%}/P_{50\%})$$

$P_{men\ 80\%}$: Précipitation mensuelle de l'année de calcul.

$P_{men, moy}$: Précipitation mensuelle moyenne de 21ans.

$$P_{80\%} = 235.88\text{mm}$$

$$P_{50\%} = 305.9\text{ mm}$$

$$(P_{80\%}/P_{50\%}) = 0.771$$

Tableau VII.11-Précipitation de l'année de calcul :

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P_{moy} (mois) (mm)	18.2	29.5	45	38.6	35.7	35	32	35.7	28.1	2.2	1.4	4.3
P_{moy} (80%) (mm)	14.03	22.74	34.7	29.76	27.52	26.99	24.67	27.52	21.67	1.7	1.08	3.32

Cette étude nous permis de calculer la pluie du projet (c'est la pluie de probabilité 80% ou la pluie d'une période sèche), le calcul des besoins en eau ou le dimensionnement du réseau sera calcule en fonction de cette pluie.

VII.3-Besoin en eau des cultures :

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

Pour cela on définit :

VII.3.1-L'EVAPOTRANSPIRATION :

Les plantes prélèvent des quantités d'eau très importantes dans le sol. Cette eau joue, pour diverses raisons, un rôle essentiel dans la croissance végétal

VII.3.1.1-Evapotranspiration de référence

VII.3.1.1.1- Définition

Face à la multiplicité de paramètres susceptibles d'influencer l'évapotranspiration, un critère plus simple a été introduit: l'évapotranspiration de référence ET_0 (appelée parfois évapotranspiration potentielle). Par convention, on définit l'évapotranspiration de référence comme l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, à son stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

Dans ces conditions, l'évapotranspiration de référence dépend essentiellement de facteurs climatiques, d'où la désignation parfois adoptée d'évapotranspiration climatique.

VII.3.1.1.2-Estimation de l'évapotranspiration de référence

De nombreuses formules de calcul de l'évapotranspiration de référence ont été proposées. Elles font intervenir un nombre plus ou moins important de facteurs climatiques et ont été établies initialement pour une zone particulière. Le problème du choix d'une formule appropriée se pose donc avec acuité. Par la suite sont présentées quelques-unes de ces formules parmi les plus utilisées. Le caractère empirique de la plupart d'entre elles impose un respect strict des unités proposées par leurs auteurs.

a)-Formule de Blaney - Criddle

Cette formule s'écrit:

$$ET_0 = (8.13 + 0.46 t) p$$

ET_0 : évapotranspiration de référence, en mm, pendant le mois considéré

t : température moyenne mensuelle, en °C

P : pourcentage d'heures diurnes pendant le mois considéré par rapport au nombre d'heures diurnes annuelles; p est fonction de la latitude du lieu (cf. tableau annexe I).

Cette formule ne convient que pour les pays arides et semi-arides. En zones tempérées humides, elle fournit en général des résultats surestimés. Elle ne fait intervenir directement qu'un seul facteur météorologique: la température.

b)-Formule de Turc

Sous sa forme simplifiée, seule retenue ici, la formule de Turc s'écrit:

$$ET() = 0.4 (R_s + 50) t + 15$$

ET_0 : évapotranspiration de référence mensuelle, en mm par mois

t : température moyenne de la période considérée, en °C

R_s : radiation solaire globale mensuelle ou décadaire (cal.cm-2t1)

La formule de Turc semble fournir des résultats satisfaisants dans la plupart des zones climatiques. Elle est très utilisée en climats tempérés, encore qu'actuellement on aurait plutôt tendance à faire appel à des formules basées sur le bilan énergétique (notamment Penman et Penman-Monteith).

c)-- Méthode de M^r PENMAN&MOTHEIT modifié:

La formule de M^r Penman&Motheit modifiée, prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de M^r Penman&Montheit, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * R_n + (1 - W) * F(u) * (e_a - e_d)]$$

Où

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence ($ea - ed$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.^[3]

VII.3.1.1.3-Evapotranspiration réelle maximale :

Dans le cas de cultures irriguées où l'on cherche à placer les plantes dans les conditions les plus favorables de production, on base l'irrigation sur les besoins en eau correspondant à l'évapotranspiration réelle maximale (ETM). C'est l'évapotranspiration d'une culture donnée à différents stades de développement végétatif, lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant et que les conditions agronomiques sont optimales (sol fertile, bon état sanitaire, etc.). La valeur d'ETM se calcule à partir de la référence que constitue l'ET0 par la relation:

$$ETM = K_c .ET0$$

K_c : est dénommé coefficient cultural. Pour une même culture, sa valeur peut varier fortement au cours du cycle végétatif selon l'activité physiologique, le taux de recouvrement du sol, etc. Elle augmente progressivement du semis à la période de pleine croissance, puis diminue généralement durant la maturation des cultures annuelles. Sa valeur précise devrait être déterminée expérimentalement.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel **CROPWAT 8.0** modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO**^[3].

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée, emploie les informations homogènes fiable suivantes : (Chapitre1)

- **Température** : les températures moyennes sont données en Degré Celsius (°c).
- **Humidité de l'air** : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).

- *Insolation journalière* : donnée en heures d'insolation.
- *Vitesse de vent* : la vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

Dans le tableau nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled							
Country	ALGERIA			Station	CHLEF		
Altitude	143	m.	Latitude	36.00	°N	Longitude	1.00 °E
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	6.0	15.9	76	181	5.7	9.4	1.50
February	6.6	17.6	72	207	6.8	12.8	2.23
March	8.5	20.9	66	242	7.5	16.5	3.41
April	10.3	23.3	60	259	8.5	20.6	4.60
May	14.4	28.2	53	276	9.5	23.6	6.18
June	18.8	34.0	45	268	10.2	25.1	7.72
July	21.9	37.8	38	251	11.0	26.0	8.55
August	22.5	37.6	40	216	10.6	24.1	7.58
September	19.4	32.5	51	251	8.9	19.3	5.91
October	15.6	26.8	61	207	7.4	14.4	3.62
November	10.2	20.2	72	207	6.1	10.3	2.08
December	7.2	16.4	76	216	5.2	8.4	1.52
Average	13.4	25.9	59	232	8.1	17.6	4.57

Fig. VII.5 - :Evapotranspiration de référence de la zone de projet .

VII.3.2-Besoin en eau théoriques pour 1ha.

Tableau VII.12: Spéculations d'assolement

cultures	surface (ha)	Besoins en m ³ /ha												
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	année
Blé	0.44	13.2	55.9	0	7.92	55.4	154.4	420,6	572	322,5	0	0	0	1315,1
Pomme de terre	0.22	0	0	0	0	0	0	0	97,7	340,6	576,2	609,4	125,4	1749,3
Tomate	0.17	0	0	0	0	0	0	0	94,5	228,8	436,7	507,6	280	1547,6
Poivron	0.06	23,7	0	0	0	0	0	0	0	56,9	106,7	162,7	141,1	491,1
Melon-pastique	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	212,2	311,1	215,1	825,1
TOTALES	1	36,9	55,9	0	7,92	55,4	154,4	420,6	764,2	1035,5	1331,8	1590,8	761,6	5928,2

- les besoins du mois de pointe : **1591 m³/ha** (juillet).

-Consommation annuelle : **5928 m³/ha**.

VII.3.2.2-Calcul du débit fictif continu en mois de pointe (juillet)

Pour le dimensionnement du réseau de distribution, nous considérons que le débit moyen journalier des pertes par évapotranspiration est le débit fictif continu que doit assurer le réseau ; alors :

$$q = \frac{B_{\text{net}} \times 10^3}{3600 \times E \times D \times j} \quad (\text{l/s/ha})$$

Avec :

q : le débit fictif continu du réseau de distribution

B_{net} : les besoins en eau des cultures en mois de pointe, c'est le déficit agricole du réservoir sol en mois de juillet exprimé en m³ est égal à **1591 m³/ha**.

E : l'efficience moyenne du système d'irrigation

Notre superficie est irriguée par l'aspersion d'où l'efficience est égale à 75%.

D : nombre d'heures de fonctionnement du réseau par jour (20heures)

j : nombre de jours de fonctionnement du réseau par mois (25jours).

Donc le débit fictif continu est : $q = \frac{1591 \times 10^3}{3600 \times 0.75 \times 20 \times 25} = 1.18 \text{ l/s}$

VII.3.2.3-Besoins en eau de lessivage

Afin d'éviter que la concentration de sel dans la solution du sol ne dépasse la limite de tolérance des cultures, il est nécessaire d'apporter, de façon intermittente, des volumes d'eau supplémentaires qui chassent le sel et qui réalisent, à long terme, un équilibre entre les quantités de sel entrant et sortant de la zone racinaire.

Ces volumes, appelés besoins de lessivage, dépendent :

-De la quantité et de la qualité chimique des eaux d'irrigation utilisées.

- de la limite de tolérance des plantes aux sels,

- de la nature du sol, caractérisée principalement pour sa texture.

Pour effectuer le calcul des besoins en eau de lessivage, nous avons utilisé la formule de RHOADES (1974) dont l'emploi est devenu habituel. Cette formule s'écrit :

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} = \frac{VI}{VI + ETM} \quad (1)$$

Où LR représente le rapport entre le volume d'eau nécessaire au lessivage et l'apport total d'eau.

EC_w : représente la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.

EC_e : représente la conductivité électrique limite tolérable par la plante pour une baisse de rendement donnée.

VL : volume d'eau de lessivage

ETM : évapotranspiration maximale de la culture considérée

$$\text{De (1) on tire : } VI = \frac{LR}{1 - LR} * ETM = k * ETM \quad (2)$$

Le facteur k représente la dose de lessivage, exprimée en pourcentage des besoins en eau nets des cultures.

Par souci de synthèse, nous avons regroupé dans le tableau ci-dessous les exemples de calcul de k, dans l'hypothèse où la baisse du rendement acceptable sur tous les cultures est limitée à 10%^[9].

Tableau VII.13-Exemple de calcul de k :

cultures	Ece (mmhos/c m)	E _{cw} =3.10		E _{cw} =3.30		E _{cw} =3.50		E _{cw} =3.70		E _{cw} =3.90	
		LR	k	LR	k	LR	k	LR	k	LR	k
blé	7.4	0.09	0.1	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.14
pomme de terre	2.5	0.33	0.49	0.36	0.56	0.39	0.64	0.42	0.72	0.45	0.82
tomate	3.5	0.22	0.28	0.23	0.3	0.25	0.33	0.27	0.37	0.29	0.41
poivron	2.2	0.39	0.64	0.43	0.75	0.47	0.89	0.51	1.04	0.55	1.22
melon- pastique	2	0.45	0.82	0.49	0.96	0.54	1.17	0.59	1.43	0.64	1.78

Le calcul des besoins en eau totale se fait par la somme de volume de lessivage V_l et le besoin net B_{net}

$$B_{net}=ETM$$

$$V_l=ETM .k$$

Ce calcul nous permet de déterminée le débit spécifique tire a partir de la consommation maximale.

Nous allons calculer les besoins totaux de chaque culture pour des conductivités électriques de l'eau d'irrigation différentes et pour des conductivités électriques tolérables par les cultures pour une baisse de rendement donnée (10%).

Tableau VII.14 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.10mmhos/cm :

cultures	Cew	3.10 mmhos/cm											
	mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
blé	Bnet(m³)	13,2	55,9	0	7,92	55,4	154,4	420,6	572	322,5	0	0	0
	k	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Vl(m³)	1,32	5,59	0,00	0,79	5,54	15,44	42,06	57,20	32,25	0,00	0,00	0,00
	Bt(m³)	14,52	61,49	0,00	8,71	60,94	169,84	462,66	629,20	354,75	0,00	0,00	0,00
pomme de terre	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	97,7	340,6	576,2	609,4	125,4
	k	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,87	166,89	282,34	298,61	61,45
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	145,57	507,49	858,54	908,01	186,85
tomate	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	94,5	228,8	436,7	507,6	280
	k	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,46	64,06	122,28	142,13	78,40
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,96	292,86	558,98	649,73	358,40
poivron	Bnet(m³)	23,7	0	0	0	0	0	0	0	56,9	106,7	162,7	141,1
	k	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
	Vl(m³)	15,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,42	68,29	104,13	90,30
	Bt(m³)	38,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,32	174,99	266,83	231,40
melon-pastique	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	212,2	311,1	215,1
	k	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,09	174,00	255,10	176,38
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	157,79	386,20	566,20	391,48
Somme de Bt(m ³ /ha)		53,39	61,49	0,00	8,71	60,94	169,84	462,66	895,73	1406,22	1978,71	2390,76	1168,13

Le besoin total de pointe égale a **2391m³/ha** (mois de juillet) donc la **q_{sp}=1.77 l/s/ha**

Dans ce cas, le débit spécifique est supérieur à 1.5l/s/ha, alors on adapte le calcul de la culture la plus exigeante sur le mois de pointe. On remarque que le pomme de terre est la culture la plus exigeante avec un besoin total de **908 m³/ha**, le **q_{sp}= 0.67 l/s/ha**

Tableau VII-15-calcul des besoins en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.30 mmhos/cm :

cultures	Cew	3.30 mmhos/cm											
	mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
blé	Bnet(m³)	13,2	55,9	0	7,92	55,4	154,4	420,6	572	322,5	0	0	0
	k	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
	Vl(m³)	1,45	6,15	0,00	0,87	6,09	16,98	46,27	62,92	35,48	0,00	0,00	0,00
	Bt(m³)	14,65	62,05	0,00	8,79	61,49	171,38	466,87	634,92	357,98	0,00	0,00	0,00
pomme de terre	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	97,7	340,6	576,2	609,4	125,4
	k	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,71	190,74	322,67	341,26	70,22
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152,41	531,34	898,87	950,66	195,62
tomate	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	94,5	228,8	436,7	507,6	280
	k	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,35	68,64	131,01	152,28	84,00
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	122,85	297,44	567,71	659,88	364,00
poivron	Bnet(m³)	23,7	0	0	0	0	0	0	0	56,9	106,7	162,7	141,1
	k	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Vl(m³)	17,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,68	80,03	122,03	105,83
	Bt(m³)	41,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,58	186,73	284,73	246,93
melon-pastique	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	212,2	311,1	215,1
	k	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,23	203,71	298,66	206,50
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	169,93	415,91	609,76	421,60
Somme de Bt(m ³ /ha)		56,13	62,05	0,00	8,79	61,49	171,38	466,87	910,18	1456,26	2069,22	2505,03	1228,15

Le besoin total de pointe égale a 950m³/ha (mois de juillet) donc le $q_{sp}=0.70$ l/s/ha

Tableau VII.16 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.50mmhos/cm

cultures	Cew	3.50 mmhos/cm											
	mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
blé	Bnet(m³)	13,2	55,9	0	7,92	55,4	154,4	420,6	572	322,5	0	0	0
	k	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
	Vl(m³)	1,45	6,15	0,00	0,87	6,09	16,98	46,27	62,92	35,48	0,00	0,00	0,00
	Bt(m³)	14,65	62,05	0,00	8,79	61,49	171,38	466,87	634,92	357,98	0,00	0,00	0,00
pomme de terre	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	97,7	340,6	576,2	609,4	125,4
	k	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,53	217,98	368,77	390,02	80,26
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,23	558,58	944,97	999,42	205,66
tomate	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	94,5	228,8	436,7	507,6	280
	k	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,19	75,50	144,11	167,51	92,40
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	125,69	304,30	580,81	675,11	372,40
poivron	Bnet(m³)	23,7	0	0	0	0	0	0	0	56,9	106,7	162,7	141,1
	k	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	Vl(m³)	21,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,64	94,96	144,80	125,58
	Bt(m³)	44,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	107,54	201,66	307,50	266,68
melon-pastique	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	212,2	311,1	215,1
	k	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	101,44	248,27	363,99	251,67
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	188,14	460,47	675,09	466,77
Somme de Bt(m³/ha)		59,45	62,05	0,00	8,79	61,49	171,38	466,87	920,83	1516,54	2187,92	2657,11	1311,50

Le besoin total de pointe égale a **999m³/ha** (mois de juillet) donc le **q_{sp}=0.74 l/s/ha**

Tableau VII.17 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.70mmhos/cm :

cultures	Cew	3.70 mmhos/cm											
	mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
blé	Bnet(m ³)	13,2	55,9	0	7,92	55,4	154,4	420,6	572	322,5	0	0	0
	k	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	Vl(m ³)	1,58	6,71	0,00	0,95	6,65	18,53	50,47	68,64	38,70	0,00	0,00	0,00
	Bt(m ³)	14,78	62,61	0,00	8,87	62,05	172,93	471,07	640,64	361,20	0,00	0,00	0,00
pomme de terre	Bnet(m ³)	0	0	0	0	0	0	0	97,7	340,6	576,2	609,4	125,4
	k	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	Vl(m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,34	245,23	414,86	438,77	90,29
	Bt(m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	168,04	585,83	991,06	1048,17	215,69
tomate	Bnet(m ³)	0	0	0	0	0	0	0	94,5	228,8	436,7	507,6	280
	k	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Vl(m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,97	84,66	161,58	187,81	103,60
	Bt(m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,47	313,46	598,28	695,41	383,60
poivron	Bnet(m ³)	23,7	0	0	0	0	0	0	0	56,9	106,7	162,7	141,1
	k	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
	Vl(m ³)	24,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,18	110,97	169,21	146,74
	Bt(m ³)	48,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,08	217,67	331,91	287,84
melon-pastique	Bnet(m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	212,2	311,1	215,1
	k	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
	Vl(m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,98	303,45	444,87	307,59
	Bt(m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210,68	515,65	755,97	522,69
Somme de Bt(m ³ /ha)		63,13	62,61	0,00	8,87	62,05	172,93	471,07	938,15	1587,25	2322,66	2831,46	1409,83

Le besoin total de pointe égale a $1048\text{m}^3/\text{ha}$ (mois de juillet) donc le $q_{sp}=0.78\text{ l/s/ha}$

Tableau VII.18 :-calcul du besoin en eau de l'assolement pour une conductivité électrique de l'eau de 3.90mmhos/cm :

cultures	Cew	3.90mmhos/cm											
	mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
blé	Bnet(m³)	13,2	55,9	0	7,92	55,4	154,4	420,6	572	322,5	0	0	0
	k	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	Vl(m³)	1,85	7,83	0,00	1,11	7,76	21,62	58,88	80,08	45,15	0,00	0,00	0,00
	Bt(m³)	15,05	63,73	0,00	9,03	63,16	176,02	479,48	652,08	367,65	0,00	0,00	0,00
pomme de terre	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	97,7	340,6	576,2	609,4	125,4
	k	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,11	279,29	472,48	499,71	102,83
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	177,81	619,89	1048,68	1109,11	228,23
tomate	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	94,5	228,8	436,7	507,6	280
	k	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,75	93,81	179,05	208,12	114,80
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	133,25	322,61	615,75	715,72	394,80
poivron	Bnet(m³)	23,7	0	0	0	0	0	0	0	56,9	106,7	162,7	141,1
	k	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
	Vl(m³)	28,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,42	130,17	198,49	172,14
	Bt(m³)	52,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	126,32	236,87	361,19	313,24
melon-pastique	Bnet(m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	86,7	212,2	311,1	215,1
	k	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
	Vl(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,33	377,72	553,76	382,88
	Bt(m³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	241,03	589,92	864,86	597,98
Somme de Bt(m³/ha)		67,66	63,73	0,00	9,03	63,16	176,02	479,48	963,14	1677,49	2491,22	3050,88	1534,25

Le besoin total de pointe égale a **1109m³/ha** (mois de juillet) donc le **q_{sp}=0.82 l/s/ha**

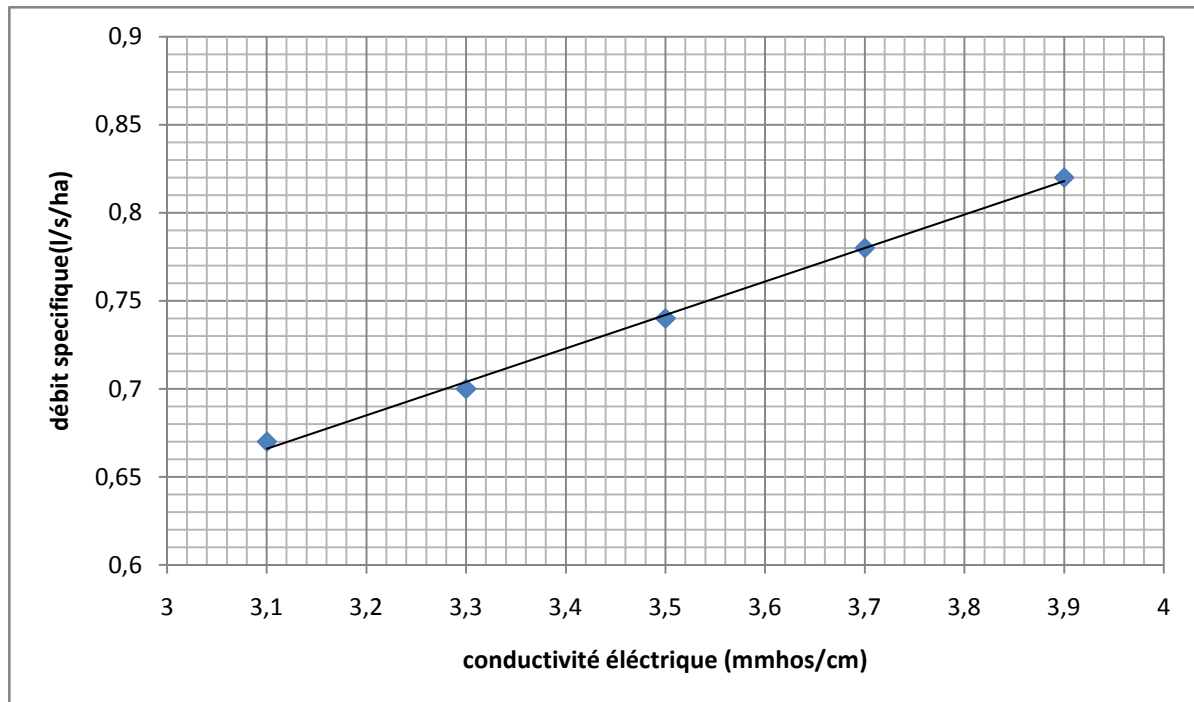


Fig. VII.6: -variation du débit spécifique en fonction de la conductivité électrique de l'eau.

On remarque d'après le graphe ci-dessous que le débit spécifique augmente si la conductivité électrique de l'eau augmente.

On remarque aussi d'après les tableaux de variation des besoins totaux en fonction de la conductivité électrique de l'eau que les besoins de lessivage augmentent avec l'augmentation de la conductivité électrique et deviennent très importants (Bt sans lessivage égale ; **5928m³/ha** contre **10576 m³/ha** avec lessivage par l'eau de conductivité électrique de 3.9mmhos/cm).

VII.4-CONCLUSION :

D'après les résultats trouvés. On conclut que :

Une augmentation de la conductivité électrique de l'eau entraîne une augmentation légère du débit spécifique calculé, donc l'influence sur le dimensionnement sera moins importante.

A cause de la pénurie d'eau de la région étudiée et dans la raison d'une gestion rationnelle on propose d'accepter un niveau de baisse de rendement de l'ordre de 25% afin de diminuer le besoin total annuel.

CONCLUSION GENERALE :

La présente étude, qui a porté sur la nappe de la plaine de Moyen Cheliff, située au Nord-Ouest de l'Algérie, a abouti aux conclusions suivantes :

-L'étude géologique du bassin de Moyen Cheliff a montré que les formations Plio-Quaternaire qui forment le remplissage le plus important de la vallée du Cheliff et constituent l'aquifère le plus sollicité.

-La plaine de Moyen Cheliff est soumise à un climat de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations annuelles de l'ordre de 300 mm. La température moyenne interannuelle est de 19.3°C.

-L'étude géophysique a montré une évolution très important de la salinité des eaux souterrain.

-La cartographie piézométrique des différentes campagnes d'observation a montré que Les écoulements de la nappe se font des bordures vers l'axe central de la vallée avant de prendre une direction Est-Ouest parallèlement au cours d'eau de l'oued Chélif.

-La surface piézométrique présente une fluctuation régulière, caractérisée par une baisse durant la période de basses eaux, sous l'effet de l'évaporation, et une remontée pendant la période de hautes eaux, suite à la recharge de la nappe à partir des précipitations.

-L'étude hydrogéochimique a été réalisée afin de caractériser la qualité des eaux souterraines, dont les facteurs naturels et anthropiques qui influent sur cette qualité. Plusieurs modes et outils d'interprétation ont été utilisés (cartographie, etc.), qui ont montré :

-La présence de trois faciès chimiques marquant ainsi l'hétérogénéité de la lithologie. En effet, les faciès types sulfaté chloruré - carbonaté magnésien (54.5%), chloruré- sodique (29.1%) et des faciès secondaires de types bicarbonaté – calcique (9.1%), sulfaté – sodique (7.3%).

-La répartition spatiale des éléments chimiques a confirmé que l'origine de ces faciès est fortement liée à la nature lithologique de la nappe.

Le suivi de la qualité des eaux dans le temps et dans l'espace a montré l'impact des facteurs climatiques (les précipitations et l'évaporation) sur la salinité des eaux de la nappe.

Les eaux de la nappe dans la plaine du Moyen Chélif, ont un degré de potabilité généralement médiocre

Les classifications de l'USSL et celle de le FAO ont montré la dégradation de la qualité des eaux pour l'irrigation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]-Agence Nationale des Ressources Hydrauliques(2005) / *Annuaire hydrogéologique de la nappe alluviale du haut et moyen Cheliff*
- [21]-Agence Nationale des Ressources Hydrauliques(2008) /*étude géophysique par prospection électrique et magnétique dans la région d'ELATTAF*
- [3]-A.Mermoud (2008) / *Notion fondamentales d'irrigation / Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.*
- [4]-A. phocaides(2008) / *manuel des techniques d'irrigation sous pression.*
- [5]- BRADAÏ Abdelhamid (2006)/ *Evaluation de la qualité des eaux souterraines de la plaine du moyen Cheliff occidentale. Mémoire de magister.*
- [6]-Gouaidia layachi(2008) / *Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de MESKIANA nord-est Algérien. Thèse de doctorat. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA*
- [7]- Jean-Yves LOYER(1991) / *Salinité des eaux d'irrigation Problèmes et solutions, Conférence IAM. BARI, Italie.*
- [8]-KIENOU ABDOUL FATRE (2007)/ *Méthodes d'aménagements et procédés agro techniques de la lutte contre la salinisation des sols. Mémoire d'ingénieur. ENSH.*
- [9]-SCET – ARG1 (3), 1985/ *Rapport de synthèse, Etude du réaménagement et de l'extension du périmètre du moyen Chélif. Pub. Ministère de l'Hydraulique..*

LES ANNEXES

Annexe 01

*(Caractéristiques générales de la plaine de moyen
Cheliff)*

ERESYS		ETAGES	DESCRIPTIONS	LITH.	EPAL.	
QUATERN		récent	Alluvions à éléments fins		10	
		Moyen	Alluvions grossières (galets et graviers)		à	
		Ancien	Grès et conglomérants. Limon grise de base.		120m	
CENOZOIQUE	PLIOCENE	Villafranchien	Série rouge. Grès et sable rouge parfois argileux.		20	
		Astien Plaisancien	Grès marin. Séries détritiques de base.		à 200m	
	MIOCENE	Messinien	Gypses		120	
		Tortonien	Marnes bleues très épaisses Tripolis et marnes à tripolis		à	
		Serravallien Langhien	Calcaires à lithothamniées Séries détritiques et grès de base		1200m	
		Burdigalien Aquitainien	Séries conglomératiques sableuses Séries marnieuses noires Calcaires gréseux Schistes à passage conglomératiques		150 à 700m	
		PALEOG.	Eocène	Marnes bitumineuses foncées Argiles à lumachelles et marnes gypseuses Marnes bitumineuses à lentilles de calcaires		400 m
	MESOZOIQUE	CRETACE	SUP	Marnes et calcaires argileux Marnes argileuses Schistes argilo-marnieuses		400 m
			Aptien	Calcaires argileux parfois gréseux Calcaires marnieux		100 à
			Barrémien Néocomien	Marnes grises très épaisses Argiles gréseuses avec des quartzitiques		1400 m
JURASSIQU.			Malm Dogger Lias	Marno-calcaires Marnes compactes (Oxfordien) Calcaires microcristallins/ siltstones noduleux Calcaires dolométiques		300 à 700 m
		Trias	Gypses, carnéoles, dolomies, argilles et marnes barriolées			
		PALEOZOIQUE	Soie métamorphisée...			

La stratigraphie synthétique du Moyen-Chéiff d'après Mattauer (1958) -

Annexe 02
(Géophysique)

-Mesure des sondages électriques

SECTEUR I

-Résistivité apparente en ohm m :

AB/2(m)	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
3	10,47	10,49	399	9,83	14,33	12,07	15,08	15,59	10,79	22,12
6	10,83	9,44	9,62	9,29	12,1	12,95	16,9	11,78	11,2	19,71
9	13,54	11,34	11,57	10,46	10,66	14,68	19,07	19,53	11,43	19,91
15	20,68	16,2	16,9	13,65	12,52	20,22	24,53	17,82	14,49	23,68
25	30,37	23,94	24,7	20,27	17,31	27,35	31,7	25,26	20,73	30,19
40	42,82	38,51	34,52	28,57	25	35,93	36,25	32,27	28,58	31,59
65	52,48	49,26	45,72	39,24	33,78	46,48	49,55	44,57	41,73	31,77
100	59,14	54,88	54,53	45,94	34,,32	51,37	55,28	54,37	48,58	28,74
150	52,87	52,73	5399	47;33	29,65	48,37	56,16	57,64	52,71	27,26
225	48,48	47,22	44,74	40,79	22,49	46,35	50,02	50,5	47,26	30,73
325	42,95	42,03	45,63	36,04	19,14	43,79	43,53	43,49	39,05	34,49
500	39,15	38,08	39,56	32,7	26,94	39,82	38,85	34,29	34,55	44,48

AB/2 (m)	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5
3	7,98	8,79	8,9	7,44	10,22	6,16	8,55	11,37	10,35	16,97
6	7,59	8,97	8,6	7,92	7,58	7,18	8,7	10,67	10,51	14,27
9	8,5	9,26	9,53	9,61	7,98	8,6	10,45	11,8	13,14	14,25
15	11,47	13,58	12,47	13,75	9,57	12,81	14;81	17	19,48	16,34
25	19,24	20,65	18,3	18,07	13,25	21,83	21,7	24,67	28,37	17,99
40	26,71	29,33	26,77	26,81	13,95	32,67	31,83	35,91	39,93	19
65	37,49	40,04	36,59	38,4	13,12	44,83	43,01	46,15	54,11	16,75
100	43,99	52,47	44,45	51,23	13,98	50,03	49,8	49,85	57,15	15,08
150	45,63	56,6	50,44	53,37	13,83	60,41	55,73	55,35	57,03	15,49
225	43,95	50,42	44,03	45,92	16,29	57,79	53,69	53,97	53,06	20,24
325	42,32	43,58	39,51	35,49	20,46	47,05	41,11	41,46	42,05	27,66
500	37,31	39,1	32,14	31,68	29,89	39,26	38,33	37,77	38,44	34,24

AB/2(m)	E1	E2	E3	E4	E5	F1	F2	F3	F4	F5
3	7,03	7,08	9,05	9,11	11,88	7,77	7,73	18,22	9,59	13,2
6	7,27	7,17	8,03	7,91	12,25	8,9	8,82	11,42	8,05	10,67
9	9,26	8,95	8,37	8,28	13,75	11,31	11,06	11,07	9,56	13,17
15	13,34	13,47	12,67	12,1	17,05	17,37	16,92	13,91	13,51	15,5
25	20,37	20,49	22,82	23,3	18,6	27,63	27,33	19,52	18,67	15,24
40	32,22	31,96	32,84	32,4	20,27	40,32	39,78	27,72	27,75	15,65
65	46,03	44,92	42,31	41,21	16,87	51,69	51,16	37,2	37,71	13,31
100	55,88	55,28	51,94	50,99	16,43	57,46	57,28	42,3	44,61	14,94
150	55,03	54,41	51,41	51,29	17,58	60,79	56,47	43,93	44,62	15,81
225	49	48,13	47,26	47,93	22,53	54,36	51,32	37,36	37,12	17,71
325	41,96	51,21	40,85	41	26,28	41,04	45,02	32,06	32	23,68
500	37,41	37,26	36,8	37,16	31,99	39,1	38,44	29,02	28,71	30,1

SECTEUR II

Résistivité apparente en ohm m :

AB/2 (m)	S1	S2	S3	S4	T1	T2	T3	T4	U1	U2	U3	U4
3	4,37	4,67	8,94	11,77	19,36	11,04	5,53	3,89	6,29	5,4	7,38	6,55
6	5,7	5,77	8,31	7,1	11,46	11,15	6,15	3,89	5,71	5,6	6,03	7,18
9	6,94	7,17	8,78	6,47	13,54	11,01	6,27	4,34	7,36	6,93	6,7	7,11
15	9,07	8,54	10,61	6,77	19,25	13,77	8,56	5,43	9,81	10,16	8,92	6,49
25	12,25	12,21	12,34	8,37	22,71	18,09	12,87	7,18	14,33	14,29	12,59	8,18
40	13,61	13,6	12,82	8,37	22,73	20,85	15,17	7,55	17,88	17,44	15,37	8,76
65	14,68	14,83	10,42	6,13	19,13	16,34	13,47	6,66	18,86	18,67	15,39	8,01
100	14,34	14,45	7,65	4,45	13,77	12,74	10,05	5,32	15,23	15	11,18	7,01
150	10,27	10,43	5,73	4,49	9,3	8,54	6,87	5,26	10,13	9,94	5,85	6,16
225	7,38	7,18	6,15	5,64	7,3	6,94	7,06	6,79	7,34	7,26	5,44	6,94
325	7,52	8,56	8,5	8,04	7,99	7,91	9,59	9,51	8,17	8,12	8,04	9,38
500	11,57	11,82	11,46	11,98	11,98	12,13	13,74	12,95	12,33	12,03	11,62	13,05

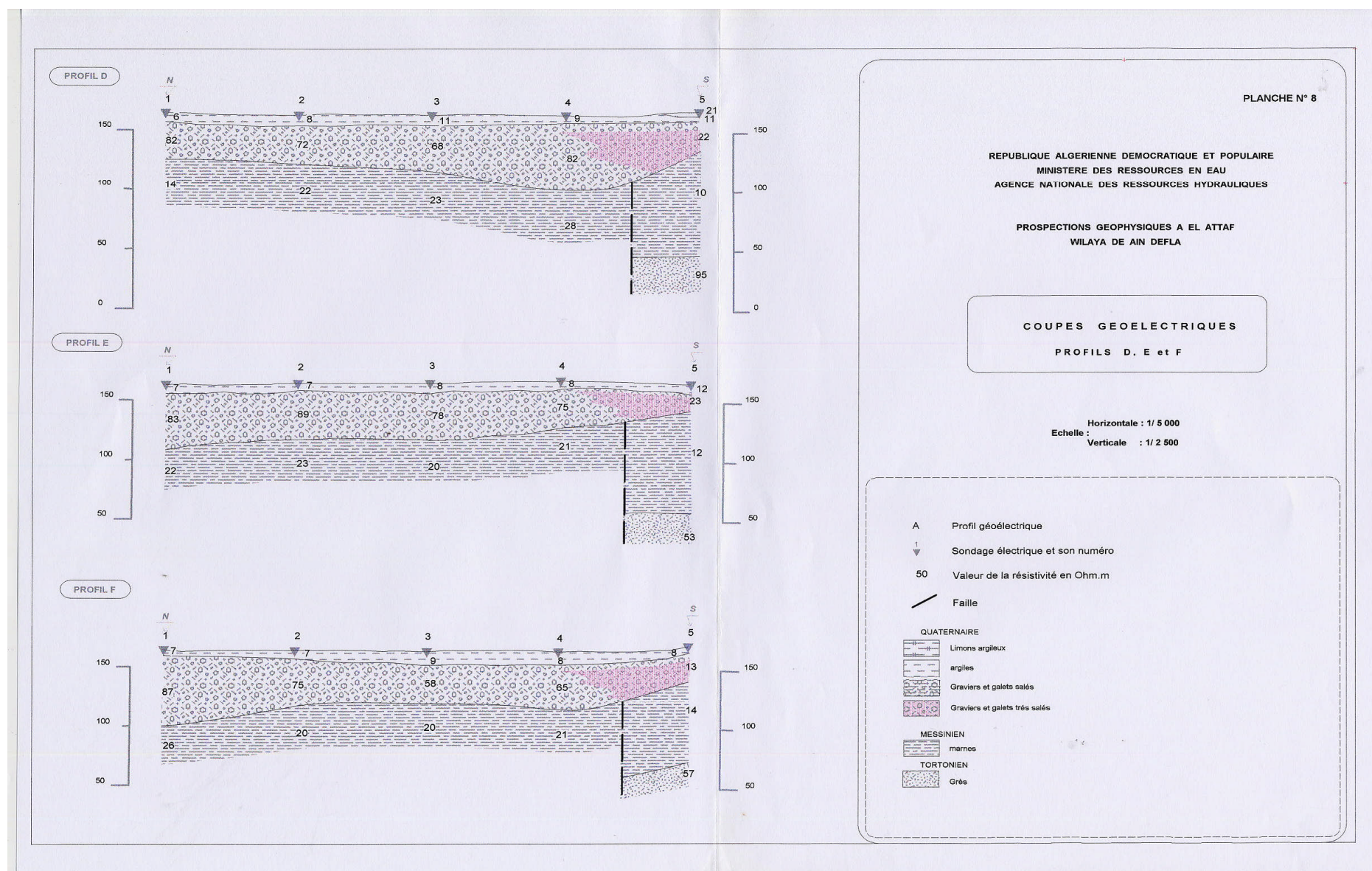
AB/2 (m)	V1	V2	V3	V4	W1	W2	W3	W4	X1	X2	X3	X4
3	9,14	7,61	7,54	11,02	62,35	32,43	6,79	7,99	18	17,47	13,83	23,88
6	6,03	7,21	6,15	12,27	72,57	35,51	8,36	8,2	15,3	14,92	14,89	10,2
9	7,15	8,32	6,87	14,86	91	40,77	9,69	10,03	17	17,35	17,58	11,66
15	11,43	11,53	8,76	19,08	127,35	52,35	12,32	12,69	19,5	19	18,98	13,15
25	17,45	17,01	12,63	20,25	105,57	53,39	16,42	16,65	16,31	16,6	16,51	13,93
40	94,04	22,33	15,28	17,22	93,08	50,6	19,19	19,64	13,48	12,46	11,66	16,63
65	24,44	25,71	15,35	12,64	56,03	49,44	18,64	18,02	14,5	13,55	13,35	20,1
100	19,91	21,55	11,14	9,18	45,07	41,5	14,94	14,88	17,61	18,4	18,01	16,49
150	14,59	15,03	7,65	7,77	37,98	36	12,47	12,49	14,38	13,5	12,09	12,01
225	9,74	9,98	8,91	8,6	29,98	28,09	11,6	11,52	11,08	10,69	9,41	8,72
325	7,85	7,6	11,32	12,97	20,08	19,01	12,23	12,47	12,14	13,14	10,5	9,7
500	11,82	11,31	14,74	16,42	18	15,41	15,05	15,1	13,6	16,07	12,9	13

-coordonnées des sondages électriques**SECTEUR I**

profil	X(m)	Y(m)	point
A	381817,81	410483,4	A1
	381867,8	410283,4	A2
	381917,8	410083,41	A3
	381967,81	409883,41	A4
B	382016,81	410510,4	B1
	382065,8	410316,41	B2
	382113,81	410123,41	B3
	382162,81	409930,41	B4
	382212,8	409730,4	B5
C	382214,81	410542,41	C1
	382263,8	410349,41	C2
	382311,81	410155,4	C3
	382360,81	409963,41	C4
	382408,81	409769,4	C5
D	382409,8	410584,4	D1
	382459,8	410391,4	D2
	382506,8	410197,4	D3
	382556,8	410004,4	D4
	382604,8	409810,4	D5
E	382605,8	410627,4	E1
	382654,8	410434,4	E2
	382703,81	410240,4	E3
	382752,81	410047,4	E4
	382800,81	409854,4	E5
F	382800,81	410670,4	F1
	382850,8	410477,4	F2
	382901,81	410281,4	F3
	382948,8	410090,4	F4
	382995,81	409897,41	F5

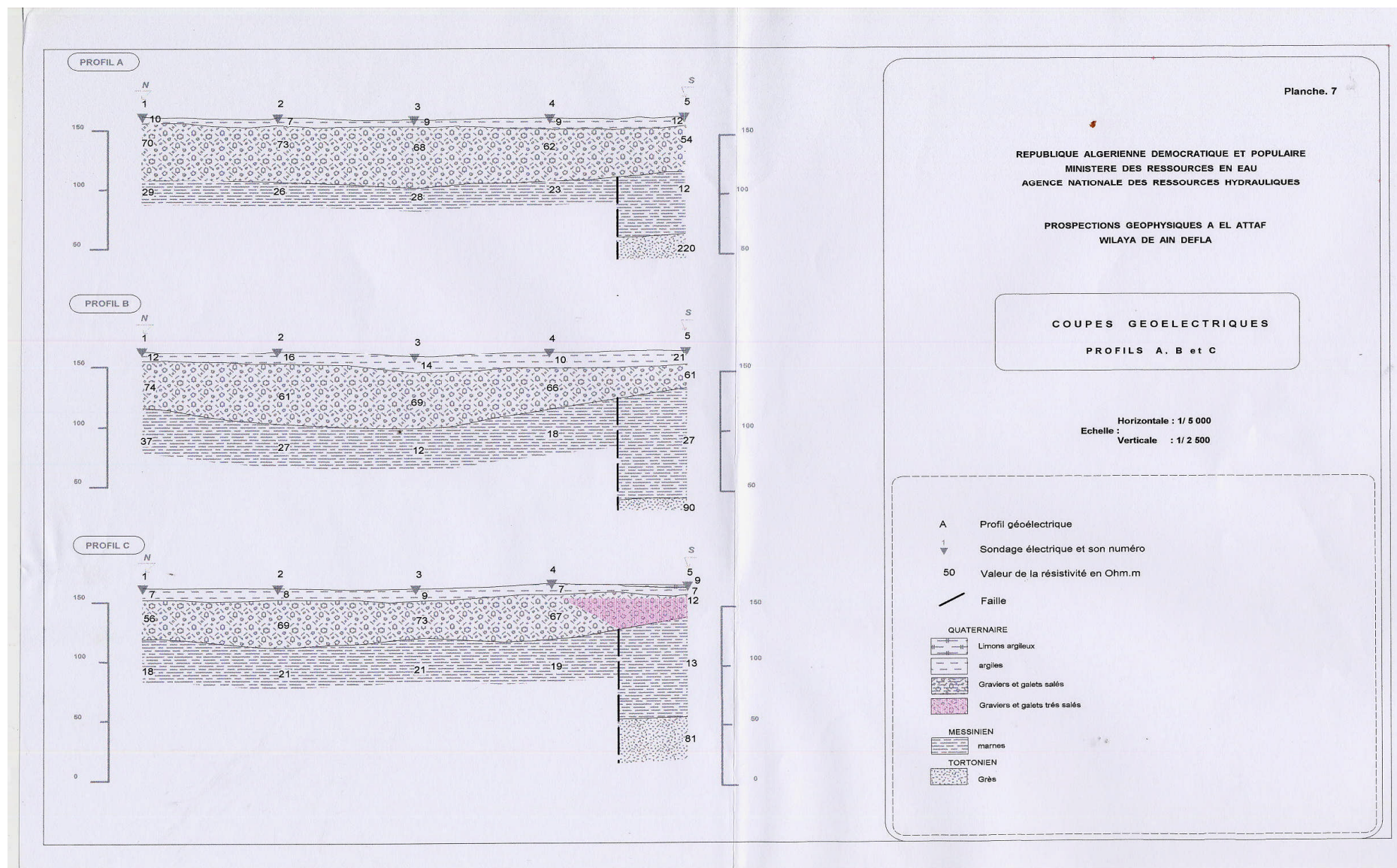
SECTEUR II

profil	X(m)	Y(m)	point
S	376766,24	409464,02	S1
	376828,24	409275,02	S2
	376839,24	409077,01	S3
	376874,44	408865,34	S4
T	377157,24	409549,01	T1
	377219,24	409360,01	T2
	377230,24	409161,01	T3
	377263,57	408928,89	T4
U	377549,24	409629,01	U1
	377612,24	409436,01	U2
	377624,24	409237,02	U3
	377658	408992,43	U4
V	377950,24	409635,01	V1
	377990,72	409461,24	V2
	378019,24	409299,01	V3
	378055,07	409055,96	V4
W	378376,4	409715,13	W1
	378396,12	409521,22	W2
	378426,81	409280,69	W3
	378460,08	409119,44	W4
X	378766,24	409825,01	X1
	378800,24	409625,01	X2
	378811,24	409172,59	X3
	378841,23	408923,86	X4



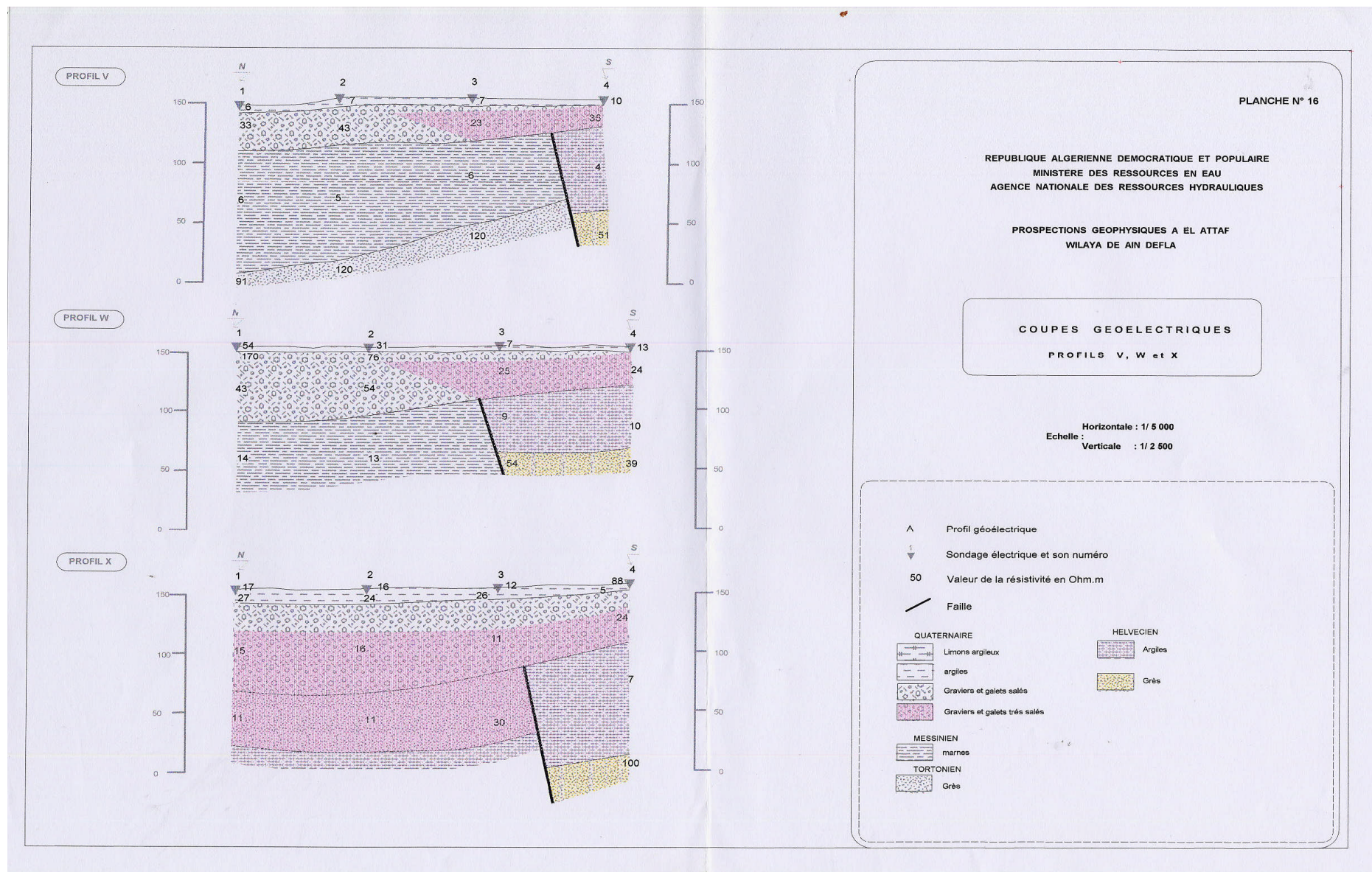
Source : ANRH de Blida

Fig. 05 : Coupes géoélectriques -profils D, E, F-



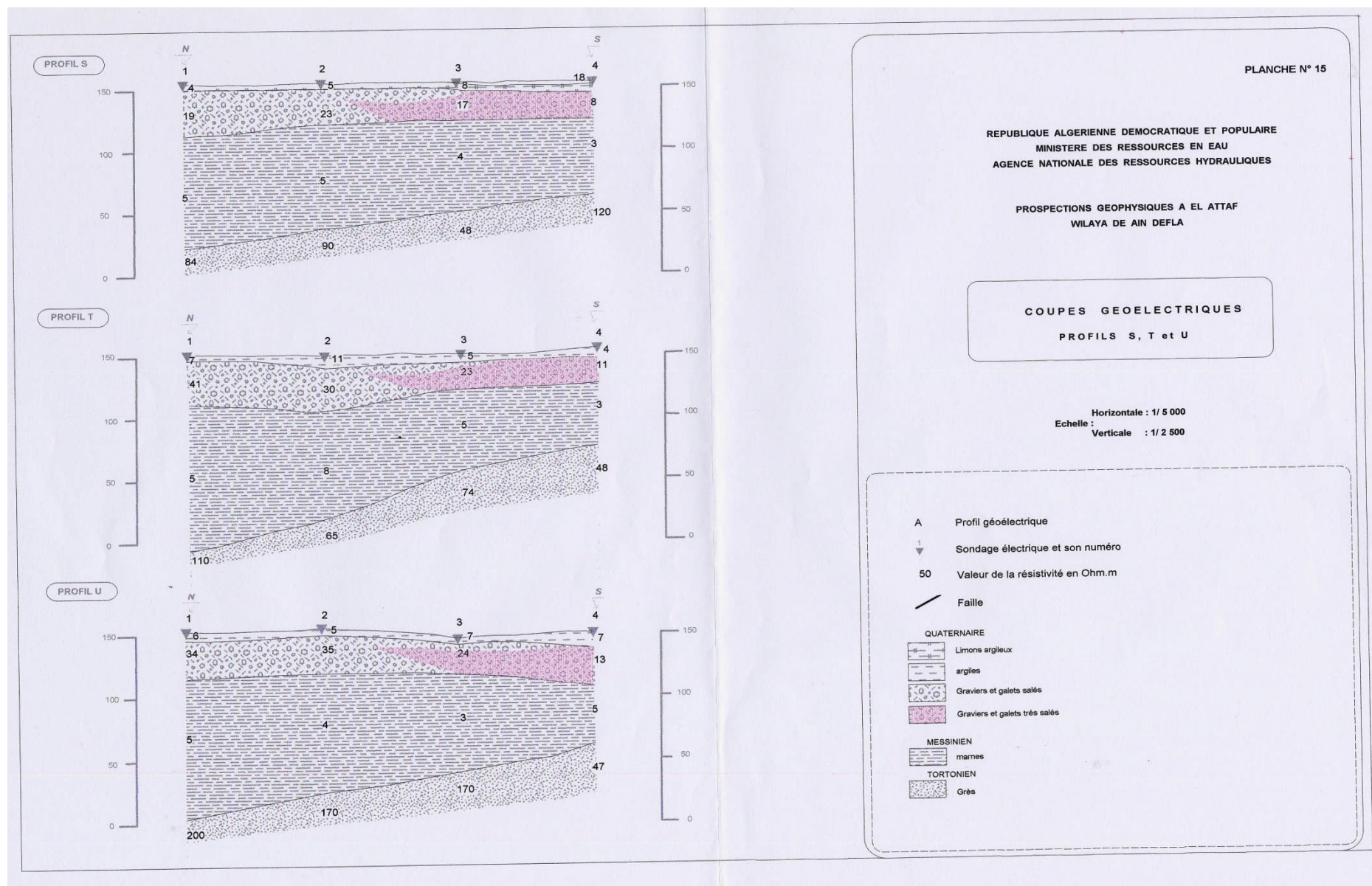
Source : ANRH de Blida

Fig. 04 : Coupes géoélectriques -profils A, B, C-



Source : ANRH de Blida

Fig. 07: Coupes géoélectriques -profils V, W, X-



Source : ANRH de Blida

Fig. 06: Coupes géoélectriques -profils S, T, U-

Annexe 03
(Hydrogéologie)

-cote piézométrique de la nappe (campagne Mai 2008)

type d'ouvrage	point d'eau	X(m)	Y(m)	cote piézométrique (m)
PUIT	W082-52	376425	321150	84,77
PUIT	W082-66	396425	324350	124,9
PUIT	W082-72	389525	324900	125,39
FORAGE	W082-84	386525	325800	127,23
PUIT	W082-125	375950	324375	152,62
PUIT	W082-128	397325	320900	175,83
PUIT	W082-130	400150	323350	142,79
PUIT	W082-137	402900	329500	126,11
PUIT	W082-136	397075	323150	129,32
PUIT	W105-2	367150	312450	75,3
FORAGE	W105-19	363660	311650	63,12
PUIT	W105-84	353900	307250	78,37
PUIT	W105-91	356000	308100	70,6
PUIT	W105-306	348500	307900	51,97
FORAGE	W105-313	352475	308810	60,32
FORAGE	W105-348	352600	312075	62,38
FORAGE	W105-366	369800	312950	14,43
PUIT	W105-453	355150	306650	73,98

-cote piézométrique de la nappe (campagne Octobre 2008) :

type d'ouvrage	point d'eau	X(m)	Y(m)	Cote piézométrique(m)
PUIT	W082-52	376425	321150	84,27
PUIT	W082-66	396425	324350	124,37
PUIT	W082-72	389525	324900	125,32
FORAGE	W082-84	386525	325800	127,19
PUIT	W082-125	375950	324375	152,2
PUIT	W082-128	397325	320900	175,52
PUIT	W082-130	400150	323350	141,53
PUIT	W082-137	402900	329500	123,96
PUIT	W082-136	397075	323150	125,4
PUIT	W105-2	367150	312450	74,88
FORAGE	W105-19	363660	311650	60,34
PUIT	W105-84	353900	307250	78,92
PUIT	W105-91	356000	308100	70,4
PUIT	W105-306	348500	307900	50,12
FORAGE	W105-313	352475	308810	61,68
FORAGE	W105-348	352600	312075	63,31
FORAGE	W105-366	369800	312950	14,23
PUIT	W105-453	355150	306650	74,88

-Fluctuation de la nappe (entre les deux campagnes mai, octobre 2008)

type d'ouvrage	point d'eau	X(m)	Y(m)	Valeur de fluctuation(m)
PUIT	W082-52	376425	321150	0,5
PUIT	W082-66	396425	324350	0,53
PUIT	W082-72	389525	324900	0,07
FORAGE	W082-84	386525	325800	0,04
PUIT	W082-125	375950	324375	0,42
PUIT	W082-128	397325	320900	0,31
PUIT	W082-130	400150	323350	1,26
PUIT	W082-137	402900	329500	2,15
PUIT	W082-136	397075	323150	3,92
PUIT	W105-2	367150	312450	0,42
FORAGE	W105-19	363660	311650	2,78
PUIT	W105-84	353900	307250	-0,55
PUIT	W105-91	356000	308100	0,2
PUIT	W105-306	348500	307900	1,85
FORAGE	W105-313	352475	308810	-1,36
FORAGE	W105-348	352600	312075	-0,93
FORAGE	W105-366	369800	312950	0,2
PUIT	W105-453	355150	306650	-0,9

Annexe 04
(Hydrochimie)

Les valeurs des éléments majeurs et les paramètres physiques (campagne Octobre 2008) :

<i>Point d'eau</i>	<i>Nature</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ca (mg/l)</i>	<i>Mg (mg/l)</i>	<i>Na (mg/l)</i>	<i>Cl (mg/l)</i>	<i>SO4 (mg/l)</i>	<i>CE (mmhos/cm)</i>	<i>Ph</i>	<i>SAR calculée</i>
W082-13	PUITS	383250	324600	77	40	270	375	18	2,02	7,1	6,2
W0105-83	PUITS	353525	305975	167	130	725	1 365	85	4,94	7,1	10,2
W0105-84	PUITS	353900	307250	168	156	680	1 380	105	5	7,2	9,1
W0105-91	PUITS	356000	308100	195	108	300	720	429	3,28	7,2	4,3
W0105-102	PUITS	357675	308200	108	53	220	318	149	2,02	7,3	4,3
W0105-136	PUITS	366875	317125	470	192	550	1 250	1 305	7,7	7	5,4
W0105-233	PUITS	358900	311575	289	142	475	750	800	4,52	7,2	5,7
W0105-313	PUITS	352475	308810	149	141	1750	2 410	362	8,34	7,2	24,7
W0105-360	PUITS	368650	314850	69	30	163	251	117	1,3	7	4,1
W0105-365	PUITS	360500	313850	186	110	321	465	525	3,15	7,9	4,6
W0105-368	PUITS	357750	316250	109	44	115	174	183	1,25	7,4	2,3
W0105-453	PUITS	355150	306650	112	54	200	301	146	1,89	7,5	3,9
W0105-62	PUITS	351550	303500	64	24	53	74	33	0,75	7,2	1,4
W0105-574	PUITS	354910	310550	595	51	1550	3 080	1 050	11,03	7,6	16,4
W082-125	PUITS	375950	324375	150	127	194	339	442	2,54	7,4	2,8
W0106-33	PUITS	380950	319450	186	110	230	513	310	3,15	7,2	3,3

Les valeurs des éléments majeurs et les paramètres physiques (campagne Avril 2008) :

<i>Point d'eau</i>	<i>Nature</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ca (mg/l)</i>	<i>Mg (mg/l)</i>	<i>Na (mg/l)</i>	<i>Cl (mg/l)</i>	<i>SO4 (mg/l)</i>	<i>CE (mmhos/cm)</i>	<i>Ph</i>	<i>SAR calculée</i>
W0106-18	PUITS	393350	315900	186	166	681	1 138	710	5,84	7,4	8,7
W082-4	PUITS	381850	321950	308	109	358	573	920	4,18	7,2	4,5
W082-13	PUITS	383250	324600	80	42	251	462	0	1,79	7,4	5,7
W082-40	PUITS	374100	321775	39	20	190	192	43	1,06	7,7	6,2
W082-52	PUITS	376425	321150	351	140	400	693	1 105	4,65	7,3	4,6
W082-82	PUITS	384450	327075	198	66	50	426	54	1,84	7,2	1,2
W0105-136	PUITS	366875	317125	503	339	425	1 128	1 140	6,78	7,4	3,6
W082-145	FORAGE	383450	326800	145	54	168	428	110	1,9	7,3	3,0
W0105-2	PUITS	367150	312450	213	80	298	498	428	3,35	7,5	4,4
W0105-19	PUITS	363660	311650	97	32	63	116	137	0,44	7,4	1,4
W0105-84	PUITS	353900	307250	178	183	388	1 183	104	4,17	7,4	4,9
W0105-91	PUITS	356000	308100	209	101	328	645	363	3,75	7,4	4,7
W0105-102	PUITS	357675	308200	105	55	240	398	148	1,72	7,6	4,7
W0105-233	PUITS	358900	311575	271	128	362	783	725	4,48	7,2	4,5
W0105-313	PUITS	352475	308810	142	139	1325	2 300	427	8,37	7,4	18,9
W0105-348	PUITS	352600	312075	80	29	120	184	138	1,14	7,4	2,9

La suite du tableau :

<i>Point d'eau</i>	<i>Nature</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ca (mg/l)</i>	<i>Mg (mg/l)</i>	<i>Na (mg/l)</i>	<i>Cl (mg/l)</i>	<i>SO4 (mg/l)</i>	<i>CE (mmhos/cm)</i>	<i>pH</i>	<i>SAR</i>
W0105-360	PUITS	368650	314850	104	90	370	495	450	3,3	7,4	6,4
W0105-365	PUITS	360500	313850	242	155	537	1 000	1 000	5,34	7,5	6,6
W0105-368	PUITS	357750	316250	107	45	69	174	195	1,21	7,6	1,4
W0105-385	PUITS	370300	318625	386	196	535	1 090	990	5,98	7,3	5,5
W0105-453	PUITS	355150	306650	123	36	194	312	170	1,7	7,5	4,0
W0105-548	PUITS	354200	315000	194	75	271	458	480	3,22	7,5	4,2
W0105-574	PUITS	354910	310550	509	429	944	2 930	960	10,55	7,3	7,2
W0105-575	FORAGE	358100	310010	230	147	357	808	670	4,83	7,5	4,5
W0105-579	FORAGE	357200	314800	256	112	400	808	640	4,56	7,1	5,2
W0105-587	FORAGE	371010	319200	549	133	500	1 110	1 250	6,28	7,4	5,0
W0106-2	PUITS	372400	316800	197	76	321	520	470	3,59	7,8	4,9
W0106-35	PUITS	379500	319500	151	143	260	600	286	3,44	7,5	3,6

Classification des eaux d'irrigation selon l'USSL (campagne Avril 2008) :

Point d'eau	Nature	X(m)	Y(m)	CE (mmhos/cm)	SAR	CLASSE
W0106-18	PUITS	393350	315900	5,84	8,7	C5S3
W082-4	PUITS	381850	321950	4,18	4,5	C4S2
W082-13	PUITS	383250	324600	1,79	5,7	C3S2
W082-40	PUITS	374100	321775	1,06	6,2	C3S2
W082-52	PUITS	376425	321150	4,65	4,6	C4S2
W082-82	PUITS	384450	327075	1,84	1,2	C3S1
W0105-136	PUITS	366875	317125	6,78	3,6	C5S2
W082-145	FORAGE	383450	326800	1,9	3,0	C3S1
W0105-2	PUITS	367150	312450	3,35	4,4	C4S2
W0105-19	PUITS	363660	311650	0,93	1,4	C3S1
W0105-84	PUITS	353900	307250	4,17	4,9	C4S2
W0105-91	PUITS	356000	308100	3,75	4,7	C4S2
W0105-102	PUITS	357675	308200	1,72	4,7	C3S1
W0105-233	PUITS	358900	311575	4,48	4,5	C4S2
W0105-313	PUITS	352475	308810	8,37	18,9	C5S4
W0105-348	PUITS	352600	312075	1,14	2,9	C3S1
W0105-360	PUITS	368650	314850	3,3	6,4	C4S2
W0105-365	PUITS	360500	313850	5,34	6,6	C5S3
W0105-368	PUITS	357750	316250	1,21	1,4	C3S1
W0105-385	PUITS	370300	318625	5,98	5,5	C5S2
W0105-453	PUITS	355150	306650	1,7	4,0	C3S1
W0105-548	PUITS	354200	315000	3,22	4,2	C4S2
W0105-574	PUITS	354910	310550	10,55	7,2	C5S3
W0105-575	FORAGE	358100	310010	4,83	4,5	C4S2
W0105-579	FORAGE	357200	314800	4,56	5,2	C4S2
W0105-587	FORAGE	371010	319200	6,28	5,0	C5S2
W0106-2	PUITS	372400	316800	3,59	4,9	C4S2
W0106-35	PUITS	379500	319500	3,44	3,6	C4S1

Classification des eaux d'irrigation selon l'USSL (campagne Octobre 2008) :

Point d'eau	Nature	X (m)	Y (m)	CE (mmhos/cm)	SAR	CLASSE
W082-13	PUITS	383250	324600	2,02	6,2	C3S2
W0105-83	PUITS	353525	305975	4,94	10,2	C4S3
W0105-84	PUITS	353900	307250	5	9,1	C4S3
W0105-91	PUITS	356000	308100	3,28	4,3	C4S2
W0105-102	PUITS	357675	308200	2,02	4,3	C3S1
W0105-136	PUITS	366875	317125	7,7	5,4	C5S2
W0105-233	PUITS	358900	311575	4,52	5,7	C4S2
W0105-313	PUITS	352475	308810	8,34	24,7	C5S4
W0105-360	PUITS	368650	314850	1,3	4,1	C3S1
W0105-365	PUITS	360500	313850	3,15	4,6	C4S2
W0105-368	PUITS	357750	316250	1,25	2,3	C3S1
W0105-453	PUITS	355150	306650	1,89	3,9	C3S2
W0105-62	PUITS	351550	303500	0,75	1,4	C3S1
W0105-574	PUITS	354910	310550	11,03	16,4	C5S4
W082-125	PUITS	375950	324375	2,54	2,8	C4S1
W0106-33	PUITS	380950	319450	3,15	3,3	C4S2

Classification des eaux d'irrigation selon le FAO (campagne Avril 2008) :

Point d'eau	Nature	X(m)	Y (m)	Minéralisation (mg/l)	Classe
W0106-18	PUITS	393350	315900	3 619	mo
W082-4	PUITS	381850	321950	2 594	fb
W082-13	PUITS	383250	324600	1 110	fb
W082-40	PUITS	374100	321775	657	bn
W082-52	PUITS	376425	321150	2 882	fb
W082-82	PUITS	384450	327075	1 141	fb
W0105-136	PUITS	366875	317125	4 206	mo
W082-145	FORAGE	383450	326800	1 178	fb
W0105-2	PUITS	367150	312450	2 075	fb
W0105-19	PUITS	363660	311650	577	bn

La suite du tableau :

<i>Point d'eau</i>	<i>Nature</i>	<i>X(m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Minéralisation (mg/l)</i>	<i>Classe</i>
W0105-84	PUITS	353900	307250	2 585	fb
W0105-91	PUITS	356000	308100	2 323	fb
W0105-102	PUITS	357675	308200	1 066	fb
W0105-233	PUITS	358900	311575	2 779	fb
W0105-313	PUITS	352475	308810	5 187	fr
W0105-348	PUITS	352600	312075	707	bn
W0105-360	PUITS	368650	314850	2 048	fb
W0105-365	PUITS	360500	313850	3 311	mo
W0105-368	PUITS	357750	316250	750	bn
W0105-385	PUITS	370300	318625	3 705	mo
W0105-453	PUITS	355150	306650	1 054	fb
W0105-548	PUITS	354200	315000	1 995	fb
W0105-574	PUITS	354910	310550	6 539	fr
W0105-575	FORAGE	358100	310010	2 993	fb
W0105-579	FORAGE	357200	314800	2 829	fb
W0105-587	FORAGE	371010	319200	3 891	mo
W0106-2	PUITS	372400	316800	2 223	mo
W0106-35	PUITS	379500	319500	2 132	mo

Classification des eaux d'irrigation selon le FAO (campagne Octobre 2008) :

Point d'eau	Nature	X	Y	Minéralisation (mg/l)	classe
W082-13	PUITS	383250	324600	1 254	fb
W0105-83	PUITS	353525	305975	3 063	mo
W0105-84	PUITS	353900	307250	3 100	mo
W0105-91	PUITS	356000	308100	2 034	fb
W0105-102	PUITS	357675	308200	1 254	fb
W0105-136	PUITS	366875	317125	4 774	mo
W0105-233	PUITS	358900	311575	2 802	mo
W0105-313	PUITS	352475	308810	5 171	fr
W0105-360	PUITS	368650	314850	806	bn
W0105-365	PUITS	360500	313850	1 950	fb
W0105-368	PUITS	357750	316250	775	bn
W0105-453	PUITS	355150	306650	1 170	fb
W0105-62	PUITS	351550	303500	468	bn
W0105-574	PUITS	354910	310550	6 839	fr
W082-125	PUITS	375950	324375	1 575	fb
W0106-33	PUITS	380950	319450	1 950	fb

Remarque:

bn : bonne pour l'irrigation

fb : faiblement salée

mo : moyennement salée

fr : fortement salée