

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.

*République Algérienne Démocratique & Populaire.*

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي.

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

جامعة حسيبة بن بوعلي- الشلف.

*Université Hassiba BEN BOUALI –CHLEF.*

كلية العلوم و علوم الهندسة.

*Faculté des Sciences & Sciences de l'ingénieur.*

دائرة الري.

*Département d'hydraulique.*

## **Mémoire de magister**

*Présenté par : M<sup>elle</sup> IKHLEF SALIHA*

*Pour l'obtention du Diplôme de Magister en aménagement hydraulique*

*Thème :*

# *Etude de la pollution de la nappe alluviale du Haut Cheliff par les nitrates*

Devant le jury composé de :

SAAD HAMOUDI	Professeur à UHB.Chlef	Président
REMINI BOUALEM	Professeur à USD. Blida	Promoteur
MEDDI. MOHAMED	Professeur à CU. EL khemis	Examineur
REMAOUN .MOHAMED	Docteur à UHB.Chlef	Examineur
BETTAHAR .NAIMA	Chargée de cours à UHB.Chlef	Examineur

**Promotion: 2005 - 2006**

# Remerciement



*Au moment de présenter cette étude, je voudrais exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à son accomplissement.*

*Il m'est infiniment agréable d'adresser d'abord mes sincères remerciements à mon promoteur Monsieur le Professeur **BOUALEM.REMINI** qui a assuré la direction de ce mémoire avec beaucoup de disponibilité, de patience et de compétence.*

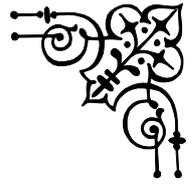
*J'aimerais adresser mes vifs remerciements au Professeur Mr SAAD HAMOUDI , mon enseignant de la post-graduation ,qui me fait l'honneur d'assurer la présidence du jury de ma soutenance ,et également je remercie chaleureusement le professeur Mr MOHAMED.MEDDI du centre universitaire de Khemis Miliana et Mr MOHAMED.REMAOUN et M<sup>me</sup> NAIMA.BETTAHAR chargés de cours à l'université de Chlef ,pour l'honneur qu'ils me font d'examiner mon travail.*

*Je tiens à remercier Mr S.Bouarfa de CEMAGREF pour son orientation et son aide en documentation.*

*Je tiens aussi à remercier tous mes enseignants de la graduation et la post-graduation, chacun par son nom, qu'ils trouvent dans ces quelques lignes l'expression de ma profonde gratitude et mes sincères remerciements surtout Mr LARBI.LOUKARFI pour son aide et ses services durant toute ma formation en hydraulique.*

*Mon considération estime va également vers tous les cadres de l'OPIC ainsi que mes amis (es) de la post-graduation.*

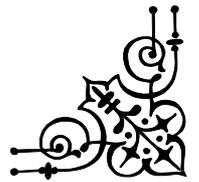
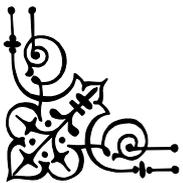
*Enfin je remercie tous ceux qui ont facilité la réalisation de ce mémoire.*



# DÉDICACE



*Je dédie ce travail à la mémoire de mon père*



## Résumé

Nous avons étudié dans ce travail la pollution des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Cheliff par les nitrates ,en procédant à l'utilisation d'une méthode analytique permettant l'étude de l'évolution des teneurs maximums des nitrates depuis l'année 1990 et par conséquent le calcul du bilan azoté de la campagne 2003/2004 après avoir déterminé ses origines et les avoir classé selon leur danger sur l'environnement ,.Nous sommes enfin arrivé à étudier le mécanisme de transfert des nitrates dans le système sol –zone non saturée en nous basant sur une étude géotechnique élaborée dans la zone d'étude durant la même campagne .

**Mots clés :** Haut Cheliff- Zones alluviales -Zone non saturée - Pollution nitrique -Bilan azoté- Sol- Nitrate.

## Abstract:

In this work, we studied the pollution of the ground water in the perimeter of high Cheliff in the campaign 2003/2004 by the nitrate, by the analytic method to study the evolution of the nitrates maximum since 1990; and calculated the Belen of azoth after the determination their origins and their classification following their dangerous on the environment .At the and we arrived to study the mechanism of the transfer's nitrate in the system soil-unsaturated zone.

**Key board:** High Cheliff-Alluvial zones-Unsaturated zone-Pollution nitrate-Belen of azoth-Soil-Nitrate.

## ملخص:

قمنا من خلال هذا العمل بدراسة تلوث المياه الجوفية لمحيط شلف الأعلى بالنترات بالتطرق إلى استعمال طريقة تحليلية سمحت لنا بدراسة تطور التراكيز العظمى للنترات منذ سنة 1990 وبعدها حساب حصيلة الأزوت لحملة 2004/2003 بعد التعرف على مصادره و ترتيبها حسب درجة خطورتها على البيئة. استطعنا في الأخير دراسة ميكانيزم تنقل النترات من سطح التربة إلى المنطقة الغير مشبعة باللجوء إلى درلسة جيوفيزيائية لنفس المنطقة خلال نفس السنة.

مفاتيح: شلف الأعلى-مكامن-المنطقة الغير مشبعة--التلوث بالنترات-حصيلة الأزوت-  
سطح التربة-نيترات.

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
I.1	Cycle de l'azote	17
I.2	Schéma du système sol/zone non saturée/sol saturée d'après Dole 1984	21
I.3	Principe de la dénitrification par la méthode injection-pompage	23
II.1	Carte de situation de la zone d'étude	25
II.2	Evolution des superficies irriguée dans le temps	27
II.3	Carte d'occupation du sol de la plaine du Haut Cheliff	29
II.4	Réseau hydrographie de la zone d'étude (Source :ABH)	35
II.5	Carte géologique de la plaine d'EL-Khemis Source :(Hattab.M,1998)	36
II.6	Colonne lithostratigraphique synthétique et comportement hydrogéologique des différentes formations d'après le log stratigraphie établie par Perrondon	38
II.7	Carte piezométrique des basses eaux 2003	41
II.8	Carte piezométrique des hautes eaux 2004	42
III.1	Extrait de la carte de la qualité des eaux superficielles	45
III.2	Représentation des faciès chimiques sur le diagramme de piper compagne (2004)	49
III.3	Carte de l'évolution des nitrates (Basses eaux/Hautes eaux)	51
III.4	Carte des variations des nitrates 2003/2004	53
III.5	Evolution des teneurs maximales de 1997-1998à 2003-2004	55
III.6	Carte d'isoteneurs des nitrates dans la nappe du haut Cheliff	59
III.7	Douar dans la région de Djendel non raccordé à l'AEP et non relié au réseau d'assainissement.	60
III.8	Les eaux usées rejetées à l'état brut directement ou par affluent dans l'oued Cheliff augmentant ainsi le taux de nitrates.	61
III.09	Carte des rejets en azote des populations par communes	64
III.10	Carte des répartitions des engrais minéraux par secteur et par spéculation	67
III.11	L'impact l'élevage et les productions végétales sur la qualité des eaux superficielles et par conséquent souterraines	68
III.12	Carte des rejets en azote du cheptel	70
III.13	Importance des entrées et sorties dans le calcul du bilan azoté	73
III.14	Classement des origines des nitrates selon leur danger sur l'environnement des eaux.	78
IV.1	Granulométrie des sondages dans la couche superficielle du sol	82
IV.2	Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Sud de la région d'étude	83
IV.3	Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Nord de la région d'étude	84
IV.4	Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Ouest de la région d'étude	84
IV.5	Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Est de la région d'étude	85
IV.6	Porosité des sondages carottés de la région d'étude	86
IV.7	Répartition de la teneur en eau en fonction de la profondeur de ZNS	88

## Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
II.1	Evolution des assolements réalisés dans le temps	27
II.2	Superficies irriguées par zone en Hectare durant la campagne d'irrigation 2003/2004	28
II.3	Bilan agricole de la campagne 2003/2004	30
II.4	Bilan moyen annuel de l'écoulement (1968-2001).	31
II.5	E.T.P moyenne mensuelle et annuelle calculée par la formule de THORNTHWAITE	32
II.6	Bilan d'eau selon <b>THORNTHWAITE</b> de la plaine du Haut Cheliff.	33
II.7	Comportement hydrogéologique des différentes formations de la plaine d'El-khemis » (Source :ANRH/Alger)	38
II.8	Comportement hydrogéologique de la plaine d'El-Khemis	39
III.1	Grille de classification des eaux superficielles	46
III.2	Qualité des eaux des barrages en azote	46
III.3	Faciès chimiques des eaux souterraines dans la zone d'étude	48
III.4	Analyse de l'évolution des teneurs maximales de 1997-1998 à 2003-2004	54
III.5	Evolution de la répartition à l'intérieur de chaque classe.	55
III.6	Evolution des teneurs maximales de 1997-1998 à 2003-2004	55
III.7	Analyse de l'évolution des teneurs maximales de 1990-1991 à 2003-2004	56
III.8	Evolution de la répartition à l'intérieur de chaque classe :	56
III.9	Evolution des teneurs maximales de 1990-1991 à 2003-2004 .	57
III.10	Bilan des teneurs maximales sur les eaux souterraines.	57
III.11	Le taux de satisfaction en eau du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)(	62
III.12	Le bilan quantitatif d'azote rejeté par la population du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)	63
III.13	Bilan d'azote minéral évalué pour l'agriculture dans la plaine du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)	66
III.14	Bilan quantitatif d'azote organique de cheptel du Haut Cheliff de la wilaya de Ain Defla	71
III.15	Les différentes unités industrielles dans la région d'étude	72
IV.1	Condition géologique aux droits des 04 sondages	81
IV.2	Porosité dans la zone non saturée	86
IV.3	Analyse physique des 04 sondages	87
IV.4	La perméabilité des sondages suivant (Hazen)	89



## Liste des sigles et paramètres

Sigle	Unité	Désignation
$\text{NH}_4^+$	mg/l	Ammonium
AFD		Arbres fruitiers divers
BRL		Bas Rhône et du Languedoc (Une région)
C.ind		Culture industrielle
CMD/AS		Culture maraîchère diverse arrière saison
CMD/S		Culture maraîchère diverse saison
Sr	%	Degré de saturation
$\gamma_s$	(Kg/m <sup>3</sup> )	Densité sèche
d <sub>10</sub>	cm	Diamètre efficace
ETP	mm	Evapotranspiration potentielle
ETR	mm	Evapotranspiration réelle
N <sub>2</sub>	mg/l	Gaz d'azote
E	%	Indice des vides
I	mm	Infiltration moyenne annuelle
MES	mg/l	Matière en suspension
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	Nitrates
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	Nitrites
K	cm/s	Perméabilité
PT.S		Pomme de terre saison
PT.AS		Pomme de terre arrière saison
n	%	Porosité
P	mm	Précipitation moyenne annuelle
N <sub>vol</sub>	T/an	Quantité d'ammonium volatilisé.
N <sub>irr</sub>	T/an	Quantité d'azote apporté par l'irrigation.
N <sub>App</sub>	T/an	Quantité d'azote apportée au sol (T/an).

<b>Sigle</b>	<b>Unité</b>	<b>Désignation</b>
$N_{App}$	T/an	Quantité d'azote apportée au sol .
$N_{doms}$	T/an	Quantité d'azote apportée au sol par les rejets domestiques.
$N_{pre}$	T/an	Quantité d'azote apportée par la précipitation.
$N_{elev}$	T/an	Quantité d'azote comprise dans les rejets des cheptels dans la région d'étude.
$N_{hum}$	T/an	Quantité d'azote engendrée par la minéralisation de la matière organique.
$N_{abs}$	T/an	Quantité d'azote minéral absorbée par les cultures.
$N_{fert}$	T/an	Quantité d'azote minéral apportée par la fertilisation minérale.
$N_{res}$	T/an	Quantité d'azote que fournissent les espèces végétales.
$N_{less}$	T/an	Quantité d'azote lessivée après la récolte.
$N_{denet}$	T/an	Quantité de l'azote minéral dénitrifié.
$N_{im}$	T/an	Quantité de l'azote minéral immobilisé.
Racc		Raccordement
R	mm	Ruissellement moyen annuel
SC4		Sondage carotté N°04
$N_{Sort:}$	T/an	Sorties de l'azote.
STEP		Station d'épuration
SAU	Ha	Superficie agricole utile
T	°C	Température moyenne
W	%	Teneur en eau
$\Delta S$	mm	Variation des réserves.
ZNS		Zone non saturée
ZN		Zone saturée

# Sommaire

Résumé .....	Page 03
Liste des figures.....	04
Liste des tableaux.....	05
Liste des sigles et paramètres.....	06
<b>Introduction générale.....</b>	<b>12</b>

## Partie théorique :

### **Chapitre 1 : Notions sur la pollution des eaux souterraines par les nitrates**

I.1 Introduction.....	15
I.2 Principaux types de pollution des eaux souterraines.....	15
1.2.1 Pollution chronique .....	15
1.2.2 Pollution diffuse .....	15
1.2.3 Pollution linéaire .....	15
I.3 Vulnérabilité des nappes .....	15
I.4 Cycle de l'azote.....	16
I.5 Origine de la pollution.....	19
1.5.1 Pollution domestique.....	19
1.5.2 Pollution agricole.....	19
1.5.3 Pollution industrielle.....	20
I.6 Conséquences environnementale et sanitaires.....	20
I.7 Mécanismes de transfert des nitrates .....	20
1.7.1 Transfert physique...	20
1.7.2 Transfert chimique...	21
1.7.3 Transfert biologique....	22
I.8 Principes d'épuration des eaux polluées par les nitrates..	22
1.8.1 Epuration naturelle...	22
1.8.2 Epuration artificielle.....	23
I.9 Conclusion...	23

## Partie expérimentale :

### **Chapitre II : Cadre d'étude**

II.1 Situation géomorphologique et humaine .....	25
II.2 Morphologie	26
II.3 Urbanisation et démographie	26
II.4 Agriculture	26
II.4.1 Occupation du sol .....	30
II.4.2 Bilan agricole .....	30
II.5 Climatologie.....	30
II.5.1 Température....	30
II.5.2 Précipitation .....	31

II.5.3	Déficit d'écoulement ....	31
II.6	Aspect hydrologique .....	34
II.7	Cadre géologique générale et litho stratigraphique	36
II.7.1	Cadre géologique générale	36
II.7.2	Litho stratigraphie	36
II.8	Aspect hydrogéologie ....	39
II.9	Piézométrie ...	39
II.9.1	Piézométrie des basses eaux	40
II.9.2	Piézométrie des hautes eaux	40
II.10	Conclusion .....	43

### Chapitre III : Etude hydrochimie

III.1	Introduction.	45
III.2	Qualité des eaux superficielles.....	45
III.3	Caractères physico chimie des eaux souterraines....	46
III.4	Evolution des teneurs maximales des nitrates ....	50
II.4.1	Historique sur l'évolution des nitrates	50
II.4.2	Campagne réalisée (résultats et interprétations)	50
II.4.3	Etablissement du bilan des nitrates des eaux souterraines	54
II.4.4	Interprétation de la carte des teneurs maximales des nitrates	58
III.5	Origine des nitrates .....	60
II.5.1	Origine domestique .....	60
II.5.2	Origine agricole .....	65
II.5.3	Origine industrielle.	72
III.6	Bilan azoté.....	73
II.6.1	Les entrées d'azote	73
II.6.2	Les sorties d'azote	73
III.7	Conclusion	79

### Chapitre IV : Mécanisme de transfert des nitrates

IV.1	Introduction..	81
IV.2	Transfert Zone non saturée .....	81
IV.2.1	Echantillonnage (Description des sites)...	81
IV.2.2	Comportement physique du sol ...	82
1.2.2.1	Impact de la granulométrie sur le transfert des nitrates..	82
1.2.2.2	Impact de la porosité sur le transfert des nitrates.....	85
1.2.2.3	Impact de la teneur en eau sur le transfert des nitrates..	87
1.2.2.4	Dynamique de déplacement des nitrates dans la ZNS.	88
IV.3	Conclusion	90

<b>Conclusion et recommandation.....</b>	95
Références bibliographiques	97
Annexe.....	101

## Introduction



**L'**eau souterraine qui a pendant longtemps été synonyme « d'eau propre » fait partie intégrante du vaste cycle de la redistribution régulière des eaux sur la terre. L'exploitation rationnelle d'une ressource tellement vitale pour l'homme ne peut se faire sans une connaissance approfondie des divers éléments qui interviennent à chaque étape du cycle, tant du point de vue quantitatif que qualitatif.

**Les** ressources en eau souterraines dans le nord de l'Algérie sont évaluées à plus de 2 milliards de m<sup>3</sup> et sont exploitées à plus de 90% ; mettant ainsi les nappes en situations de surexploitation (REMINI.B., 2005)

**Il** est à noter que la pluviométrie dans notre pays a diminué en moyenne durant les trois dernières décennies de près de 20 % comparativement à la moyenne des cinq décennies précédentes.

**Par** ailleurs, le réseau hydrographique n'est dans la majorité des cas pas protégé contre la pollution ce qui pourrait engendrer des conséquences dramatiques tant sur le plan sanitaire qu'économique, et si l'on n'arrête pas la croissance des charges des polluants, nous risquerons de ne plus pouvoir traiter nos eaux et le risque de pénurie d'eau ne viendra pas de la quantité seulement, mais également de la qualité.

**Dans** ce contexte, la région du Haut Cheliff renferme une importante ressource en eau souterraine, alimentant l'ensemble de la population des agglomérations de la ville d'El Khemis, Sidi lakhdar et Ain Soltane, et contribuant à la satisfaction des besoins de l'irrigation et de l'industrie. Elle est journalièrement confrontée au risque grandissant de la contamination provenant des activités industrielles, agricoles ainsi que des effluents domestiques rejetés souvent sans épuration.

**E**n se basant sur le programme de surveillance des eaux, réalisé par le laboratoire de chimie des eaux de l'ANRH qui prouve l'existence depuis **1990**, d'une forte concentration en nitrates dans les eaux de nappe alluviale du haut Cheliff avec une teneur dépassant largement la dose admissible de **50mg/l** , engendrant ainsi une dégradation de la qualité des eaux qui est devenue actuellement un problème préoccupant face à une demande en constante augmentation et à une pression de plus en plus forte sur les ressources limitées. J'ai jugé intéressant d'initier une recherche que j'ai intitulée « Etude de la pollution de la nappe alluviale du Haut Cheliff par les nitrates » .

Cette recherche s'articule sur :

- Une partie théorique sur les notions de pollution des eaux souterraines par les nitrates
- Une partie expérimentale comportant :
  - A.** L'utilisation d'une méthode analytique pour déterminer l'évaluation des teneurs maximales des nitrates depuis une vingtaine d'années.
  - B.** Le calcul du bilan azoté après une recherche approfondie sur les sources des nitrates.
  - C.** Les mécanismes de transfert des nitrates dans le système sol -zone non saturée.

## **I.1 Introduction :**

La pollution des eaux souterraines par les nitrates devient de nos jours une préoccupation de santé publique, Elle est la conséquence de L'apport intensif de l'azote total sur les sols qui accentue son déséquilibre naturel.

## **I.2 Principaux types de pollution des eaux souterraines par les nitrates:**

### **I.2.1.Pollution chronique :**

L'émission exceptionnelle de l'azote à la suite d'une crue peut entraîner un transfert à la nappe et conduit à sa pollution dont la durée dépend de son pouvoir d'auto épuration et de sa vitesse de percolation.

### **I.2.2.Pollution diffuse :**

Le nitrate émis sur une faible surface n'affectera qu'un secteur limité de la nappe, qui pourra s'étendre par diffusion. Seuls les captages à proximité de la zone polluée et en aval seront affectés et la zone polluée sera circonscrite ou diffuse à la surface ou à l'intérieur

Les nappes libres sont les plus vulnérables, les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique de la nappe.

### **I.2.3.Pollution linéaire :**

Elle accompagne le trajet des routes, des canaux, des cours d'eau .Généralement elle est due à des rejets d'origine industrielle et domestique (BRGM., 2004).

## **I.3 Vulnérabilité des nappes à la pollution par les nitrates:**

Les nitrates transportés par les eaux d'infiltration doivent franchir de nombreux obstacles à savoir (Legros.P., 1989) :

**Le sol :** l'activité chimiques et micro-biologique est intense. De nombreux corps sont modifiés chimiquement, les polluants organiques peuvent être métabolisés et minéralisés.

Le sol constitue un puissant moyen d'épuration et de recyclage des eaux. Les argiles par exemple adsorbent les cations (  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ , métaux lourds) et certains molécules organiques.

Le contenu micro-biologique du sol peut épurer l'eau de ses substances indésirables, comme les composés azotés.

**La zone non saturée :** La zone non saturée est comprise entre le sol et la surface de la nappe. De nature très diverse, suivant le type de roches concernées et, d'épaisseur variable (de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres), elle conditionne en grande partie les temps de transfert vers la nappe (de quelques jours à plusieurs années).

Suivant que la roche est à perméabilité d'interstices (sables, grés) ou de fissures (calcaires), les circulations seront plus ou moins rapides.

Dans le milieu non saturée, les transferts se font sous l'influence d'une composante verticale.

La zone non saturée joue un rôle primordial par son pouvoir d'auto épuration naturel (analogue à celui des filtres lents des usines de traitement). Cette barrière franchie, la propagation du polluant ne rencontre pratiquement plus d'obstacles. C'est dans cette zone que l'eau souterraine acquiert ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques

**La zone saturée :** La zone saturée constitue l'aquifère. Dans cette zone, les transferts sont essentiellement latéraux (composante horizontale) selon la direction générale d'écoulement de la nappe.

Dans l'aquifère, en raison de l'absence d'oxygène, de matières organiques et de micro-organismes, le rôle épurateur est très réduit. Pratiquement, seule la dilution agit. Celle-ci est proportionnelle au débit de la nappe (transmissivité). Un fort renouvellement est favorable à l'élimination de la pollution

#### **I.4 Cycle de l'azote :**

Le cycle de l'azote dans les sols est marqué par différents processus dont les effets cumulés conduisent ou non à maintenir un excès d'azote dans les sols, et à le rendre disponible pour le lessivage (Fig. I.1).

L'azote dans les sols provient principalement :

1. De la fixation de l'azote atmosphérique.
2. De la déposition de l'azote contenu dans les précipitations.
3. Des amendements organiques.
4. Des apports d'engrais de synthèse.

La fixation libre par les bactéries aérobies ou anaérobies contribue à maintenir un stock d'azote de 10 à 30 kg.ha-1, l'apport d'azote par la fixation symbiotique des espèces légumineuses variant entre quelques dizaines à plusieurs centaines de kg.ha-1, selon les conditions de PH, d'humidité, de teneurs en nitrate et de souches de Rhizobium (Recous et al., 1997).

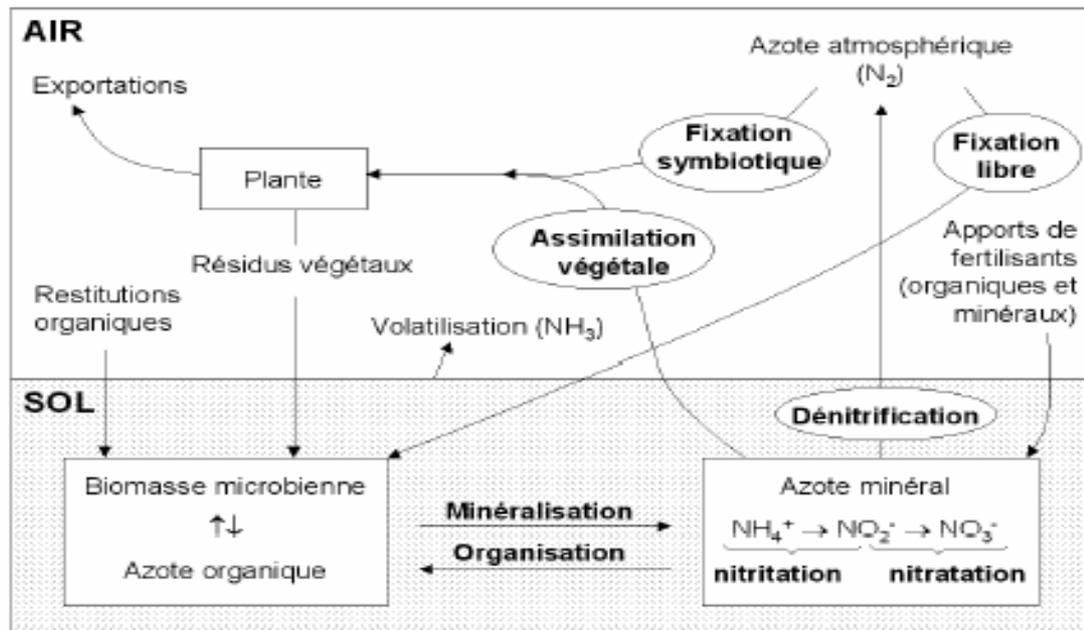


Figure N°I.1 : Cycle de l'azote (d'après Recous et al ; 1997)

Les apports d'azote sous forme organique dans les sols se font par amendements anthropiques (fumiers, lisiers), restitution au sol des résidus de culture et/ou restitution des déjections animales. La constitution du stock d'azote minéral dans le sol est issue des apports d'engrais de synthèse, sous forme d'ammonium, de nitrate et d'urée.

L'effet des processus internes au cycle de l'azote peut être dominant par rapport aux modifications induites par les processus externes (Webb and Walling, 1985).

Les processus internes interagissent avec les processus externes au cycle de l'azote, contrôlant le stock et les formes de l'azote contenu dans le sol, quelle que soit l'origine de ce dernier (Fig. 1.1) (Recous et al.,1997) :

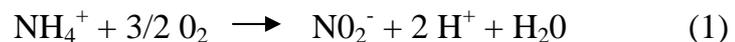
**A. La minéralisation ou ammonification :** correspond à la dégradation de la matière organique, conduisant à la production d'ammonium ( $NH_4^+$ ). La minéralisation est d'autant plus forte que les apports sont importants, elle est maximale au printemps et à l'automne lorsque les températures sont douces et le sol humide.

**B. L'organisation ou immobilisation :** correspond à l'assimilation d'azote, préférentiellement sous forme ammoniacale par les micro-organismes.

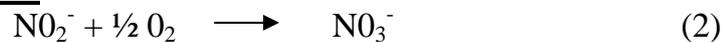
**C. La nitrification :** correspond à l'oxydation biologique de l'azote ammoniacal en azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ). Les étapes successives de la nitrification se font par l'intermédiaire de deux familles de bactéries principalement présentes dans les sols : nitrosomonas pour la nitritation (transformation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_2^-$ ) et Nitrobacter pour la nitratisation (transformation de  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$ ).

Ces transformations sont illustrées dans les équations chimiques suivantes :

**A/ Nitritation :**



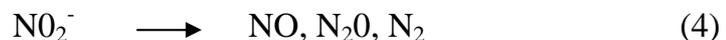
**B/ Nitratisation :**



**D. La dénitrification :** est la transformation de l'azote nitrique en azote gazeux ( $\text{N}_2$ ). La dénitrification fait intervenir de nombreuses espèces bactériennes (dont Pseudomonas, Agrobacterium) dont l'action est maximale dans des conditions d'anoxie, de présence de nitrate et d'une source de carbone assimilable. L'ion  $\text{NO}_3^-$  est utilisé comme accepteur final d'électrons à la place de l'oxygène. La dénitrification conduit principalement à la libération d'azote gazeux  $\text{N}_2$  comme le montre l'équation chimique suivante:



La dénitrification peut être d'origine chimique ou biologique. La première a lieu dans le cas de pertes d'azote nitrique en sols acides ; Ce processus est régi par la réaction suivante :



Cette dénitrification est peu importante lorsqu'on la compare avec la dénitrification biologique, produite par les microbes dénitrificateurs ; Ce processus est régi par la réaction suivante -.



**E. La volatilisation :**

Le processus qui transforme l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) s'appelle la volatilisation comme le montre l'équation chimique suivante:



L'ammonium se transforme rapidement en ammoniac dans certaines conditions, soit lorsque les températures du sol et de l'air sont élevées et que le temps est sec. Les possibilités que l'ammonium se transforme en ammoniac augmentent de façon exponentielle à mesure que le pH s'accroît, de sorte qu'il faudrait éviter les engrais ammoniacaux lorsque le pH du sol est supérieur à 7,0.<sup>30</sup>

Dans des conditions favorables à la volatilisation, jusqu'à 50 % de l'azote appliqué peut être éliminé par ce processus. Pour être utilement entraîné dans le sol, l'ammonium doit se dissoudre rapidement dans l'eau du sol. Le meilleur moyen d'y arriver consiste à incorporer l'ammonium dans un sol humide et frais. Si les conditions sont propices à la volatilisation, il faudra éviter d'épandre des engrais à teneur élevée en ammonium (urée, fumier). (NICOLAS .T., 2001).

**F. La lixiviation ou lessivage :** est le processus correspondant au transfert de l'azote via les eaux de percolation du sol vers la nappe. La lixiviation concerne principalement l'azote sous forme  $\text{NO}_3^-$ , du fait de sa forte solubilité, et de sa faible capacité, contrairement à l'ion  $\text{NH}_4^+$ , à être retenu par le complexe argilo humique.

## **I.5 Origines de la pollution par les nitrates :**

On trouve trois principales sources de pollution d'eau par les nitrates : domestique, agricole et industrielle (BRGM.,2004)

### **I.5.1.Pollution domestique :**

Les familles utilisent l'eau pour leur besoins ménages et leurs loisirs. Ce type de pollution regroupe : les eaux de vannes (W.C, urinoirs ...), les eaux de cuisines, les eaux de buanderies.

### **I.5.2.Pollution agricole :**

L'utilisation massive des engrais, et l'élevage intensif emportent des apports excessifs des fertilisants à base d'azote sur le sol engendrant ainsi une pollution des eaux par les nitrates.

Cet apport est l'origine principale de l'entraînement des nitrates dans les nappes souterraines, surtout si l'on sait que ces aquifères sont sous des terrains agricoles à perméabilité élevée.

### **I.5.3.Pollution industrielle :**

L'industrie agroalimentaire est caractérisée par la prédominance des composants à base d'azote qui se transforme par la suite en nitrates pouvant contribuer à la dégradation de la qualité des eaux.

### **I.6 Conséquences environnementales et sanitaires :**

Une accumulation des nitrates dans les eaux de surface, constitue un risque écologique majeur : c'est le phénomène d'eutrophisation (Bontoux, 1993).

La présence, en forte quantité de nitrates dans les eaux constitue aussi un risque sanitaire du fait de la réduction par l'organisme, dans certaines conditions des nitrates en nitrites :

1. Dans le sang, les nitrites peuvent transformer l'hémoglobine en méthémoglobine non fonctionnelle ce qui bloque le transport d'oxygène : c'est la méthémoglobinémie qui touche essentiellement les nourrissons (EEC, 2001).

2. Dans l'estomac, les nitrites peuvent réagir avec les amines secondaires apportées par l'alimentation pour former des nitrosamines dont la plus part ont un pouvoir cancérigène reconnu (Dab, 1990).

### **I.7 Mécanismes de transfert des nitrates :**

Les transferts de nitrates dans le système sol-zone non saturée (Fig N°I.2) se déroulent selon trois processus : physique, chimique et biologique.

#### **I.7.1.Transfert physique :**

L'eau se déplace par gravité en s'infiltrant par la porosité du sol et/ou en suivant les pentes d'écoulement préférentiel. La convection correspond au transfert vers les profondeurs ; la dispersion correspond à la diffusion de l'eau dans des voies plus ou moins horizontales

Le temps de transfert va dépendre de deux facteurs principaux à savoir (Berdai.H.,2003):

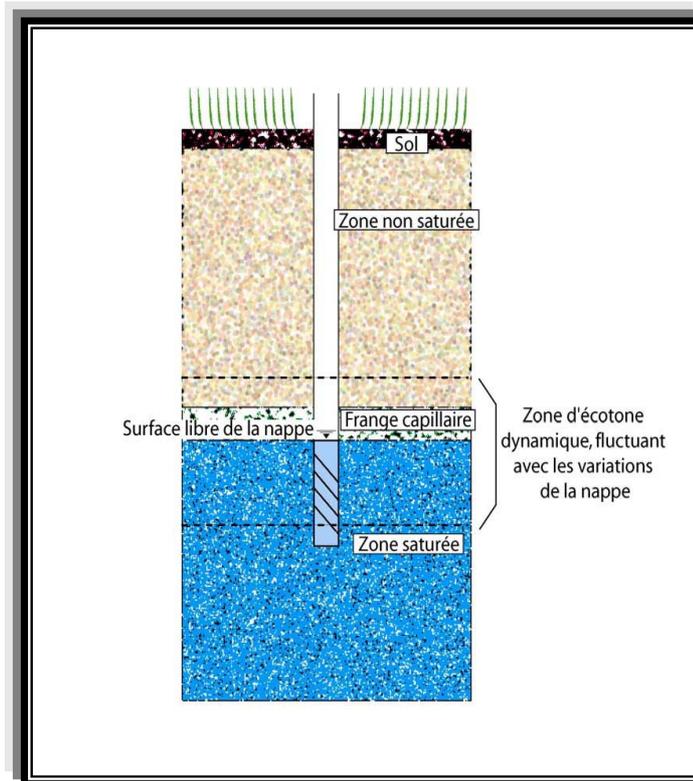


Figure N°I.2 : Représentation schématique de la structure du système sol/zone non saturée/zone saturée d'après Dole (1984)

### **A- Caractéristiques du sol :**

1. Sa composition :(proportion de sable, argile, gravier).
2. Sa perméabilité.
3. Son homogénéité.

### **B- Humidité des sols :**

Plus le sol est humide et plus le temps de transfert est rapide. L'eau circule d'autant plus vite et facilement qu'il existe de l'eau au départ. Ce facteur, connu sous le nom de conductivité hydrique, est plus explicatif dans le mécanisme de transfert des nitrates dans la zone non saturée (Berdai.H., 2003).

### **I.7.2. Transfert chimique :**

Au cours de son parcours dans le sol, l'ammonium, présent dans les engrais au contact avec l'oxygène et des bactéries, se transforme en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). Le phénomène inverse peut se produire dans le processus de dénitrification : les atomes d'oxygène disparaissent, de telle sorte qu'il n'existe plus que l'azote gazeux

Les nitrates, une fois formés, sont transportés par l'eau d'infiltration et ne sont pas retenus par le complexe absorbant. Il ne sont donc pas freinés au cours de leur déplacement

dans le sol .Il sont emportés par le flux de convection de l'eau à la même vitesse. (Legros.P.,1989)

### **I.7.3. Tranfert biologique :**

L'un des processus connu de biodégradation est la dénitrification biologique des nitrates, qui peuvent se dégrader sous certaines conditions, notamment en cas de réfaction de l'oxygène : les bactéries consomment l'oxygène présent dans les molécules des nitrates qui les retransforment en azote gazeux inerte (N<sub>2</sub>) (Bockman et al .,1990).

## **I.8 Principes d'épuration des eaux polluées par les nitrates :**

L'épuration des eaux polluées peut être obtenue par deux voies à savoir :

### **I.8.1. Epuration naturelle :**

#### **I.8.1.1. Reacteur sol- zone non saturée :**

Le sol constitue un puissant moyen d'épuration et de recyclage des eaux. Le contenu micro-biologique du sol peut épurer l'eau de ses substances indésirables, comme les composés azotés.

#### **I.8.1.2. Role de couverture végétal :**

Les plantes accumulent des éléments minéraux et servent donc de zone de stockage, en particulier pour les nitrates. La végétation des zones humides et des bords de rivières ont un effet épurateur remarquable (dénitrification dans les zones anaérobies)(BRGM.,2004).

### **I.8.2. Epuration artificielle :**

#### **I.8.2.1. Methode d'injection -pompage :**

Cette méthode consiste à provoquer l'activité dénitrifiante dans les eaux souterraines par la création des conditions nécessaires à l'apparition de la dénitrification (Fig I.3).

Les approches technologiques de la dénitrification provoquée in situ font tout appel à la seule injection dans le milieu de carbone organique (éthanol, méthanol, acide acétique), qui servira de donneur des électrons (Detay.M., 1997).

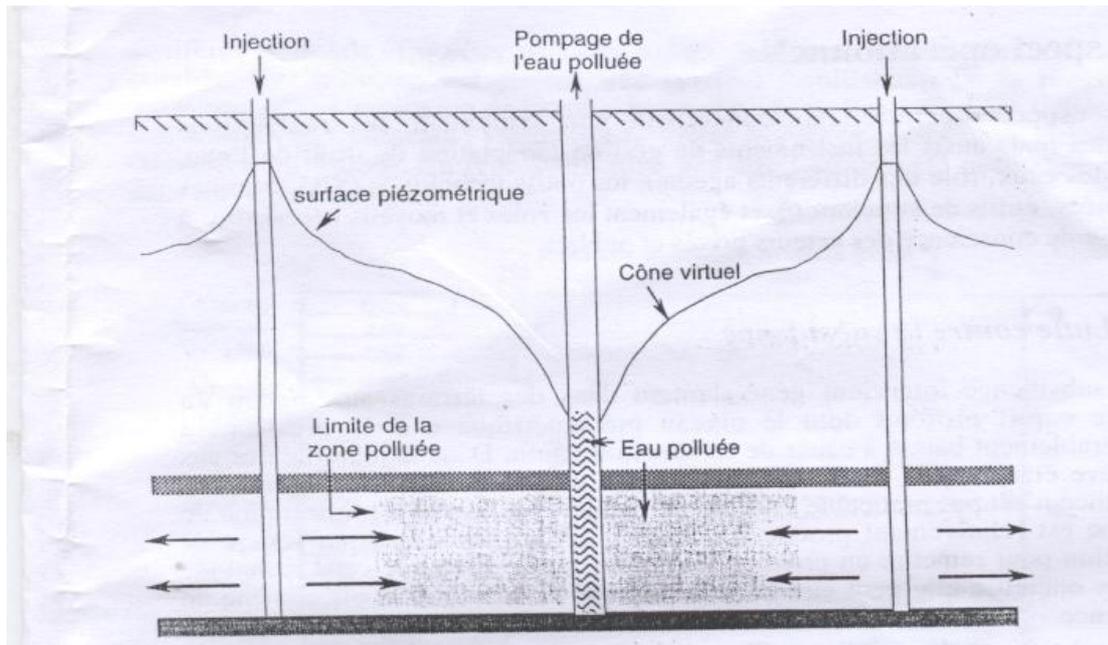


Fig N°I.3 : La dénitrification par la méthode injection pompage d'après (Detay.M.,1997)

En 1985 M.CHALUPA a injecté de méthanol (24mg/l) dans une eau souterraine de concentration initiale 14 mg/l en nitrates ; 2 à 5 jours après les concentrations des nitrates son réduits à 97%.(Detay.M.,1997))

### **I.9 Conclusion :**

Une eau souterraine est considérée comme polluée si elle contient des substances autres que celles liées à la structure des terrains ou elle a séjourné. Ces contaminants soient physiques, chimiques, organiques ou micro biologique sont le plus souvent issus des activités humaines (agricoles, industrielles, et domestiques).

Lorsqu'une pollution se produit, des processus chimiques et biologiques se produisent au sein du sous-sol réduisant ainsi la concentration de polluant avec des degrés variables selon les types d'aquifères.

Lorsqu'une nappe souterraine a été polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle. Les polluants ayant contaminés la nappe sont en effet non seulement présent dans l'eau, mais également fixés et adsorbés sur les roches et minéraux du sous-sol(EEC.,2001)

## II.1 Situation géographique du secteur d'étude :

La plaine alluviale du Haut Cheliff appelée aussi plaine d'El-khemis appartient à la wilaya de Ain Defla, située à 120 Km au Sud Ouest d'Alger et 25 Km à l'Est du chef-lieu de la wilaya sur la route nationale N°4

Appartenant au sous bassin versant du Haut Cheliff d'un périmètre de 1025 Km et une superficie de 21035 Km<sup>2</sup>, cette plaine est limitée au Nord par les monts du Zaccar, au sud par les contreforts de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le massif de Doui et à l'Est par djebel Gountas (fig.II 01).

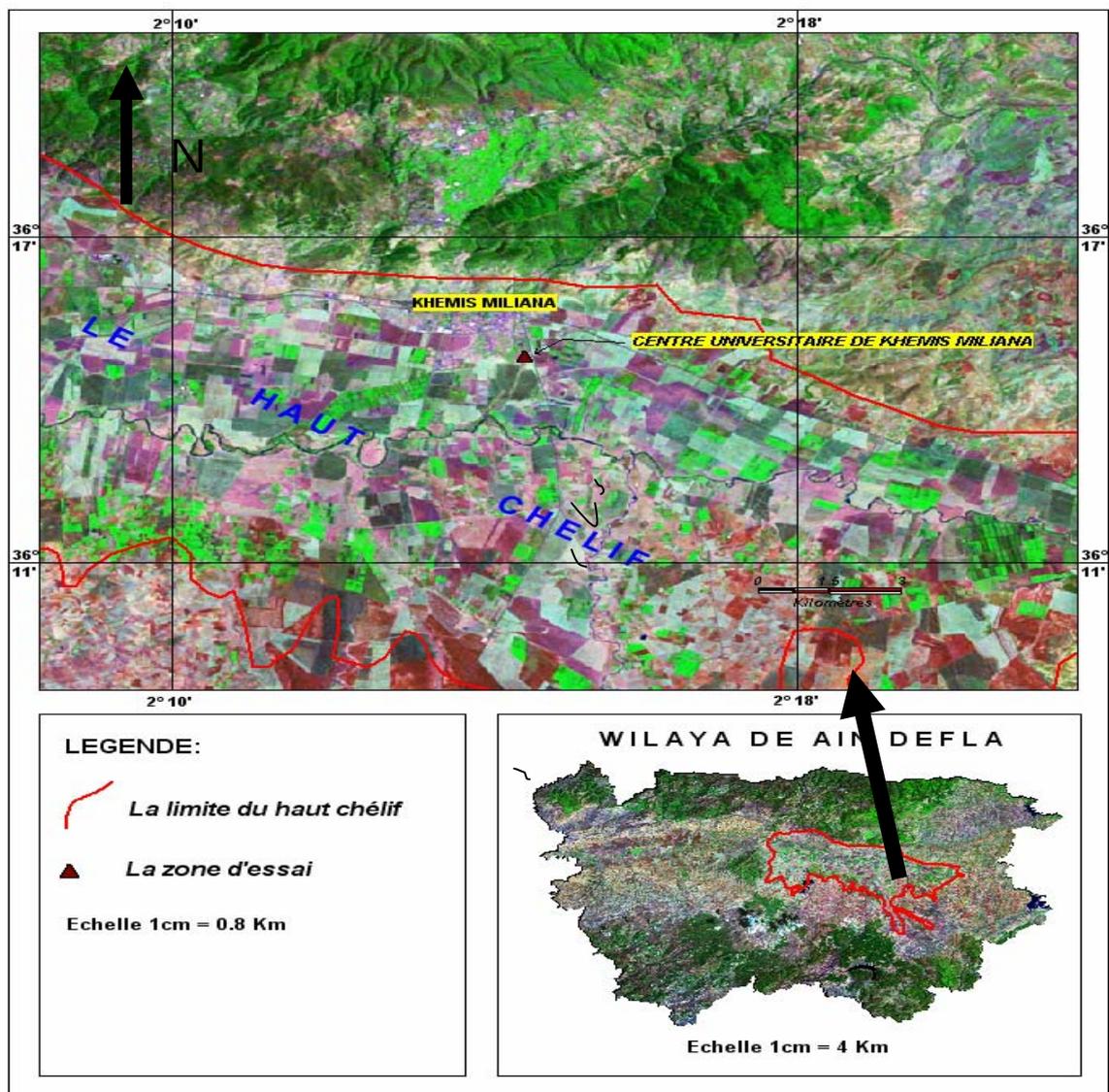


Fig .N°II01:Situation de la zone d'étude sous une image satellitaire (Juin 2004)  
Source :CU El Khemis

## **II.2 Morphologie :**

La plaine a une pente relativement faible (15%) (Hattab.M, 1998). Elle est bordée au Nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne.

Ce secteur est entouré au Nord par le massif de Zaccar et au Sud par djebel Ouarsenis. La côte altimétrique varie de 200m au niveau de la plaine à 1000m au niveau des sommets.

## **II.3 Urbanisation et démographie :**

D'après le recensement 1999-2000 (DHW –Ain Defla), la population totale de la zone d'étude contenant 33 communes était 345 756 Habitants avec un taux de croissance de 3% par an.

65% de cette totalité se localisent dans les zones à vocation agricole, semi urbaines et rurales où la majorité s'alimente en eau par des forages ou des puits destinés à leur propos (DHW .Ain Defla., 2003).

## **II.4 Agriculture :**

La plaine d'El-khemis est à vocation essentiellement agricole. Sa grande partie est occupée par les cultures maraîchères et arboricultures et l'autre partie est utilisée pour les céréales (OPIC., 2003)

### **II. 4.1.Occupation du sol :**

Chaque campagne d'irrigation est caractérisée par son assolement réalisé qui dépend du plan de culture prévisionnel et la disponibilité des ressources en eau. Les cultures pratiquées dans les dernières années montrent que les superficies irriguées ne dépassent pas 6000 Ha/Campagne sur une totale de SAU de 16300 Ha (Voir Tableau II.1 et Fig II.2)

**Tableau N°II.1 :** Evolution des assolements réalisés dans le temps dans le périmètre du Haut Cheliff (Source : OPIC)

Année	Superficie (Ha)							Total
	Arbres			Cultures Maraîchers		C IND	Céréales	
	Agrumes	Oliviers	A.F.D	P.T	AUTRES			
1990	682	19,5	1355,8	1427,2	252,14	21	0	3757,64
1991	480,75	54	1105,4	975,45	778,005	179,5	0	3573,105
1992	633	54	1201,8	976,45	2197,78	188,1	0	5251,13
1993	498	0	1822	644	84	467	0	3515
1994	570	0	1212	0	0	0	0	1782
1995	338,89	55,75	1518	1213,77	514,76	164,5	260,25	4065,92
1996	271,54	53,5	1426,4	1118,25	458,5	101,72	14,5	3444,41
1997	258,65	51	1458,5	1035,81	279,59	89,62	192,6	3365,77
1998	219,02	32	1363,1	1215,33	116,04	68,32	0	3013,81
1999	222,45	35,5	1977	1301,34	341,22	169,71	82,8	4130,02
2000	222,84	38,5	1945,64	1029,42	0	8	19,5	3263,9
2001	296,2	85,65	2000,45	538	120,15	24,65	242,5	3307,6
2002	177,6	31	1610,47	87,83	0	0	0	1906,9
2003	281,05	96,5	1544,41	1548,7	147,69	3	17	3638,35
2004	324,94	85,4	1743,21	1359,13	348,57	9,65	81,94	3952,84

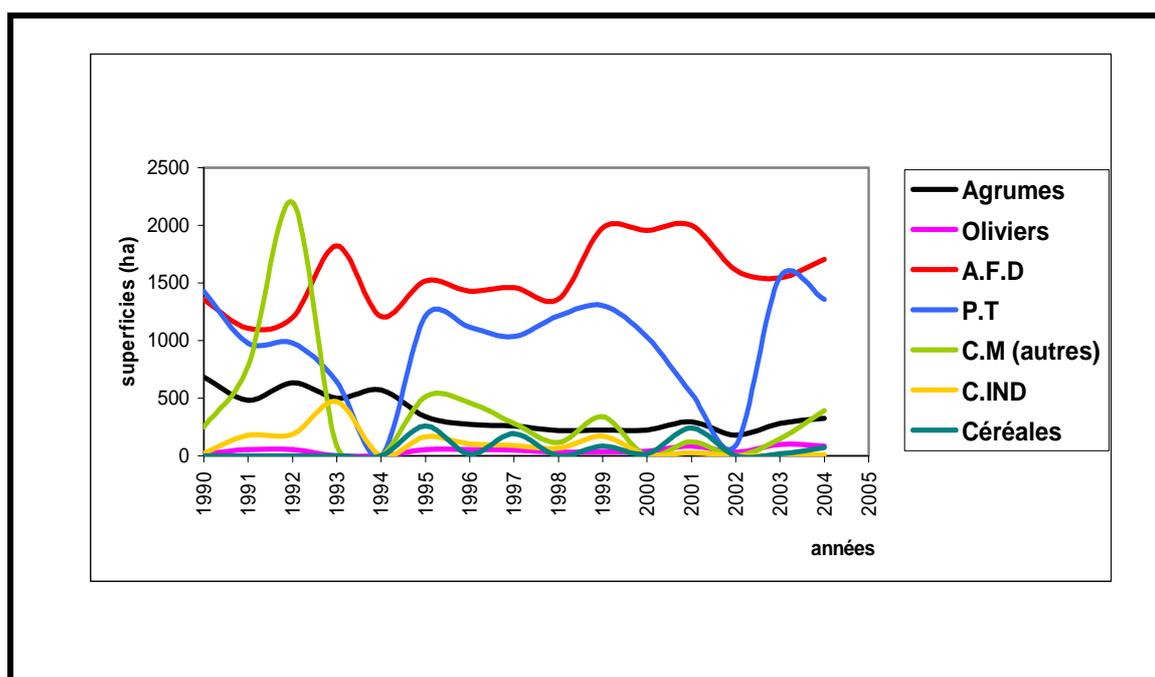


Fig N°II.2: Evolution des superficies irriguées dans le temps

L'étude du BRL (1954) découpe le périmètre du Haut Cheliff du point de vue hydraulique et selon l'axe de l'oued Cheliff en deux rives :

La rive gauche d'une superficie agricole utile de 9523 Ha est subdivisée en trois zones (Est; Ouest et Centrale).

La rive droite d'une superficie de 10820 Ha divisée en cinq secteurs (I ;II ;III.IV et V)

Ainsi, selon ce découpage l'occupation du sol du plan de culture de la campagne 2003/2004 est illustrée dans le tableau II.2 (Voir Fig. II.3)

**Tableau N°II.2** : Superficies irriguées par zone en Hectare.

Spéculation	ZONE OU SECTEUR								
	CENTRALE	OUEST	EST	I	II	III	IV	V	TOTAL
<b>Agrumes</b>	29,5	10,75	49	21	7	48,7	111,5	47,5	324,95
<b>AFD</b>	275,9	649,74	37	74,95	166,29	190,71	192,95	120,02	1707,56
<b>Olivier</b>	4	55,4	0	1	2	0	15	8	85,4
<b>Pépinière</b>	4,52	2,2	6,69	1,2	12,48	1,3	7,25	0	35,64
<b>P.T.S</b>	47	98,58	36,27	96	45,2	23,59	57,5	24,2	428,34
<b>P.T/AS</b>	75,87	201,75	189,97	162,5	113,9	84,25	83,5	19,05	930,79
<b>C.M.D/S</b>	32,44	31,25	16,1	12,05	10,25	40,94	33,25	39,11	215,39
<b>C.M.D/AS</b>	0,5	0	2	93,03	4,2	15,7	9,25	8,5	133,18
<b>C.IND</b>	2	0	1	1,15	3	0	1	1,5	9,65
<b>Fourrage</b>	1,84	0	0,85	0	0	6	0,25	0	8,94
<b>Céréales</b>	3	0	13	15	8	28,5	4	1,5	73
<b>TOTAL</b>	<b>476,57</b>	<b>1049,67</b>	<b>351,88</b>	<b>477,88</b>	<b>372,32</b>	<b>439,69</b>	<b>515,45</b>	<b>269,38</b>	<b>3952,84</b>

La campagne d'irrigation commence à partir du mois d'avril, elle devient plus nécessaire à partir du mois de juin et indispensable pour le mois de juillet et août jusqu'au mois d'octobre, période à laquelle la réserve utile est épuisée.

Une irrigation intensive est nécessaire pendant six mois de l'année (du mois de mars au mois d'août), elle se fait en arboriculture par la méthode de l'irrigation localisée (goutte à goutte), et en culture maraîchère par aspersion.

La culture de la pomme de terre grande consommatrice d'engrais à base azoté est prédominante dans la région Est et Ouest du périmètre.

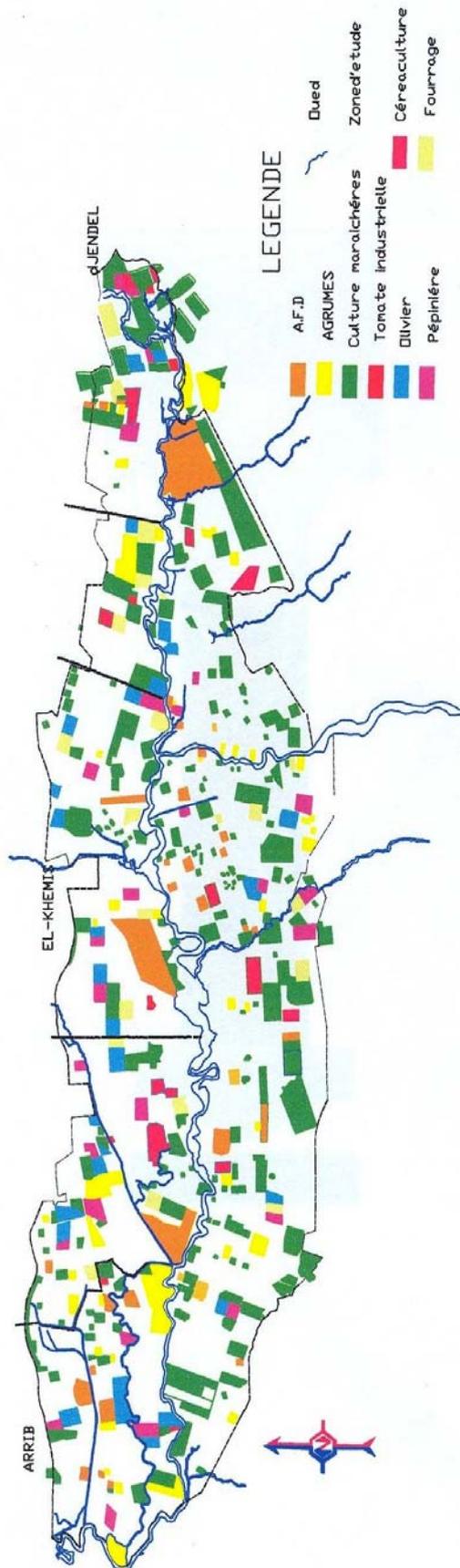


Fig.N°II.03:Carte d'occupation du sol de la plaine d'ELKHEMIS  
(Campagne d'irrigation 2003/2004)

## **II. 4.2. Bilan agricole :**

Le bilan agricole de la campagne 2003/2004 présenté dans le tableau II.3, montre que :

+ 54 % de superficies irrigués sont de l'arboriculture parmi lesquels les pommiers et les poiriers représentent 80%.

+ 44 % de superficies irrigués sont du maraîchage dont près des 3/4 sont consacrés à la pomme de terre grande Consommatrice d'engrais à base azoté.

+02 % des superficies irrigués sont des grandes cultures avec essentiellement des fourrages irrigués.

**Tableau N°II.3** : Bilan agricole de la campagne 2003/2004( OPIC.,2004 )

Spécifications	supef (ha)	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	BES (M <sup>3</sup> /Ha)	VOL HM <sup>3</sup>
<b>Agrumes</b>	324,95		1000	2000	2000	2000	1500	1000	500	10000	3,250
<b>AFD</b>	1707,56	500	1500	2500	2500	2000	1000			10000	17,076
<b>Olivier</b>	85,40		1000	1500	1500	1500	1000	1000	500	8000	0,683
<b>Pépinière</b>	35,64	500	1500	2000	2000	2000	1000	1000		10000	0,356
<b>P.T.S</b>	428,34	2500	2500	2500	500					8000	3,427
<b>P.T/AS</b>	930,79				1000	2500	2500	2500	1500	10000	9,308
<b>C.M.D/S</b>	215,39	1000	2500	2500	2000	1000				9000	1,939
<b>C.M.D/AS</b>	133,18				1000	2500	2500	2500	1500	10000	1,332
<b>C.IND</b>	9,65	1000	2500	2500	2500	1500				10000	0,097
<b>Fourrage</b>	8,94	1000	2000	2000	2000	2000	1000			10000	0,089
<b>Céréales</b>	73,00	1000	1000							2000	0,145
<b>TOTAL</b>	<b>3952,84</b>										<b>37,702</b>

## **II.5 Climatologie :**

Avec un climat semi-aride de type méditerranéen, le Haut Cheliff est caractérisé par des étés très chauds et des hivers tièdes et ce malgré la proximité de la mer (à environ 120 Km ). Les paramètres climatiques sont les suivants:

### **II.5.1 Température :**

Les températures moyennes mensuelles sur une période de 34 ans pour les deux stations d'El Khemis et celle du Barrage Ghrib donnent une température dans la région maximale en Août, variant entre +27°C et 27,3°C, soit une moyenne de l'ordre de +27,2°C., et minimale en Janvier entre +8,9°C et 8,2°C, soit une moyenne de 8,6 °C. (Annexe N° I; tableau 01)

### **II.5.2 Précipitations :**

La lame d'eau précipitée à l'échelle de notre bassin versant sur une période de 34 ans (1968-2001) (Annexe N°I; tableau 02 et 03) est déterminée par la méthode des isohyètes qui tient compte du reliefs et l'altitude

Les sous bassins versants sont représentés dans la figure en Annexe N°I (Voir fig N°01 en Annexe N°I)

Ainsi le calcul de cette lame d'eau précipitée nous donne :  $P = 429 \text{ mm}$  .(Voir Tableau N°II.4)

**Tableau N°II.4** : Bilan moyens annuels de l'écoulement (1968-2001).

Nom sous bassin	Code du sous bassin	Superficie S (km <sup>2</sup> )	P (mm)
Cheliff harbil	0115	784	452,34
Deurdeur	0116	858	418,95
Cheliff harezas	0117	744	416,74

### **II.5.3 Déficit d'écoulement ou évapotranspiration réelle :**

Le déficit d'écoulement ou l'évapotranspiration exprime la quantité d'eau perdue par évapotranspiration biologique qui est une part importante pour l'établissement d'un bilan hydrologique.

Pour la calculer on utilise la formule de TURC qui tient compte des précipitations et de la température et s'applique à tous les climats ; elle est donnée par la formule suivante (Réménieras .G, 1986)

$$ETR = P / \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}} \quad \text{Avec} \quad L = 300 + 25T + 0.005T^3$$

Paramètre Station	T ( C°)	L	P(mm)	E.T.R	
				mm	%P
Plaine d'EL khemis	16.7	951	429	394.5	91

#### **A. Calcul de l'évapotranspiration potentielle E.T.P**

L'évapotranspiration potentielle ou L'E.T.P correspond à la lame d'eau qui pourrait être évapotranspirée si le sol est recouvert d'un tapis végétal contenant en permanence une quantité suffisante d'eau. Elle se déduit par le calcul des indices thermiques mensuels et des températures moyennes mensuelles, et se calcule à partir de la relation suivante:

$$E.T.P = 16 \left( \frac{10 T}{I} \right)^a \times K$$

Avec :

$$I = \sum_{i=12}^{12} \quad \text{Où} \quad i = \left( \frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 0.49239 + (1792 \times 10 \times I)^{-5} - (771 \times 10 \times I^2)^{-7} + (675 \times 10 \times I^3)^{-9}$$

Tel que:

T: Température moyenne mensuelle du mois considéré en °C

ETP:Evapotranspiration potentielle du mois considéré (mm).

K: Coefficient d'ajustement mensuel en fonction du mois et latitude

I : Indice thermique annuel.

i : Indice thermique mensuel.

Les résultats de l'E.T.P obtenus par la formule de THORNTHWAITE sont insérés dans le tableau suivant :

**Tableau N°II.5** :E.T.P moyenne mensuelle et annuelle calculée par la formule de THORNTHWAITE

Mois	Spet	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
T(°C)	22.6	17.9	12.9	9.4	8.6	9.8	12.1	13.6	17.8	22.5	26.4	27.2	16.7
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	
E.T.P (mm)	105.17	65.71	32.73	18.31	16.22	19.94	35.02	45.94	81.16	123.60	166.45	164.11	874.36

La valeur de l'E.T.P annuelle est de 874.36 mm pour l'indice thermique annuel I =78.84

### **B. Evaluation du bilan d'eau selon THORNTHWAITE:**

Le bilan de THORNTHWAITE présenté dans le tableau N°II.6 fait intervenir deux paramètres essentiels : la température et les précipitations.

La détermination de l'E.T.R tient compte de la recharge des sols due aux précipitations et de la décharge due à l'évapotranspiration La différence entre E.T.P et .E.T.R constitue le déficit agricole, car il représente la quantité d'eau supplémentaire qui aurait pu être utilisée par les plantes et le sol, si les disponibilités en eau avaient pu être artificiellement complétées par un système d'irrigation.

**Tableau N°II.6** : Bilan d'eau selon **THORNTHWAITE** de la plaine du Haut Cheliff.

En (mm)	Sept.	Otc.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy. Annuele
P	7.05	35.47	77.24	87.73	45.17	40.12	37.73	30.96	51.47	7.25	0.78	8.03	429
ETP	105.17	65.71	32.73	18.31	16.22	19.94	35.02	45.94	81.16	123.60	166.45	164.11	874.36
P-ETP	-98.12	-30.24	44.51	69.42	28.95	20.18	2.71	-14.98	-29.69	-116.35	-165.67	-156.08	
ETR	7.05	35.47	32.73	18.31	16.22	19.94	35.02	45.94	81.16	62.58	0.78	8.03	<b>363.23</b>
RFU	0	0	44.51	100	100	100	100	85.02	55.33	0	0	0	
EXC	0	0	0	13.93	42.88	63.06	65.77	0	0	0	0	0	65.77
Défic.	98.12	30.24	0	0	0	0	0	14.98	29.69	116.35	165.67	156.08	611.13

Ainsi l'évapotranspiration réelle annuelle est donc de 363 mm pour une pluie moyenne annuelle de 429mm, elle correspond donc à 84% des précipitations, le reste constitue l'excédent ( 66mm) qui représente la quantité d'eau qui s'infiltré et/ou s'écoule dans les oueds selon la formule suivante:

$$EXC=R+I \quad (*)$$

Où :

Exc : Excédent (mm).

R : Ruissellement(mm).

I : Infiltration moyenne annuelle (mm).

Pour déterminer l'infiltration on calcul d'abord le ruissellement

### 1/-Détermination du ruissellement :

Nous estimons le ruissellement selon la formule de TIXERONT-BERKALOFF.

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

Avec :

R : Ruissellement moyen annuel (mm).

P : Précipitation potentielle(mm).

E.T.P : Evapotranspiration potentielle (mm).

Nous aboutissons à R=34,42mm ainsi le ruissellement correspond à 8% des précipitations.

### 2/-Détermination de l'infiltration :

Nous pouvons déduire l'infiltration (I) a partir de l'équation (\*) :

$$I=Exc- R$$

L'infiltration serait donc de 31,35mm environ 7% de la précipitations.

Par comparaison entre ces paramètres climatiques, on constate que la région d'étude présente deux périodes à savoir :

**1. La période sèche :**

Cette période débute du mois de juin et s'étale jusqu'au mois d'octobre dans laquelle se présente un déficit pluviométrique d'où l'ETP est supérieur par rapport aux valeurs des précipitations, ce déficit manifeste essentiellement en été. A cause de ce dernier tous les produits polluants rejetés par les sources de pollution qui existent dans le secteur d'étude vont être accumulés. Cette accumulation pose un grand risque sur l'environnement, car la concentration de ces déchets sera très élevée, c'est pour cela qu'il faut penser à trouver des solutions pour la protéger.

**2. Période humide :**

Cette période répartie sur les mois qui restent de l'année hydrologique dans laquelle les précipitations sont élevées par rapport à l'ETP c'est à dire qu'on a un excédent pluviométrique. Dans cette période se présente le lessivage des terrains, ce phénomène pose aussi un grand risque de pollution pour l'environnement car les produits polluants vont être transportés d'une zone à l'autre par le ruissellement, et même il vont migrés vers les profondeurs dans les zones qui favorisent l'infiltration, et dans ce cas la contamination des nappes souterraines.

Enfin pour compenser le déficit et préserver les récoltes, il faudra recouvrir à l'irrigation, la lame d'eau à fournir au sol sera de 611.13 mm soit 6112 m<sup>3</sup> / ha/ an pour notre zone d'étude la plaine du haut Cheliff qui présente une superficie géographique de 11305 ha de la rive droite et de 9730 ha de la rive gauche soit une superficie, globale de 21035 km<sup>2</sup>, il faudra fournir à la plaine un volume d'eau qui sera égal à 128,56 hm<sup>3</sup>/an cela dépend du types d'agriculture, technique d'irrigation et le type de sol.

**II.6 Aspect hydrologique :**

L'Oued Cheliff, le cours d'eau le plus important de l'Algérie du Nord traverse tout notre secteur suivant un axe Est en Ouest. Notre plaine est séparée de la plaine du moyen Cheliff par le seuil du Doui, ce seuil constitue un barrage relativement étanche entre les deux bassins qui n'ont pour seule communication que le cours d'eau superficiel du Cheliff.

D'amont en aval de la zone d'étude, l'oued cheliff est influencé par le seuil naturel du Doui, sièges d'échanges particuliers entre eaux de surface et aquifères.

En été, l'écoulement dans le Cheliff est quasi-nul, son alimentation étant essentiellement due aux irrigations auxquels viennent s'ajouter quelques faibles débits provenant des lâchés du barrage Ghrif où barrage Deurdeur où celui du Barrage Harreza.

En Hiver; les eaux issues des principaux affluents représentés par les oueds souffay, Boutane et Rayhane, au nord et les oueds Deurdeur, Massine et Harrazza au sud sont collectées au centre de la plaine par l'oued Chélif qui chaîne toutes les eaux du bassin versant vers l'exutoire (SOGREAH.,1984) ( Fig N° II.4 ).

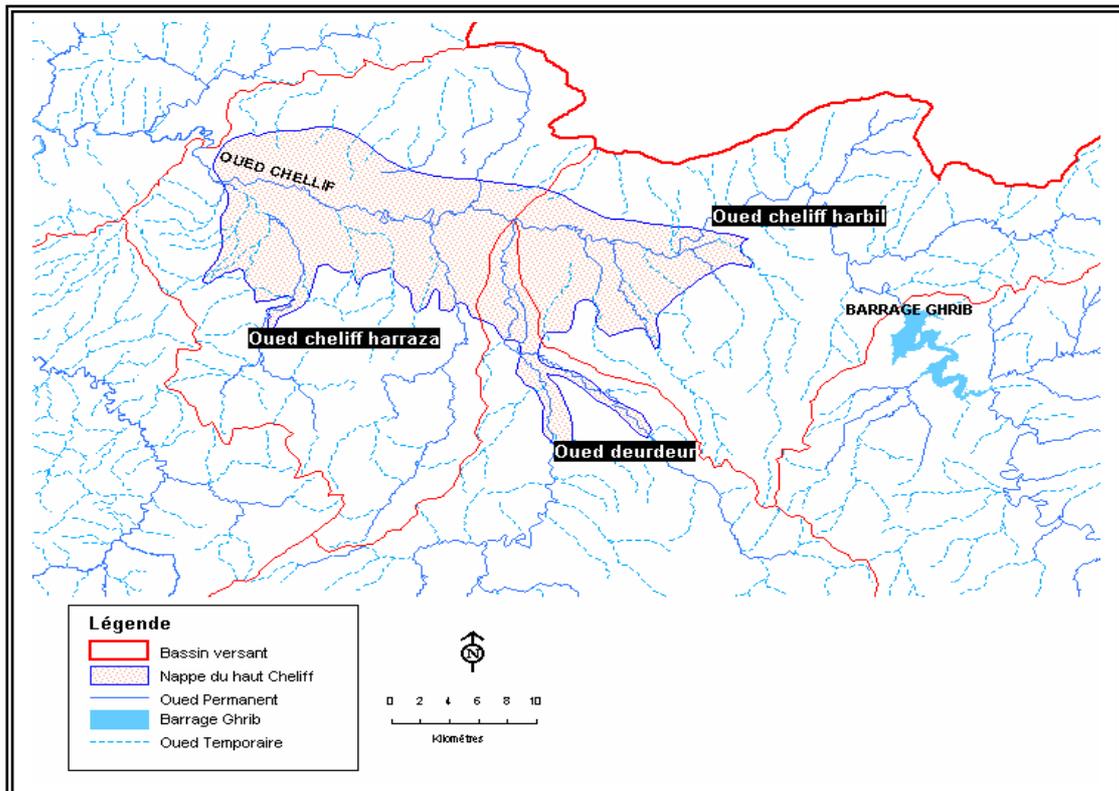


Fig II.04 : Réseau hydrographie de la zone d'étude (Source :ABH)

## **II.7 Cadre géologique général et litho stratigraphie :**

### **II.7.1.Cadre géologique général :**

La plaine de Khemis-Miliana , d'après (Perrodon.,1957) comme le montre (fig. N°II. 5), appartient à un bassin sédimentaire récent, Mio-plio-quaternaire.

L'autochtone de la région est constitué par les massifs jurassico-primaire du Zaccar, du Doui et des Aribis. Le sillon intramontagneux auquel correspond le bassin du haut Cheliff a été comblé par les sédiments néogènes et quaternaires en provenance des massifs environnants suite à une désagrégation des différentes formations.

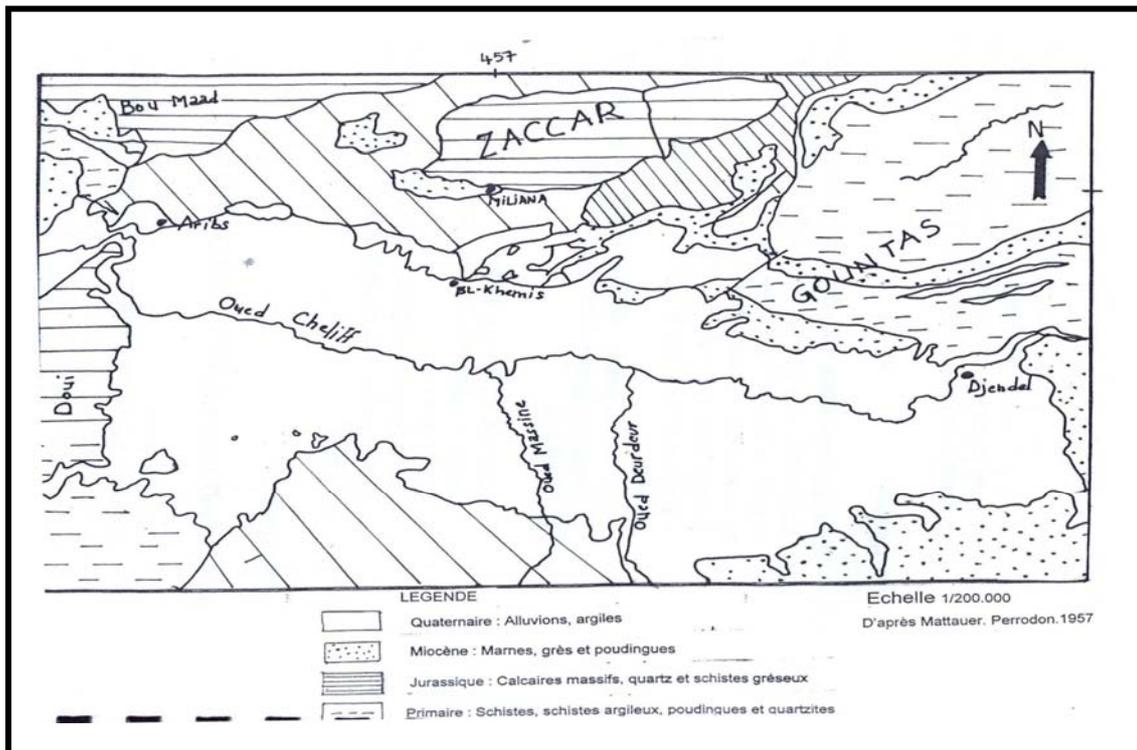


Fig II.05 : Carte géologique de la plaine d'EL-Khemis (Perrodon ,1957)

### **II.7.2.Litho stratigraphie :**

Le secteur d'étude est représenté par des terrains anté-miocènes et les terrains de la plaine du Cheliff qui représente l'aquifère même de la plaine.(Fig N° II.06).

#### **1. .Les terres anté-miocènes :**

a. **Le Primaire :** Il affleure à l'ouest du Doui et au nord du Zaccar, il est constitué de schistes, schistes argileux, poudingues et quartzites.

b. **Le Trias** : Généralement formé de dolomies, calcaires dolomitiques .Il affleure dans le massif de Zaccar et Doui.

c. **Jurassique** : Formé de calcaires massifs, de schistes gréseux et de marno-calcaires, affleurant essentiellement au Doui et au Zaccar.

d. **Crétacé** : Affleure sur les bordures latérales et représenté par les formations suivantes :

1-les argiles schisteuses du Néocomien.

2-Les faciès flysch de l'Albien.

3-Les marnes et les bancs de calcaires et marnes du Sénonien.

## **2. Les terres poste-miocènes :**

Ils affleurent particulièrement dans la plaine d'El-Khemis comme suivant:

a. **Miocène inférieure** : Il est constitué à la base par des conglomérats du Burdigalien, et se termine par des marnes carteniennes.

b. **Miocène supérieure** : Il est généralement constitué de marne bleues et de lentilles sableuses.

c. **Pliocène** : Cette formation affleure largement à l'ouest de la plaine et dans la région de Sidi Lakhdar et des Arrib ,il est matérialisée par les alluvions anciennes de la plaine du Haut Cheliff et l'accumulation des grés et des conglomérats,ce sont à galets quartzeux,gréseux, et argileux.

d. **Quaternaire** : Il est subdivisé en deux : Quaternaire ancien et récent:

1. **Le quaternaire ancien** : Il est formé de deux niveaux, représentés de Bas en Haut par des argiles graveleuses brunes généralement mieux cimentées que les terrains supérieurs terrassées dominant plus de 20 mètres.

2. **Le quaternaire récent**:Il est représenté par des limons bruns et des argiles ayant 10 à 20 mètres d'épaisseur, ils sont rencontrés au pied du massif de Zaccar et au Sud Ouest de Doui .Un niveau d'argile bleu d'une importante épaisseur a été mis en évidence dans la zone des Arrib au Nord Ouest de la Vallée.

Age		Formation	Lithologie	Epaisseur ( m )	Comportement hydrogéologique	
CENOZOIQUE	Quaternaire	Dépôts Mio - Plio - Quaternaire	Limons	150	Semi-perméable	
			Alluvions grossières ( grés et poudingues) Alluvions argileuses (sables ,graviers ,argiles)		perméable	
	Pliocène					
	Miocène		Miocène supérieur	Marnes		Imperméable
			Miocène inférieur	Grés et Poudingues		Perméable
	MESOZOIQUE		Crétacé		marnes	
Jurassique			Calcaires		Perméable	

**Fig N°II.6:** Colonne lithostratigraphique synthétique et comportement hydrogéologique des différentes formations d'après le log stratigraphie établie par (Perrondon.;1957) (Annexe N°I,fig 02 )

Donc on peut dire que l'étude géologique permet de mettre en évidence deux formations susceptibles d'être aquifères, il s'agit :

- Des formations calcaires du Jurassique.
- Des dépôts alluvionnaires quaternaires de la plaine de Khemis-Miliana.

## **II.8 Aspect hydrogéologique :**

La plaine alluviale du Haut Cheliff est un remplissage alluvionnaire d'âge Mio-Plio-Quaternaire, représenté par des dépôts alluvionnaires comme du quaternaire et des grès du Mio-Plio-Quaternaire d'une épaisseur de 50 m à 100 m au niveau de oued Chélif et d'une résistivité de 100 ohm.m . Les marnes constituent le substratum de cet horizon aquifère. (Voir Tableau N°II.7)

L'alimentation de cette nappe est assurée par les eaux d'infiltration des:

- Précipitations tombant sur la plaine.
- Eaux de ruissellement des oueds (Deurdeur, Chélif, Souffay, Boutane...ext) (SOGREAH.,1984).
- Eaux d'irrigation excédentaires

**Tableau N°II.7** : Comportement hydrogéologique des différentes formations de la plaine d'El- khemis » (Source :ANRH/Alger)

<b>Formations</b>	<b>Epaisseur (m)</b>	<b>Age géologique</b>	<b>Comportement hydrogéologique</b>	<b>Type de nappe</b>
Limons	6 – 20	Quaternaire	Imperméable	Peuvent rendre la nappe des alluvions captive.
Alluvions grossières	50-150	Quaternaire	Perméable (porosité d'interstices)	Captives à semi-captive (parfois libre)
Marnes	200	Pliocène	Imperméable	-
Grés et poudingues	100 – 200	Miocène	Perméable (porosité d'interstices)	Nappe captive à semi-captive (non exploitée)

## **II.9 La piézométrie :**

Dans le but d'étudier le comportement hydrodynamique de l'aquifère mio-plio-quaternaire, l'étude piézométrique s'est déroulée en septembre 2003 (basses eaux) et en Avril 2004 (hauts eaux) par des prélèvements des niveaux statiques des 34 puits repartis sur toutes la plaine (Voir Annexe I; tableau04; 05 et 06) .

L'interprétation de ces campagnes est la suivante:

### **II.9.1.Piezométrie de la campagne Sptembre2003:**

L'analyse la carte piézométrique (Fig.II.7) montre un axe de drainage d'orientation Est-Ouest parallèle à l'oued Cheliff.

A l'amont de la nappe alluviale, les courbes piézométrique sont très serrés ce qui correspond à un fort gradient altimétrique (20%), cet état de fait est du à l'amincissement des formations alluvionnaires, ceci est du probablement à une alimentation à partir des grés du miocène du Djbel Gountas ainsi que les lâché du barrage GHRIB et les précipitations, l'épaisseur de la tranche mouillé croit quand on se déplace le long de l'oued.

A partir de l'isopiéze 280 sur toute son étendue, le gradient hydraulique est de" l'ordre de 10% les filets de courant convergent vers l'oued qui joue le rôle d'un véritable drain.

Dans la partie centre de la nappe on remarque une zone de dépressions; celle-ci dû à l'exploitation intensive de la nappe cette dépression est présentée particulièrement au niveau des forages surexploités

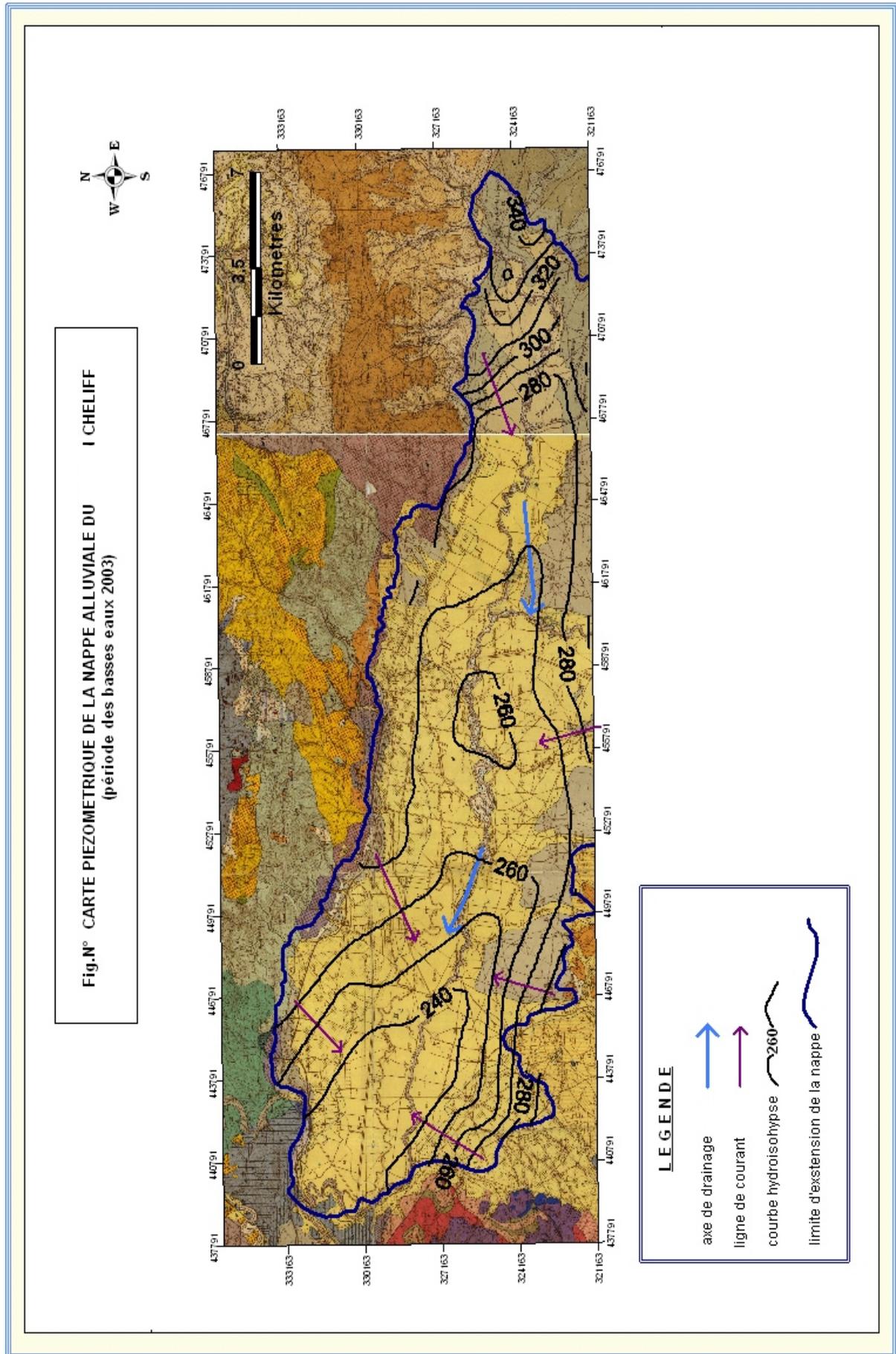
Dans la zone Aval de la nappe le gradient hydraulique est de l'ordre de (20% ) à la rive gauche de l'oued et devient faible à la rive droite. Avec une alimentation très claire de la partie sud de la plaine à cette partie la nappe est alimentée par oued Maissine et Harreza de côté Sud et par l'oued Boutane côté Nord.

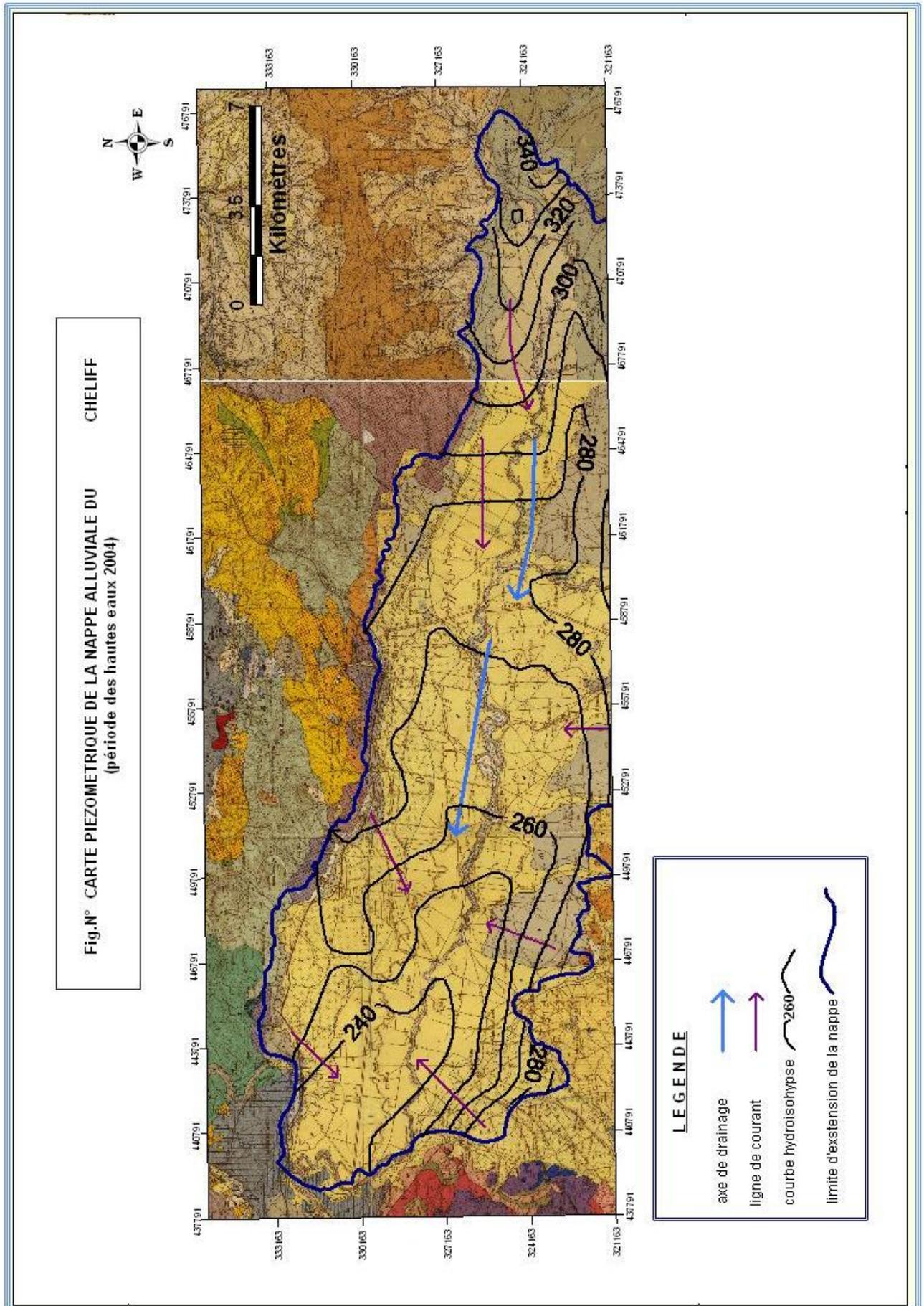
### **II.9.2.Piezométrie de la campagne Avril 2004:**

La carte piézométrique (Fig. N°II.8)montre que dans la zone amont de la nappe, le gradient hydraulique est important, les formations sont très peu épaisses, nous constatons une légère remontée du niveau de la nappe, la remontée importante plutôt au niveau de point 85/23 de différence de l'ordre de 3.54 m aussi au niveau de point p38/85 de l'ordre 2.36m et pour les isopièzes 280, 260,240 l'allure générale de ces filets presque identique à celle de septembre 2003, avec toutefois quelques différences en certaine endroits.

Les filets de courant convergeraient vers l'oued, ce qui démontrerait un axe d'écoulement souterrain qui serait parallèle au profil d'oued Chelif.

L'alimentation directe de la nappe à partir des eaux de pluie est insignifiante, les oueds restent généralement pérennes et la seule alimentation possible reste l'infiltration naturelle à partir des eaux de l'oued.





## **II.10 Conclusion :**

A l'issue de ce chapitre ; on assume que la nappe du Haut Cheliff est journalièrement confrontée au risque de la pollution par les nitrates provenant des activités industrielles, agricoles ainsi que des effluents domestiques rejetés souvent sans épuration à cause des facteurs suivants:

1.**Couvert végétal:** La plaine est caractérisée par les cultures diversifiées notamment l'arboriculture, les maraîchères et les cultures fourragères toutes profitant d'apports considérables d'engrais à base d'azote.

2.**Topographie du sol:** cette plaine est caractérisée par une faible pente (15%), favorisant une infiltration et par conséquent un lessivage des nitrates vers la nappe.

3.**La climatologie:** La forte évapotranspiration et la rareté de la précipitation (ETP=84%de la précipitation) ne permettent pas le renouvellement des réserves souterraines et donc la dilution qui pourrait atténuer les teneurs en nitrates.

4.**La lithologie:**la plaine du haut Cheliff est caractérisée par une formation Mioplioquaternaire favorisant la facilité de la pénétration des nitrates vers la nappe dans la zone non saturée par le biais des pores intrinsèques.

5.**Nature de la nappe :** c'est une nappe alluviale caractérisée par une connexion hydraulique entre la nappe et le cours d'eau ainsi la vulnérabilité de cette nappe peut être aggravée par le fait que les niveaux piezométriques sont très faibles.

Tous ces paramètres peuvent justifier la réponse par "OUI" sur la question "Peut-on prévoir les transferts des nitrates vers les eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Cheliff?".

Une telle réponse avec une grande probabilité de conviction reflète les analyses effectuées par l'ANRH qui prouvent la dégradation de la qualité de cette nappe depuis une vingtaine d'année.

### III.1 Introduction :

L'étude hydro chimique de la nappe de la plaine d'El Khemis a pour but de mieux comprendre les mécanismes d'alimentation de l'aquifère.

L'évolution de l'agriculture et celle de la population sont les principales causes qui déterminent l'historique de la pollution actuelle.

Toutefois Cette étude ne peut de dérouler sans l'étude de la qualité des eaux superficielles étant donné que cette nappe est en connexion hydraulique avec les cours d'eau.

### III.2 Qualité des eaux superficielles :

D'après la carte de la qualité des eaux superficielles accomplie par l'ANRH –Blida durant la campagne 1999 (Séminaire DHW Relizane : 1999) (Voir Fig N°III.1) et selon les grilles de classification des qualités des eaux superficielles (Tableau N°III.1), on remarque que les eaux superficielles de la zone d'étude particulièrement oued Cheliff sont polluées par les nitrates.

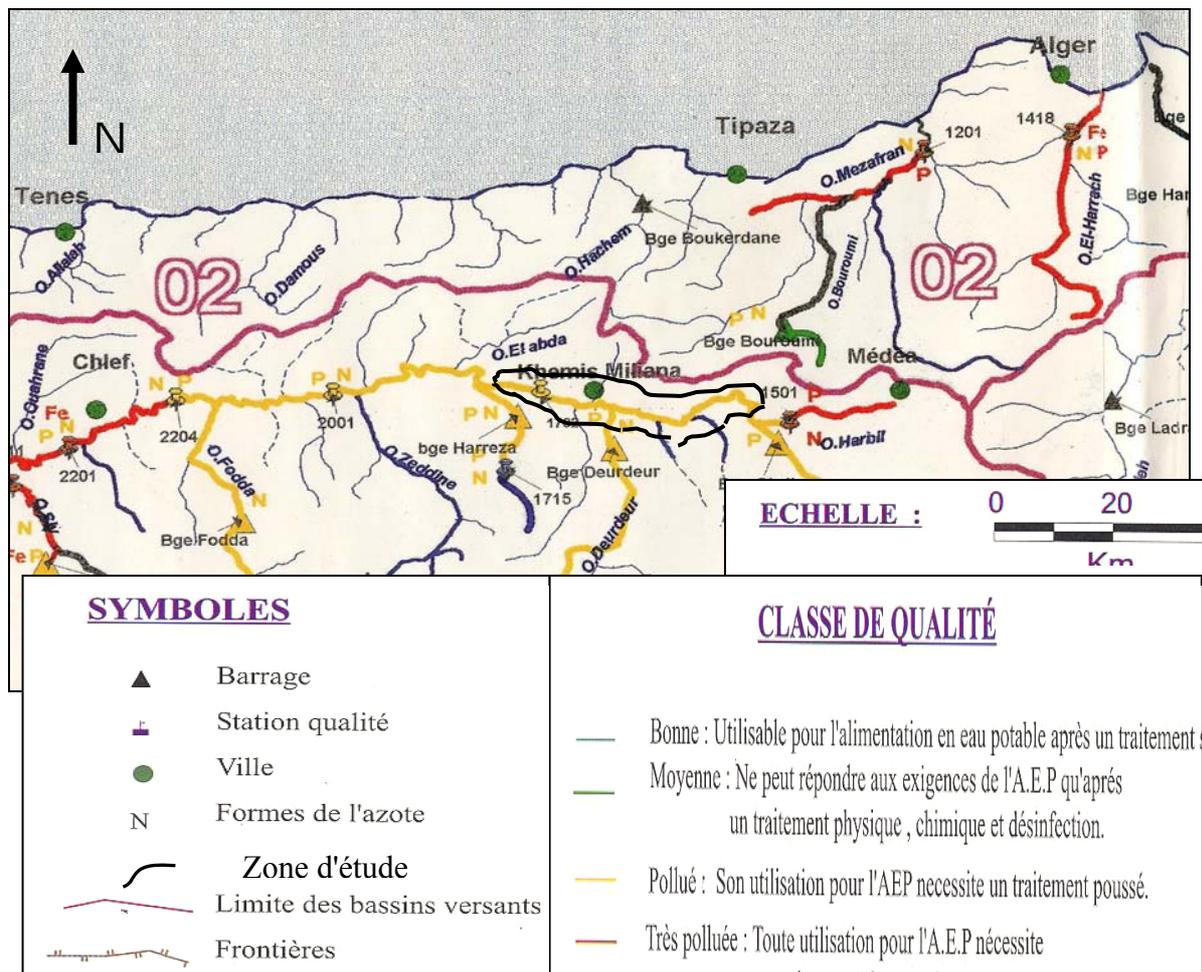


Fig N°III.1 : Extrait de la carte de la qualité des eaux superficielles **Source :ANRH-Alger**

**Tableau N°III.1** : Grille de classification des eaux superficielles (Source :ANRH-Alger)

Classe Paramètres	Bonne	Moyenne	Polluée	Très polluée
NH <sub>4</sub> mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
NO <sub>2</sub> mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
NO <sub>3</sub> mg/l	<10	10-20	20-40	>40

Par conséquent, la qualité des eaux des barrages (Voir tableau N°III.2) est bonne pour les nitrates, moyenne pour les nitrites et polluée pour l'ammonium; de ce fait ces indicateurs montrent qu'il y a une dégradation de la qualité des eaux superficielles provient de l'émission des eaux usées et les rejets domestiques dans ces ouvrages hydrauliques.

**Tableau N°III.2** : Qualité des eaux des barrages en azote

Nom	Code	Oued	Capacité	No <sub>2</sub> mg/l	Classe	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	classe	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	classe
Ghrib	01-14-01	Cheliff	158	0,03	2	5,38	1	0,35	3
Deurdeur	01-16-09	Deurdeur	115	0,10	3	2,38	1	0,65	3
Harreza	01-17-18	Harreza	75	0,03	2	6,5	1	0,18	3

Ainsi, l'oued Cheliff s'étalant sur toute l'étendue de la plaine du Haut Cheliff et les eaux lâchées provenant des trois (03) barrages Ghrib, Deurdeur et Harreza contribuent à la dégradation de la qualité des eaux de la nappe du Haut Cheliff par les nitrates ; surtout si on sait que les niveaux piézométriques sont faibles mettant la surface du sol et le toit de la nappe en relation presque directe et rendant en conséquence la nappe facilement vulnérable à la pollution par les nitrates

### **III.3 Caractères physico chimiques des eaux souterraines :**

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines a porté sur trente et sept (37) échantillons d'eau prélevés en Avril 2004 à partir des forages et puits implantés dans la plaine d'El khemis par l'ANRH Khemis.

Les résultats des analyses des facteurs physico-chimiques sont insérés dans l'Annexe II ;tableau 01.; et leur interprétations est :

### **A. Température:**

La température des eaux de la nappe alluviale du Haut Cheliff est acceptable de point de vue de potabilité thermique (Annexe II; Tableau02) car elle est inférieure à la norme qui est de 30°C (Annexe II; Tableau03)

### **B. pH Mesuré:**

Le pH des eaux de la nappe alluviale du Haut Cheliff est varié entre 7.2 et 8, (Voir Annexe II; Tableau 01) ; cette valeur ne dépasse pas les normes (PH : entre 6 et 9). (Voir Annexe II; Tableau 03). En plus du moment que les carbonates n'existent dans cette eau souterraine et  $\text{PH} < 8.3$ , on peut dire que cette eau est potable.

### **C. La conductivité électrique de l'eau:**

La conductivité est liée à la minéralisation des eaux .Elle est d'autant plus élevée que la qualité des matière minérales dissoute est grande.

La valeur de la conductivité mesurée à 25°C varie entre 724 et 5064  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Annexe II; tableau 01). Cette variation est issue principalement du type de formation traversé et l'on remarque:

1. Dans la partie Nord-Est de la plaine, la présence du crétacé est le facteur principale de la forte conductivité (P27/85=5064  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et P26/85=3590  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
2. Dans la partie Sud de la plaine, la conductivité devient de plus en plus prononcée vers l'oued Massine et atteint 4805  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au puits P311/84 . du fait qu'en amont, cet oued lessive des terrains salifères triasiques et sa lente circulation favorise certainement les échanges de base entre l'eau et le terrain (ANRH;1973).
3. A l'ouest de la plaine vers l'oued Harreza, les fortes valeurs sont dues à la nature du sol (alluvions très argileuses) et au fait que les eaux sont très proches de la surface.
4. Par contre l'extrémité Sud Ouest l'alimentation par le massif quartzitique du Doui explique très certainement la faible conductivité (P131/84=904  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### D. Dureté :

Elle représente la somme des concentrations des ions calcium et magnésium d'une eau. Sur l'ensemble de la région on remarque que les valeurs de la dureté ne dépassent pas 100°F (Voir Annexe II; tableau 01).à l'exception dans les zones suivantes à savoir:

1. Dans la partie nord Est, les fortes teneurs de la dureté, (P27/85=203, P26/85=150, P39/84=93) sont surtout liés à la dissolution des carbonates de calcium (  $\text{CaCO}_3$ ) contenus dans les calcaires dolomite de Djebel Zaccar (IRAT.,1972)
2. Dans la partie Sud Ouest entre Oued Deudeur et Massine les fortes teneurs de la dureté,(P314/84=178,P311/84=167,P63/84=154) peuvent provenir des formations marneuses du complexe mio-plio-quaternaire.(Voir Fig N°II.05) (Annexe II; tableau 01).

Enfin on peut dire que tous les points d'eau traités dans cette plaine représentent une potabilité médiocre à mauvaise dont 7% sont des eaux dures et 82% sont des eaux très dures (Voir Annexe II;tableau 04).

### E. Classification des eaux souterraines de la zone d'étude:

Selon les anions et les cations prédominants de chaque point d'eau (Annexe II; tableau 05) les différents faciès chimiques et leurs fréquences en pourcentage dans la plaine du Haut Cheliff sont répertoriés dans le tableau suivant:

**Tableau N°II.03:**Faciès chimiques des eaux souterraines dans la zone d'étude:

Nombre de points d'eau	Faciès chimique	Fréquence (%)
8	Chloruré sodique	61
22	Chloruré calcique	22
4	Bicarbonate calcique	11
1	Chloruré magnésique	2
1	Chloruré carbonaté	2
1	Calcique sulfaté	2

Ainsi cette représentation peut être illustrée sur le diagramme de PIPER (Fig. N°III.02) qui nous permet d'avoir une approche globale de la composition chimique de l'eau.

Cette représentation permet d'obtenir deux faciès chimiques suivantes:

1. Le faciès chloruré calcique, sulfaté magnésium.

2. Le faciès chloruré sodique, potassique.

On remarque que l'ensemble des ions est groupé dans le triangle avec une tendance vers le pôle calcique des cations et vers le pôle chloruré des anions.

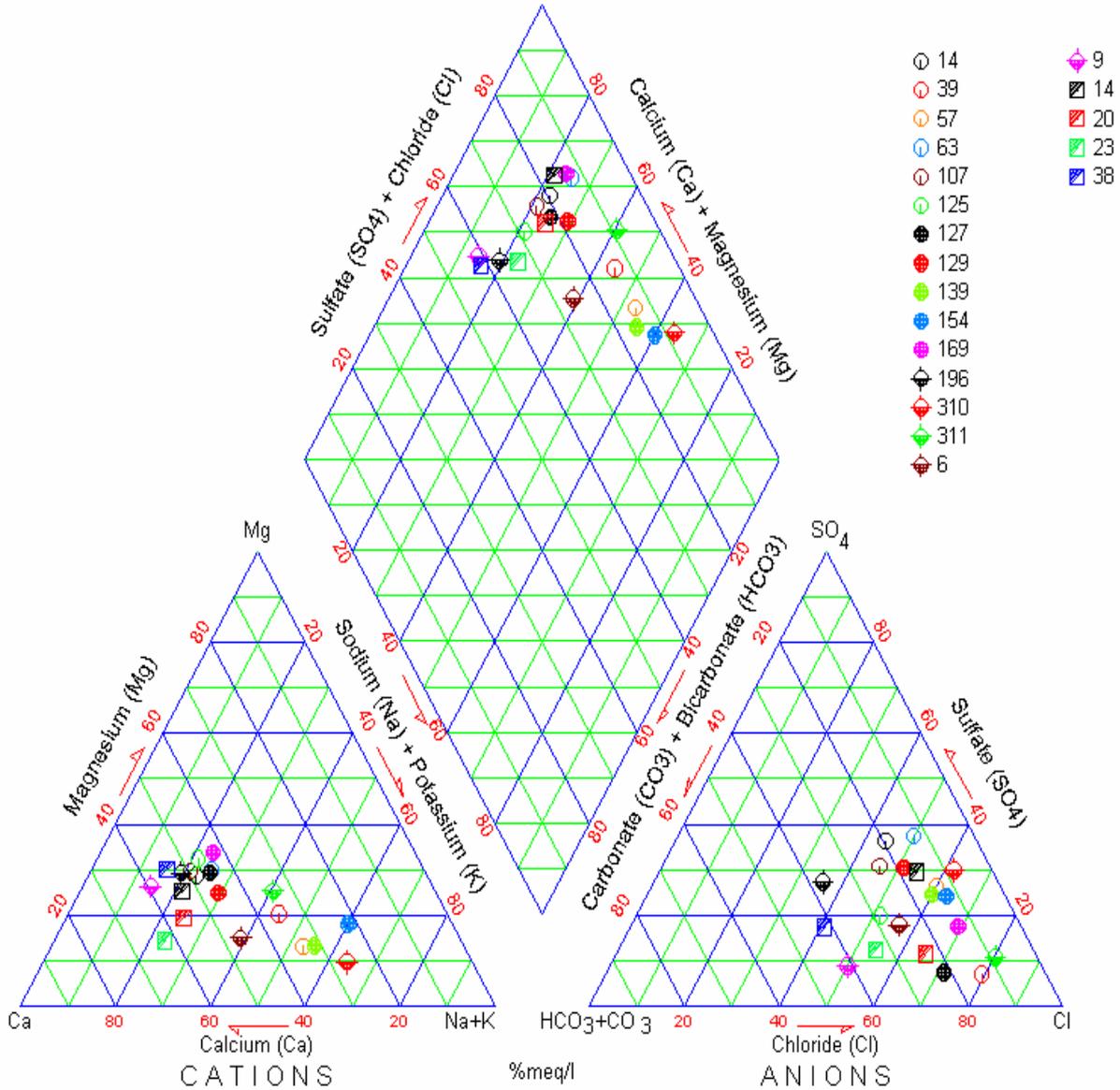


Fig. N°III°2 : Représentation des faciès chimiques sur le diagramme de piper

Compagne (2004)

**Source : ANRH -Alger**

Les résultats obtenus peuvent être expliqués par le fait que:

1. La présence des carapaces calcaires bien développées dans la région est issue de l'existence des calcaires du massif du Zaccar et des dolomies et schistes du massif du Doui.

2. Pour les sulfatés calcique, les sulfates pourraient avoir une origine agricole (lessivage des doses d'engrais a base sulfate vers la nappe (P27/85 ).
3. La nature lithologique serait à l'origine des fortes teneurs en chlorures (Dissolution des formations miocène).
4. d'autre part la proximité de la surface piézométrique par endroits aura pour effet une évaporation intense qui entraînera la salinité des eaux et par conséquence la présence du caractère sodique dans la région.

En fin du fait de la faible vitesse du transit de l'eau (ANRH;1973), ces faciès chimique illustrent l'existence et l'importance des " transferts " entre la roche et l'eau

### **III.4 Evolution des teneurs en nitrates dans la zone d'étude :**

#### **III.4.1.Hystorique sur l'évolution des teneurs en nitrates :**

##### **A. CAMPAGNE AVRIL 1991 :**

Les concentrations de nitrates dans les eaux souterraines oscillaient entre 1 mg/l (puits 111/84) et 325 mg/l (puits 169).(Voir Annexe II,tableau06). Dans les 50 points d'eau échantillonnées, 24 dépassent les normes de l'OMS(50mg/l) soit environ (50 %) .(Fig.N°III 03)

##### **B. CAMPAGNE AVRIL 1997 :**

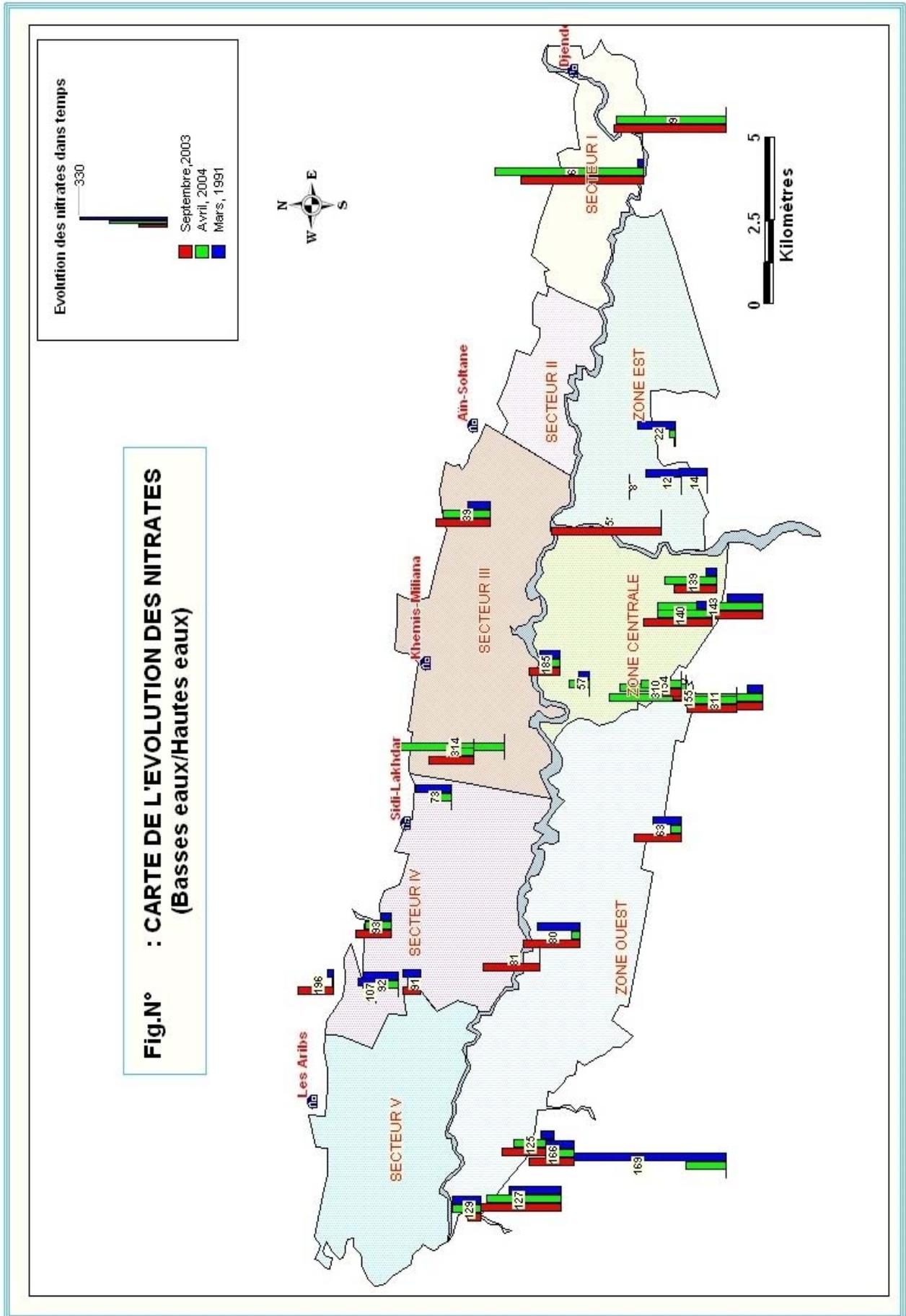
D'après cette campagne les teneurs de nitrates variaient de 3mg/l (puit111/84) à 280 mg/l (puits 40/84) ; ce qui est très excessif. Ce dernier puits est situé près de la ville d'El-Khemis à l'aval d'une ferme avec l'existence d'une fosse septique et utilisation des engrais azotés pour fertiliser le sol. Dans les 40 points d'eau échantillonnées, 22 dépassent les normes de l'OMS soit environ (55 %).(Voir Annexe II,tableau07)

#### **III.4.2.Campagne réalisée :(Résultat et interprétation) :**

Les points d'eau qui font objet d'échantillonnage dans la zone d'étude pour le suivi de la qualité des eaux sont généralement des puits privés implantés dans les nappes superficielles du mioplioquaternaire du Haut Cheliff.

Ainsi nous disposons de données concernant le paramètre chimique qui fait l'objet de notre étude (Nitrate) sur plusieurs années dans des puits repartis de la plaine.

Ceci permettrait l'étude du comportement spatio-temporel des nitrates et la définition des facteurs qui contribuent le plus à ce comportement. Pour cela on a réalisé deux campagnes qui correspondent respectivement aux basses eaux et hautes eaux à savoir :



### **A. CAMPAGNE SEPTEMBRE 2003**

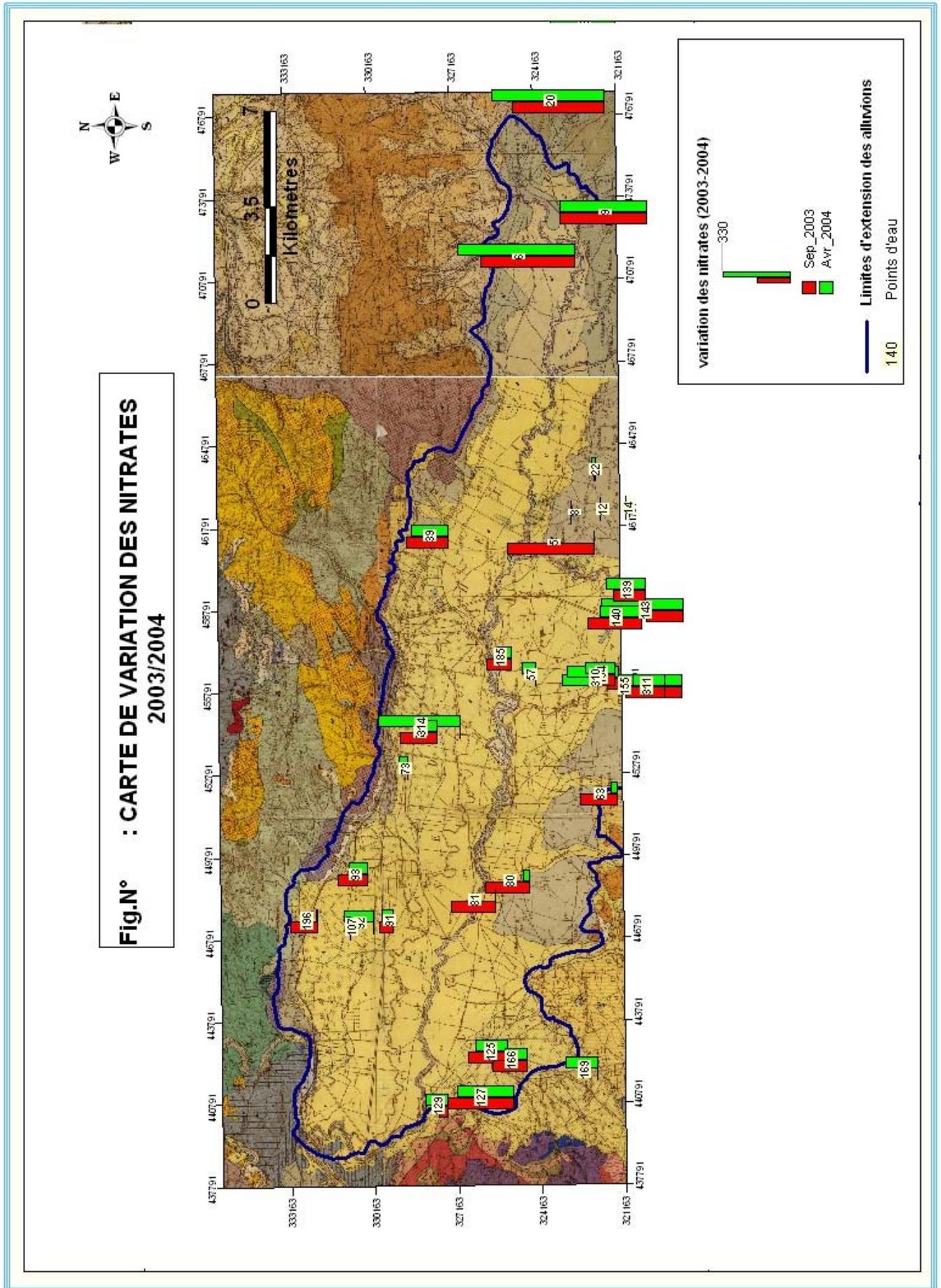
Lors de la campagne de septembre 2003, on a prélevé 31 échantillons d'eau, (Voir Annexe II, tableau 08); les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines variaient de 1mg/l (puits W 84/14) à 220 mg/l (puits W 6/85). Ce dernier puits est située près de la ville, à l'aval d'une ferme avec l'existence d'une fosse septique et utilisation les engrais azotés pour fertiliser le sol.. (Fig.III.04 ).

Ainsi sur 31 échantillons d'eau ,24 dépassent la valeur admissible (50mg/l) ;soit78% de nombre de points prélevés.

### **B. CAMPAGNE AVRIL 2004**

Au niveau de la nappe du Haut Cheliff, sur 45 échantillons d'eau prélevés (Voir Annexe II.,tableau 09) , 30 ne répondent pas aux normes de l'OMS soit plus de 66 % qui dépassent les normes. Malgré la dilution des eaux souterraines par l'infiltration des eaux de pluies et les eaux de ruissellement.(Fig.III.03) et .(Fig.III.04) .

Cette recharge nette ne permet pas le renouvellement des réserves souterraines et donc la dilution qui pourrait atténuer les teneurs en nitrates engendrant ainsi le phénomène de la rémanence de la nappe.



### III.4.3. Etablissement du Bilan des teneurs maximales :

A partir des analyses effectuées par le service ANRH lors des deux décennies qui relèvent des concentrations en nitrates très élevées et non conformes à la norme internationale (50mg/l), une étude de l'état actuel de la qualité de ces eaux a travers une méthode analytique s'avère indispensable pour permettre d'évaluer l'ampleur de cette dégradation dans le temps et établir un bilan des teneurs des nitrates

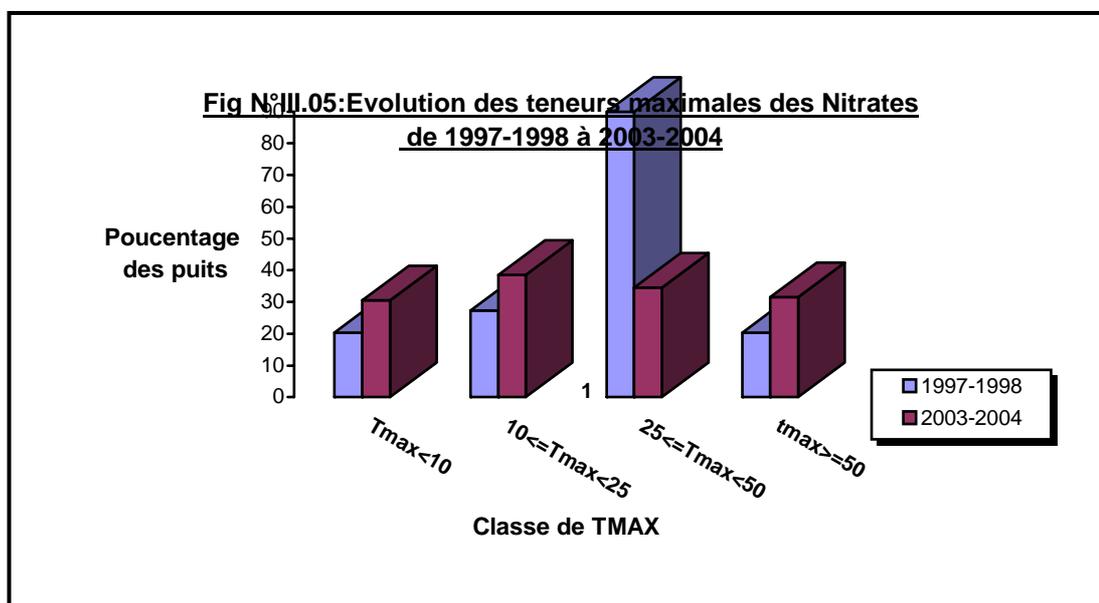
A cet effet le traitement des données portera sur les valeurs des teneurs maxima des nitrates de chaque année entre les basses eaux et les hautes eaux.(Voir Annexe II,tableau10)

#### III.4.3.1. Tableau N°III.4 : Analyse de l'évolution des teneurs maximales de 1997-1998 à 2003-2004.(Voir Annexe II,tableau10)

Le nombre de points communs dont les teneurs maximales respectivement sont renseignées est de 45 points

		: Les points de surveillance où la teneur maximale (mg/l) est comprise entre			
		Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
1997-1998	Pourcentage	8.9%	8.9%	24.5%	57.7%
2003-2004	Pourcentage	6.6%	13.4%	15.5%	64.5%

-De 1997-1998 à 2003-2004, le nombre de puits dont la teneur maximale est supérieure à 50mg/l à évolue de 57.7% à 64.5%.



**A. Tableau N°III.5 :** Evolution de la répartition à l'intérieur de chaque classe .

Sur les 26 points de teneur maximale supérieure à 50 mg/l en 1997-1998				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	0	3	2	21

Sur les 11 points de teneur maximale comprise entre 25 et 50 mg/l en 1997-1998				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	0	1	3	7

Sur les 4 points de teneur maximale comprise entre 10 et 25 mg/l en 1997-1998				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	1	0	2	1

Sur les 4 points de teneur maximale inférieure à 10 mg/l en 1997-1998				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	2	2	0	0

Sur l'ensemble des différentes classes de répartition, le nombre de points de surveillances dont la teneur maximale à fait l'objet :

- ✓ D'un passage en classe supérieure est de 12 sur 45, soit 26.7%.
- ✓ D'une stabilité de classement est de 26 sur 45, soit 57.8%.
- ✓ D'un passage en classe inférieure est de 7 sur 45, soit 15.5%

**B. Tableau N°III.6 :** Evolution des teneurs maximales de 1997-1998 à 2003-2004.

Indépendamment de cette approche par classe de concentration, les évolutions des teneurs maximales sur les mêmes 45 points communs aux deux campagnes de prélèvement sur les eaux souterraines se répartissent de la manière suivante :

	Nombre de points dont l'évolution des teneurs ( $\Delta$ ) est				
Variation de la teneur maximale entre les deux campagnes (mg/l)	En diminution		Stable	En augmentation	
	$\Delta \leq -5$	$-5 < \Delta < -1$	$-1 < \Delta \leq +1$	$+1 < \Delta < +5$	$\Delta \geq +5$
Nombre de points	10	1	3	1	30
	<b>11</b>		<b>3</b>	<b>31</b>	

Ceci mit en évidence :

- ✓ Une tendance à la dégradation sur 31 points, soit 69% avec une augmentation de teneur supérieure à 1 mg/L.
- ✓ Une tendance à la stabilité sur 3 point, soit 7% avec une évolution des teneurs comprise entre -1 et +1 mg/L.

✓ Une tendance à l'amélioration sur 11 point, soit 24% avec une diminution de teneur d'au moins de 1mg/L.

**III.4.3.2. Tableau N°III.7 :** Analyse de l'évolution des teneurs maximales de 1990-1991 à 2003-2004.(Voir Annexe II,tableau11)

Le nombre de points communs dont les teneurs maximales respectivement sont renseignées est de 39 points

		Les points de surveillance où la teneur maximale (mg/l) est comprise entre			
		Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
Campagne 1990-1991	Nombre	4	8	11	16
	Pourcentage	10.2%	20.5%	28.2%	41.0%
Campagne 1997-1998	Nombre	3	3	11	22
	Pourcentage	7.7%	7.7%	28.2%	56.4%
Campagne 2003-2004	Nombre	3	5	6	25
	Pourcentage	7.7%	12.8%	15.4%	64.1%

-De 1990-1991 à 2003-2004, le nombre de puits dont la teneur maximale est supérieure à 50mg/l à évolue de 41.0% à 64.1%.

**A. Tableau N°III.8 :** Evolution de la répartition à l'intérieur de chaque classe :

Sur les 16 points de teneur maximale supérieure à 50 mg/l en 1990-1991				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	0	3	2	11

Sur les 11 points de teneur maximale comprise entre 25 et 50 mg/l en 1990-1991				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	0	1	3	7

Sur les 8 points de teneur maximale comprise entre 10 et 25 mg/l en 1990-1991				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	1	0	1	6

Sur les 4 points de teneur maximale inférieure à 10 mg/l en 1990-1991				
Bilan 2003-2004	Tmax<10	10<=Tmax<25	25<=Tmax<50	Tmax>=50
	2	1	0	1

Sur l'ensemble des différentes classes de répartition, le nombre de points de surveillances dont la teneur maximale à fait l'objet :

- ✓ D'un passage en classe supérieure est de 16 sur 39, soit 41.1%.
- ✓ D'une stabilité de classement est de 16 sur 39, soit 41.1%.
- ✓ D'un passage en classe inférieure est de 7 sur 39, soit 17.9%

**B. Tableau N°III.9 :** Evolution des teneurs maximales de 1990-1991 à 2003-2004 .

Indépendamment de cette approche par classe de concentration, les évolutions des teneurs maximales sur les mêmes 39 points communs aux deux campagnes de prélèvement sur les eaux souterraines se répartissent de la manière suivante :

Variation de la teneur maximale entre les deux campagnes (mg/l)	Nombre de points dont l'évolution des teneurs ( $\Delta$ ) est				
	En diminution		Stable	En augmentation	
	$\Delta \leq -5$	$-5 < \Delta < -1$	$-1 < \Delta \leq +1$	$+1 < \Delta < +5$	$\Delta \geq +5$
Nombre de points	9	1	1	1	27
	<b>10</b>		<b>1</b>	<b>28</b>	

Ceci mit en évidence :

- ✓ Une tendance à la dégradation sur 28 points ,soit 72% avec une augmentation de teneur supérieure à 1 mg/L.
- ✓ Une tendance à la stabilité sur 1 point ,soit 3% avec une évolution des teneurs comprise entre -1 et +1 mg/L.
- ✓ Une tendance à l'amélioration sur 10 point ,soit 25% avec une diminution de teneur d'au moins de 1mg/L.

**III.4.3.3. Tableau N°III.10 :** Bilan des teneurs maximales sur les eaux souterraines.

1-Parmi les 28 points dont l'évolution de teneur maximale de 1990-/1991 à2003-2004 est supérieure à 1 mg/L.

Evolution annuelle de la moyenne des teneurs maximales			
28 Points	De 1990-1991 à 1997-1998	De 1997-1998 à 2003-2004	Tendance des évolutions
	+5.13 mg/l par an	+5.66 mg/l par an	
Avec comme évolution spécifique entre chaque campagne			
21 points	+5.67 mg/l par an	+6.76 mg/l par an	En dégradation continue depuis 1990
3 points	-1.15 mg/l par an	+6.87 mg/l par an	En dégradation depuis 1997
4 points	+7.00 mg/l par an	-0. mg/l par an	En amélioration depuis 1997

2-Le seul point dont l'évolution de teneur maximale de 1990-/1991 à 2003-2004 est comprise entre -1 et +1 mg/L.

Evolution annuelle de la moyenne des teneurs maximales			
01 Points	De 1990-1991 à 1997-1998	De 1997-1998 à 2003-2004	Tendance des évolutions
	-4.29 mg/l par an	+4.28 mg/l par an	En dégradation depuis 1997

3-Parmi les 10 points dont l'évolution de teneur maximale de 1990-/1991 à 2003-2004 est inférieure à 1 mg/L.

Evolution annuelle de la moyenne des teneurs maximales			
10 Points	De 1990-1991 à 1997-1998	De 1997-1998 à 2003-2004	Tendance des évolutions
	-1.60 mg/l par an	-2.91 mg/l par an	
Avec comme évolution spécifique entre chaque campagne			
5 points	-1.94 mg/l par an	-3.20 mg/l par an	En amélioration continue depuis 1990
2 points	-4.14 mg/l par an	+1.07 mg/l par an	En dégradation depuis 1997
3 points	+0.66 mg/l par an	-5.09 mg/l par an	En amélioration depuis 1997

#### **III.4.4. Interpolation de la carte des teneurs maximales des nitrates :**

L'interpolation de la carte des teneurs maximales des nitrates pour la campagne 2003/2004 des basses eaux et les hautes eaux montre qu'il y a des grandes concentrations des teneurs maximales des nitrates dans la région EST (Djendel) et la zone Ouest (Djelida) ceci malgré la recharge artificielle de la nappe alluviale.

Par contre ces concentrations sont faibles au centre de la plaine surtout auprès de bordures des oueds justifiant ainsi l'importance de l'effet de berge. (Figure N°III. 06)

Enfin on peut confirmer l'existence de la dégradation de la qualité des eaux souterraines comme il a été signalé par le service de l'ANRH depuis une vingtaine d'année

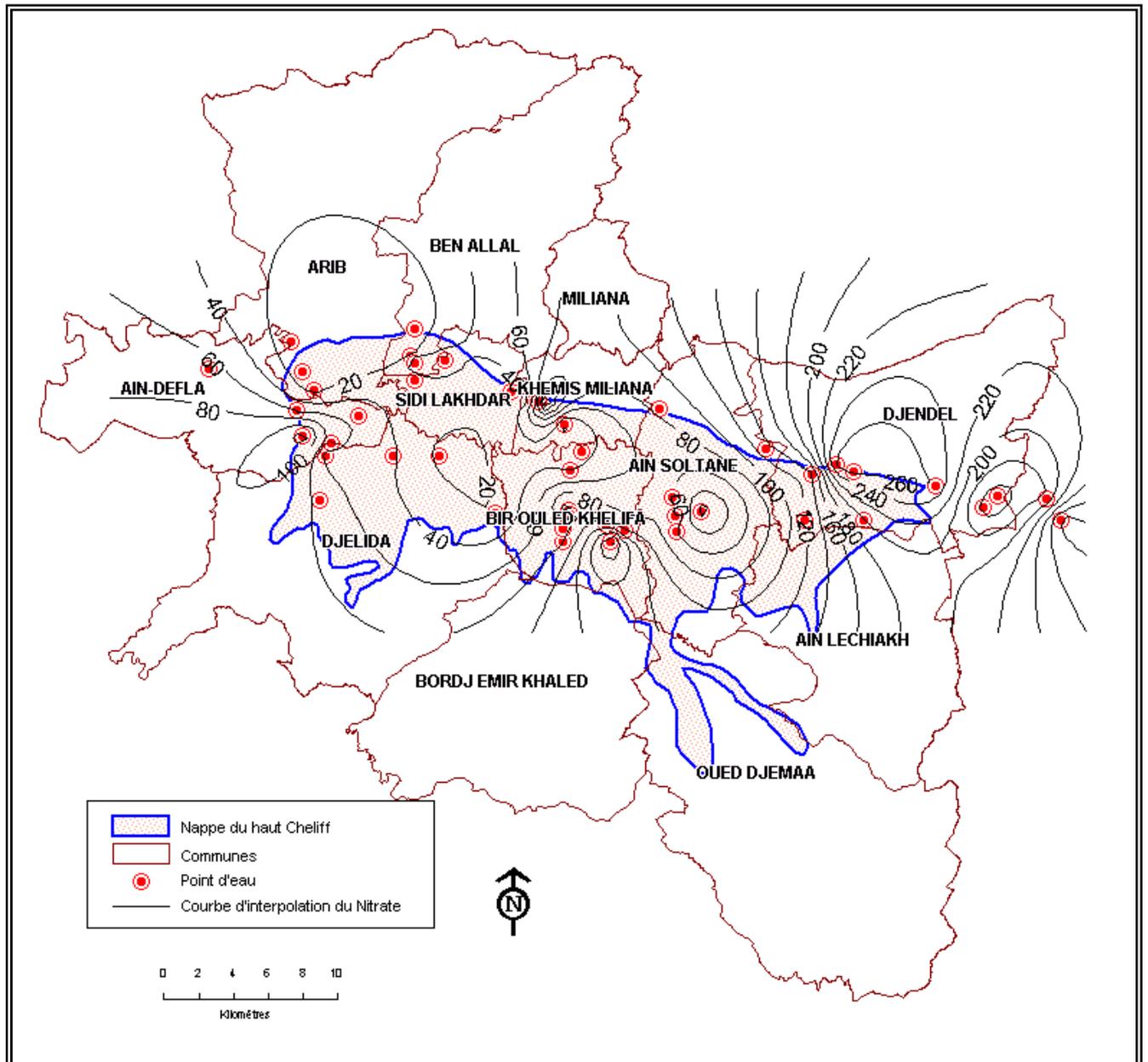


Fig N° III.06 : Carte d'isoteneurs des nitrates maximales entre les bases eaux et les hautes eaux (campagne 2003 et 2004) dans la nappe du haut Cheliff

### **III.5 Origine des nitrates dans la zone d'étude:**

Comme l'eau d'une nappe ne contient naturellement pas de composés azotés; la dégradation de qualité des eaux souterraines par les nitrates dans la nappe du Haut Cheliff, peut avoir plusieurs origines : Agricole ; élevage ; industrie et domestique qu'on va les traiter séparément comme suivant :

#### **III.5.1.Origine domestique :**

Selon le tableau N°III.11, la consommation totale distribuée en eau est de 30518 m<sup>3</sup>/j ; soit 53 % de satisfaction par rapport au besoin (57897 m<sup>3</sup>/j).

La population non raccordée au réseau d'AEP est de 136128 Hab, soit 39 % de la population totale, par conséquent l'eau consommée dans ces endroits est souvent tirée par les puits et forages contaminés par les nitrates provenant des fosses septiques ou de déjections animales ou par les terres sur fertilisées d'azote minéral.(Fig N°III.7).

Encore lorsque les égouts et les canalisations d'évacuation, ainsi les bassins de décantations sont mal étanchés, l'eau s'infiltré et les nitrates polluent la nappe.(Fig N°III.8)



Fig N°III.07 : Douar dans la région de Djendel non raccordé à l'AEP et non relié au réseau d'assainissement.

Cependant, d'après le tableau N°III12 ;le volume total rejeté par les agglomérations Est de 24829 m<sup>3</sup>/j,soit une quantité d'azote totale rejetée de 679,69T/an avec la ville d'El Khemis qui représente le taux le plus élevé estimé à 39,83 % de la totalité.(Fig N°III.9)



Fig N°III 8 : Les eaux usées rejetées à l'état brut directement ou par affluent dans l'oued Cheliff augmentant ainsi le taux de nitrates.

**Tableau N°III.11:** Le taux de satisfaction en eau du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)( Statistique de la population :Source DHW Ain defla)

Strates commune	Commune	Nombre pop	Taux pop	Satisfaction en eau dans le haut Cheliff (W/ AIN DEFLA)																
				POP Raccordé à L'AEP	Taux %	Dotation théorique L/J/h	Besoins m³/J	Dotation réel L/J/h	Distribution m³/j	Taux de satisfaction	POP non raccordé à l'AEP	Taux %	Dotation théorique L/J/h	Besoins m³/J	Dotation réel L/J/h	Distribution m³/j	Taux de satisfaction	Besoin m³/j	Distribution m³/j	Taux %
Urbain	EL Khemis	77420	93.94	77420	100	200	15484	150	11613	75	0	/	200	0	110	0	/	15484	11613	75
	Miliana	43232	97.20	36315	84	200	7263	72	2615	36	6917	16	200	1383	110	761	55	8646	3376	39
Semi urbain	Tarik Ibn.Ziad	7702	76.19	2233	29	150	335	19	42	13	5469	71	150	820	82	448	55	1155	490	42
	Sidi Lakhdar	10930	59.83	8635	79	180	1554	106	915	59	2295	21	150	344	82	188	55	1898	1103	58
	Djendel	17422	58.64	6969	40	200	1394	83	578	42	10453	60	150	1568	82	857	55	2962	1435	48
Semi rural foncièrement rural	Ain Lechiekh	8449	65.24	2619	31	180	471	66	173	37	5830	69	150	874	82	478	55	1345	651	48
	Arib	22596	100	12654	56	180	2278	61	772	34	9942	44	120	1193	52	517	43	3471	1289	37
	Djelida	32989	100	7587	23	200	1517	89	675	45	25402	77	120	3048	52	1321	43	4565	1996	44
	Bordj Emir Khaled	7700	100	3388	44	180	610	81	274	45	4312	56	120	517	52	224	43	1127	498	44
	Bir Ould Khelifa	11536	100	7268	63	180	1308	37	269	21	4268	37	120	512	52	222	43	1820	491	27
	Oud Chorfa	12851	100	5269	41	180	948	35	184	19	7582	59	120	910	52	394	43	1858	578	31
	Birbouche	4905	100	1079	22	150	162	23	25	15	3826	78	120	459	52	199	43	621	224	36
	Oued Djemaa	10693	100	2352	22	150	353	67	158	45	8341	78	120	1001	52	434	43	1354	592	44
	Ain Soltan	19999	100	7799	39	180	1404	120	936	67	12200	61	120	1464	52	634	43	2868	1570	55
	Djemaa Ouled Cheikh	7539	100	1282	17	150	192	98	126	66	6257	83	120	751	52	325	43	943	451	48
	Ben Allel	8495	100	4248	50	180	765	214	909	119	4247	50	120	510	52	221	43	1275	1130	88
	Ain Torki	8523	100	3665	43	180	660	28	103	16	4858	57	120	583	52	253	43	1243	356	28
	EL Khemis	4993	6.06	4993	100	200	999	150	749	75	0	/	120	0	52	0	43	999	749	75
	Miliana	1245	2.80	1046	84	200	209	72	75	36	199	16	120	24	52	10	43	233	85	36
	Sidi Lakhdar	7338	40.17	5797	79	180	1043	106	614	59	1541	21	120	185	52	80	43	1228	694	56
	Tarik Ibn Ziad	2407	23.81	698	29	150	105	19	13	12	1709	71	120	205	52	89	43	310	102	33
	Djendel	12290	41.36	4916	40	200	983	83	408	42	7374	60	120	885	52	383	43	1868	791	42
	Ain Lechiekh	4502	34.76	1396	31	180	251	66	92	37	3106	69	120	373	52	162	43	624	254	41
<b>TOTAL</b>		<b>345756</b>		<b>209628</b>			<b>40288</b>		<b>22318</b>		<b>136128</b>			<b>17609</b>		<b>8200</b>		<b>57897</b>	<b>30518</b>	
<b>MOYENNE</b>					<b>61</b>					<b>55</b>		<b>39</b>				<b>47</b>				<b>53</b>

**Tableau N°II.12:** Le bilan quantitatif d'azote rejeté par la population du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)

Commune	Population reliée au réseau d'assainissement			Population non reliée au réseau d'assainissement			Volume rejeté (m³/j)	Q <sup>te</sup> d'azote rejeté (Kg/j)	Q <sup>te</sup> d'azote rejeté (T/an)	Taux (%)	Débit de pointe des rejets (l/s)	Nombre du bassins de décantation
	Nombre de population (h)	Taux de Satisfaction (%)	Lieu de rejets	Nombre de population (h)	Taux de Satisfaction (%)	Lieu de rejets						
EL Khemis	80625	97.83	Oued Souffay Oued Rehane Oued Boutane	1788	2.17	Fosse septique Oued	9889	741.675	270.71	39.83	195.71	2
Sidi Lakhdar	16624	91	Oued Boutane	1644	9	Fosse septique Oued	1437	107.775	39.34	5.79	34.09	2
Arib	12586	55.7	Oued Cheliff	10010	44.3	Fosse septique Oued	1031	77.325	28.22	4.15	25.65	---
Djelida	6928	21	Oued Herraza	26061	79	Fosse septique Oued	1597	119.775	43.72	6.43	37.33	6
Djemaa Ouled Cheikh	960	12.73	Chaaba	6579	87.27	Fosse septique Chaaba	361	27.075	9.88	1.45	10.83	---
Bordj Emir Khaled	3753	48.74	Oued Massine	3947	51.26	Fosse septique Oued	398	29.85	10.89	1.60	11.71	6
Tarik Ibn Ziad	3055	30.22	Oued Tighzet	7054	69.78	Fosse septique Oued	473	35.475	12.95	1.91	6.73	---
Bir Ould Khelifa	4384	38	Oued Massine	7152	62	Fosse septique Oued	491	36.825	13.44	1.98	14.48	---
Djendel	13787	46.4	Oued Cheliff	15925	53.6	Fosse septique Oued	1781	133.575	48.75	7.17	41.01	11
Oued Chorfa	4071	31.68	Oued Cheliff	8780	68.32	Fosse septique Oued	462	34.65	12.65	1.86	13.16	---
Birbouche	1078	21.98	Chaaba	3827	78.02	Fosse septique Chaaba	497	37.275	13.61	2	17.54	---
Ain Lechiekh	4098	31.64	Chaaba	8853	68.36	Fosse septique Chaaba	724	54.30	19.82	2.92	9.30	8
Oued Djemaa	5881	55	Oued Deurdeur	4812	45	Fosse septique Oued	474	35.55	12.98	1.91	13.43	---
Ain Sulttan	9142	45.71	Oued Cheliff	10857	54.29	Fosse septique Oued	1256	94.20	34.38	5.06	30.51	---
Miliana	31352	70.49	Oued Rehane Oued Boutektoune Oued Sihsaine	13125	29.51	Fosse septique Oued	2769	207.675	75.80	11.15	60.57	8
Ben Allel	8310	97.83	Oued Christiou	185	2.17	Fosse septique Oued	904	67.80	24.75	3.64	22.91	3
Ain Turki	2004	23.51	Oued Souffay	6519	76.49	Fosse septique Oued	285	21.375	7.80	1.15	9.01	2
<b>TOTAL</b>	<b>208638</b>			<b>137118</b>			<b>24829</b>	<b>8013</b>	<b>1837</b>		<b>468.41</b>	<b>48</b>
<b>Taux</b>		<b>60.34</b>			<b>39.66</b>					<b>308</b>		

Remarque:

- ☒ Pour mémoire 1 habitant rejette 15 g d'azote/jour dans environ 200 litre d'eau.
- ☒ Calcul de débit de pointe des rejets:  $Q_p = C_p \times Q_r$   
 Avec  $Q_r = Q_{moy} \times 80$  ( $Q_{moy}$  en eau potable = Consommation moyenne journalière x population)  
 $C_p$  (coef) = Max ( $C_{p1}$ ,  $C_{p2}$ )  
 $C_{p1} = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_{moy}}$   
 $C_{p2} = 2.6 - 0.4 \ln (H/100)$  (H: population totale/ commune)



### **III.5.2.Origine agricole :**

#### **A-CONTEXTE AGRICOLE:**

Les enquêtes faites sur terrains auprès des agricultures (OPIC; DSA Ain Defla.,2003). indiquent que le type d'engrais utilisé dans le périmètre du Haut Cheliff est le NPK(15,15,15) du fait de son efficacité sur toutes les spéculations comme l'indique sa fiche technique(Voir Annexe II,Tableau II.13).D'autre part les recherches faites par l'INRA.(INRA,1990) dans le cadre du calcul du reliquat d'azote sur une parcelle étaient sur ce type d'engrais ,ce qui va nous aider par la suite a comparer nos résultats obtenus avec celles des recherches de l'INRA.

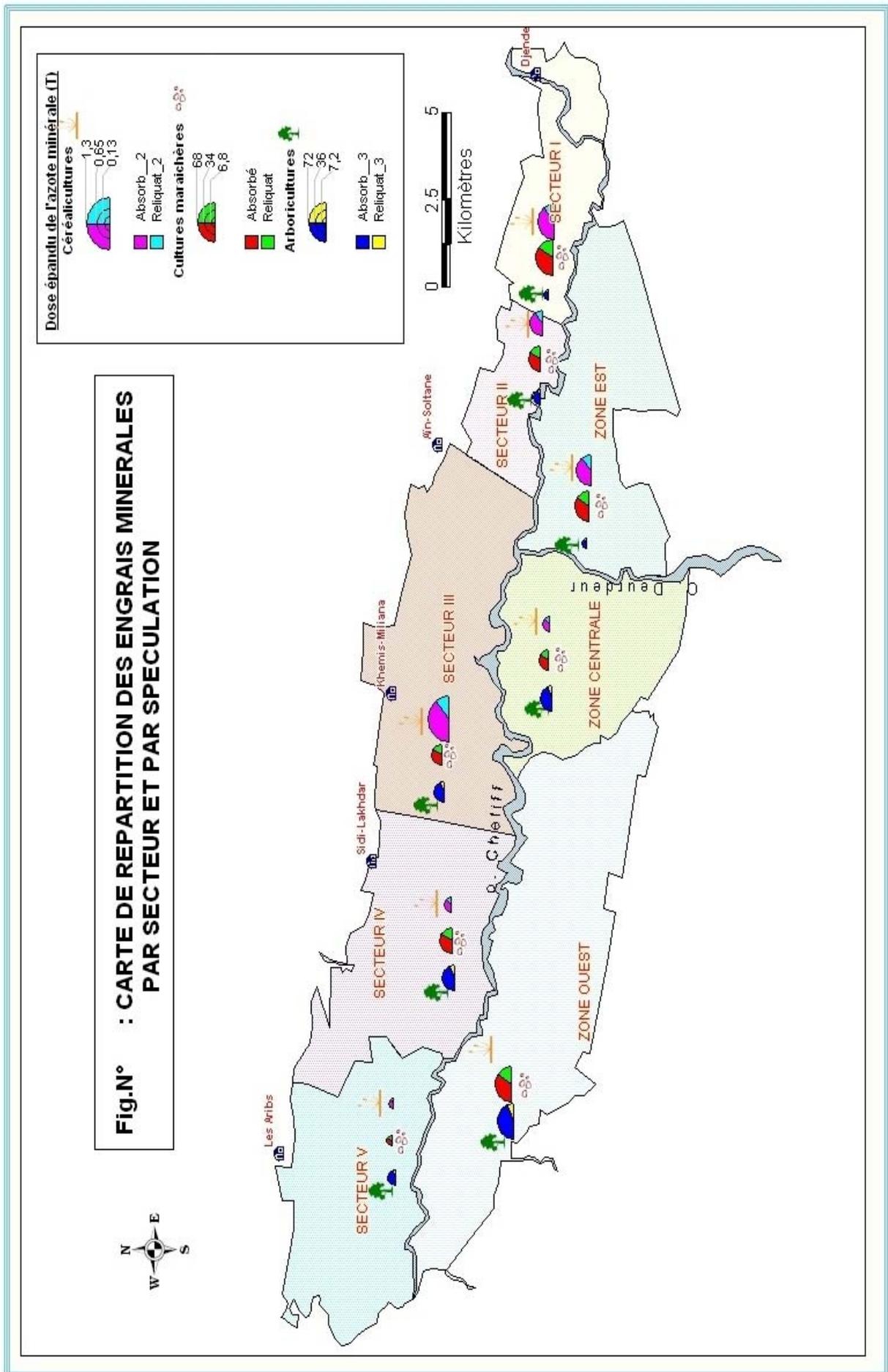
D'après le tableau N°III.13 :la culture maraîchère est la plus gloutonne (250 Kg/ha épanchée au lieu de 100 Kg/ha besoin), suivi par la céréaliculture ( 100 Kg /ha au lieu de 150 kg/ha ), l'arboriculture ( 200 Kg/ha au lieu de 250 Kg/ha) .toutes les cultures ne laissent pas dans le sol, après leur récolte, le même reliquat d'azote,(INRA-Rhene.2000); ainsi les culture maraîchères ( 128801.25 kg d'azote), céréaliculture ( 1638.8 Kg d'azote) et l'arboriculture (43071 kg d'azote).(Voir fig. N°III.10)

D'après les agriculteurs L'explication de l'augmentation des doses épanchées est la recherche constante de la performance, c'est-à-dire de rendements de plus en plus élevés.

Si l'on devait établir un classement des plus grande culture consommatrices d'engrais azoté, les maraîchages (la pomme de terre) occupent la première classe surtout à l'ouest de la zone d'étude; par conséquent la culture de la pomme de terre est une réussite économique mais en réalité c'est une catastrophe écologique.

**Tableau N°II.13:** Bilan d'azote minéral évalué pour l'agriculture dans la plaine du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)

Culture  Zone	Culture maraîchère					Céréaliculture					Arboriculture				
	Dose d'azote (kg/Ha)					Dose d'azote (kg/Ha)					Dose d'azote (kg/Ha)				
	Superficie(Ha)	Conseillé	Epandue	Absorbée	Reliquat	Superficie(Ha)	Conseillé	Epandue	Absorbée	Reliquat	Superficie(Ha)	Conseillé	Epandue	Absorbée	Reliquat
Zone centrale	122.87	12287	30717.5	21502.25	9215.25	3	450	300	240	60	309.4	77350	61880	55692	6188
Zone Ouest	300.33	30033	75082.5	52557.75	22524.75	0	0	0	0	0	715.89	178972.5	143178	128860.2	14317.8
Zone EST	226.24	22624	56560	39592	16968	13	1950	1300	1040	260	86	21500	17200	15480	1720
Secteur I	258.5	25850	64625	45237.5	19387.5	15	2250	1500	1200	300	96.95	24237.5	19390	17451	1939
Secteur II	159.1	15910	39775	27842.5	11932.5	8	1200	800	640	160	175.29	43822.5	35058	31552.2	3505.8
Secteur III	107.84	10784	26960	18872	8088	28.5	4275	2850	2280	570	239.41	59852.5	47882	43093.8	4788.2
Secteur IV	141	14100	35250	24675	10575	4	600	400	320	80	319.45	79862.5	63890	57501	6389
Secteur V	43.25	4325	10812.5	7568.75	3243.75	1.5	225	150	120	30	175.52	43880	35104	31593.6	3510.4
Forage	358.22	35822	89555	62688.5	26866.5	8.94	1341	894	715.2	178.8	35.64	8910	7128	6415.2	712.8
TOTAL	1717.35	171735	429337.5	300536.25	128801.25	81.94	12291	8194	6555.2	1638.8	2153.55	538387.50	430710	387639	43071
Calcul de base		100kg/Ha	250 kg/Ha	70% de la dose épandue	30% de la dose épandue		150 kg/Ha	100 kg/Ha	80% de la dose épandue	20% de la dose épandue		250kg/Ha	200 kg/Ha	90% de la dose épandue	10% de la dose épandue



### B-CONTEXTE D'ELEVAGE :

On a long temps considéré que l'élevage n'était pas derrière la pollution par les nitrates des eaux souterraines et des eaux de surface (Voir fig N°III.11) ,de même actuellement, la plupart des agriculteurs considèrent l'apport azoté du fumier comme négligeable ou nul. Mais grâce aux données statistiques et à la recherche bibliographique (L'agrochimie-1981) ; nous avons estimé le contenu en azote des fumiers qu'ils (agriculteurs) épandent.

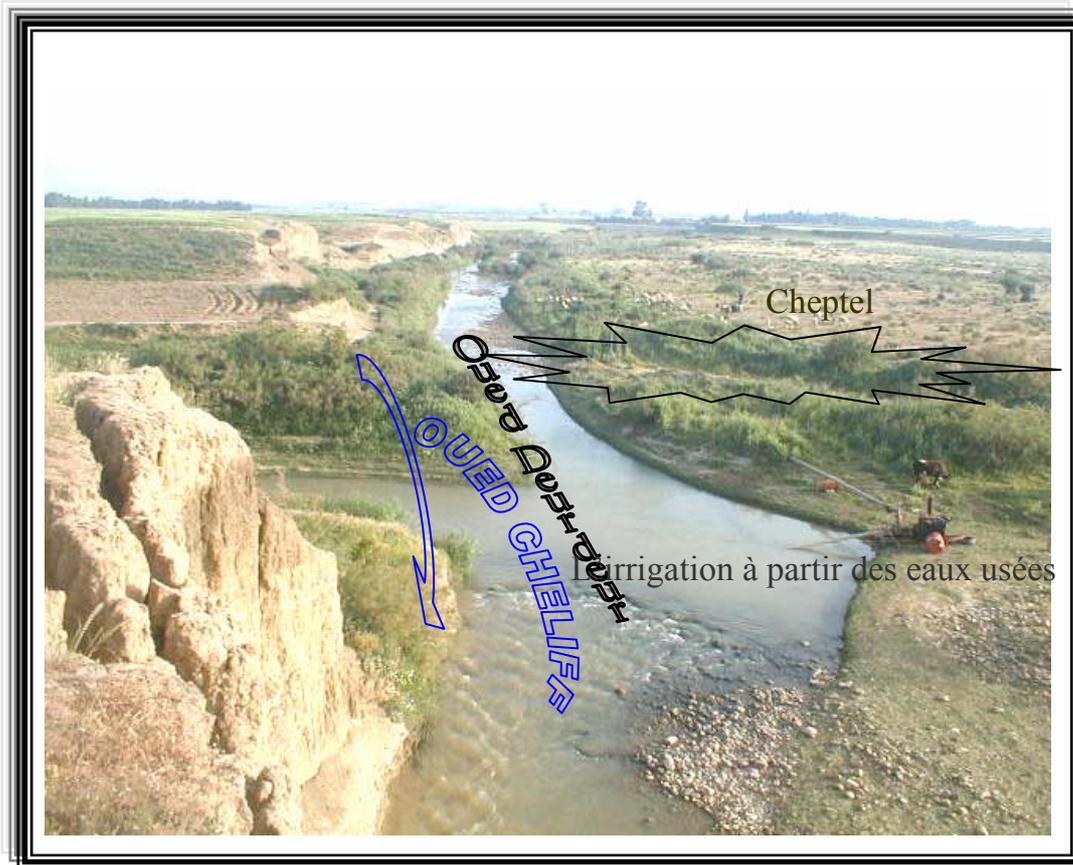


Fig. N°III.11:L'impact l'élevage et les productions végétales sur la qualité des eaux superficielles et par conséquent souterraines.

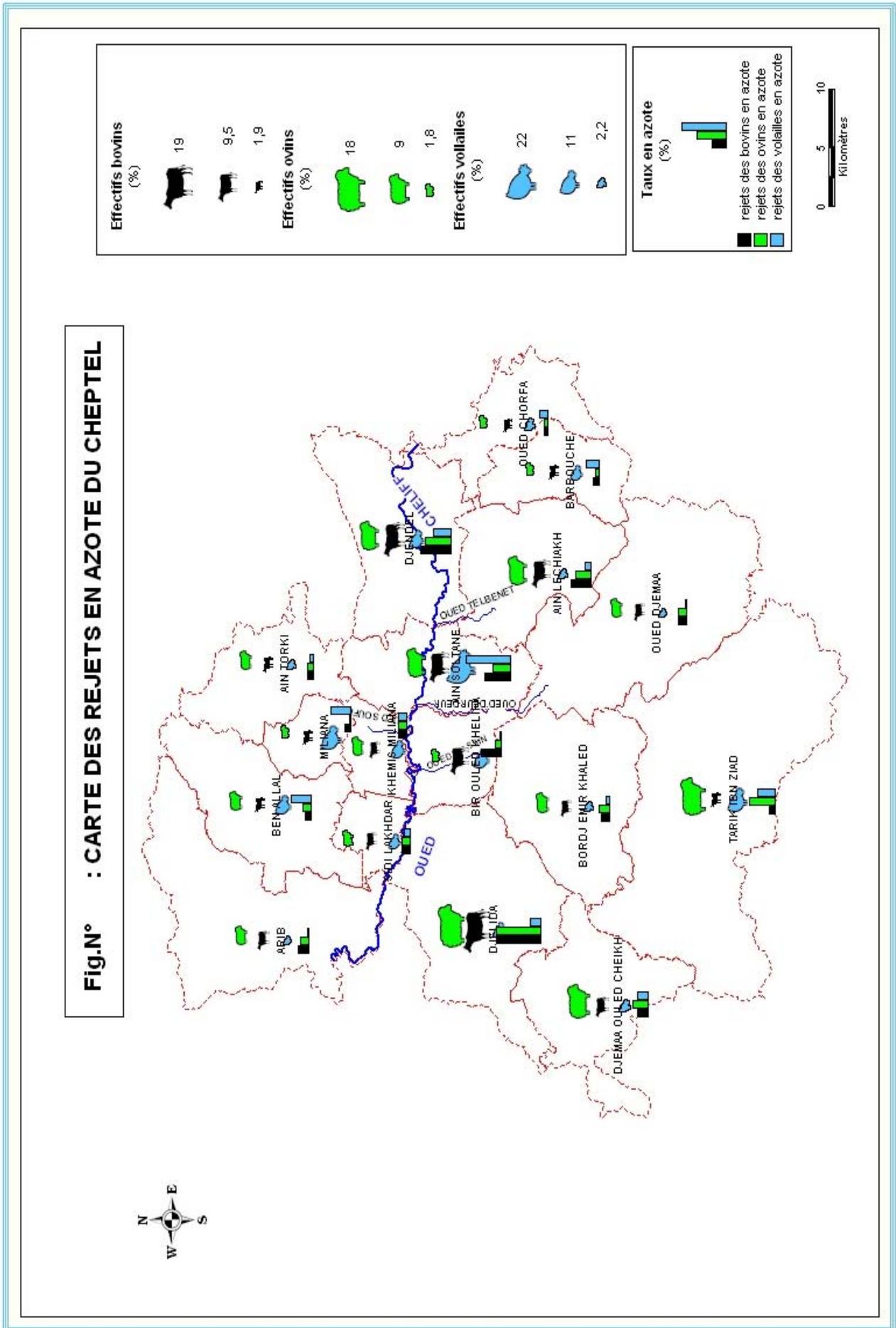
Le calcul des apports d'azote d'origine animale dans la plaine du haut Cheliff est basé sur les expériences faites en 1987(BORISSOVA.E;1987) et la recherche bibliographie montrant que :

1. La dotation moyenne journalière en eau pour les cheptels est:
  - a. Les ovins:3 L/J/T.
  - b. Les bovins:60 L/J/T.
  - c. Les poules pondeuses et poules de chaires:1L/J/T

2. La quantité du fumier (T) par bétail par an Tel que 1T de fumier du bétail contient 5 Kg d'azote est:
  - a. 8-9 T/an pour les bovins
  - b. 0.8-0.9 T/an pour les Ovins.
3. La quantité du lisier (m<sup>3</sup>) par bétail par an : est 12 m<sup>3</sup>/an pour les bovins tel que 1m<sup>3</sup> du lisier contient 0.8 kg d'azote
4. La quantité annuelle des fientes de volailles (kg):5 Kg/an par tête, Tel que 1T de fiente contient 16 kg d'azote.

Ainsi les résultats mentionnés dans le tableau III.14 donnent : 66% pour les déjections bovines, 22% pour celles des ovins et caprins et 12% pour les excréments de volailles (Voir FigN°III.12).

En conséquence l'action combinée des surdosages des irrigations et de l'azote fourni par des tonnes/hectare de fumier et lisier épandues sur le sol conduits a des incidences de fortes concentrations en nitrates à l'intérieur des sols favorisant le lessivage vers les profondeurs des sols



**Tableau N°II.14:** Bilan quantitatif d'azote organique de cheptel du Haut Cheliff (Campagne 2003/2004)(statistique du cheptel:Source DSA Ain defla)

Paramètre  Commune	Le Cheptel par commune pour l'année 2004 (Besoins en Eau et les rejets de la matière organique "l'Azote")																
	Bovins							Ovins et caprins					Poules Pondeuses et Poulets de chaires				
	Effectifs (t)	Taux (%)	Besoins en eau (m³/an)	Engrais organiques				Effectifs (t)	Taux (%)	Besoins en eau (m³/an)	Engrais organiques		Effectifs (t)	Taux (%)	Besoins en eau (m³/an)	Engrais organiques	
				Fumier (T/an)	Q <sup>te</sup> d'azote (T/an)	Lisier (m³/an)	Q <sup>te</sup> d'azote (T/an)				Fumier (T/an)	Q <sup>te</sup> d'azote (T/an)				Fumier (T/an)	Q <sup>te</sup> d'azote (T/an)
EL Khemis	314	3.64	6876.6	2512	12.56	3768	5.65	1888	4.53	2067.36	1510.4	7.55	47155	4.16	17211.57	235.77	3.77
Sidi Lakhdar	368	4.27	8059.2	2944	14.72	4416	6.62	1608	3.86	1760.76	1286.4	6.43	40666	3.59	14843.09	203.33	3.25
Arib	416	4.83	9110.40	3328	16.64	4992	7.48	1532	3.67	1677.54	1225.6	6.12	15141	1.33	5526.46	75.70	1.21
Djelida	1589	18.44	34799.10	12712	63.56	19068	28.60	8052	19.33	8816.94	6441.6	32.20	65788	5.81	24012.62	328.94	5.26
Djemaâ Ouled Cheikh	428	4.97	9373.20	3424	17.12	5136	7.70	2840	6.81	3109.8	2272	11.36	66838	5.90	24395.87	334.19	5.34
Bir Ould Khelifa	740	8.59	16206	5920	29.60	8880	13.32	1138	2.73	1246.11	910.4	4.55	15533	1.37	5669.54	77.66	1.24
Tarik Ibn Ziad	228	2.65	4993.2	1824	9.12	2736	4.10	4536	10.89	4966.92	3628.8	18.14	103373	9.13	37731.14	516.86	8.26
Bordj Emir Khaled	296	3.44	6482.4	2368	11.84	3552	5.32	2156	5.17	2360.82	1724.8	8.62	24070	2.12	8785.55	120.35	1.92
Djendel	1084	12.58	23739.6	8672	43.36	13008	19.51	4480	10.75	4905.60	3584	17.92	92218	8.14	33659.57	461.09	7.37
Oued Chorfa	198	2.30	4336.20	1584	7.92	2376	3.56	822	1.97	900.09	657.6	3.28	53624	4.73	19572.76	268.12	4.28
Birbouche	254	2.95	5562.60	2032	10.16	3048	4.57	910	2.18	996.45	728	3.64	67668	5.97	24698.82	338.34	5.41
Ain Lechiekh	734	8.53	16074.6	5872	29.36	8808	13.21	2912	6.99	3188.64	2329.6	11.64	35384	3.12	12915.16	176.92	2.83
Oued Djemaâ	337	3.92	7380.3	2696	13.48	4044	6.06	1688	4.05	1848.36	1350.4	6.75	16938	1.49	6182.37	84.69	1.35
Ain Soultan	887	10.30	19425.3	7096	35.48	10644	15.96	3540	8.49	3876.3	2832	14.16	233088	20.59	85077.12	1165.44	18.64
Miliana	230	6.67	5037	1840	9.20	2760	4.14	640	1.53	700.8	512	2.56	112219	9.91	40959.93	561.09	8.97
Ben Allel	249	2.89	5453.10	1992	9.96	2988	4.48	1624	3.89	1778.28	1299.2	6.49	114380	10.10	41748.70	571.9	9.15
Ain Torki	262	3.04	5737.8	2096	10.48	3144	4.71	1284	3.08	1405.98	1027.2	5.13	27869	2.46	10172.18	139.34	2.22
<b>TOTAL</b>	8614		188646.60	68912	344.56	103368	155.05	41650		45606.75	5674	166.60	1131952		413162.48	5659.76	90.55
<b>Taux</b>		100							1082					884			

### **III.5.3.Origine industrielle:**

L'industrie n'est pas très développée dans la zone d'étude, sauf aux abords de la ville de Khemis Miliana, Sidi Lakhder, et Arrib. Les principales industries susceptibles d'avoir un rejet polluant sont répertoriés dans le tableau N°III.15

**Tableau N°III.15** : Les différentes unités industrielles dans la région d'étude :(Enquête faite sur terrain :2003)

Unité	Localisation	X	Y	Production	Débit rejeté (m3/j)	STEP	Racc	Milieu récepteur
SOTR AMET	Khemis-Miliana	454 700	329 550	Transformation des métaux	2	Non	Non	Oued Rehane
SNT R-	Khemis-Miliana	456 700	327 450	Maintenance de véhicule	100	Non		Oued Boutane
ENAS UCRE	Sidi Lakhdar	449 450	330 450	Raffinage de sucre roux	100	Oui	Oui	
ORLAC	Arrib	444 050	331 900	Fabrication de produit laitiers	80	Oui	Oui	Terres agricoles

La plus part de ces unités industrielles sont dotées des stations d'épuration ; par conséquent, la pollution des eaux souterraines ne peut être imputées en grande majorité qu'aux rejets urbains ,à l'agriculture et à l'élevage .

### **III.6 Bilan azoté :**

Pour examiner la gestion de l'azote dans la production des différentes spéculations des cultures , nous pouvons cerner les processus qui apportent au sol l'azote assimilable par ces cultures et nécessaire à leur croissance (ou entrées) et les processus qui libèrent et rendent l'azote indisponible (ou sorties).

La manipulation de ces entrées et de ces sorties nous permet de modifier le bilan de l'azote dans le sol. Ce bilan peut être calculé en se basant sur l'importance des entrées et les sorties comme le montre la figure N°111.13



### III.6.1. Entrées d'azote :

Nous avons tendance à considérer que les apports cultureux sont seulement les matières activement épandues sur le sol, comme la fumure et les engrais. En fait, les entrées d'azote proviennent d'autres sources qui sont représentées dans la figure N°III.13.

En conséquence les entrées du bilan azoté pour la campagne d'irrigation 2003-2004 sont :

**1. Fertilisation minérale :** Elle représente la quantité d'azote minérale épandue sur le sol pour répondre aux besoins des cultures. D'après le tableau N°III.13 ; la quantité de cette fertilisation dans la plaine du haut Cheliff est de 868.23 T/an répartie en :

- a.** 429.33 T/an : pour les cultures maraîchères d'une superficie de 1717.35 Ha. avec une dose épandue de 250kg/Ha
- b.** 8.19 T/an : pour les céréalicultures d'une superficie de 81,94 Ha. avec une dose épandue de 100 Kg/Ha.

c. 430.71 T/an : pour les arbres fruitiers divers d'une superficie de 2153.55Ha avec une dose épandue de 200Kg/Ha.

**2. Irrigation** : Du moment que la qualité des lâchers des eaux des barrages Ghrib et de leur teneur en azote est admissible, on s'intéresse uniquement à l'irrigation à partir des puits et forages dominants une superficie de 402,80 Ha soit ( 358.22 +8.94+35.64 ) (Voir Tableau N°III.5)

La méthode de calcul de l'azote apporté par l'irrigation est :

Le sol de plaine du haut Cheliff est irrigué à raison de 500 m<sup>3</sup>/Ha par semaine (Etude SOGREAH-1984) avec des puits à teneurs en nitrates de 50 mg/l reçoit :

$$500 \times \frac{10^3 l}{10^4 m^2} \times 50 \frac{mg}{l} \times 10^4 \frac{m^2}{Ha} \times 1 \frac{kg}{10^6 mg} = 25 kg NO_3^- .$$

$$\text{Pendant 6 mois on aura : } 25 \times 4 \times 6 = 600 \frac{kg}{Ha} \text{ de } NO_3^- .$$

Et avec une superficie de 402,80 Ha irriguée par forages et/ou puits on aura :

$$600 \frac{kg}{Ha} \times 402,80 Ha = 241680,00 kg \text{ de } NO_3^-$$

On sait que dans 1000 kg de  $NO_3^-$  on a 22,60 kg d'azote ; donc pour 241680,00 kg de  $NO_3^-$  on a 54,619 T/an d'azote.

**3. Précipitation:** Selon les analyses effectuées par l'ADE- Ain Defla en 2003 le taux de nitrates des précipitations tombant sur la plaine du Haut Cheliff ne dépassent pas 2mg/l.

**4. Rejets domestiques** : D'après le bilan quantitatif d'azote organique de la population du périmètre Haut Cheliff calculé dans le tableau N°III.11 , la quantité d'azote rejetée par cette population est de 679,69 T/an.

**5. Humus** : Le taux moyen de la minéralisation de la matière organique est de 5 Kg N/Ha par semaine dans les champs de légumes pendant la saison de croissance. Si on estime que la période de croissance des cultures légumières d'une superficie de 1717.35 Ha est de 2 mois on obtient une quantité d'azote égale :

$$5 \frac{\text{kg}}{\text{Ha}} \times \frac{1}{7 \times 24h} \times (2 \times 4 \times 7 \times 24h) = 68.69 \text{ T/an d'azote}$$

**6. Résidus des cultures :** Les espèces cultivées fournissent en moyenne 3 Kg d'azote minéral par tonne de biomasse fraîche. Sachant que la biomasse des plantes herbacées est de 1596 Kg/Ha (Encarta ;2004) donc pour les cultures maraîchères et céréalicultures d'une superficies de (1717.35+81,94 =1799.47 Ha) la quantité de biomasse dans la plaine du Haut Cheliff est 2871.66 T.

On sait que 1 T de biomasse donne 3 kg d'azote minérale ; donc pour 5454,23 T de biomasse calculée on aura 8.61 T d'azote /an rejetée par les résidus des cultures.dans la plaine du Haut Cheliff.

**7. Rejets d'élevages :** D'après le tableau N°III.6 ; la quantité d'azote apportée par les cheptels dans la région d'étude est de 756,76 T/an répartie en :

- a. Fumier du Bovin : 344,56 T/an.
- b. Lisier du Bovin : 155,05 T/an
- c. Fumier des Ovins : 166,60 T/an.
- d. Fumier des volailles : 90,55 T/an.

Ainsi la répartition d'azote minéral et organique pour chaque cas est représentée comme suit :

Désignation	Répartition d'azote	
	% d'azote minéral (T/an)	% d'azote organique (T/an)
Fumier du Bovin	34,45	310,11
Lisiers du Bovin	62,02	93,03
Fumiers des Ovins	16,66	149,94
Fumiers de volailles	58,85	31,70
Total d'azote	171.98	584,78

Par conséquent la quantité d'azote minérale apportée au sol sera :1040.21 T/an selon l'équation suivante :

$$N_{\min} = N_{\text{fert}} + N_{\text{elev}}$$

Tel que :

$N_{\min}$  : La quantité d'azote minérale apportée au sol (T/an).

$N_{\text{FER}}$  : La quantité d'azote minérale apportée par la fertilisation minérale(T/an)

$N_{\text{ELEV}}$  : La quantité d'azote minérale contenue dans les rejets d'élevages.

$$N_{\min} = 171,98 + 868,23$$

$$N_{\min} = 1040,21 \text{ T/an}$$

Et par la suite les entrées d'azote seront d'après l'équation suivante :

$$N_{\text{App}} = N_{\text{fert}} + N_{\text{irr}} + N_{\text{pre}} + N_{\text{doms}} + N_{\text{hum}} + N_{\text{res}} + N_{\text{elev}}$$

$$N_{\text{App}} = 2436,59 \text{ T/an}$$

Tel que :

$N_{\text{App}}$  : La quantité d'azote apportée au sol (T/an).

$N_{\text{fert}}$  : La quantité d'azote minérale apportée par la fertilisation minérale (T/an).

$N_{\text{irr}}$  : La quantité d'azote apporté par l'irrigation (T/an).

$N_{\text{pre}}$  : La quantité d'azote apportée par la précipitation (Négligée dans la région d'étude).

$N_{\text{doms}}$  : La quantité d'azote apportée au sol par les rejets domestiques (T/an).

$N_{\text{hum}}$  : La quantité d'azote engendrée par la minéralisation de la matière organique (T/an).

$N_{\text{res}}$  : La quantité d'azote que fournissent les espèces végétales (T/an).

$N_{\text{elev}}$  : La quantité d'azote comprise dans les rejets des cheptels dans la région d'étude (T/an).

### III.6.2.Sorties d'azote :

Elles sont représentées par :

**1. Dénitrification** : En règle générale 10-30% de l'azote minérale appliqué est sujet de la dénitrification,(Nicolas.T ;2001) ;soit une moyenne de 20%de .

D'après l'équation (1) ,on aura la quantité d'azote dénitrifiée est :

$$N_{\text{dene}} = 0,20 \times N_{\min} \quad (2)$$

Tel que :

$N_{\text{denet}}$  :La quantité de la dénitrification de l'azote minérale(T/an),.Soit 208.04 T/an d'azote .

**2. Immobilisation:** En règle générale, les micro-organismes immobilisent environ 15-20% la quantité d'azote minérale incorporée au sol, (Nicolas.T ; 2001) ; soit une moyenne de 17,5% de l'azote minérale,

D'après l'équation (1), on aura la quantité d'azote immobilisée est

$$N_{im} = 0,175 \times N_{min} \quad (3)$$

Tel que :

$N_{denet}$  : La quantité de l'azote immobilisée dans le sol (T/an), Soit 182.03 T/an.

**3. Volatilisation :** Les expériences faites en France )(Source CETIPA ;2002) (Voir Annexe N° II, tableau 12) montrent que les quantités totales estimées de volatilisation d'ammonium sont 39,05% d'azote apportées par les rejets d'élevage (Soit pour notre cas 295,51 T/an ) et 5,89% d'azote apportées par les engrais azotés (Soit pour notre cas 51.13 T/an , ce qui nous donne une quantité de volatilisation de 346.64 T/an .

**4. Absorption par les plantes :** d'après le tableau N°III.5, la quantité d'azote minérale absorbée par les cultures est de 694.71 T/an répartie en :

**A.** 300.53 T/an : pour les cultures maraîchères.

**B.** 6.55 T/an : pour les céréalicultures.

**C.** 387.63 T/an : pour les arbres fruitiers divers.

**5. Lessivage :** Selon le logiciel du **Burn** qui calcul le lessivage des nitrates en fonction de la quantité minérale restée au sol après la récolte (www02.org.com), la quantité lessivée est donc 351,02 T/an.

Et par conséquent les sorties d'azote sont d'après l'équation suivante :

$$N_{Sort} = N_{denet} + N_{imr} + N_{vol} + N_{abs} + N_{less}$$

Tel Que.:

$N_{Sort}$ : Les sorties de l'azote (T/an).

$N_{denet}$  : La quantité de la dénitrification de l'azote minérale (T/an).

$N_{im}$  : La quantité de l'immobilisation de l'azote minérale (T/an).

$N_{vol}$  : La quantité de volatilisation de l'ammonium (T/an).

$N_{abs}$  : La quantité de l'azote minéral absorbée par les cultures (T/an).

$N_{less}$  : La quantité lessivée après la récolte (T/an).

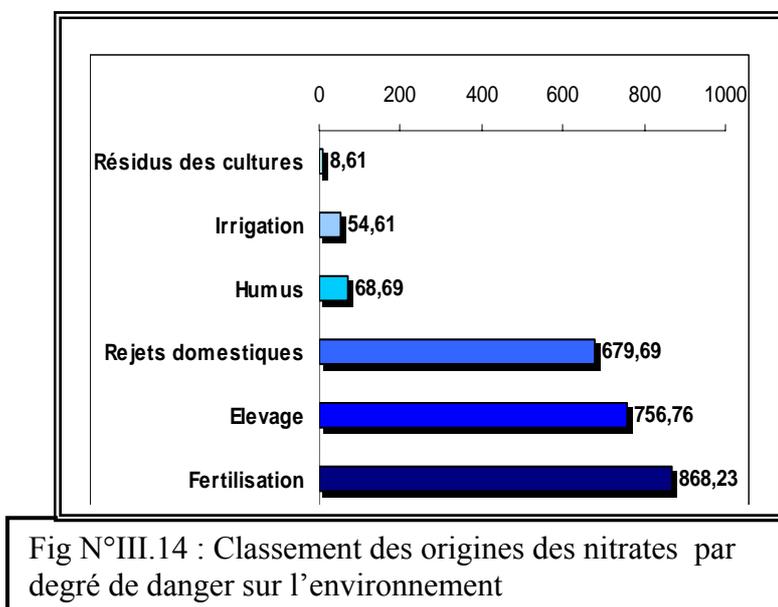
$$N_{\text{Sort}} = 1782,44 \text{ T/an}$$

Et le bilan d'azote pour la campagne d'irrigation 2003-2004 se résume dans le tableau suivant :

<b>Bilan d'azote</b>														
Désignation	Entrées de l'azote(T/an)						Total entrées	Sorties de l'azote(T/an)					Total Sorties	Ecart
	N <sub>fer</sub>	N <sub>irr</sub>	N <sub>dom</sub>	N <sub>hum</sub>	N <sub>res</sub>	N <sub>elev</sub>		N <sub>denet</sub>	N <sub>im</sub>	N <sub>vol</sub>	N <sub>abs</sub>	N <sub>less</sub>		
Valeur	868.23	54,61	679,69	68.69	8.61	756,76	2436,59	208.04	182.03	346.64	694.71	351,02	1782.44	<u>654.15</u>

Pour que la gestion de la fertilisation azotée soit efficace, il faut faire l'équilibre entre les entrées et les sorties. En conséquence pour empêcher le lessivage du reliquat d'azote après la récolte et la contamination éventuelle des eaux souterraines, on peut cultiver une autre espèce de couverture, comme des radis, Salade et Fenouils, qui sont d'excellents récupérateurs d'azote. En effet avec une dose conseillée de 150 Kg/Ha d'azote on peut réaliser un assolement des cultures maraîchères divers arrière saison (Fenouils, Salade, Radis, Epinards et carottes) d'une superficie de 4361 Ha.

Finalement on peut classer les origines des nitrates dans la plaine du haut Cheliff par degré de danger sur l'environnement comme le montre la figure N°III.14 :



### **III.7 Conclusion:**

Les eaux souterraines de la région d'étude représentent une potabilité médiocre à mauvaise avec une représentation de deux faciès chimiques chloruré calcique, sulfaté magnésium et chloruré sodique, potassique.

La pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la plaine du Haut Cheliff est donc une réalité car depuis la campagne 1990-1991, 75% des points dont l'évolution des teneurs maximales est supérieure à 1 mg/l sont en dégradation continue.

Le bilan azoté de la campagne 2003/2004 relève un reliquat de 654.15 T/an d'azote ; qui peut être consommé avec une dose conseillée de 150 Kg/Ha par des cultures maraîchères divers arrière saison (Fenouils, Salade, Radis, Epinards et carottes ) recouvrant une superficie de 4361 Ha.

La présence de nitrates dans les eaux souterraine dans la région d'étude pour la campagne 2003/2004 provient à **66.19 %** de l'agriculture et l'élevage, suite à l'épandage de doses massives d'engrais azotés et de lisier (effluents d'élevage). Si on compare ce pourcentage avec celui de France qui est de **72%** et qui occupe la 5ème place dans le monde selon la consommation d'engrais azotés après Chine, USA, Inde et Brésil, on peut dire qu'on est dans le même risque de pollution nitrique que la France ; ainsi les estimations concordent : l'élevage et l'agriculture sont responsables des rejets d'azote dans l'eau, les excès de nitrates sous culture polluent avant tout la nappe alluviale.

## **IV.1 Introduction :**

La réponse d'une nappe à une pollution n'est pas instantanée et peut prendre plusieurs années. Les mécanismes de transferts des nitrates vers les nappes ne sont pas bien connus, et dépendent de différents facteurs propres à chaque situation : caractéristiques géologiques, existence de fissures ou de chemins d'écoulement préférentiel, profondeur de la couche aquifère,

Afin de schématiser l'épaisseur de sol et de roches à traverser avant d'atteindre la nappe, le découpage suivant est réalisé d'après Dole (1984) : (Voir Fig. N°I.2)

- Zone racinaire ou sol (1 m en moyenne),
- Zone non saturée en eau (couches géologiques intermédiaires),
- Zone saturée en eau (ou nappe)

## **IV.2 Transfert Sol- Zone non saturée :**

### **IV.2.1.Echantillonnage :(Description des sites).**

Pour disposer d'un échantillonnage des terrains de la zone non saturée et étudier le transfert des nitrates, on se repère sur les sondages et les puits carottés réalisés durant l'année 2003 dans le cadre de l'étude du projet d'aménagement du périmètre du Haut Cheliff, a travers lesquels des prélèvements et des analyses ont été effectués par dar El Handdassah .

Pour cela Quatre (04) sondages ont été choisis dans notre travail dans des sites qui se diffèrent par la pédologie ; la géologie et géographie comme le montre le tableau IV.01

**Tableau N°IV01:** Conditions géologiques au droit des quatre (04) sondages

Sondages	Condition géologiques/pedologique
Djendel  EST	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ L'ensemble du site est constitué par une épaisse formation de matériaux alluvionnaires composée de galets et de graviers arrondis localement .Cette couche renferme des lentilles de sable argileux et de limons sableux.</li> <li>➤ Le toit du substratum n'a pas été atteint par les sondages réalisés dont les profondeurs varient entre 20 et 24 m en dessous de terre naturel</li> <li>➤ Le niveau d'eau souterrain rencontré est entre 16.5m et 20.5m</li> </ul>
Khemis  NORD	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ L'ensemble du site est constitué par une épaisse formation de matériaux alluvionnaires composée de cailloux de galets et de gravier arrondis localement .Cette couche renferme des lentilles de sable argileux et /ou d'argile limoneux...</li> <li>➤ Le toit du substratum n'a pas été atteint par les sondages réalisés dont les profondeurs varient entre 10 et 20 m en dessous de terre naturelle</li> <li>➤ Le niveau d'eau souterrain rencontré est entre 8.7m et 15.20m</li> </ul>

Kaf el Ogaab	➤ Les terres présentent une lithologie assez homogène pour l'ensemble du site
	➤ Deux couches principales y sont rencontrées : un substratum constitué par un complexe marno-calcaire surmonté par un remplissage de formations alluvionnaires constitués de gros galets, gravier et sable. Une mince strate constituée de limons et/ou argiles limoneuses recouvre par endroit la couche de galets et gravier qui constituent la terrasse affleurant le long de l'oued Cheliff.
SUD	➤ Le niveau d'eau souterrain rencontré est entre 1.25m et 4.9m
Harreza OUEST	➤ On rencontre un sol dur dans sa partie supérieure (jusqu'à 6 m) et moins ferme à des profondeurs comprises entre 10 et 35m
	➤ Le niveau d'eau souterrain rencontré est entre 1.75m et 5.4m

### IV.2.2. Comportement physique du sol:

#### IV.2.2.1 Impact de la granulométrie sur le transfert des nitrates :

Les études faites en Bretagne "[www.cerafel.com/default.html](http://www.cerafel.com/default.html)" montrent que le transfert des nitrates dans les plaines alluviales est plus rapide dans la couche superficielle à environ en moyenne 1 mètre. Pour cela, on s'intéresse dans notre calcul seulement à des couches superficielles dans des différents endroits de notre plaine alluviale et selon les mêmes conditions dans le tableau N°IV.01.

Les essais granulométriques des sondages carottés sont répertoriés comme suit :

Sondages	Granulométrie	
	% Gravier	% Sable
SC4 (Nord)	12	88
SC4 (Est)	72	28
SC3 (SUD)	100	0
SC1( Ouest)	12	88

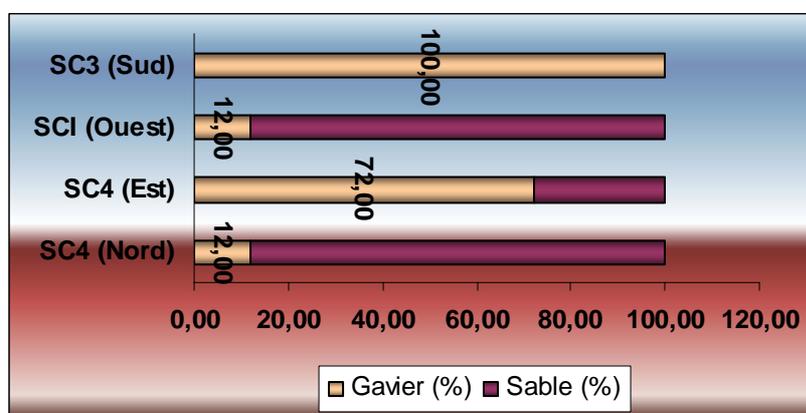


Fig N°IV.01 : Granulométrie des sondages dans la couche superficielle du sol

D'après (Fig N°IV.01) et la classification obtenue pour chaque couche superficielle de ces sondages (Voir Fig. IV02 ; IV03 ; IV04et IV05), on remarque que :

1. Le pourcentage de gravier est plus élevé dans la zone EST de la région d'étude favorisant le risque de la propagation des nitrates en profondeur surtout si on sait que les sols de cette zone sont surfertilisées (Voir II.03).
2. Par Contre dans la région Sud de la zone d'étude le résultat obtenu de la granulométrie (100% de gravier) est le fait que l'essai granulométrique à été effectué sur la couche superficielle du sondage carotté (0.00m à 2.50m) contenant que des cailloux.
3. Pour les zones d'études Nord et Ouest; le pourcentage du sable (88%) d'essai granulométrique indique que ces milieux sont moins vulnérables à la pollution nitrique

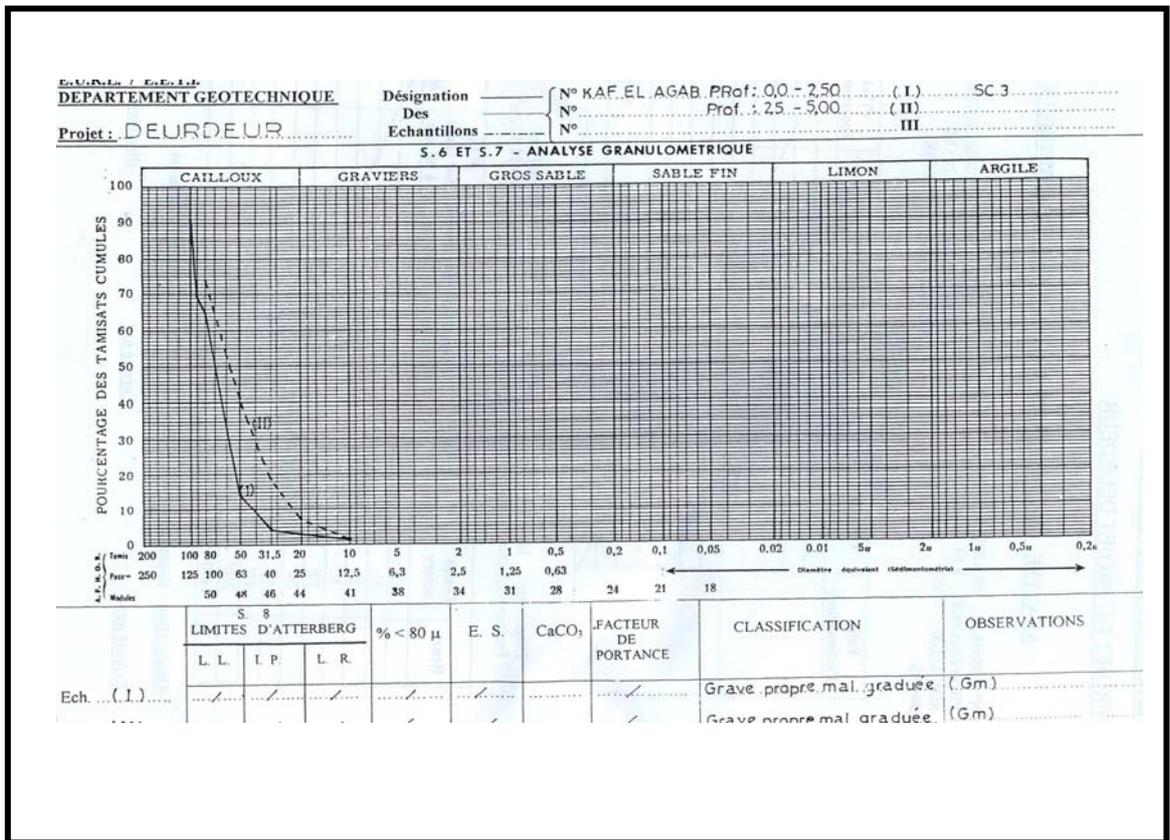


Fig N°IV.02 : Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Sud de la région d'étude (Source:AGID.;2003)

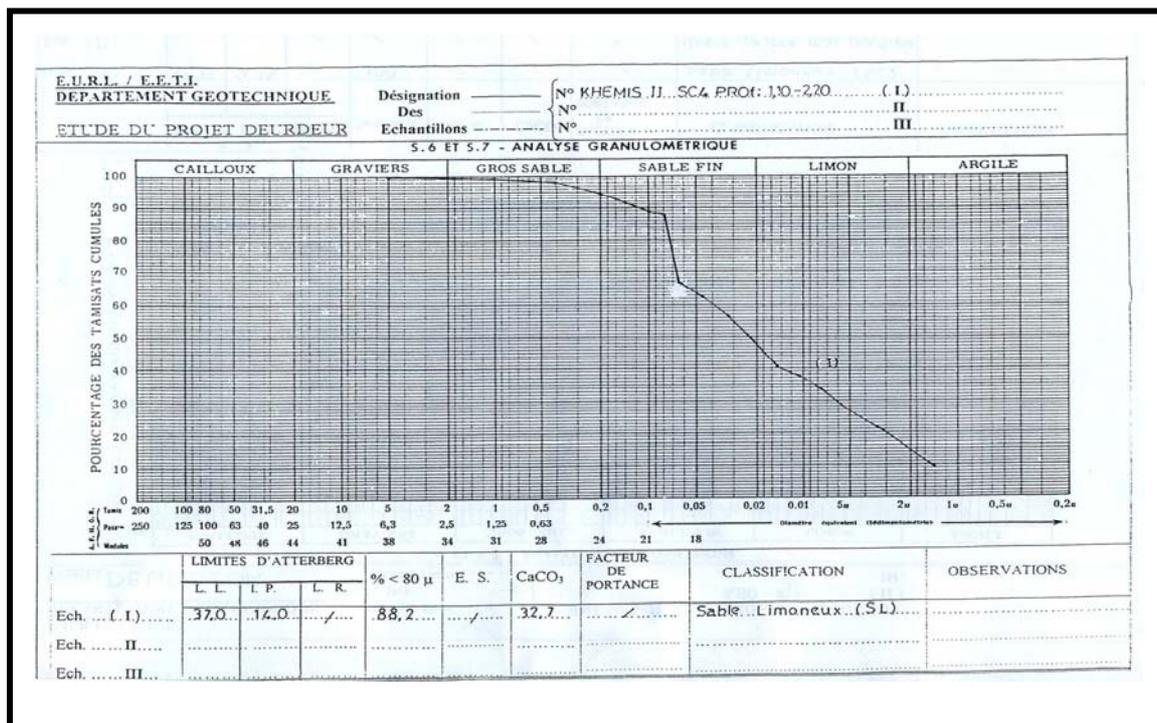


Fig N°IV.03 : Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Nord de la région d'étude (Source:AGID.;2003)

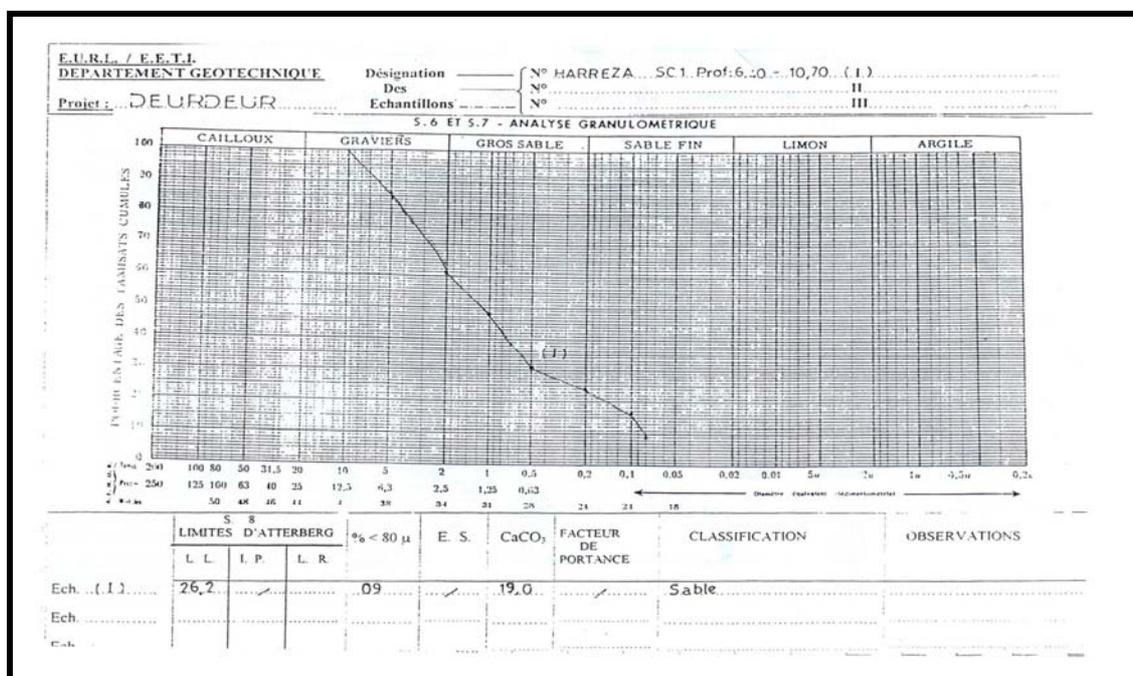


Fig N°IV.04 : Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Ouest de la région d'étude (Source:AGID.;2003)

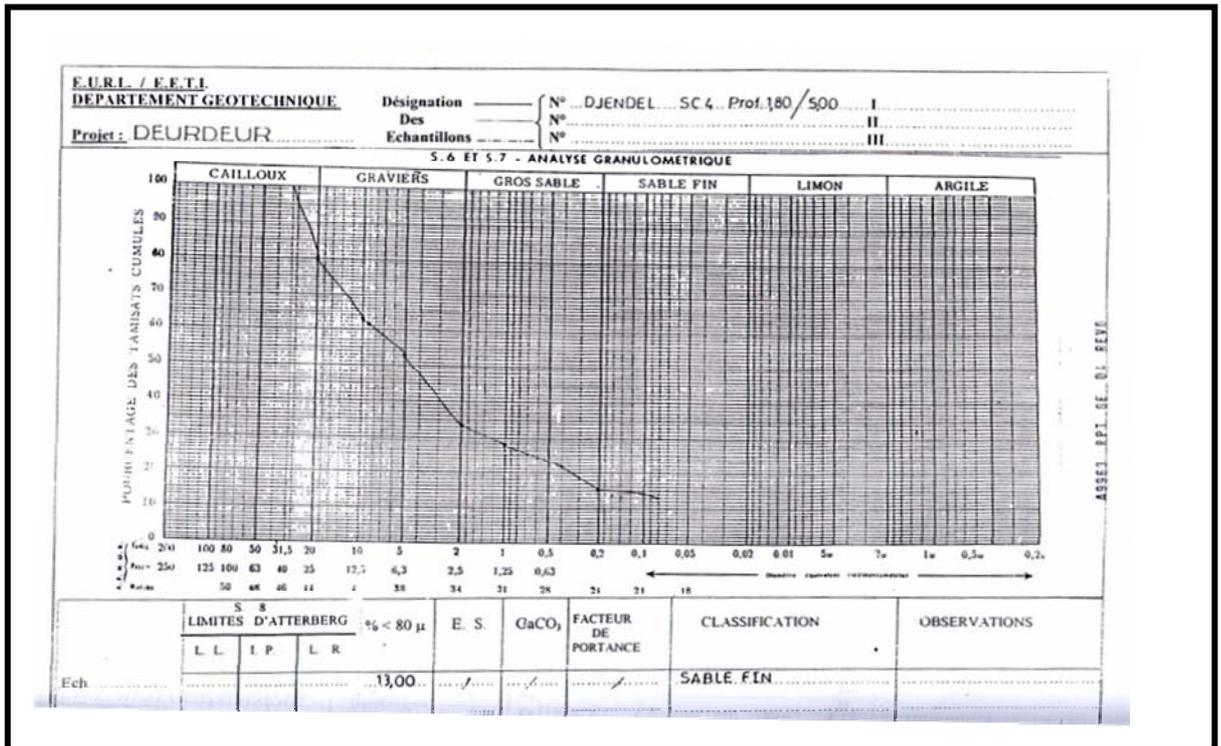


Fig N°IV.05 : Granulométrie de sondage dans la couche superficielle du sol de partie Est de la région d'étude (Source:AGID.;2003)

**IV.2.2.2 Impact de la porosité sur le transfert des nitrates :**

Pour mieux connaître le transfert physique des nitrates dans la zone non saturée, on calcule la porosité de chaque sondage d'après les relations suivantes ( G.Sanglerat):

$$n = \frac{e}{1 + e} \tag{IV.01}$$

$$w = \frac{e \times Sr \times \gamma_w}{\gamma_s} \tag{IV.02}$$

Tel que :

n : La porosité (%)

w :La teneur en eau (%).

$\gamma_s$  : La densité sèche

$\gamma_w$  : La densité de l'eau.

Sr : Le degré de saturation

A partir des formules (IV.01) et (IV.02) on déduit la formule de la porosité suivante:

$$n = \frac{w \times \gamma_s}{Sr \times \gamma_w} \tag{IV.03}$$

A partir des données de l'annexe III, et en utilisant la formule (IV.03), les résultats des porosités des quatre sondages sont illustrés dans le tableau IV.02

**Tableau N°IV 02** : Porosité des quatre (04) sondages

Sondage	Porosité n(%)
SC4 (Djendel)	36
SC4(Khemis)	59
SC3(Kaf)	28
SC1(Harreza)	30

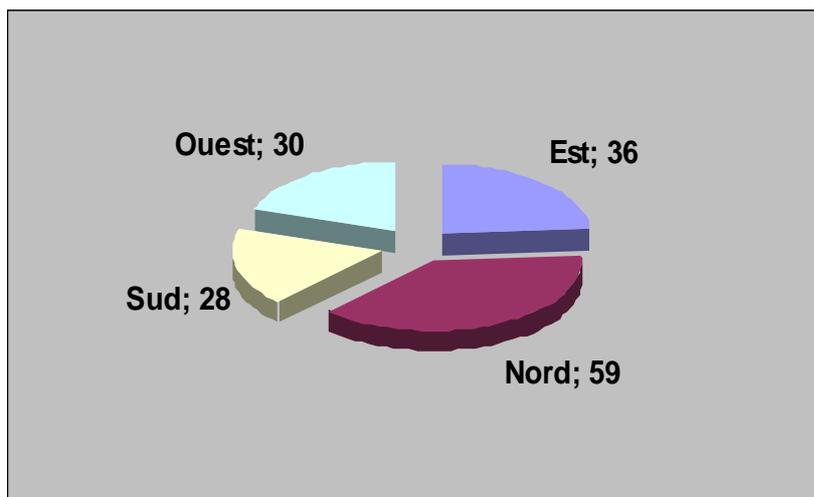


Fig IV.06: Porosité des sondages carottés de la région d'étude

D'après la Figure °IV.6 , la porosité des sondages carottés de la région d'étude (28% à 36% ) indique que cette région est vulnérable à la pollution nitrique engendrant d'après Annexe III.tableau III.01 qui donne le degré des aquifères en fonction de la porosité une propagation rapide de pollution.

Par conséquent dans le Nord de la région d'étude le calcul de la porosité (59%) ne concorde pas avec les résultats obtenus par la granulométrie (12% du Sable;78%de Gravier) du fait que le sondage en question est implanté près d'une bordure d'oued Cheliff où le degré de saturation (Sr) de la tranche d'essai (19.0m à 20.0m) était(Sr=100).(Voir Annexe III).

### IV.2.2.3 Impact de teneur en eau sur le transfert des nitrates :

Sachant que la teneur en eau est le facteur le plus important qui conditionne la vitesse et le temps de transfert nitrates, d'après l'analyse physique des sondages (Voir Annexe III) ; on peut dire que la zone EST du périmètre du Haut Cheliff présente une moyenne de teneurs en eau plus élevée par rapport aux autres endroits de la plaine alluviale ; et par conséquent un temps de transfert court et une vitesse rapide.

**Tableau N°IV 03** : Analyse physique des quatre (04) sondages

Sondage	Niveau d'eau (m)	Nature de la couche du sol	Tranche (m)	Teneur en eau w (%)
SC4(Djendel)	20,50	Sable fin jaunâtre et limon argileux	1,80/5,00	17,80
		Galets et graviers	10,00/16,60	2,20
		Argile graveleuse beige	16,60/17,10	13,20
		Galets et graviers	17,10/21,00	5,75
SC4(Khenis)	9,40	Argile marneuse,sable	1,10/2,20	9,10
		Sable,marne argileuse	2,40/6,00	8,70
		Sable,marne argileuse	10,50/11,80	10,80
		Marne argileuse	14,80/15,50	9,70
		Sable ,marne argileuse	18,70/20,50	10,80
		Argile limoneuse	19,00/20,00	38,08
SC3(Kaf)	2,50	Marne grise compacte	5,00/9,00	2,90
		Marne grise compacte	9,00/13,00	3,86
		Marne grise compacte	13,00/17,00	3,05
		Marne grise compacte	17,00/21,00	4,60
SC1(Harrezza)		Argile marneuse,sable	1,30/6,40	5,20
		Sable fin pulvérulent	6,40/10,70	5,10
		Sables, galets et graviers	10,70/15,00	4,70
		Argile marne et sable	15,00/16,50	4,60
		Argile marne et sable	16,50/20,50	3,60

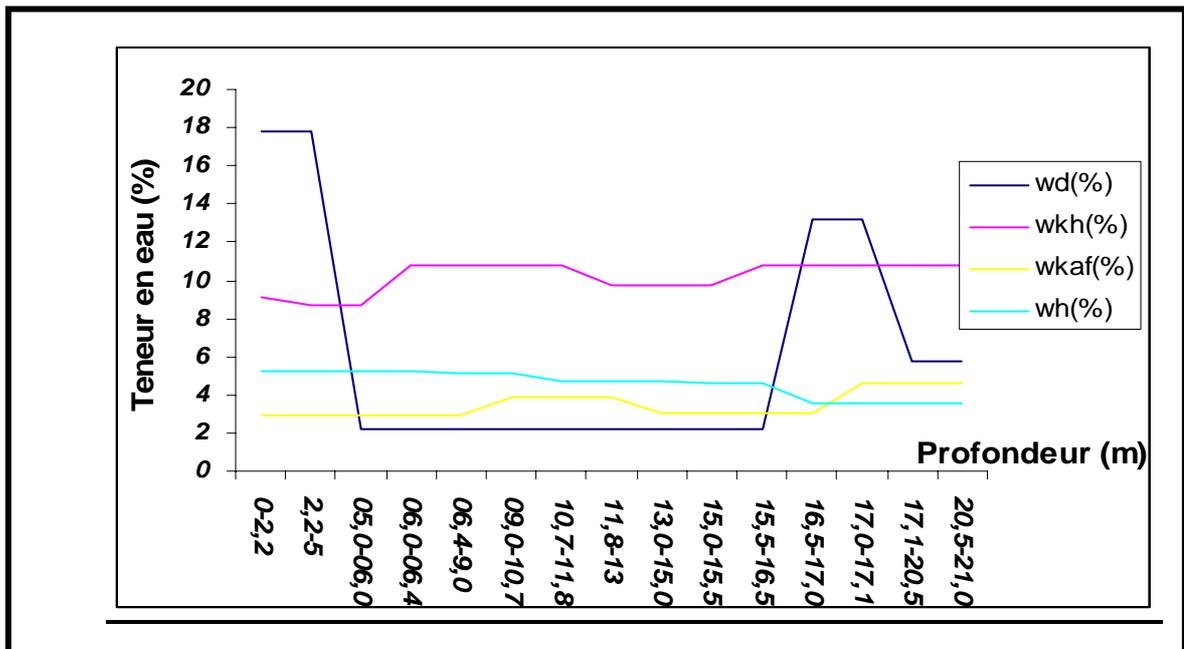


Fig N°IV.07 : Répartition de la teneur en eau en fonction de la profondeur de ZNS

En analysant le tableau ci-dessus on peut dire que plus le sol est humide plus le temps de transfert est rapide (Fig IV.07). L'eau circule d'autant plus vite et facilement qu'il existe de l'eau au départ. Ce facteur, connu sous le nom de conductivité hydrique, est plus important que la variabilité des caractéristiques pédologiques (la composition du sol).

**IV.2.3. Dynamique du déplacement des nitrates dans ZNS:**

Le calcul de la vitesse de filtration des nitrates dans la zone non saturée (Tableau IV.03) est basé sur la formule empirique de calcul de la perméabilité établie par Hazen en 1895 selon la formule suivante (G.CASTANY.1967):

$$K = C d_{10}^2 (0,7 + 0,03T)$$

- Tel que :
- K : Perméabilité (cm/s)
- d<sub>10</sub> : Diamètre efficace (cm).
- T : Température (C°).
- C : Une constante =100

(0.7+0.03T): est la correction de la température que l'on peut négliger dans les conditions naturelles d'où:

$$K = C d_{10}^2 = 100 d_{10}^2$$

**Tableau N°IV 03** : La perméabilité des sondages suivant (Hazen)

Sondages	Niveau d'eau(m)	Profondeur (m)	Nature des couches des sols	Granulométrie	
				d10(cm)	K hazen (m/s)
SC4 Nord	9,40	01,1-02,2	Argile marneuse,sable	1,40E-04	2,45E-08
SC4 Est	20,50	01,8-10,0	Sable fin jaunâtre et limon argileux	2,20E-02	6,05E-04
SC3 Sud	1,25	00,0-02,5	Cailloux	4,00E+00	2,00E+01
SC1 Ouest		01,3-06,4	Argile marneuse,sable	3,00E-03	1,13E-05

A partir des résultats obtenues et en se basant sur le tableau N°IV.4 , on conclut ce qui suit :

- i. La zone EST et Ouest de la région d'étude avec une vitesse fictive respectivement (6,05E-04 m/s et 1.13<sup>E</sup>-05) constituent des zones vulnérables à la pollution,
- ii. Par contre la vitesse de nitrates dans la région Sud , peut être exprimée par le fait que le sondage carotté a été implanté au bord de l'oued renfermé par une couche de cailloux ; ce qui engendre un risque de propagation rapide
- iii. La faible vitesse dans le Nord de la région d'étude montre que la zone est moyennement vulnérable par le fait qu'elle est une zone urbaine dans laquelle l'agriculture est peu développée.

### **IV.3 Conclusion :**

Il est certain que la texture du sol (Argilo limoneuse et limono argileuse) et l'épaisseur considérable de la zone non saturée (1.5m à 19.5m) réduisent le risque de lixiviation des nitrates en profondeur et assurent un control naturel de la pollution nitrique des eaux souterraines ; néanmoins la porosité du milieu (24% à 36%) et la perméabilité calculée; et le niveau d'intensification agricole que connaît cette région jouerait positivement sur la vulnérabilité de la nappe à cette pollution.

Il est en effet important de pouvoir identifier l'origine du risque de la pollution nitrique des eaux souterraines de la nappe alluviale du Haut Cheliff: pratique agricole et vulnérabilité du milieu.

## CONCLUSION

La nappe alluviale du Haut Cheliff est journalièrement confrontée au risque de la pollution par les nitrates provenant des activités industrielles, agricoles ainsi que des effluents domestiques rejetés souvent sans épuration augmentant par conséquent le risque de détérioration de la qualité des ressources hydriques et engendrant un risque sanitaire pour la population rurale s'approvisionnant le plus souvent directement de l'aquifère.

Au terme de ce travail mené dans la région du Haut Cheliff (21035 Km<sup>2</sup>) nous avons pu arriver à déterminer l'état des lieux de la contamination des eaux souterraines par les nitrates, à identifier les causes potentielles de cette pollution, calculer le bilan azoté de la campagne 2003/2004, étudier le transfert des nitrates dans la zone non saturée et aboutir finalement aux résultats et conclusions suivants:

1. Le niveau actuel de la pollution nitrique des eaux souterraines dans le périmètre irrigué du Haut Cheliff commence à devenir critique. Les zones dont les teneurs en nitrates des eaux souterraines dépassent 100 mg NO<sub>3</sub>/l sont localisées à l'Est et à l'Ouest de la région d'étude (Djendel et Djelida). La partie Nord de la région (Khemis) reste en général moins polluée. La pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la plaine du Haut Cheliff est donc une réalité depuis la campagne 1990-1991
2. Les apports excessifs en eau et en engrais azotés pour les cultures pratiquées (blé, betterave, cultures maraîchères, arboriculture et luzerne), et l'élevage sont les causes directes de la pollution nitrique (Fertilisation: **868,23 T/an** 'azote; Elevage: **756,76T/an** d'azote); conduisant Ainsi la région d'étude selon la campagne 2003/2004 et par conséquent l'Algérie à occuper la 5<sup>ème</sup> place dans le monde ( **66.19 %** de l'agriculture et l'élevage) autant que la France( **72%** de l'agriculture et l'élevage ) après la Chine, USA, Inde et Brésil par une consommation excessive d'engrais azotés.
3. Le calcul du Bilan azoté de la campagne 2003/2004 a donné un reliquat de **654.15 T/an** d'azote; pour cela; afin que la gestion de la fertilisation azotée soit efficace, il faut faire l'équilibre entre les entrées et les sorties. En conséquence pour empêcher le lessivage du reliquat d'azote après la récolte et la contamination éventuelle des eaux souterraines, on peut cultiver une autre espèce de couverture, comme des radis,

Salade et Fenouils , qui sont d'excellents récupérateurs d'azote. En effet avec une dose conseillée de 150 Kg/Ha d'azote on peut réaliser un assolement des cultures maraîchères divers arrière saison (Fenouils, Salade, Radis, Epinards et carottes) d'une superficie de 4361 Ha.

4. Par ailleurs, il est certain que la texture du sol (argileuse, argilo limoneuse et limono argileuse), l'épaisseur de la zone non saturée (1.5m à 19.5m) et tous les paramètres qui leurs sont corrélés notamment la réserve utile du sol (66 mm), ainsi que nature de la nappe (connexion hydraulique entre la nappe et l'oued) réduisent le risque de lixiviation des nitrates en profondeur et assurent en conséquence un contrôle naturel de la pollution nitrique des eaux souterraines. Néanmoins, tous les autres facteurs étudiés notamment la topographie du sol (pente de 15%), la climatologie (ETP=84% de la précipitation), le niveau des nappes faible par rapport au sol , le niveau d'intensification agricole que connaît cette, joueraient positivement sur la vulnérabilité de la nappe à cette pollution par les nitrates. De même, le pouvoir de minéralisation élevé des sols couplé aux conditions écologiques favorables à une minéralisation intense de la matière organique native du sol, assez caractéristique des régions irriguées à climat méditerranéen, serait en partie responsable de cette pollution.

Devant tout ces paramètres, la situation risquerait de s'aggraver rapidement induisant, en dehors de toute mesure de prévention, la détérioration de la qualité des eaux souterraines dans cette région .surtout si on sait que , les teneurs en nitrates des eaux puisées aujourd'hui dans les nappes intègrent les apports des six à quinze(6 à 15) dernières années. Inversement, même si, demain, on interdisait tout épandage de nitrates, on en retrouverait encore dans l'eau pendant une quinzaine d'années, c'est dire que toute action réparatrice mettra du temps à porter ses fruits. Si rien ne change, les réserves souterraines pourraient devenir inconsommables.

## RECOMMANDATIONS

La nappe alluviale, constitue un atout économique majeur. Sa très grande vulnérabilité la rend sujette à des nombreuses contaminations dont l'une des plus préoccupantes est la pollution par les nitrates.

- ✓ Des recherches dans ce domaine devraient contribuer à diminuer les frais d'engrais (2800 DA / q actuellement) pour l'agriculture et à maintenir la qualité de l'environnement.
- ✓ Actuellement, la plupart des agriculteurs considèrent l'apport azoté du fumier comme négligeable ou nul. Les agronomes devraient pouvoir informer les agriculteurs pour qu'ils puissent estimer le contenu en azote des fumiers qu'ils épandent.
- ✓ Tenir en compte l'effet de différentes successions culturales sur les risques de pertes de nitrate par des mesures de reliquat azoté "sortie hiver" .
- ✓ Faire des expérimentations, modèle, simulation, transfert des nitrates pour aboutir au bilan d'azote.
- ✓ Une adaptation des techniques culturales est nécessaire dans un grand nombre de situation (l'assolement) pour maîtriser la production de nitrates.
- ✓ L'utilisation des rejets urbains en azote comme fertilisant azoté peut permettre d'obtenir des rendements comparables à une fertilisation minérale sur la pomme de terre, il est cependant important d'éviter de faire des apports sur sol nu trop longtemps avant la culture.
- ✓ L'application régulière de fumier en tête de rotation fournit au sol pendant plusieurs années d'importantes quantités de matières organique dont la minéralisation est impossible à contrôler et qui peuvent produire de très grosses quantités d'azote minéral.
- ✓ L'amélioration de l'utilisation des effluents et fumiers d'élevage devrait certainement limiter le lessivage des nitrates dans les terres cultivées.
- ✓ L'évolution de l'agriculture et celle de la population y sont décrites comme des éventuelles causes historiques de la pollution actuelle.

- ✓ L'irrigation fertilisante (fractionnement des apports d'azote dans l'eau d'irrigation) présente un intérêt économique par rapport à la méthode d'apport massif de l'engrais en début de culture, elle conduit à des rendements significativement plus élevés
- ✓ La réduction des pollutions passe par la réduction des accumulations éventuelle d'azote dans le sol donc du risque de lessivage.
- ✓ La mise en place de mécanismes correctifs de la tarification de l'eau polluée en nitrates.
- ✓ Appliquée le principe pollueur- payeur.
- ✓ La mise en place d'un comité anti –pollution au niveau du bassin versant et la mis en exécution des programmes d'implantation le long de l'oued Cheliff.
- ✓ Une fertilisation supérieure aux besoins de la culture, ne tenant pas compte des réserves azotées du sol (le reliquat) et souvent apportée au mauvais moment.
- ✓ Les industriels se sont également mis de la partie en proposant des appareils qui permettent de mesurer le taux des nitrates pour éviter toute diffusion excessive.
- ✓ Évaluer les besoins réels en fertilisants, en fonction de la plante cultivée, du sol, des précédentes cultures.
- ✓ Inciter les agriculteurs à profiter au maximum des nitrates gratuits présents dans le sol et à limiter les apports extérieurs en faisant passer quelques idées simples, pour une opération « nitrates moins » du genre :
  - Les plantes ont besoin de nitrates, mais pas n'importe quand.
  - Les apports d'engrais en dehors des périodes de besoin sont source de pollution.
  - Chaque culture laisse un reliquat d'azote derrière elle.
  - L'ordre dans lequel se succèdent les cultures est important, car il permet de gérer ce reliquat.
  - Des sols laissés nus l'hiver perdent leur azote, qui va souiller les nappes souterraines : d'où le double intérêt des engrais verts. (les engrais verts sont tous simplement des cultures destinées à couvrir le sol et à piéger les nitrates).
  - Mettre en rapport les éleveurs excédentaires et les agriculteurs déficitaires, dont le rôle est d'exporter le surplus des déjections animales et améliorant la régularité et la précision des dispositifs d'épandage chez les agriculteurs.

# Références bibliographiques

- 1. A.N.R.H.,1973.**  
Note sur l'évolution de la profondeur de la nappe alluviale de Oued Cheliff entre 1988 et 2001-  
Rapport
- 2. ASMIDAL.,,2001.**  
Guide d'utilisation des engrais,Février.
- 3. BERDAI .H.,2003 .**  
Les mécanismes de transfert des polluants dans les eaux souterraines.  
Email :berdai.Halima@ caramail.com. :
- 4. BRGM.,2004 .**  
« Protection des eaux souterraines »Guide méthodologique pour la recherche de l'origine de la  
pollution dans les eaux souterraines -Rapport final,BRGM ,Mai .
- 5. BRL.,FAO., 1976.**  
Bulletin d'irrigation et drainage « Les besoins en eau des cultures »,pp25-27.
- 6. BRL., 1989.**  
Mise en place de l'office des périmètres irrigués de la vallée du Cheliff ;Mars 1989.
- 7. BORISSAVA.E.,1987**  
Agrochimie ,traduction française .Edition MIR 1987.pp131-145
- 8. BOULAIN.J.,1971.**  
Pédologie générale :Laboratoire de Geologie-Pedologie INA.Paris(Grignon).
- 9. CASTANY.G.,1982.**  
Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition Dunod(Paris).
- 10. CHARIOTTE.M.,2003.**  
Mécanismes hydrologiques et hydrochimiques impliqués dans les variations saisonnières des  
teneurs en nitrate dans les bassins versant agricoles- Approche expérimentale et modélisation.-  
Thèse de doctorat d'état ,université de RENNES 1.
- 11. CLEMENT.M.,1987.**  
Analyses physiques des sols .Edition Masson (Paris),Janvier,87p.
- 12. DETAY.M.,1997.**  
La gestion active des aquifères. Edition Masson (Paris),79p.
- 13. D.H.W.(Relizane) ;ABH(Chlef –Zahrez),,1999 .**  
Séminaire sur la protection des ressources en eaux de Oued Cfléf ,Juin.
- 14. DH.W.(Ain Defla),,2003.**  
Ressources hydrique de la wilaya d'Ain Defla-« Campagne d'irrigation 2003-2004 ».
- 15. DSA.(Ain Defla),,2003.**  
Bilan annuel agricole dans la wilaya d'Ain Defla-« Campagne d'irrigation 2003-2004 ».

- 16. EEC.,2001.**  
Engineering Environnement Consult « Bulletin International de l'eau et de l'environnement,Fevier
- 17. FAO.,2002.**  
Mémento pour l'irrigation rationnelle.
- 18. FRANCIES.A.,2001.**  
La géochimie .Edition des archives contenporaires ,Paris,pp157-163.
- 19. HATTAB.M.,1998.**  
Etude qualitatif des eaux du Haut Cheliff .Mémoire de fin d'etude ,Promotion 1998.CU Khemis-Miliana
- 20. HILLEL.D.,1984.**  
L'eau et le sol .Edition Louvain , Juin,183p.
- 21. HOUILLE BLANCHE.,1998.**  
Revue internationale de l'eau .
- 22. INA.El Harrach.,1975.**  
Séminaire du science du sol « Connaissances des sols du Maghreb »,Avril,45p.
- 23. I.N.A.PARIS.,2004.**  
Prévision de risque de contamination des eaux souterraines.- Application au bassin versant de Bruyères et Montbérault(Aisne).
- 24. INRA.,1990.**  
Nitrates- Agricultures- Eau .Paris .
- 25. IRAT.,1972.**  
Compte rendu de la mission en Algerie « Plaine d'El-Khemis »,Décembre,9p.
- 26. LEGROS.P.,1989.**  
Les bases physiques ,chimiques et minéralogique de la science du sol, 24 Avril,pp.490-502.
- 27. NICOLAS.T.,2001.**  
Agriculture et agroalimentaire « Guide pour une fertilisation raisonnée. ».Canada.
- 28. OPIC.,2004.**  
Bilan annuel d'exploitation –« Campagne d'irrigation 2003-2003 ».
- 29. OPIC.,AGID.,2003.**  
Etude du projet d'aménagement du périmètre du Haut Cheliff.Dar el Handasah,Junin.
- 30. PANSU.M.,1998.**  
L'analyse du sol « échantillonnage,instrumentation et control ».Edition Masson(Paris),95p.
- 31. PNUE.,1991.**  
Pollution des eaux douces .Bibliothèque de l'environnement PNUE/GEMS.N°06 ,Nairobi.
- 32. REMENIAS.G.,1986.**  
L'hydrologie de l'ingénieur .Edition Eyrolles (Paris),250p

**33. REMINI.B.,2005.**

Problématique de l'eau en Algérie .Collection Hydraulique et transport solide,19p.

**34. SANGLERAT.G.,1981.**

Cours pratique de mécanique des sols. Edition Dunod (Paris).

**35. SOGREAH.,1984.**

Etude hydrologique et hydrogéologique du Périmètre du Haut Cheliff

**36. UHBC.,2002.**

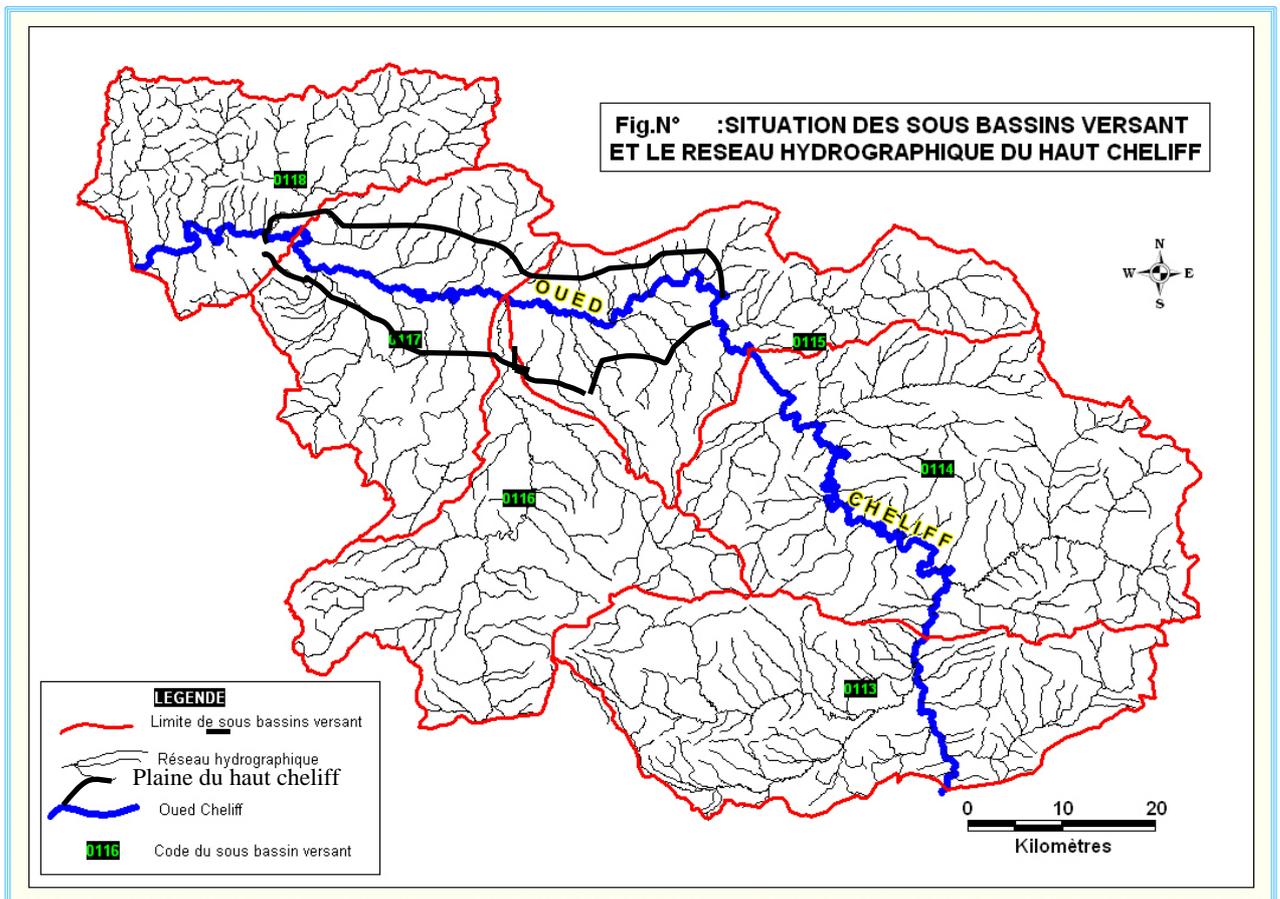
Colloque international sur l'eau . « Gestion quantitative et qualitative des ressources en eau »,Février.

**Tableau N°01** : Valeurs de la température en °C.

STATION	Sept	Oct	Nov	Decem	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy. annuelle
Khemis	23.3	18.3	13	9.9	8.9	10.3	11.8	13.8	18	22.7	26.7	27.3	17.0
Barrage Ghrif	21.9	17.5	12.7	8.8	8.2	9.3	12.3	13.3	17.6	22.3	26.1	27	16.4

**Tableau N°02** : Stations pluviométriques retenues qui sont significatives de l'ensemble du bassin

CODE	STATION	X	Y	Z
PL011405	GHRIB BGE	487250	318400	460
PL011407	GHRIB AMONT	495450	308800	435
PL011514	DJENAN BEN OUADAH	475650	325200	85
PL011601	MARABOUT BLANC	460100	315750	335
PL011609	DEURDEUR BGE	458800	300050	575
PL011702	ARIB CHELIFF	439500	332550	230
PL011715	EL ABBABSA	443950	318050	320
PL011718	HARREZA BGE	445350	321400	312



**Tableau N°03** : Les valeurs des pluviométries enregistrées durant 34 Années précédentes  
(Source ANRH-Alger)

Années	PL011405	PL011407	PL011514	PL011601	PL011609	PL011702	PL011715	PL011718
1968	378,2	449,9	412,2	296,5	426,5	488,5	380,7	371,9
1969	516,0	331,1	511,0	355,6	498,1	531,0	654,9	483,8
1970	362,2	312,0	324,2	289,8	387,3	383,4	316,7	354,3
1971	630,5	816,5	560,7	438,0	638,0	743,8	596,8	547,7
1972	620,1	754,2	527,2	439,2	639,5	589,8	455,7	464,7
1973	541,0	441,8	263,7	365,7	520,1	633,0	407,8	504,4
1974	553,1	560,2	529,7	347,8	487,5	555,6	328,9	379,4
1975	520,8	533,2	336,6	332,4	362,8	528,5	379,0	471,6
1976	504,5	394,1	404,7	334,7	353,0	592,8	420,9	338,0
1977	423,7	353,5	438,1	346,6	395,1	413,6	374,4	412,7
1978	457,7	453,3	426,8	323,5	466,1	576,1	434,7	481,8
1979	604,9	517,8	510,6	385,6	546,9	568,9	456,1	406,1
1980	427,2	394,2	484,3	322,2	422,2	466,4	320,1	348,0
1981	422,0	458,7	413,9	260,5	354,8	377,5	256,9	290,4
1982	405,2	353,7	454,4	225,6	296,8	413,2	387,1	263,0
1983	452,8	405,7	490,0	304,1	410,9	444,0	374,3	322,2
1984	595,1	462,8	656,0	342,2	525,1	479,0	310,9	380,5
1985	498,5	369,8	463,2	319,9	382,7	456,9	436,3	450,1
1986	544,8	448,5	444,6	318,1	385,0	528,3	484,6	433,7
1987	330,6	211,4	355,5	217,6	270,0	297,1	285,8	276,0
1988	467,6	363,6	471,5	277,9	425,2	433,0	343,8	315,5
1989	316,7	420,2	254,7	203,9	277,5	306,0	278,9	283,9
1990	384,8	291,7	340,1	302,3	393,3	374,1	375,3	275,5
1991	508,4	376,3	357,0	320,3	479,6	487,4	339,4	363,3
1992	304,1	298,0	272,4	219,8	280,4	254,5	238,9	261,3
1993	251,4	217,3	195,0	207,3	254,5	194,4	224,3	218,4
1994	483,5	604,5	612,2	380,7	562,1	467,7	391,8	434,9
1995	676,9	889,9	573,9	416,7	569,1	602,5	459,3	550,4
1996	331,5	528,9	349,0	276,5	318,7	314,3	275,7	284,7
1997	457,3	678,9	495,8	319,1	410,5	406,5	333,5	315,9
1998	429,8	492,6	499,1	290,7	395,2	333,2	300,6	291,3
1999	237,5	322,0	308,5	151,7	231,3	229,1	185,4	176,6
2000	494,8	505,4	467,0	341,4	416,3	358,7	439,2	403,0
2001	246,0	325,3	299,2	233,4	287,4	276,4	237,9	251,6
	452,3	451,1	426,5	309,0	413,8	444,3	367,3	364,9

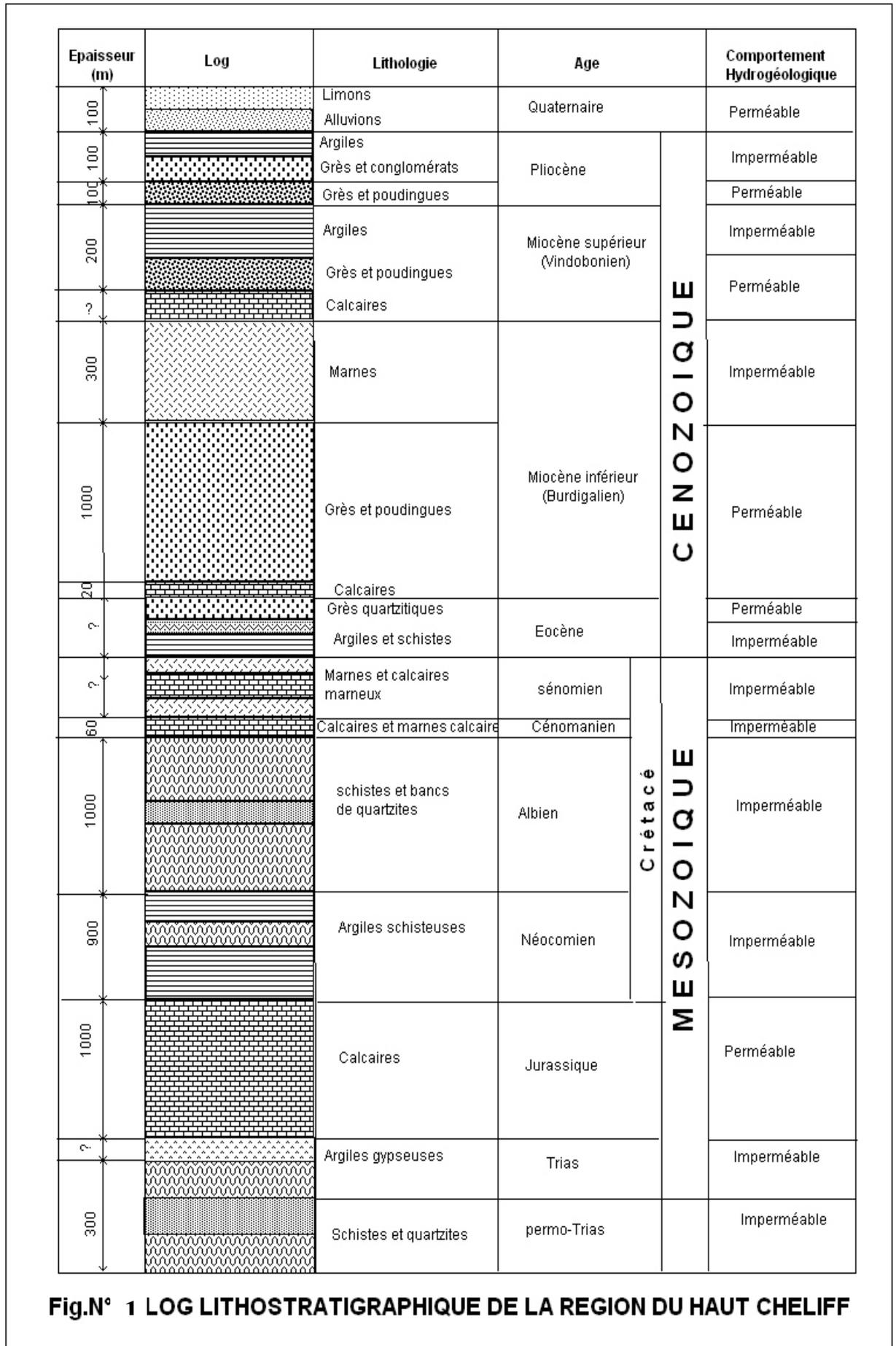


Fig.N° 1 LOG LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA REGION DU HAUT CHELIFF

**Tableau N°04** : Coordonnées des points d'eau dans la plaine alluviale du Haut Cheliff.

N°BIRH	X (m)	Y (m)	Z (m)	prof	nature
W084-131	435700	330250	241,21	17,90	PUITS
W084-111	440400	331800	245,14	9,08	PUITS
W084-129	440750	327900	251,75	8,65	PUITS
W084-110	441000	330100	246,76	12,00	PUITS
W084-127	441050	326350	274,14	16,00	PUITS
W084-105	441700	329050	249,24	11,10	PUITS
W084-169	442050	322650	313,15	16,00	PUITS
W084-166	442400	325250	269,18	12,01	PUITS
W084-125	442700	326000	258,29	20,00	PUITS
W084-99	443820	329800	251,07	20,00	PUITS
W084-313	443850	329500	250,85	280,00	forage
W084-170	444300	323550	293,18	12,51	PUITS
W084-182	444300	327550	252,28	8,21	PUITS
W084-104	444800	332000	263,40	22,70	PUITS
W084-114	446250	325250	264,53	15,00	PUITS
W084-115	446850	323700	275,93	19,00	PUITS
W084-107	447250	331000	264,81	17,00	PUITS
W084-92	447450	330600	284,31	21,10	PUITS
W084-91	447500	329600	256,64	5,50	PUITS
W084-196	447500	332600	278,02	19,10	PUITS
W084-81	448200	326500	258,23	14,50	PUITS
W084-80	448900	325250	260,12	17,00	PUITS
W084-93	449200	330800	286,90	32,41	PUITS
W084-83	449250	328950	262,36	10,00	PUITS
W084-76	451570	326950	263,21	16,50	PUITS
W084-63	452070	321950	280,60	15,00	PUITS
W084-73	453050	328950	277,30	8,50	PUITS
W084-72	454400	328400	279,30	12,59	PUITS
W084-314	454550	328350	279,22	18,00	PUITS
W084-311	455950	320250	310,84	23,00	PUITS
W084-155	456000	321050	293,02	12,72	PUITS
W084-69	456050	327050	274,89	15,01	PUITS
W084-310	456300	322100	289,75	18,00	PUITS
W084-154	456400	321850	290,05	13,50	PUITS
W084-57	456425	324400		13,92	PUITS
W084-56	456500	324850	275,73	18,20	PUITS
W084-185	457050	325500	274,84	13,01	PUITS
W084-140	458500	321300	296,90	14,00	PUITS
W084-143	458750	320300	301,10	16,20	PUITS
W084-48	459000	325750	279,94	17,40	PUITS
W084-137	459100	321900	295,92	15,00	PUITS
W084-146	459400	325000	280,04	15,81	PUITS
W084-134	459460	324220	280,59	17,10	PUITS
W084-139	459500	320900	303,64	11,20	PUITS
W084-40	459950	328250	287,25	17,95	PUITS
W084-5	461250	323550	287,41	15,69	PUITS
W084-39	461500	328000	292,83	23,11	PUITS
W084-8	462300	322800	293,40	20,66	PUITS
W084-12	462450	321750	308,38	21,21	PUITS
W084-14	462470	320850	315,80	25,10	PUITS
W084-309	463300	327000	288,06	18,00	PUITS
W084-22	463900	322000	298,82	26,30	PUITS
W084-1	465120	325850	288,40	22,31	PUITS

<b>W084-28</b>	465350	321520	307,71	33,80	PUITS
<b>W085-8</b>	467600	325650	306,29	34,50	PUITS
<b>W085-15</b>	469070	322500	303,07	32,50	PUITS
<b>W085-14</b>	469820	321500	316,43	40,10	PUITS
<b>W085-7</b>	470300	324120	306,97	32,58	PUITS
<b>W085-6</b>	471700	324700	346,26	19,50	PUITS
<b>W085-3</b>	472700	324350	314,35	36,77	PUITS
<b>W085-9</b>	473250	321550	333,18	36,00	PUITS
<b>W085-20</b>	477350	323500	394,87	23,20	PUITS
<b>W085-23</b>	480100	322250	475,24	12,42	PUITS
<b>W085-38</b>	480950	322900	514,99	8,50	PUITS
<b>W085-27</b>	483750	322770	359,94	14,00	PUITS
<b>W085-72</b>	484250	321450	358,34	36,10	forage
<b>W085-26</b>	484570	321500	364,80	14,00	PUITS

**Tableau N°05** : Piézométrie de la campagne Septembre 2003 (Basses Eaux).

<b>N°BIRH</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>sept-03</b>	<b>Z</b>
<b>W084-5</b>	461250	323550	20,59	287,41
<b>W084-8</b>	462300	322800	24,82	293,40
<b>W084-14</b>	462470	320850	21,70	315,80
<b>W084-39</b>	461500	328000	19,13	292,83
<b>W084-63</b>	452070	321950	12,61	280,60
<b>W084-72</b>	454400	328400	10,37	279,30
<b>W084-73</b>	453050	328950	2,33	277,30
<b>W084-80</b>	448900	325250	14,80	260,12
<b>W084-91</b>	447500	329600	4,45	256,64
<b>W084-93</b>	449200	330800	24,05	286,90
<b>W084-107</b>	447250	331000	16,32	264,81
<b>W084-111</b>	440400	331800	15,76	245,14
<b>W084-127</b>	441050	326350	7,40	274,14
<b>W084-129</b>	440750	327900	6,21	251,75
<b>W084-131</b>	435700	330250	3,84	241,21
<b>W084-139</b>	459500	320900	7,91	303,64
<b>W084-140</b>	458500	321300	9,85	296,90
<b>W084-143</b>	458750	320300	8,50	301,10
<b>W084-155</b>	456000	321050	9,39	293,02
<b>W084-166</b>	442400	325250	12,44	269,18
<b>W084-169</b>	442050	322650	6,11	313,15
<b>W084-182</b>	444300	327550	22,51	252,28
<b>W084-185</b>	457050	325500	20,42	274,84
<b>W084-196</b>	447500	332600	13,67	278,02
<b>W084-310</b>	456300	322100	17,15	289,75
<b>W084-311</b>	455950	320250	18,27	310,84
<b>W084-314</b>	454550	328350	9,75	279,22
<b>W085-6</b>	471700	324700	15,98	346,26
<b>W085-8</b>	467600	325650	29,41	306,29
<b>W085-9</b>	473250	321550	30,38	333,18
<b>W085-14</b>	469820	321500	38,00	316,43
<b>W085-20</b>	477350	323500	12,39	394,87
<b>W085-23</b>	480100	322250	8,50	475,24
<b>W085-27</b>	483750	322770	10,37	359,94
<b>W085-38</b>	480950	322900	8,26	514,99

**Tableau N°06** : Piézométrie de la campagne Avril 2004(Hautes Eaux).

N°BIRH	X (m)	Y (m)	Z (m)	avril-03
W084-8	462300	322800	293,40	18,15
W084-12	462450	321750	308,38	21,10
W084-14	462470	320850	315,80	22,00
W084-39	461500	328000	292,83	20,95
W084-63	452070	321950	280,60	15,00
W084-72	454400	328400	279,30	12,30
W084-73	453050	328950	277,30	2,20
W084-80	448900	325250	260,12	14,50
W084-81	448200	326500	258,23	16,60
W084-92	447450	330600	284,31	17,80
W084-93	449200	330800	286,90	24,45
W084-107	447250	331000	264,81	14,60
W084-111	440400	331800	245,14	14,10
W084-125	442700	326000	258,29	6,30
W084-127	441050	326350	274,14	2,40
W084-129	440750	327900	251,75	3,40
W084-131	435700	330250	241,21	1,00
W084-139	459500	320900	303,64	8,10
W084-140	458500	321300	296,90	9,30
W084-143	458750	320300	301,10	8,50
W084-155	456000	321050	293,02	9,40
W084-166	442400	325250	269,18	8,70
W084-169	442050	322650	313,15	10,00
W084-182	444300	327550	252,28	19,23
W084-196	447500	332600	278,02	11,90
W084-310	456300	322100	289,75	19,60
W084-311	455950	320250	310,84	20,90
W085-6	471700	324700	346,26	15,35
W085-9	473250	321550	333,18	29,90
W085-14	469820	321500	316,43	37,80
W085-20	477350	323500	394,87	12,50
W085-23	480100	322250	475,24	4,96
W085-27	483750	322770	359,94	11,70
W085-38	480950	322900	514,99	5,90

**Tableau N°01** : Résultats des analyses des eaux souterraines de la plaine d'El-Khemis (Source ANRH:AVRIL2004):

N°BIRH	(mg/l)													TH (°F)
	Ca	Mg	Na	K	CL-	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CACO3	Carbon	OH-	PH	Min	Rec	CE	
W084-8	202	64	160	1	570	192	269	0	0	7,7	1283	1301	1781,9	77
W084-12	232	64	110	0	480	142	247	0	0	7,4	1290	1231	1791,7	84
W084-14	265	104	120	1	725	100	198	0	0	7,8	1649	1477	2290,3	109
W084-22	109	57	75	0	213	42	323	0	0	7,8	738	756	1025	51
W084-39	243	77	90	0	500	160	251	0	0	7,7	1401	1362	1945,8	93
W084-57	181	50	180	1	458	212	218	0	0	7,7	1321	1310	1834,7	66
W084-63	343	163	135	0	650	575	342	0	0	7,8	2244	2216	3116,7	154
W084-72	219	116	75	1	408	292	271	0	0	7,6	1414	1392	1963,9	103
W084-73	159	113	135	19	350	197	634	0	0	7,6	1395	1501	1937,5	87
W084-80	292	175	185	5	718	600	302	0	0	7,6	2337	2293	3245,8	146
W084-93	139	81	50	0	200	258	208	0	0	7,5	930	989	1291,7	68
W084-91	254	98	70	1	450	308	293	0	0	7,3	1482	1467	2058,3	104
W084-92	160	71	65	0	192	170	369	0	0	7,7	949	1024	1318,1	70
W084-107	208	94	60	1	288	267	388	0	0	7,7	1209	1254	1679,2	91
W084-125	158	57	60	0	240	138	267	0	0	7,5	911	945	1265,3	63
W084-127	97	49	60	0	163	83	196	0	0	7,7	694	745	963,89	45
W084-129	250	123	125	4	463	370	314	0	0	7,7	1674	1669	2325	113
W084-131	127	36	40	2	150	70	268	0	0	7,6	651	703	904,17	47
W084-139	198	117	300	3	833	358	220	0	0	7,5	2170	2114	3013,9	98
W084-140	207	87	365	2	708	445	224	0	0	7,4	2133	2138	2962,5	88
W084-143	145	62	185	2	380	210	267	0	0	7,4	1321	1401	1834,7	62
W084-154	214	93	425	1	725	455	373	0	0	7,5	2282	2323	3169,4	92
W084-155	300	170	550	2	1000	538	384	0	0	7,2	3187	3197	4426,4	146
W084-169	454	69	160	0	975	213	256	0	0	7,7	2294	2090	3186,1	142
W084-185	230	94	205	2	248	338	261	0	0	7,3	2270	1817	3152,8	97
W084-	163	59	75	0	308	120	316	0	0	7,6	998	1034	1386,1	65

ANNEXE II:Référence du Chapitre Etude Hydrochimique

166															
<b>W084-196</b>	123	29	55	0	100	150	363	0	0	7,8	651	756	904,17	43	
<b>W084-310</b>	245	87	575	1	1150	475	297	0	0	7,8	2964	2952	4116,7	97	
<b>W084-311</b>	249	251	550	1	1460	290	367	0	0	7,8	3460	3186	4805,6	167	
<b>W084-314</b>	375	203	100	2	1050	300	308	0	0	7,9	2641	2486	3668,1	178	
<b>W085-6</b>	305	92	250	2	750	150	381	0	0	7,7	2120	2125	2944,4	115	
<b>W085-9</b>	153	39	45	0	167	10	267	0	0	8	738	805	1025	54	
<b>W085-20</b>	216	57	145	0	495	108	217	0	0	7,7	1426	1457	1980,6	78	
<b>W085-23</b>	121	50	60	0	253	47	203	0	0	7,6	806	843	1119	51	
<b>W085-26</b>	442	96	200	1	925	363	207	0	0	7,3	2585	2553	3590,3	150	
<b>W085-27</b>	485	197	320	4	1200	900	275	0	0	7,8	3646	3605	5063,9	203	
<b>W085-38</b>	91	28	35	1	105	40	185	0	0	7,3	521	601	723,61	35	

**Tableau N°02** : Valeurs de température mesurées dans la plaine du Haut Cheliff (Source :CU Khemis)

Paramètres	Point de prélèvement (Oued Souffay)				Point de prélèvement (Oued Rehane)			
	Amont	Milieu	Aval	Forage a proximité	Amont	Milieu	Aval	Forage a proximité
Date	18-05-2003	18-05-2003	18-05-2003	18-05-2003	27-05-2003	27-05-2003	27-05-2003	27-05-2003
Heure	09h :30	10h :00	10h :20	11h :00	09h :00	09h :30	10h :00	10h :30
Température (c°)	22	21.5	21.6	22.9	19.7	20.2	20.4	19.8

**Tableau N°03** : Qualité des eaux de distribution d'après les directives de la communauté européenne CE.

PP Paramètres	Teneurs		
	Guide	Max.	Min
Facteurs organoleptiques			
<b>Turbidité (silice mg /L)</b>	5	20	--
Température (°C )	12	25	--

ANNEXE II:Référence du Chapitre Etude Hydrochimique

<b>Facteurs physico-chimiques</b>			
<b>PH</b>	6,5 à 8,5	9,5	6
Conductivité (μ, ohm/cm)	400	1250	--
<b>Dureté totale (résidu sec mg/L)</b>	35	--	10
Calcium (mg/L)	100	--	10
<b>Magnesium (mg/L)</b>	30	50	--
Sodium (mg/L)	<20	100	--
<b>Potassium (mg/L)</b>	<10	12	--
Nitrates (mg/L)	--	50	--
<b>Sulfates (mg/L)</b>	25	250	--
Chlorures (mg/L)	25	200	--
<b>Facteurs biologiques</b>			
<b>Oxygène dissous (μg /L)</b>	5	--	--
<b>Facteurs indésirables ou toxiques</b>			
<b>Argent (μg /L)</b>	--	10	--
Arsenic (μg /L)	--	50	--
<b>Barium (μg /L)</b>	--	100	--
Cyanures (μg /L)	--	50	--
<b>Chromes (μg /L)</b>	--	50	--
Fer (μg /L)	100	300	--
<b>Plomb (μg /L)</b>	--	50	--
Zinc (μg /L)	--	100	--
<b>Hydrocarbure (μg /L)</b>	--	0,2	--
Détergents (μg /L)	--	100	--
<b>Pesticides (μg /L)</b>	--	0,5	--
Coliformes fécaux (échantillon 100ml)	0	--	--
<b>Pathogène (échantillon 100ml)</b>	0	--	--
Parasites, algues	0	--	--

**Tableau N°04** : Classification des eaux selon leur TH(D'après Theobald et Gramma)

<b>Nature de l'eau</b>	<b>TH(°F)</b>	<b>Usage domestique</b>
Eau très douce	0-7	Bonne potabilité
Eau douce	7-14	
Eau moyennement douce	14-22	Potabilité passable
Eau assez dure	22-32	
Eau dure	32-54	Potabilité médiocre à mauvaise
Eau très dure	>54	

**Tableau N°05** : Le calcul des paramètres chimiques pour l' étude de la classification des eaux souterraines de la région d'étude.

Point d'eau		131		139		140		143		154		155	
Lieu		84		84		84		84		84		84	
Calcium	mé/l	6,35	56,80	9,91	30,23	10,37	30,93	7,23	35,33	10,68	28,89	14,99	28,23
Magnésium	mé/l	3,04	27,18	9,74	29,72	7,23	21,56	5,13	25,09	7,79	21,07	14,16	26,65
Sodium	mé/l	1,74	15,57	13,04	39,81	15,87	47,35	8,04	39,33	18,48	49,97	23,91	45,02
Potassium	mé/l	0,05	0,46	0,08	0,23	0,05	0,15	0,05	0,25	0,03	0,07	0,05	0,10
Cations	mé/l	11,17	100,00	32,76	100,00	33,51	100,00	20,45	100,00	36,98	100,00	53,12	100,00
Chlorures	mé/l	4,23	37,86	23,45	65,06	19,93	57,78	10,70	47,51	20,42	54,94	28,17	56,14
Sulfates	mé/l	1,46	13,07	7,46	20,69	9,27	26,88	4,38	19,42	9,48	25,50	11,20	22,32
Bicarbonates	mé/l	4,40	39,38	3,61	10,00	3,68	10,67	4,39	19,46	6,11	16,44	6,29	12,54
Carbonates	mé/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH-	mé/l	0,00	9,68	0,00	4,25	0,00	4,68	0,00	13,60	0,00	3,12	0,00	9,00
<b>Nitrates</b>	mé/l	1,08	9,68	1,53	4,25	1,61	4,68	3,06	13,60	1,16	3,12	4,52	9,00
Anions	mé/l	11,16	100,00	36,05	100,00	34,49	100,00	22,53	100,00	37,17	100,00	50,17	100,00

Point d'eau		169		185		166		196		310		311	
Lieu		84		84		84		84		84		84	
Calcium	mé/l	22,71	64,20	11,52	40,62	8,17	50,08	6,13	56,02	12,23	27,50	12,44	21,72
Magnésium	mé/l	5,71	16,14	7,87	27,77	4,88	29,92	2,42	22,10	7,21	16,21	20,90	36,49
Sodium	mé/l	6,96	19,67	8,91	31,43	3,26	20,00	2,39	21,87	25,00	56,23	23,91	41,75
Potassium	mé/l	0,00	0,00	0,05	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,03	0,04
Cations	mé/l	35,37	100,00	28,36	100,00	16,31	100,00	10,93	100,00	44,46	100,00	57,27	100,00
Chlorures	mé/l	27,46	73,61	6,99	37,12	8,68	50,57	2,82	23,52	32,39	65,98	41,13	75,56
Sulfates	mé/l	4,44	11,89	7,04	37,42	2,50	14,57	3,13	26,09	9,90	20,15	6,04	11,10
Bicarbonates	mé/l	4,20	11,26	4,28	22,72	5,18	30,16	5,96	49,72	4,88	9,93	6,02	11,06
Carbonates	mé/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH-	mé/l	0,00	3,24	0,00	2,74	0,00	4,70	0,00	0,67	0,00	3,94	0,00	2,28
<b>Nitrates</b>	mé/l	1,21	3,24	0,52	2,74	0,81	4,70	0,08	0,67	1,94	3,94	1,24	2,28
Anions	mé/l	37,31	100,00	18,82	100,00	17,16	100,00	11,98	100,00	49,10	100,00	54,43	100,00

Point d'eau		314		6		9		20		23	
Lieu		84		85		85		85		85	
Calcium	mé/l	18,75	46,85	15,25	45,07	7,63	59,62	10,79	49,49	6,04	47,14
Magnésium	mé/l	16,88	42,16	7,67	22,66	3,21	25,08	4,71	21,59	4,17	32,51
Sodium	mé/l	4,35	10,86	10,87	32,12	1,96	15,30	6,30	28,91	2,61	20,35
Potassium	mé/l	0,05	0,13	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cations	mé/l	40,02	100,00	33,84	100,00	12,79	100,00	21,80	100,00	12,82	100,00
Chlorures	mé/l	29,58	67,31	21,13	60,62	4,70	37,56	13,94	58,25	7,13	51,47
Sulfates	mé/l	6,25	14,22	3,13	8,97	0,21	1,66	2,25	9,40	0,98	7,07
Bicarbonates	mé/l	5,05	11,49	6,25	17,92	4,39	35,01	3,55	14,83	3,32	23,98
Carbonates	mé/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OH-	mé/l	0,00	6,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrates</b>	mé/l	3,06	6,97	4,35	12,50	3,23	25,76	4,19	17,52	2,42	17,47
Anions	mé/l	43,94	100,00	34,85	100,00	12,52	100,00	23,94	100,00	13,85	100,00

Point d'eau		26		27		38	
Lieu		85		85		85	
Calcium	mé/l	22,08	56,91	24,25	44,38	4,56	53,97
Magnésium	mé/l	8,00	20,62	16,38	29,97	2,34	27,72



## ANNEXE II:Référence du Chapitre Etude Hydrochimique

Nitrates	mé/l	0,44	1,79	1,08	6,72	0,16	0,80	1,18	7,75	2,18	18,60	0,84	3,14
Anions	mé/l	24,33	100,00	16,08	100,00	20,20	100,00	15,20	100,00	11,71	100,00	26,72	100,00

**Tableau N°06** : Valeurs des teneurs en nitrates pour la campagne 1990/1991

Nom	NO3	Nom	NO3
111/84	1	73/84	65
08/04	51	07/85	65
110/84	2	12/84	66
182/84	3	143/84	66
105/84	5	92/84	67
69/84	5	22/84	68
27/85	6	20/85	68
169/84	15	38/85	70
01/84	15	09/84	71
06/85	15	80/84	80
146/84	21	40/84	81
57/84	21	03/85	85
93/84	22	170/84	92
139/84	23	127/84	95
A/15	23	05/84	98
137/84	24	169/84	325
309/84	26	08/04	51
125/84	28	28/84	51
155/84	30	14/84	51
114/84	32	166/84	53
140/84	32	15/84	54
91/84	33	08/85	54
107/84	33	14/85	55
48/84	33	39/84	45
185/84	38	129/84	50
131/84	40	23/85	40

**Tableau N°07** : Valeurs des teneurs en nitrates pour la campagne 1997

N°	Point d'eau	Nitr97	X	Y	N° carte
1	131	47	435 700	330 250	84
2	111	3	440 400	331 800	84
3	129	62	440 750	327 900	84
4	110	5	441 000	330 100	84
5	127	81	441 050	326 350	84
6	105	7	441 700	329 050	84
7	169	84	442 050	322 650	84
8	166	49	442 400	325 250	84
9	125	57	442 700	326 000	84
10	182	27	444 300	327 550	84
11	114	35	446 250	325 250	84
12	107	35	447 250	331 000	84
13	92	37	447 450	330 600	84
14	196	10	447 500	332 600	84
15	91	31	447 500	329 600	84
16	80	83	448 900	325 250	84
17	63	61	452 070	321 950	84
18	73	11	453 050	328 950	84
19	72	60	454 400	328 400	84
20	311	45	455 950	320 250	84

ANNEXE II:Référence du Chapitre Etude Hydrochimique

21	155	53	456 000	321 050	84
22	310	53	456 300	322 100	84
23	154	56	456 400	321 850	84
24	57	54	456 425	324 400	84
25	185	47	457 050	325 500	84
26	140	51	458 500	321 300	84
27	143	85	458 750	320 300	84
28	139	10	459 500	320 900	84
29	39	40	461 500	328 000	84
30	14	45	462 470	320 850	84
31	22	54	463 900	322 000	84
32	8	135	467 600	325 650	85
33	14	110	469 820	321 500	85
34	7	135	470 300	324 120	85
35	6	89	471 700	324 700	85
36	3	125	472 700	324 350	85
37	9	185	473 250	321 550	85
38	20	160	477 350	323 500	85
39	26	157	484 570	321 500	85
40	40	280	459 950	328 250	84

**Tableau N°08** : Valeurs des teneurs en nitrates Basses eaux (Campagne Sptembre2003).

Points d'eau	X	Y	No3
6	471 700	324 700	220
9	473 250	321 550	205
20	477 350	323 500	215
23	480 100	322 250	53
27	483 750	322 770	39
38	480 950	322 900	76
5	461 250	323 550	200
14	462 470	320 850	1
22	463 900	322 000	4
39	461 500	328 000	100
63	452 070	321 950	86
72	454 400	328 400	84
80	448 900	325 250	105
81	448 200	326 500	105
91	447 500	329 600	34
93	449 200	330 800	67
125	442 700	326 000	95
127	441 050	326 350	160
129	440 750	327 900	24
131	435 700	330 250	95
139	459 500	320 900	78
140	458 500	321 300	125
143	458 750	320 300	85
154	456 400	321 850	50
155	456 000	321 050	86
166	442 400	325 250	82
169	442 050	322 650	0
185	457 050	325 500	57
196	447 500	332 600	65
310	456 300	322 100	28
311	455 950	320 250	92

**Tableau N°09** : Valeurs des teneurs en nitrates des hautes eaux (Campgne2004)

N°	Point d'eau	Nitr04	X	Y	N° carte
1	131	67	435 700	330 250	84
2	111	8	440 400	331 800	84
3	129	52	440 750	327 900	84
4	110	9	441 000	330 100	84
5	127	135	441 050	326 350	84
6	105	12	441 700	329 050	84
7	169	75	442 050	322 650	84
8	166	50	442 400	325 250	84
9	125	73	442 700	326 000	84
10	182	56	444 300	327 550	84
11	114	42	446 250	325 250	84
12	107	10	447 250	331 000	84
13	92	67	447 450	330 600	84
14	196	5	447 500	332 600	84
15	91	27	447 500	329 600	84
16	80	16	448 900	325 250	84
17	93	47	449 200	330 800	84
18	63	20	452 070	321 950	84
19	73	25	453 050	328 950	84
20	72	41	454 400	328 400	84
21	314	190	454 550	328 350	84
22	311	77	455 950	320 250	84
23	155	74	456 000	321 050	84
24	69	15	456 050	327 050	84
25	310	120	456 300	322 100	84
26	154	72	456 400	321 850	84
27	57	37	456 425	324 400	84
28	185	32	457 050	325 500	84
29	140	100	458 500	321 300	84
30	143	190	458 750	320 300	84
31	139	95	459 500	320 900	84
32	39	85	461 500	328 000	84
33	8	65	462 300	322 800	84
34	12	77	462 450	321 750	84
35	14	59	462 470	320 850	84
36	22	11	463 900	322 000	84
37	8	135	467 600	325 650	85
38	14	115	469 820	321 500	85
39	7	135	470 300	324 120	85
40	6	270	471 700	324 700	85
41	3	265	472 700	324 350	85
42	9	200	473 250	321 550	85
43	20	260	477 350	323 500	85
44	38	150	480 950	322 900	85
45	26	289	484 570	321 500	85

**Tableau N°10** : Carte des teneurs maximum des nitrates des années (1997/1998)et (2003/2004)

N°	Point d'eau	Nitr04	Nitr97	X	Y	N° carte
1	131	67	47	435 700	330 250	84
2	111	8	3	440 400	331 800	84
3	129	52	62	440 750	327 900	84
4	110	9	5	441 000	330 100	84
5	127	135	81	441 050	326 350	84
6	105	12	7	441 700	329 050	84
7	169	75	84	442 050	322 650	84
8	166	50	49	442 400	325 250	84
9	125	73	57	442 700	326 000	84
10	182	56	27	444 300	327 550	84
11	114	42	35	446 250	325 250	84
12	107	10	35	447 250	331 000	84
13	92	67	37	447 450	330 600	84
14	196	5	10	447 500	332 600	84
15	91	27	31	447 500	329 600	84
16	80	16	83	448 900	325 250	84
17	93	47	22	449 200	330 800	84
18	63	20	61	452 070	321 950	84
19	73	25	11	453 050	328 950	84
20	72	41	60	454 400	328 400	84
21	314	190	97	454 550	328 350	84
22	311	77	45	455 950	320 250	84
23	155	74	53	456 000	321 050	84
24	69	15	5	456 050	327 050	84
25	310	120	53	456 300	322 100	84
26	154	72	56	456 400	321 850	84
27	57	37	54	456 425	324 400	84
28	185	32	47	457 050	325 500	84
29	140	100	51	458 500	321 300	84
30	143	190	85	458 750	320 300	84
31	139	95	10	459 500	320 900	84
32	39	85	40	461 500	328 000	84
33	8	65	57	462 300	322 800	84
34	12	77	66	462 450	321 750	84
35	14	59	45	462 470	320 850	84
36	22	11	54	463 900	322 000	84
37	8	135	135	467 600	325 650	85
38	14	115	110	469 820	321 500	85
39	7	135	135	470 300	324 120	85
40	6	270	89	471 700	324 700	85
41	3	265	125	472 700	324 350	85
42	9	200	185	473 250	321 550	85
43	20	260	160	477 350	323 500	85
44	38	150	70	480 950	322 900	85
45	26	289	157	484 570	321 500	85

**Tableau N°11** : Cartes des teneurs maximum des nitrates des années 1990/1997/2004:

N°	Point d'eau	Nitr04	Nitr97	Nitr90	X	Y	N° carte
1	131	67	47	40	435 700	330 250	84
2	111	8	3	1	440 400	331 800	84
3	129	52	62	50	440 750	327 900	84
4	110	9	5	2	441 000	330 100	84
5	127	135	81	95	441 050	326 350	84
6	105	12	7	5	441 700	329 050	84
7	169	75	84	15	442 050	322 650	84
8	166	50	49	53	442 400	325 250	84
9	125	73	57	28	442 700	326 000	84
10	182	56	27	3	444 300	327 550	84
11	114	42	35	32	446 250	325 250	84
12	107	10	35	33	447 250	331 000	84
13	92	67	37	67	447 450	330 600	84
14	196	5	10	23	447 500	332 600	84
15	91	27	31	33	447 500	329 600	84
16	80	16	83	80	448 900	325 250	84
17	63	20	61	79	452 070	321 950	84
18	73	25	11	65	453 050	328 950	84
19	72	41	60	81	454 400	328 400	84
20	311	77	45	30	455 950	320 250	84
21	155	74	53	30	456 000	321 050	84
22	310	120	53	23	456 300	322 100	84
23	154	72	56	25	456 400	321 850	84
24	57	37	54	21	456 425	324 400	84
25	185	32	47	38	457 050	325 500	84
26	140	100	51	32	458 500	321 300	84
27	143	190	85	66	458 750	320 300	84
28	139	95	10	23	459 500	320 900	84
29	39	85	40	45	461 500	328 000	84
30	14	59	45	51	462 470	320 850	84
31	22	11	54	68	463 900	322 000	84
32	8	135	135	54	467 600	325 650	85
33	14	115	110	55	469 820	321 500	85
34	7	135	135	65	470 300	324 120	85
35	6	270	89	15	471 700	324 700	85
36	3	265	125	85	472 700	324 350	85
37	9	200	185	10	473 250	321 550	85
38	20	260	160	68	477 350	323 500	85
39	26	289	157	21	484 570	321 500	85

**Tableau N°II.12** : Valeurs de la volatilisation

ORIGINE	APPORT	VOLATILISATION		
		en tonnes d'azote	en tonnes d'ammoniac	en % de l'azote apporté
élevages	1 325 000 *	517 400	628 300	39,05%
engrais azotés	2 391 691	116 000	140 800	5,89%
<b>TOTAL</b>	<b>3 716 691</b>	<b>633 400</b>	<b>769 100</b>	

(Sources : CITEPA) \* estimation

**Tableau N°II.13** : Fiche technique d'engrais NPK15 15 15



# ASMIDAL

**N.P.Ks (Sulfaté)**  
**15.15.15**

**Dénomination :**

Engrais Ternaire Azoté - Phosphaté - Potassique Sulfaté

**Formule Chimique :**  $N.P_2O_5.K_2O$

**Analyse Chimique :**

Azote Total	15 % +ou -1%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total	15 % min
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable	14 %
K <sub>2</sub> O assimilable	15 % +ou - 1%
S (soufre)	8%
Humidité	2% Max
PH	Neutre

**Aspect Physique :**

Présentation :	Granulé
Couleur :	Grisâtre
Granulométrie :	1 à 4 mm > 90%

**Conditionnement :** Sac Polypropylène de 50 Kg

**Utilisation :**

- Arboriculture / Viticulture
- Maraichage : Pomme de terre, tomate, oignon, ail, melon, pastèque, .....etc
- Cultures Industrielles : Tomate ind., Tabac .....etc

**Doses à l'Hectare :**

Maraichage / Cultures industrielles	: 6 à 10 Qx
Arboriculture / Viticulture	: 8 à 12 Qx

**Période d'application :**

Engrais à utiliser comme engrais de fond  
(au moment des semis et sur les différentes plantations)  
sur tous les types de sols.

**Tableau N°IV 01:** Degré de vulnérabilité des aquifères en fonction des paramètres hydrauliques

Types de réservoir	Porosité efficace (%)	Perméabilité (m/s)	Vitesse de déplacement (m/an)	Degré de vulnérabilité
<b>Gravier</b>				
- Gros	23-30	$10^1$ à 1	--	Propagation rapide de la pollution, pas de filtration
- Moyens	25	1 à $10^{-1}$		
- Fins	20-25	$10^{-1}$ à $10^{-2}$		
- gravier +sable	15-25	$10^{-1}$ à $10^{-4}$		
<b>Alluvion</b>	8-10	$10^{-2}$ à $10^{-4}$	100 à 2000	Risque de propagation rapide de la pollution
<b>Sables</b>				
-Gros	20-27	$10^{-2}$ à $10^{-3}$	2 à 5	Propagation lente de la pollution filtration importante
-Moyens	15-28	$10^{-3}$ à $10^{-6}$		
-Fins	10-23	$10^{-3}$ à $10^{-6}$		
-Très fin	5	$10^{-4}$ à $10^{-7}$		
Sables gros + silt	5	$10^{-3}$ à $10^{-7}$		
Silt	2-8	$10^{-5}$ à $10^{-9}$		
<b>Grés fissurés</b>	2-15	$10^{-2}$ à $10^{-6}$	15	Possibilité de pollution locale rapide par infiltration dans les fissures
<b>Granite fissuré</b>	0,1-2	$10^{-5}$ à $10^{-10}$	--	Possibilité de pollution locale rapide par infiltration dans les fissures
<b>Basalte fissuré</b>	8-10	$10^{-2}$ à $10^{-6}$	--	
<b>Schistes</b>	0,1-2	$10^{-7}$ à $10^{-10}$	--	Possibilité de pollution locale rapide par infiltration dans les fissures
<b>Argiles</b>	3	$10^{-7}$ à $10^{-10}$	--	Milieu non vulnérable



**ETUDE GEOTECHNIQUE**  
**DE LA REGION EST**

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : DJENDEL  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 27/10/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 1,80 / 05,0  
 Nature : Sable fin jaunâtre et limon argileux  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	19	40	16	60	30	09		
POIDS HUMIDE + TARE	44,22	46,34	51,13	42,86	39,07	43,47		
POIDS SEC + TARE	40,25	42,16	46,19	39,07	36,08	39,60		
POIDS DE LA TARE	18,60	19,30	18,90	18,50	18,90	18,50		
POIDS DE L'EAU	3,97	4,18	4,94	3,75	2,99	3,47		
POIDS DU SOL SEC	21,65	22,86	27,29	20,57	17,18	21,10		
TENEUR EN EAU	18,30	18,20	18,10	18,20	17,40	16,40		

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	660,30	591,60	424,40	
POIDS DU SOL HUMIDE	652,80	583,80	415,80	
POIDS DE LA PARAFINE	07,50	07,80	08,60	
POIDS DU SOL DANS L'EAU	326,20	291,80	209,20	
VOLUME BRUT	334,10	299,80	215,20	
VOLUME DE LA PARAF.	8,30	08,70	9,60	
VOLUME NET	325,80	291,10	205,60	
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	2,00	2,01	2,02	
TENEUR EN EAU MOYENNE	18,30	18,20	16,90	
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	1,69	1,70	1,73	

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 2,01 T/m<sup>3</sup>  
 - TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 17,80 (%)  
 - DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,71 T/m<sup>3</sup>  
 - TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 21 (%)  
 - DEGRE DE SATURATION : SR : 84 (%)

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : DJENDEL  
Sondage : SC 4  
Opérateur : SEDDIKI  
Date d'essai : 27/10/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
Profondeur : 10,00 / 16,60  
Nature : Galets et graviers  
Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	63	64						
POIDS HUMIDE + TARE	53,74	58,05						
POIDS SEC + TARE	53,00	57,17						
POIDS DE LA TARE	18,40	18,50						
POIDS DE L'EAU	0,72	0,88						
POIDS DU SOL SEC	34,62	38,67						
TENEUR EN EAU	02,10	02,2						

- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 02,20 (%)

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance: DJENDEL  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 27/10/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 16,60 / 17,10  
 Nature : Argile graveleuse beige  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
	8	21	20	10	34	2		
N° TARE								
POIDS HUMIDE + TARE	43,85	44,46	47,67	50,33	60,59	42,20		
POIDS SEC + TARE	40,95	41,30	44,49	46,56	43,10	39,37		
POIDS DE LA TARE	18,70	18,70	18,9	19,10	18,60	18,40		
POIDS DE L'EAU	2,90	3,16	3,18	3,77	17,49	2,83		
POIDS DU SOL SEC	22,25	22,60	25,59	27,46	28,50	20,97		
TENEUR EN EAU	13,03	13,90	12,40	13,70		13,50		

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	438,50	364,40	422,40	
POIDS DU SOL HUMIDE	432,14	358,70	414,70	
POIDS DE LA PARAFINE	06,34	05,70	07,70	
POIDS DU SOL DANS L'EAU	214,30	178,10	207,20	
VOLUME BRUT	224,20	1,863	215,20	
VOLUME DE LA PARAF.	07,40	06,30	08,60	
VOLUME NET	216,80	1,80	206,60	
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	1,99	1,99	1,93	
TENEUR EN EAU MOYENNE	13,09	13,05	13,50	
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	1,76	1,76	1,70	

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 1,97 T/m<sup>3</sup>  
 - TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 13,20 (%)  
 - DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,74 T/m<sup>3</sup>  
 - TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 20 (%)  
 - DEGRE DE SATURATION : SR : 66 (%)

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

**E.U.R.L./E.E.T.I.**  
**DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE**

**ETUDE DU PROJET DEURDEUR**

**DENSITE TENEUR EN EAU**

Provenance : DJENDEL  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 27/10/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 17,10 / 21,00  
 Nature : Galets et graviers  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II	III	IV
N° TARE	53	5			
POIDS HUMIDE + TARE	45,73	57,06			
POIDS SEC + TARE	44,33	54,87			
POIDS DE LA TARE	18,60	18,80			
POIDS DE L'EAU	1,40	2,19			
POIDS DU SOL SEC	25,73	36,07			
TENEUR EN EAU	05,40	06,10			

- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 05,75 (%)

Exécuté par

Corrigé par

Directeur



**ETUDE GEOTECHNIQUE  
DE LA REGION NORD**

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KHEMIS II  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 23/09/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 01,10 / 02,20  
 Nature : Argile limoneuse + sable.  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	58	40						
POIDS HUMIDE + TARE	47,80	46,50						
POIDS SEC + TARE	45,10	44,30						
POIDS DE LA TARE	19,50	19,30						
POIDS DE L'EAU	02,70	02,20						
POIDS DU SOL SEC	25,60	25						
TENEUR EN EAU	09,40	08,80						

- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 09,10 (%)

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KHEMIS II  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 23/09/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 02,40 / 06,00  
 Nature : Sable, marne argileuse.  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
	05	23						
N° TARE								
OIDS HUMIDE + TARE	48,30	49,60						
OIDS SEC + TARE	46,00	47,10						
OIDS DE LA TARE	18,80	19						
OIDS DE L'EAU	02,30	02,50						
OIDS DU SOL SEC	27,20	28,10						
TENEUR EN EAU	08,50	08,90						

TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 08,70 (%)

E.U.R.I./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KHEMIS II  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 23/09/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 10,50 / 11,80  
 Nature : Sable, marne argileuse.  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	15	33						
POIDS HUMIDE + TARE	46,20	47,80						
POIDS SEC + TARE	43,60	44,90						
POIDS DE LA TARE	18,30	18,90						
POIDS DE L'EAU	02,60	02,90						
POIDS DU SOL SEC	25,30	26						
TENEUR EN EAU	10,30	11,20						

TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 10,80 (%)

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KHEMIS II  
 Sondage : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 23/09/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 14,80 / 15,50  
 Nature : Marne argileuse.  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	25	43						
POIDS HUMIDE + TARE	46,40	46,80						
POIDS SEC + TARE	44,30	44						
POIDS DE LA TARE	18,70	18,90						
POIDS DE L'EAU	02,10	02,80						
POIDS DU SOL SEC	25,60	25,10						
TENEUR EN EAU	08,20	11,20						

- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 09,70 (%)

**E.U.R.L./ E.E.T.I.**  
**DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE**

**ETUDE DU PROJET DEURDEUR**

**DENSITE TENEUR EN EAU**

Provenance : KHEMIS I  
 Sondage : SC 5  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 23/09/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 02,00 / 05,00  
 Nature : Marne, argileuse et sable.  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	42	60						
POIDS HUMIDE + TARE	44	44,50						
POIDS SEC + TARE	41,90	42,20						
POIDS DE LA TARE	18,70	18,50						
POIDS DE L'EAU	02,10	02,30						
POIDS DU SOL SEC	23,20	23,70						
TENEUR EN EAU	09,10	09,70						

- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 09,40 (%)

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KHEMIS II  
 Sondage ~~ou puits~~ : SC 4  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 23/09/2001

Dossier : Projet DEURDEUR  
 Profondeur : 19,0 / 20,0  
 Nature : Argile limoneuse  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
	4	5	58	33	64	35		
N° TARE								
POIDS HUMIDE + TARE	46,43	43,77	41,42	39,50	42,42	41,63		
POIDS SEC + TARE	39,07	36,87	35,35	33,79	35,74	35,33		
POIDS DE LA TARE	18,9	18,8	19,5	18,9	18,5	18,9		
POIDS DE L'EAU	7,36	06,9	06,07	5,71	06,68	06,3		
POIDS DU SOL SEC	20,17	18,07	15,85	14,89	17,24	16,43		
TENEUR EN EAU	36,49	38,18	38,29	38,35	38,74	38,34		

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	1575	1533	1612	
POIDS DU SOL HUMIDE	1485	1445	1520	
POIDS DE LA PARAFINE	90	88	92	
POIDS DU SOL DANS L'EAU	782,5	778,2	794,8	
VOLUME BRUT	792,5	754,8	817,2	
VOLUME DE LA PARAF.	100	97,8	102,2	
VOLUME NET	692,5	657	715,0	
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	2,14	2,19	2,13	
TENEUR EN EAU MOYENNE	37,33	38,32	38,6	
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	1,56	1,58	1,54	

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 2,15 T/m<sup>3</sup>  
 · TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 38,08 (%)  
 · DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,56 T/m<sup>3</sup>  
 · TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 27 (%)  
 · DEGRE DE SATURATION : SR : 100 (%)

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

A9963 RPT GE D4 REV0



**ETUDE GEOTECHNIQUE  
DE LA REGION SUD**

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KAF EL – AGAB  
Sondage : SC 3  
Opérateur : SEDDIKI  
Date d'essai : 01/10/2001

Dossier : ETUDE PROJET DEURDEUR  
Profondeur : 05,00 / 09,00  
Nature : Marne grise compacte  
Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	42,00	40,00						
POIDS HUMIDE + TARE	70,84	54,36						
POIDS SEC + TARE	69,41	53,37						
POIDS DE LA TARE	18,70	19,30						
POIDS DE L'EAU	01,43	0,99						
POIDS DU SOL SEC	50,70	34,07						
TENEUR EN EAU	02,80	02,90						

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	243,21			
POIDS DU SOL HUMIDE	239,63			
POIDS DE LA PARAFINE	03,58			
POIDS DU SOL DANS L'EAU	119,40			
VOLUME BRUT	123,80			
VOLUME DE LA PARAF.	03,98			
VOLUME NET	119,80			
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	02,00			
TENEUR EN EAU MOYENNE	02,90			
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	01,94			

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 2,00 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 2,90 (%)
- DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,94 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 14,55 (%)
- DEGRE DE SATURATION : SR : 19,93 (%)

OBSERVATIONS : .....

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KAF EL – AGAB  
 Sondage : SC 3  
 Opérateur : SEDDIKI  
 Date d'essai : 01/10/2001

Dossier : ETUDE PROJET DEURDEUR  
 Profondeur : 09,00 / 13,00  
 Nature : Marne grise compacte  
 Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II	III	IV
N° TARE	20,00	54,00			
POIDS HUMIDE + TARE	60,16	62,87			
POIDS SEC + TARE	58,62	60,87			
POIDS DE LA TARE	18,90	18,70			
POIDS DE L'EAU	01,54	01,62			
POIDS DU SOL SEC	39,72	42,17			
TENEUR EN EAU	03,87	03,84			

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	459,53			
POIDS DU SOL HUMIDE	453,30			
POIDS DE LA PARAFINE	06,23			
POIDS DU SOL DANS L'EAU	223,70			
VOLUME BRUT	229,60			
VOLUME DE LA PARAF.	06,92			
VOLUME NET	222,68			
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	02,03			
TENEUR EN EAU MOYENNE	03,86			
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	01,95			

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 2,03 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 3,86 (%)
- DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,95 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 14,28 (%)
- DEGRE DE SATURATION : SR : 27,03 (%)

OBSERVATIONS : .....

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

A9963 RPT GE D4 REV0

E.U.R.L./ E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KAF EL – AGAB  
Sondage : SC 3  
Opérateur : SEDDIKI  
Date d'essai : 01/10/2001

Dossier : ETUDE PROJET DEURDEUR  
Profondeur : 17,00 / 21,00  
Nature : Marnes grises compactes  
Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II	III	IV
N° TARE	30,00	56,00			
POIDS HUMIDE + TARE	60,33	65,67			
POIDS SEC + TARE	58,51	63,61			
POIDS DE LA TARE	18,90	18,80			
POIDS DE L'EAU	01,82	02,06			
POIDS DU SOL SEC	39,61	44,81			
TENEUR EN EAU	04,60	04,60			

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	235,48			
POIDS DU SOL HUMIDE	231,00			
POIDS DE LA PARAFINE	04,48			
POIDS DU SOL DANS L'EAU	114,70			
VOLUME BRUT	120,80			
VOLUME DE LA PARAF.	05,00			
VOLUME NET	115,80			
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	01,99			
TENEUR EN EAU MOYENNE	04,60			
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	01,90			

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 1,99 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 4,60 (%)
- DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,90 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU DE SATURATION :  $W_{sat}$  : 15,63 (%)
- DEGRE DE SATURATION : SR : 29,43 (%)

OBSERVATIONS : .....

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

A9963 RPT GE D4 REV0

E.U.R.L./ E.E.T.I.DEPARTEMENT GEOTECHNIQUEETUDE DU PROJET DEURDEURDENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : KAF EL – AGAB

Sondage : SC 3

Opérateur : SEDDIKI

Date d'essai : 01/10/2001

Dossier : ETUDE PROJET DEURDEUR

Profondeur : 13,00 / 17,00

Nature : Marne grise compacte

Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	19,00	2,00						
POIDS HUMIDE + TARE	56,54	59,35						
POIDS SEC + TARE	55,75	58,56						
POIDS DE LA TARE	18,60	18,40						
POIDS DE L'EAU	0,79	0,79						
POIDS DU SOL SEC	37,15	40,16						
TENEUR EN EAU	02,13	01,97						

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	206,30			
POIDS DU SOL HUMIDE	202,67			
POIDS DE LA PARAFINE	03,63			
POIDS DU SOL DANS L'EAU	100,90			
VOLUME BRUT	105,40			
VOLUME DE LA PARAF.	04,03			
VOLUME NET	101,37			
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	02,00			
TENEUR EN EAU MOYENNE	02,05			
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	01,96			

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 2,00 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 3,05 (%)
- DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 1,96 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 14,02 (%)
- DEGRE DE SATURATION : SR : 14,62 (%)

OBSERVATIONS : .....Exécuté parCorrigé parDirecteur



**ETUDE GEOTECHNIQUE  
DE LA REGION OUEST**

E.U.R.L./E.E.T.I.  
DEPARTEMENT GEOTECHNIQUE

ETUDE DU PROJET DEURDEUR

DENSITE TENEUR EN EAU

Provenance : HARREZA  
Sondage : SC 1  
Opérateur : SEDDIKI  
Date d'essai : 17/02/2002

Dossier : ETUDE PROJET DEURDEUR  
Profondeur : 20,50 / 25,00  
Nature : Argile marneuse grisâtre.  
Température de séchage : 105°

Echantillon N°	I		II		III		IV	
N° TARE	42	05						
POIDS HUMIDE + TARE	45,80	51,80						
POIDS SEC + TARE	44,71	50,45						
POIDS DE LA TARE	18,70	18,80						
POIDS DE L'EAU	01,09	01,35						
POIDS DU SOL SEC	26,01	31,65						
TENEUR EN EAU	04,20	04,30						

POIDS DU SOL HUMIDE + PARAD.	283,88			
POIDS DU SOL HUMIDE	272,35			
POIDS DE LA PARAFINE	11,53			
POIDS DU SOL DANS L'EAU	137,90			
VOLUME BRUT	145,98			
VOLUME DE LA PARAF.	12,80			
VOLUME NET	133,18			
DENSITE HUMIDE ( $\gamma_h$ )	02,04			
TENEUR EN EAU MOYENNE	04,30			
DENSITE SECHE ( $\gamma_d$ )	01,96			

- DENSITE HUMIDE :  $\gamma_h$  : 02,04 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU NATURELLE : W : 04,30 (%)
- DENSITE SECHE :  $\gamma_d$  : 01,96 T/m<sup>3</sup>
- TENEUR EN EAU DE SATURATION : W<sub>sat</sub> : 13,90 (%)
- DEGRE DE SATURATION : SR : 28 (%)

OBSERVATIONS: .....

Exécuté par

Corrigé par

Directeur

**Tableau N°III.1** : Les périodes pendant lesquelles les épandages sont inapproprié(en vert) comme suit :

### 1-Fumier

Type I. (C/N > 8)	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Sols non cultivés												
Grandes cultures d'automne												
Grandes cultures de printemps												
Prairies de plus de 6 mois												
Cultures spéciales	( A préciser localement )											

### 2-Lisiers

Type II. (C/N < 8)	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Sols non cultivés												
Grandes cultures d'automne												
Grandes cultures de printemps												
Prairies de plus de 6 mois												
Cultures spéciales	( A préciser localement )											

### 3-Engrais minéraux

Type III.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Sols non cultivés												
Grandes cultures d'automne												
Grandes cultures de printemps												
Prairies de plus de 6 mois												
Cultures spéciales	( A préciser localement )											

**Tableau N°III.3** : Valeurs fertilisantes des effluents

Type d'effluent	% matière sèche	% matière organique	Rapport C/N	Azote total (kg/t ou /m <sup>3</sup> )	Répartition de l'azote en %		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O*	CaO*	MgO*	SO <sub>3</sub>
					N minéral	N organique					
Fumier de bovin	21-25	13-18	autour de 14	3,5-10	10-15	90-85	3-11	2,5-15	2-8	0,5-5	1-2,5
Fumier de porc	autour de 20	11-20		6			6	4	20-39	2,5	

ANNEXE 04/Bilan de l'azote

Fumier de volailles de chair	plus de 40	40-50	10-15	20-30	65-75	35-25	18-31	15-25	3-40	5-7	3,7
Lisier de bovin (non dilué)	12-19	5,5-13	autour de 8	2-5	40-60	60-40	2-3,5	3-10	2-6	0,5-4,5	
Lisier de porc	6-10	4-7	autour de 8	2-7	60-75	40-25	2-6	1,5-5	40,5	0,5-1,5	0,8
Lisier de poules pondeuses	plus de 10			2-11	65-80	35-25	10	7	23,5	3	
Lisier de dindes				23-55	20-25	80-75	21	7,5	14	3,5	
Fiente de volaille	25-85	autour de 18	moins de 10	15-40	65-75	35-25	10	7	23,5	3	
Purin de bovin	1-3	0,5-1,5	moins de 8	0,5-4	80-90	20-10	0,5-3,5	4-10	5-25		
Compost de fumier de bovin	22-32	16-32	12-19	4-10	2-27	98-73	10-30	10-35	14-20	1,5-11	1-3

**Tableau n°34:**Degré de vulnérabilité des aquifères en fonction des paramètres hydrauliques.

Types de réservoir	Porosité efficace (%)	Perméabilité (m/s)	Vitesse de déplacement (m/an)	Degré de vulnérabilité
<b>Gravier</b>				
- Gros	23-30	$10^1$ à 1	--	Propagation rapide de la pollution, pas de filtration
- Moyens	25	$1$ à $10^{-1}$		
- Fins	20-25	$10^{-1}$ à $10^{-2}$		
- gravier +sable	15-25	$10^{-1}$ à $10^{-4}$		
<b>Alluvion</b>	8-10	$10^{-2}$ à $10^{-4}$	100 à 2000	Risque de propagation rapide de la pollution
<b>Sables</b>				
-Gros	20-27	$10^{-2}$ à $10^{-3}$	2 à 5	Propagation lente de la pollution filtration importante
-Moyens	15-28	$10^{-3}$ à $10^{-6}$		
-Fins	10-23	$10^{-3}$ à $10^{-6}$		
-Très fin	5	$10^{-4}$ à $10^{-7}$		
Sables gros + silt	5	$10^{-3}$ à $10^{-7}$		
<b>Silt</b>	2-8	$10^{-5}$ à $10^{-9}$		
<b>Grés fissurés</b>	2-15	$10^{-2}$ à $10^{-6}$	15	Possibilité de pollution locale

				rapide par infiltration dans les fissures
<b>Granite fissuré</b>	0,1-2	$10^{-5}$ à $10^{-10}$	--	Possibilité de pollution locale rapide par infiltration dans les fissures
<b>Basalte fissuré</b>	8-10	$10^{-2}$ à $10^{-6}$	--	
<b>Schistes</b>	0,1-2	$10^{-7}$ à $10^{-10}$	--	Possibilité de pollution locale rapide par infiltration dans les fissures
<b>Argiles</b>	3	$10^{-7}$ à $10^{-10}$	--	Milieu non vulnérable

**Tableau N°III.4** : Calcul du lessivage hivernal de l'azote



Calcul du lessivage hivernal de l'azote

Source : Chambre d'Agriculture de l'Aisne

## Calcul du lessivage hivernal de l'azote

Méthode utilisée : Modèle de Burns

## Renseignements généraux

Azote entrée hiver	<input type="text" value="80"/> kg		
Répartition sur le profil	Homogène <input type="button" value="▼"/>		
Pluviométrie hivernale	<input type="text" value="434"/> mm		

## Renseignements sur le profil :

Vous pouvez renseigner les différents horizons , soit à partir des renseignements figurant sur votre fiche de reliquat, soit à partir de la carte des sols de l'aisne en prenant le point ou vous désirez faire le calcul.

Texture entre 0 et 20 cm	<input type="button" value="Pas de texture sélectionnée ▼"/>		
Texture entre 20 et 40 cm	<input type="button" value="Pas de texture sélectionnée ▼"/>		
Texture entre 40 et 60 cm	<input type="button" value="Pas de texture sélectionnée ▼"/>		
Texture entre 60 et 80 cm	<input type="button" value="Pas de texture sélectionnée ▼"/>		
Texture entre 80 et 120 cm	<input type="button" value="Pas de texture sélectionnée ▼"/>		

## Résultats :

Profondeur d'enracinement :	<input type="text"/> cm		
Azote lessivé :	<input type="text"/> kg lessivés sur <input type="text"/> kg		

