



N° d'ordre

N° de série

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE D'EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Licence Académique

Filière: Biologie

Spécialité : Ecologie et l'environnement

THEME

**Les pratiques d'agricoles et risque de pollution
aquifère dans la région de Oued Souf**

Dirigé par :
LAABED Soumeya

Présenté par :

- ❖ BENAMOR Khaïra
- ❖ BOUKHEZZA Soumia
- ❖ DAHDI Asma
- ❖ HAFRI Messaouda

Année universitaire 2013/2014

Remerciement

*Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous
avoir donné la patience et le courage pour réaliser ce
mémoire.*

*Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur
L.A.A.B.D.E Soumeya*

*Pour sa sympathie, confiance, patience et l'incalculable aide
pour la mise en œuvre de ce travail de recherche.*

*Nous remercions les membres de jury d'avoir accepté
d'examiner ce travail.*

*Et son n'oublie pas les personnels de l'Université
d'El-oued et faculté des sciences de la nature et de la vie
travailleurs et professeurs.*

*En fin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés
réaliser ce mémoire de près ou de loin.*

Sommaire

Introduction générale	
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : IMPACT DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LES FUITES DE NITRATES ET	
I.1. Cycles « biogéochimiques » concernés.....	04
I.1.1. Cycle de l'eau.....	04
I.1.2. Cycle de l'azote.....	05
I.1.3. cycle du phosphore.....	07
I.2. Fuites de nitrate et pollution nitrique des nappes.....	08
I.2.1. Rôle du climat.....	09
I.2.2. Gestion de l'irrigation.....	10
I.2.3. Gestion de la fertilisation.....	11
I.2.4. Gestion des rotations et des types de cultures.....	13
I.2.5. Caractéristiques et qualité du sol.....	15
CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	
II.La présentation de la région d'étude	17
II.1. Situation géographique.....	17
II.2. Pédologie.....	17
II.2.1. Sol.....	17
II.2.2. Relief.....	17
II.3. Hydrogéologie.....	19
II.3.1. Nappe phréatique.....	20
II.3.2. Complexe terminal.....	20
II.3.3. Nappe du continental intercalaire.....	20
II.3.4. Nappe artésienne profonde.....	20
II.4. Facteurs climatiques.....	21
II.4.1. Température.....	21
II.4.2. Précipitations (Pluviométrie).....	22
II.4.3. Humidité relative.....	22
II.4.4. Vent.....	23
II.5. L'agriculture au souf.....	24
II.5.1. Le nouveau système agricole du souf.....	24
II.5.2. Les système de culture	25
II.5.3.a. La phoeniciculture.....	25
II.5.3.b. Les cultures maraichères.....	25
II.5.3.c. Autres cultures.....	25
DEUXIEME PARTIE : PARTIE PRATIQUE	
Chapitre III : MATERIELS ET METHODES	
III .1.Choix des sites.....	28
III .2.Stratégie d'échantillonnage et méthodes d'analyse.....	28
III .2.1 Dosage des nitrates	28
III .2.2.Dosage des nitrites	28
III .2.3.Dosage du NH ₄	29
III .2.4.Dosage du phosphore.....	29
Chapitre IV: RESULTATS ET DISCUSSION	
IV .1.Evolution des teneurs en sels nutritifs dans les 3 cultures.....	32
IV .1.1.Variation des teneurs en azote minéral.....	32
IV .1.2.Variation des teneurs en phosphore.....	35
Conclusion	

Resume

Références bibliographiques

résumé et mots-clés

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau I	Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes $[(M + m)/2]$ en (°C) de l'année 2010 et de la période 1980-2010 dans la région du Souf.	04
Tableau II	Précipitations (en mm) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf.	12
Tableau III	Humidité relative (en %) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf.	18
Tableau IV	Moyennes des vitesses du vent (en m/s) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf.	22

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Principaux processus de la dynamique de l'azote dans les sols cultivés (d'après Nicolardot et al., 1997)	02
Figure 02	La dénitrification hétérotrophe, les principales réactions biologiques	05
Figure 03	Situation géographique de la région du Souf (ENCARTA, 2009) et (D.S.A., 2000 El Oued) modifié par GORI	06
Figure 04	Carte représentative des reliefs de la région du Souf et les sites d'études (NAJAH, 1971 modifié)	07
Figure 05	Communes limitrophes de Trifaoui	08
Figure 06	Cartes et plans de Trifaoui	11
Figure 07	L'agriculture de palmier dans Trifaoui	17
Figure 08	Le prélèvement en zig-zag	19
Figure 09	Le prélèvement en zig-zag	27
Figure 10	Le prélèvement en zig-zag	32

Introduction:

La wilaya d'El-Oued a connu ces dernières années un bond qualitatif en matière de développement de l'agriculture et devient ainsi une référence nationale dans ce domaine. La superficie agricole utile avoisine les 75.000 ha, cette intensification de l'agriculture répondait à un objectif alors d'actualité : nourrir la population et développer l'activité économique agricole. Cette situation s'interprétait par une augmentation persistante des besoins en eau, en conséquence, une mobilisation plus importante des ressources hydriques de la région c'est-à-dire le Pontien (CT) et l'Albien (CI), en supplément de la nappe phréatique (khechana.S, 2007).

Néanmoins ce développement a eu des impacts sur l'environnement, notamment sur le compartiment eau. La pollution agricole s'intensifie depuis que les agriculteurs utilisent des engrais chimique (nitrates et phosphates), des herbicides des insecticides et d'autres produits pour améliorer le rendement de leurs cultures.

La question qui se pose alors est quel est l'impacte de ces pratiques agricoles sur la qualité des eaux ?

- Cette étude tente d'apporter une contribution à la connaissance de la chose.
- Le présent travail sera alors réparti en quatre chapitres, le premier constitue une synthèse bibliographique décrivant les cycles biogéochimiques des éléments concernés.
- Le deuxième chapitre constitue le contexte général de la région d'étude
- Le troisième présente les sites étudiées ainsi que les méthodes d'échantillonnages et d'analyses pratiquées
- Le quatrième expose les résultats ainsi que leur discussion.

En fin le mémoire s'achève par une conclusion.

PARTIE I:
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre :I

Impacte des pratiques agricoles sur les

eaux souterraines:

Synthèse bibliographique

Ce premier chapitre a pour objectif de présenter, avant la description de la partie expérimentale, le contexte général dans lequel s'inscrit ce travail. Il décrit rapidement les cycles biogéochimiques concernés.

I.1. Cycles « biogéochimiques » concernés

La problématique de la pollution azotée doit prendre en compte non seulement le cycle de l'azote mais également les cycles avec lesquels cet élément interagit, à savoir le cycle de l'eau, et le cycle du carbone. De plus, les organismes vivants, animaux ou végétaux, sont composés principalement d'eau, de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. Leurs cycles de développement végétatif et reproducteur sont fortement dépendants des cycles physiques (radiatif, thermique et hydrique) et des conditions édaphiques ou écologiques.

Au cours de leur croissance les végétaux vont absorber des quantités importantes d'eau, et de nutriments, notamment, d'azote. Après le stade de sénescence, une partie de cet azote organique ira enrichir le sol, et par la suite sera éventuellement minéralisé. Ces processus d'absorption vont influencer l'évapotranspiration et les quantités d'azote contenues dans le sol. Les végétaux vont également jouer un rôle majeur dans le cycle du carbone via le processus de photosynthèse qui capte une partie du carbone de l'atmosphère sous forme de gaz carbonique.

I.1.1. Cycle de l'eau

La majeure partie de l'eau de la planète se trouve sous forme liquide est salée dans les océans. L'eau douce se trouve majoritairement sous forme de glace au niveau des pôles.

L'eau douce liquide utilisée pour l'alimentation et l'agriculture provient des lacs et cours la planète. C'est cette eau qui est la plus vulnérable vis-à-vis des pollutions anthropiques du fait de sa relativement faible quantité et de sa proximité vis-à-vis des activités humaines.

Le « moteur » du cycle de l'eau est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges. Sans cesse recyclée dans l'écosystème, l'eau est le principal véhicule des éléments nutritifs. Un surplus d'eau ou une sécheresse influencent les cycles de l'azote, du carbone et des autres éléments chimiques. L'évaporation de l'eau des océans et la transpiration des végétaux sont les deux principales sources de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Le cycle de l'eau commence donc par les précipitations. L'eau s'infiltré dans le sol ou s'écoule à la surface du sol vers les cours d'eau pour rejoindre les océans.

Une partie de l'eau est absorbée par les végétaux et retourne dans l'atmosphère Par la transpiration. Et le cycle recommence en continu.

L'activité agricole et donc les systèmes de culture vont interagir avec 2 réservoirs :

l'eau atmosphérique et l'eau du sol. Les flux d'eau vont avoir lieu d'une part entre le système sol-plante et l'atmosphère (précipitation et évapotranspiration) et vont également lieu avoir au sein du sol et vers les nappes d'eau souterraines : infiltration, percolation et drainage.

I.1.2. Cycle de l'azote

L'azote circule selon un cycle biogéochimique au cours duquel il passe sous des formes organiques et minérales. Le principal réservoir d'azote est l'atmosphère qui effectue des échanges avec le sol, les hydrosystèmes et la biosphère. Le cycle de l'azote est en étroite relation avec les cycles biologiques, le cycle hydrique, et le cycle carboné.

Dans le sol l'azote est présent sous plusieurs formes : l'azote organique qui constitue la principale forme de stockage dans un sol agricole, l'azote minéral qui en dehors de périodes d'apport d'engrais ne représente généralement que quelques dizaines de hectare, et l'azote gazeux (Nicolardot et al., 1996). Dans le système sol-plante-atmosphère le cycle de l'azote est constitué d'un grand nombre de transformations. Il s'agit de processus biologiques et dans une moindre mesure de processus physico-chimiques qui agissent parfois de façons concurrentes et dont l'intensité dépend à la fois des conditions du milieu, des apports de matière organique, et des pratiques agricoles (Nicolardot et al., 1996). Le cycle de l'azote est composé de 5 processus : la minéralisation, la nitrification, la volatilisation, et l'immobilisation (**Figure 01**).

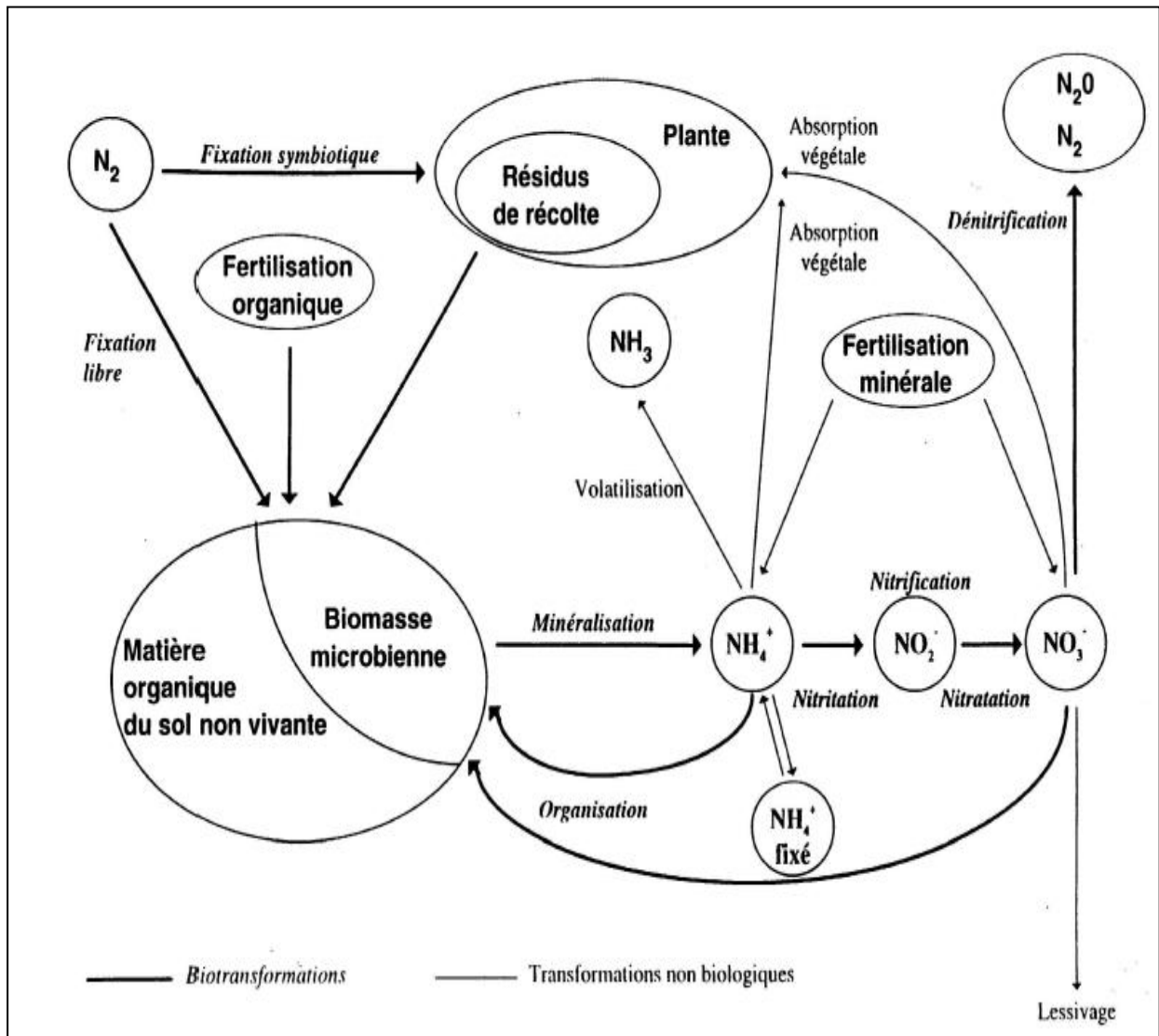


Figure 01: Principaux processus de la dynamique de l’azote dans les sols cultivés (d’après Nicolardot *et al.*,1997)

Dans les sols bien oxygénés, mais aussi en milieu aquatique oxygéné, des bactéries transforment l'ammoniac en nitrite NO₂⁻, puis en nitrate NO₃⁻, au cours du processus de nitrification. On peut décomposer cette transformation en nitritation et nitratisation. L’ion nitrate a ensuite trois devenir possibles : il peut soit être absorbé par les plantes, soit être transformé en N₂O ou N₂ par dénitrification, soit être lixivié vers les eaux souterraines.

Les végétaux absorbent grâce à leurs racines les ions nitrate NO₃⁻ mesure, l'ammonium présent dans le sol, et les incorporent dans les acides aminés et les protéines. Les végétaux constituent ainsi la source primaire d'azote assimilable par les animaux.

En milieu anoxique, (sol ou milieu aquatique non oxygéné) des bactéries dites dénitrifiantes transforment les nitrates en gaz diazote, c'est la dénitrification. La dénitrification hétérotrophe (Figure 1.3) est un processus biologique qui participe au cycle de l’azote

(Knowles 1982 ; Bothe et al. 2007). Même si certains eucaryotes comme les champignons (Zumft 1997) et les foraminifères (Risgaard-Petersen et al. 2006) sont capables de dénitrifier, ce processus est principalement assuré par les bactéries (Zumft 1997). Ce processus hétérotrophe, véritable « respiration des nitrates », est une alternative à la respiration aérobie :

en présence de faibles concentrations d'oxygène ou en son absence, les nitrates jouent le rôle final d'électron. Il existe également la dénitrification autotrophe, sur carbone minéral, qui a besoin d'un donneur d'électrons comme les sulfures.

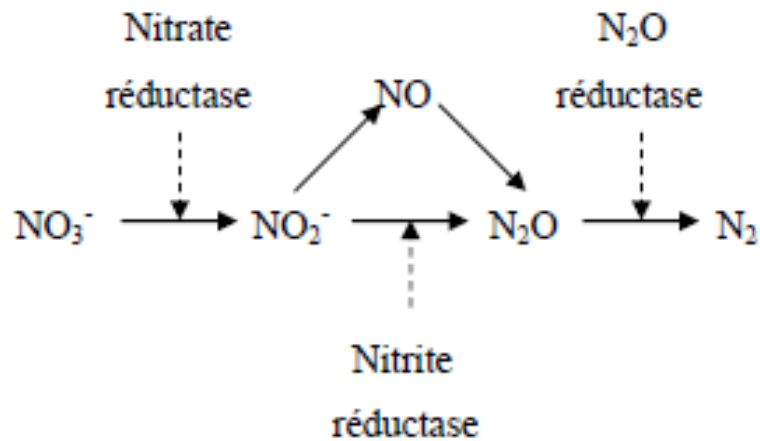


Figure 02: La dénitrification hétérotrophe, les principales réactions biologiques.

Les processus de minéralisation et d'immobilisation sont les centres de contrôle des flux d'azote dans les sols agricoles, et la minéralisation est reconnue comme un processus important car, l'azote, sous sa forme minérale, est essentiel pour la croissance et le développement de la plante (Jarvis et al, 1996). Sur l'année, les quantités d'azote minéralisées varient avec la température et l'humidité. On observe donc un pic au printemps et à l'automne. Il est à noter que ces pics ne correspondent pas toujours avec les périodes d'absorption maximale des végétaux cultivés en systèmes de grandes cultures.

I.1. 3. Cycle du phosphore

Contrairement à l'azote, le phosphore n'apparaît pas dans l'atmosphère ; il n'a donc pas de phase gazeuse. Son cycle est uniquement sédimentaire, et sa forme minérale naturelle est uniquement celle de ses gisements, le phosphate. Il se trouve donc dans les sols et les sédiments, le terme ultime de son parcours étant la mer. Appartenant tout d'abord dans la biosphère, à savoir dans la végétation et les animaux, il se retrouve dans la putréfaction des corps morts, dans les urines et excréments sous la forme de matière organique (P_2O_5). Ensuite minéralisé dans les sols, il est immobilisé par les bactéries sous la forme d'ortho-

phosphates (H_2PO_4) (phosphate inorganique). Il peut être ensuite réabsorbé par la végétation par l'intermédiaire des racines pour apparaître à nouveau dans les deuxièmes et troisièmes maillons de la chaîne alimentaire, les herbivores et carnivores, et être excrété sous la forme organique. Les roches et minerais comme l'apatite sont les réservoirs principaux du phosphate inorganique. Ce dernier est alors détaché pour entrer dans le cycle actif lors d'activités anthropiques telle l'excavation de mines ou de carrières, ou lors d'événements naturels climatiques par météorisation, lessivage ou érosion. Il est souvent admis que le cycle naturel du phosphore montre dans beaucoup d'écosystèmes un déséquilibre au printemps : les quantités en circulation sont plus importantes qu'à d'autres périodes de l'année (Watts, 1971). De façon plus conséquente, ce sont les activités humaines qui modifient également le cycle.

I. 2. Fuites de nitrate et pollution nitrique des nappes souterraines

Les fuites de nitrate vers les eaux souterraines, que l'on peut également nommer lixiviation, se produisent en période d'excès hydrique lorsque la réserve en eau du sol est remplie. La lixiviation des nitrates est un processus physique naturel, qui peut être augmenté lorsque le cycle de l'azote est perturbé par certaines pratiques agricoles et certains changements d'occupation du territoire. Les processus du sol qui contrôlent le cycle de l'azote dans le sol, et donc les quantités d'azote, sont nombreux, mais les plus importants sont :

l'absorption d'azote par les plantes, les apports d'engrais azotés (minéraux et organiques), l'organisation et la minéralisation, ainsi que la nitrification et la dénitrification.

La concentration en nitrate du sol à un moment donné est le résultat de l'ensemble de ces processus.

La lixiviation des ions nitrate ne dépend pas uniquement de la concentration en nitrate du sol. Un second processus hydrologique est nécessaire : la percolation de l'eau dans le profil de sol. Cette percolation est un phénomène ponctuel qui a lieu principalement durant les mois de fortes précipitations et de faible évapotranspiration, en Europe, de la fin de l'automne au début du printemps. Une bonne gestion de l'azote minéral du sol vise donc à minimiser les quantités d'azote du sol lorsque le risque de percolation est maximum. Pour que des pertes d'azote par lixiviation soient possibles, il faut donc réunir deux conditions :

la présence de nitrate dans le sol et une situation d'excès d'eau qui conduit à un flux d'eau vertical dans le sol (Simon, 1999).

Le terme drainage peut se référer à deux processus différents. Dans le cadre de notre étude le terme drainage va désigner une situation d'excès d'eau qui conduit à un flux d'eau vertical dans le sol (transfert et infiltration d'eau). Ce flux est mesuré ou calculé à la

profondeur de mesure qui correspond souvent à la limite maximale du front racinaire. En dessous du front racinaire, l'eau qui percole va à plus ou moins brève échéance rejoindre la nappe souterraine. Les quantités moyennes d'eau drainée varient au cours de l'année :

l'essentiel du drainage se produit généralement de la fin de l'automne jusqu'au printemps.

Cette phase de drainage hivernale est donc la période durant laquelle s'opère la plus grande partie des pertes de nitrate (et de solutés) par lixiviation. Plus le drainage est important, plus la proportion d'azote nitrique présent dans le sol au début de l'épisode de drainage qui est lixiviée est grande (pour une même quantité d'azote nitrique dans le sol).

Le terme drainage peut également désigner l'évacuation naturelle ou artificielle par gravité ou par pompage d'eaux superficielles ou souterraines. Dans ce cas une distinction peut être faite entre le drainage horizontal et vertical (Schultz et *al.*, 2007). Le drainage vertical est généralement constitué de puits munis de pompes permettant de pomper l'excès d'eau souterraine. Le drainage horizontal correspond au détournement ou à l'élimination de l'excès d'eau de la surface des terres par le biais de l'amélioration des réseaux de drainage naturel ou par la construction de canaux de drainage.

De nombreuses études concernant la lixiviation des ions nitrate ont été réalisées à l'échelle de la parcelle (Gaury et *al.*, 1992 ; Hansen et *al.*, 1996 ; Bruckler et *al.*, 1997 ; Simon et Lecorre, 1998 ; Arregui et Quemada, 2006). Ces études ont montré que la lixiviation des ions nitrate était dépendante du système de culture (type de culture, rotations, irrigation, fertilisation) et du contexte pédoclimatique.

I.2.1. Rôle du climat

La détermination du climat s'effectue généralement à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques, annuelles et mensuelles, sur des données atmosphériques locales de séries trentenaires ou plus : température, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Ces paramètres vont influencer directement les cycles de l'eau, biologiques, du carbone et de l'azote, décrits précédemment. En influençant la croissance des végétaux, et donc l'absorption racinaire, le climat va influencer le cycle de l'azote. Il va également, notamment via les précipitations, influencer de façon significative la percolation de l'eau dans le sol et donc le transport des nitrates dans le sol.

L'impact des variables climatiques étant évident et relativement bien connu, plusieurs études ont cherché à montrer les effets des changements climatiques sur les fuites de nitrate. (Ainsi, de Jong et al 2008), ont montré récemment que les modifications de climat prévues

dans les prochaines décennies au Canada risquaient d'augmenter les fuites de nitrate de 5 à 30%. En Europe les changements climatiques pourraient se traduire par une augmentation des précipitations l'hiver et une diminution l'été. (Wright et al 2008) ont montré qu'à l'échelle d'un bassin versant cela ne modifierait pas les flux annuels d'azote nitrique. Mais cela pourrait modifier leur répartition au cours de l'année en augmentant les flux pendant l'hiver.

I.2.2. Gestion de l'irrigation

Dans les systèmes agricoles, l'irrigation a pour but de satisfaire les besoins en eau des plantes afin d'éviter tout ou partie de stress hydrique qui serait néfaste à la croissance de la plante ou à sa qualité technologique ou gustative. En cas d'apport excessif d'eau d'irrigation, une partie de cette eau peut percoler dans le sol et ainsi quitter la zone racinaire.

Cette quantité d'eau perdue pour la plante va constituer du drainage sous racinaire par percolation comme nous l'avons défini précédemment. Comme de nombreuses études l'ont déjà montré la maîtrise des fuites de nitrate sous la zone racinaire passe donc en partie par une gestion adéquate de l'irrigation (Diez et al., 1997 ; Mailhol et al., 2001 ; Fang et al., 2006).

Cette gestion pertinente de l'irrigation passe par la maîtrise des doses apportées, mais aussi par le contrôle des fréquences d'irrigation ainsi que par le choix du type d'irrigation qui va influencer la répartition spatiale de la dose d'eau apportée.

(Fang et al 2006) ont montré que dans le cadre d'une rotation maïs/blé le maintien d'une humidité à 85% de la capacité au champ au lieu de 75% durant toute la rotation engendrait un drainage significativement plus important à 100 cm de profondeur. De nombreuses études ont montré que les cultures maraichères faisaient partie des cultures à risques vis-à-vis des fuites de nitrate (par exemple Guimera et al., 1995; Ramos, 1996; Ramos et al., 2002; Vazquez et al., 2005, 2006). En effet, les apports d'engrais azoté y sont généralement importants et sont souvent associés à une irrigation excessive (Prat, 1984).

(Thompson et al 2007). ont montré que la sur-irrigation avait lieu principalement pendant les 6 premières semaines de la culture. Cette sur-irrigation en début de culture entraîne une situation favorable au drainage durant tout le reste de la culture (Thompson et al., 2006, 2007 ; Gallardo et al., 2006).

La fréquence des apports d'irrigation joue également un rôle majeur. (Wang et al. 2006) ont montré dans le cadre d'une culture de pommes de terre qu'il vaut mieux de nombreux apports d'irrigation avec de faibles doses que des apports d'eau peu fréquents mais intenses. Cela permet d'atteindre les objectifs de quantité et de qualité de la récolte sans augmenter les risques de lixiviation de nitrate.

(Mailhol et al 2001) ont montré que le type d'irrigation avait également une importance significative. Ils ont établi qu'une irrigation par sillon plutôt qu'une irrigation aspersion pouvait permettre de diminuer la lixiviation de nitrate lors de la reprise des précipitations.

Le type d'irrigation va également influencer la répartition spatiale des concentrations en nitrate. En effet, plusieurs études ont montré que, pour une même dose d'irrigation, plus elle est appliquée uniformément, plus le risque de fuite de nitrate est faible (Seigner, 1979 ; Cogels, 1983 ; Solomon, 1984 ; Ben-Asher et Ayars, 1990 ; Schepers et al., 1995). Pour cela une solution consiste à diminuer la hauteur d'aspersion et à prendre en compte l'intensité et la direction du vent (Ruelle et al., 2003) Toutefois, certaines études récentes viennent nuancer ces résultats en montrant que l'uniformité de l'irrigation n'aurait pas d'impact significatif sur les fuites de nitrate (Allaire-Leung et al. 2001).

(Gårdenäs et al 2005) proposent de combiner une micro-irrigation à niveau continue d'humidité avec une fertirrigation (eau d'irrigation enrichie en azote minéral) afin de réduire au maximum la lixiviation de nitrate. La technique de fertirrigation montre que l'eau d'irrigation peut également avoir un impact important. En effet s'il s'agit d'eau de ou d'eau de surface, les concentrations en nitrate peuvent être très différentes. Dans le cas d'irrigation avec de l'eau présentant des fortes concentrations en nitrate, les quantités d'azoteminéral apportées doivent alors être prises en compte dans le plan de fertilisation azotée (DePaz et Ramos, 2004) comme s'il s'agissait de fertirrigation.

I.2.3. Gestion de la fertilisation azotée

Une gestion adaptée de la fertilisation azotée doit permettre

- 1) de satisfaire les besoins de la plante, en évitant d'affecter le rendement en terme de quantité ou de qualité.
- 2) d'éviter toute perte d'azote minéral et gazeux vers l'environnement avoisinant.
- 3) de maintenir un sol productif (Shepherd et Chambers, 2007).

De nombreuses études ont été réalisées afin de mettre en évidence les relations entre la quantité de fertilisation azotée et l'intensité des fuites de nitrate. Beaucoup de ces travaux ont établi que les quantités de fertilisants azotés apportés en agriculture conventionnelle pouvaient être réduites sans affecter les rendements en termes de quantité ou de qualité.

Certains de ces travaux se basent sur des mesures alors que d'autres utilisent des outils de modélisation afin d'évaluer les fuites de nitrate.

Lorsque que l'on teste l'effet de doses croissantes de fertilisants azotés sur le rendement d'une culture, on obtient une courbe de réponse à l'azote. Ces courbes de réponses des cultures aux engrais azotés se décomposent généralement en trois phases (Simon et Lecorre, 1992):

- 1) pour une fertilisation azotée nulle, on obtient un rendement P_0 : la plante utilise l'azote fourni par le sol (et éventuellement celui de l'atmosphère pour les légumineuses).
- 2) pour des doses croissantes d'azote, la production augmente jusqu'à une valeur maximale P_m
- 3) au-delà, la production reste stable ou diminue (cas de verse des céréales par exemple).

La dose optimale d'azote est définie comme la plus petite quantité d'azote permettant d'obtenir le rendement maximal. Lorsque l'on dépasse cette dose optimale, l'azote supplémentaire n'est pas utilisé par la plante, car la production est limitée par un autre facteur : la fertilisation est donc excédentaire. Cela est à différencier d'un bilan azoté excédentaire. Le bilan ou balance azotée représente le bilan entre les entrées et les sorties d'azote du système sol au pas de temps annuel (Mary et al, 2002). Un bilan azoté peut être déficitaire alors que la fertilisation est excédentaire ou inversement et sans pour autant qu'il y ait de pertes importantes de nitrate par lixiviation. Ce bilan est donc un indicateur de la gestion de l'azote et doit être analysé à l'échelle de l'assolement ou à l'échelle pluriannuelle pour une parcelle donnée. A plus long terme, le bilan azoté est généralement considéré comme la somme des pertes gazeuses d'azote (dénitrification, volatilisation), des pertes d'azote par lixiviation et de l'organisation d'azote minéral dans la matière organique du sol (Beaudoin et al, 2005).

La maîtrise de la fertilisation azotée à l'échelle de la parcelle nécessite donc de pouvoir prévoir la dose à apporter pour une fertilisation équilibrée. Pour cela plusieurs méthodes ont été décrites :

- la méthode du bilan de masse prévisionnel (Meynard et al, 1997)
- la méthode du Coefficient Apparent d'Utilisation (Meynard et al, 1997)
- le « Nmin recommandation system » (Neetson et al, 1995)

Lorsque la fertilisation est excédentaire l'azote en surplus peut se trouver sous diverses formes : i) rester sous forme minéral dans le sol, mais il peut aussi ii) être organisé dans la matière organique du sol, iii) être transféré vers l'atmosphère sous forme gazeuse (dénitrification, volatilisation), ou enfin il peut iv) être transféré vers les eaux souterraines sous forme de nitrate (lixiviation).

Au cours de la période de croissance de la plante, généralement le printemps et l'automne, l'évapotranspiration est importante, et le risque de drainage est donc relativement faible. De plus, durant la période de culture l'azote lixivié provenant des apports d'engrais est très faible. En moyenne, pour le blé d'hiver seulement 5% de l'azote lixivié proviendrait de l'engrais apporté pour la culture (Adiscott, 2005). Cette même étude a également montré qu'environ 65% de l'azote apporté par la fertilisation se retrouve dans le blé à la récolte. Le reste est soit organisé dans la matière organique du sol (18%), soit perdu vers l'atmosphère (11%) soit pour une petite partie (1%) se retrouve sous forme minéral dans le sol.

Le risque de lixiviation des ions nitrate est beaucoup plus important en automne et durant l'hiver lorsque qu'il n'y a plus d'absorption d'eau par les plantes et que les précipitations sont plus importantes. De nombreuses études ont montré que les apports d'engrais azotés à l'automne, généralement avant une culture d'hiver comme le blé, entraînaient une augmentation de la lixiviation des ions nitrate (Simmon 1999, Di et al., 1999). Par ailleurs, ces apports ont généralement très peu d'effet positif, voir aucun, sur la croissance de la plante : ils sont donc à proscrire.

De même les apports d'engrais azoté en fin d'hiver, notamment sur les céréales, peuvent engendrer une lixiviation importante de nitrate. (De Paz et Ramos 2004) ont montré qu'un apport de fertilisant azoté selon la méthode appelée « Nmin recommandation system » (Neeteson, 1995) permettait de réduire de 68% les fuites de nitrate.

I.2.4. Gestion des rotations et des types de cultures

Le type de culture ainsi que l'enchaînement des cultures ont également un impact important sur la lixiviation des ions nitrate (Shepherd et Lord 1996) ont montré que les fuites de nitrate étaient plus importantes après une culture de pommes de terre qu'après des céréales ou bien qu'après une culture de betteraves à sucre. De même (Johnson et al 2002).

Ont également mis en évidence que les fuites de nitrate étaient affectées par le précédent cultural (pois>colza>céréales). Or, comme nous l'avons déjà vu la quantité d'azote minéral présente dans le sol avant et durant la période de drainage va être déterminante vis-à-vis de la quantité de nitrate lixiviée. Il apparaît alors nécessaire de privilégier des cultures

laissant peu d'azote minéral dans le sol à la récolte lorsqu'une période de sol nu assez longue doit suivre la culture ou bien dans les zones vulnérables vis-à-vis des ions nitrate avec par exemple une nappe libre peu profonde.

Dans le contexte agri-environnemental actuel de l'Europe occidentale on peut différencier 4 types d'interculture qui vont présenter différents niveaux de risque de lixiviation de nitrate.

- Le premier cas de figure correspond à une culture d'hiver (céréale par exemple) qui succède à une culture de printemps (comme un maïs). Dans ce cas la période d'interculture est réduite à 1 ou 2 mois au maximum. Ce type de succession présente *a priori* peu de risque d'importantes fuites de nitrate.
- Le deuxième cas de figure est un enchaînement d'une culture d'hiver avec une autre culture d'hiver. Dans ce cas la période de sol nu a lieu pendant l'été et au début de l'automne ce qui ne correspond généralement pas à la période de drainage. Donc les risques de lixiviation sont également relativement faibles pour cette situation. En revanche, le processus de minéralisation des résidus risque d'être intense, et les quantités d'azote minéral seront donc importantes au début de la culture suivante.
- Le troisième cas de figure correspond à un enchaînement d'une culture de printemps avec une autre culture de printemps. Dans cette situation la période d'interculture correspond à la période de drainage. Donc les risques de fuite de nitrate sont importants.
- Enfin, pour le dernier cas de figure, s'il s'agit d'une culture de printemps qui succède à une culture d'hiver, la période d'interculture va s'étaler sur au moins 8 mois d'août à mars.

Dans le cas d'une longue phase d'interculture (situation 2, 3 et 4) les quantités d'azote minéral du sol vont évoluer en deux phases (Recous et al., 1997). De la récolte jusqu'à l'automne la minéralisation va être intense et l'azote minéral va s'accumuler dans les couches superficielles du sol. Ensuite, et jusqu'à la fin de l'hiver la minéralisation va se poursuivre plus ou moins intensément en fonction des températures et parallèlement l'azote va être transféré dans les couches de sol plus profondes en fonction des épisodes de drainage. La durée et la période de l'interculture permettent donc d'estimer l'intensité du risque de lixiviation. Néanmoins, cela n'est pas suffisant. En effet, même avec l'implantation d'une culture d'hiver (en novembre / décembre) le risque de lixiviation est important car durant les premiers mois de croissance de la plante la quantité d'azote absorbé par la culture est faible (une dizaine de kg N/ha).

I.2.5. Caractéristiques et qualité du sol

Les caractéristiques du sol vont influencer les transferts d'eau et de solutés. La profondeur de sol a un impact évident puisque, moins un sol est profond, plus le risque de lixiviation pour une même lame d'eau drainante n'est important. La texture du sol a également un impact important sur le drainage. La réserve en eau utile des sols est fonction de leur texture : elle est en moyenne de 210, 160, 170, et 90 mm pour les limons, calcaires, marnes et sables respectivement sur le site de Bruyères dans l'Aisne (Beaudoin, 2005).

De même la texture va fortement influencer les concentrations en nitrate dans l'eau de drainage.

Les concentrations moyennes en nitrate sont plus élevées dans les sables que dans les calcaires, les marnes, et les limons (Beaudoin,2005). Ces différences s'expliquent pour partie par le taux de renouvellement de la solution du sol (qui correspond au drainage/capacité de rétention en eau). Ce taux est un indicateur de la fraction lixiviée du reliquat de début de drainage (Mary et al., 1997).

La qualité du sol est caractérisé par une gamme de paramètres physiques, chimiques et biologiques qui fournissent un support pour la croissance des plantes et le fonctionnement écosystèmes (Stockdale et al., 2002). La quantité de matière organique dans le sol apparaît des comme étant un élément clef de la qualité des sols (Shepherd et al., 2002). L'apport de matière organique dans le sol par exemple sous forme de fumier a des effets importants sur les cycles des nutriments et sur les pertes d'azote (Shepherd et Chambers, 2007).

Chapitre: II

La présentation de la région d'étude

II – La présentation de la région d'étude

II –1- Situation géographique

Le Souf est situé dans le Sahara algérien, au Nord-Est du grand erg oriental (33° 22' N ; 6° 53' E.). Cette région est limitée au Nord par la zone des chotts, au Sud par l'extension de l'erg oriental, à l'Est par la frontière tunisienne et à l'Ouest par la vallée d'Oued Rhir . **(fig.1)** Elle se trouve à environ 560 km au Sud-Est d'Alger et 350 km à l'ouest de Gabés (Tunisie) (NADJAH, 1971). Le Souf se trouve à une altitude de 70 mètre au niveau de la mer (BEGGAS, 1992). Elle s'étend sur une superficie approximative de 350 000 hectares (SAIBI, 2003).

II.2- Pédologies

Les éléments qui traitent les facteurs pédologiques sont les caractéristiques du sol et les reliefs.

II.2.1 . Sol

Le sol de la région du Souf est un sol typique des régions sahariennes (HLISSE, 2007). Il est pauvre en matière organique, de texture sableuse et à structure caractérisée par une perméabilité à l'eau très importante (HLISSE, 2007).

II.2.2 . Relief

NADJEH (1971) signal que la région du Souf est une région sablonneuse avec des dunes qui peuvent atteindre les 100 mètres de hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect. L'un est un Erg c'est-à-dire région où le sable s'accumule en dunes et c'est la partie la plus importante. Cette dernière occupe $\frac{3}{4}$ de la surface totale de la région. L'autre est le Sahara ou région plate et déprimée, formant des dépressions fermées, entourées par les dunes **(Figure03)** .

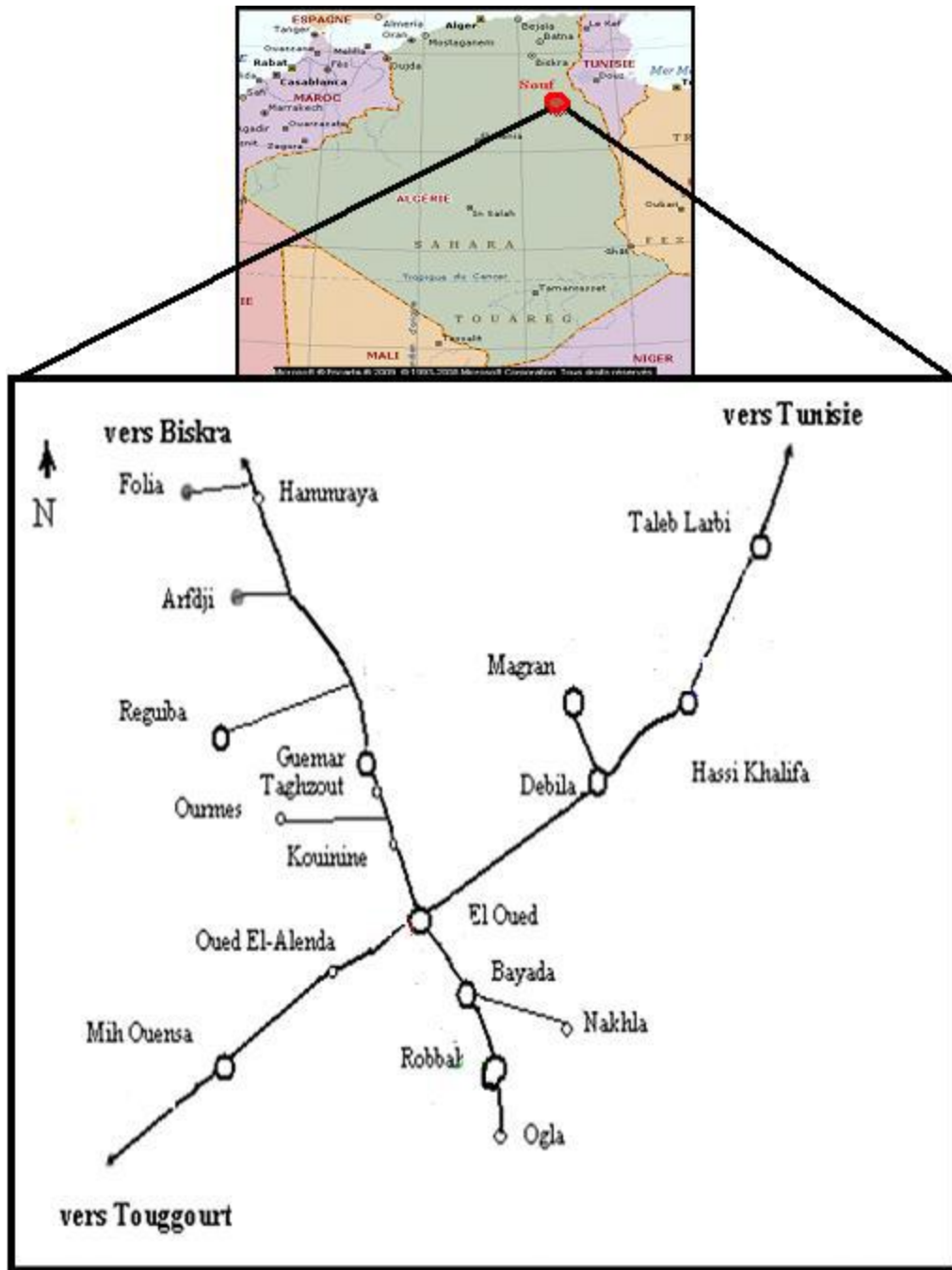


Figure 03: Situation géographique de la région du Souf (ENCARTA, 2009) et (D.S.A., 2000 El Oued) modifié par GORI

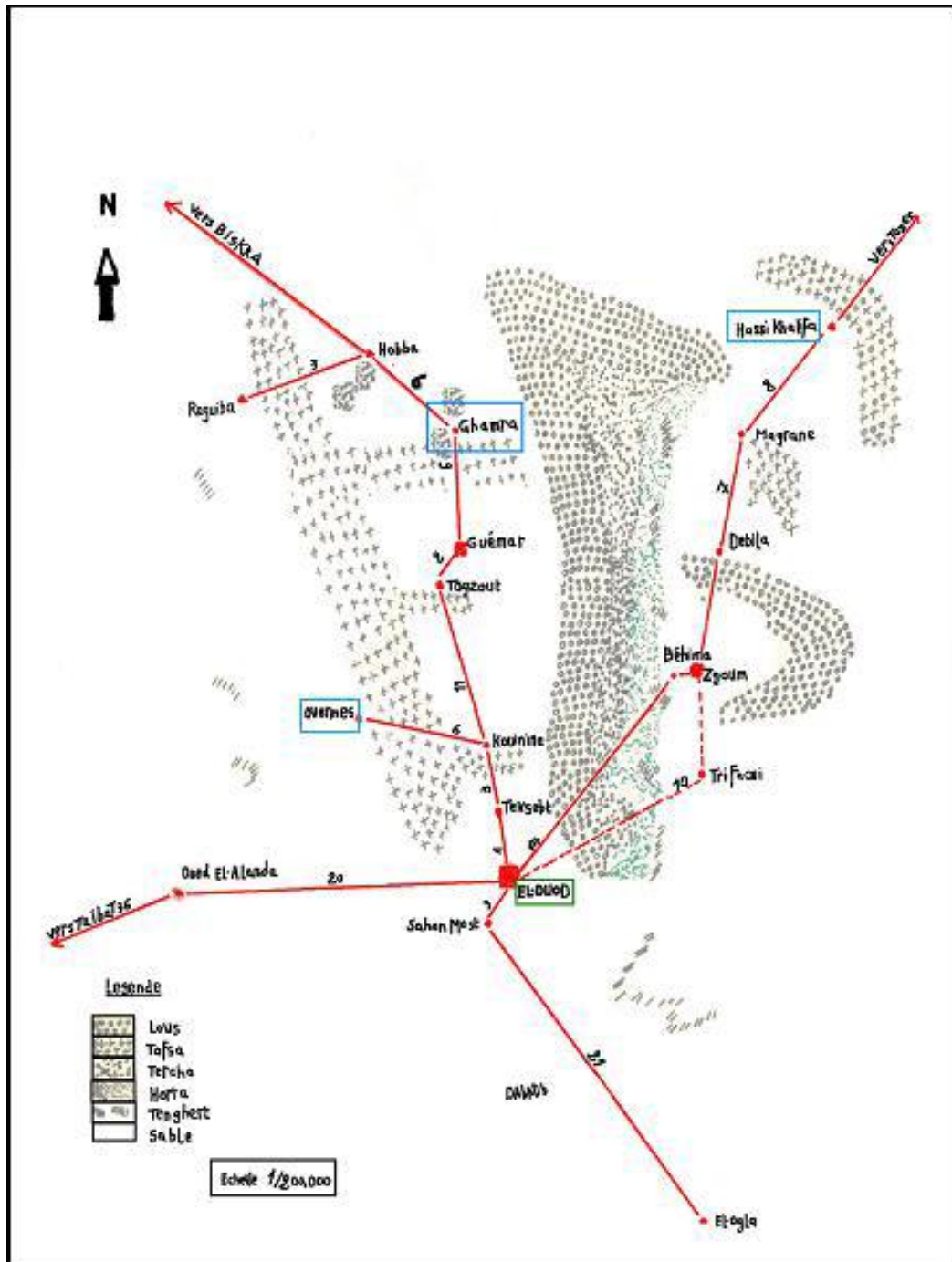


Figure 04: Carte représentative des reliefs de la région du Souf et les sites d'études (NAJAH, 1971 modifié)

II. 3. Hydrogéologies

D'après VOISIN (2004), l'âge des roches sédimentaires va du primaire, pour les séries les plus anciennes, au quaternaires qui englobes l'époque actuelle. Parmi ces roches, certaines sont perméables et susceptibles de renfermer des nappes aquifères, soit entre les grains de la roche (sables ou grés), soit dans des fissures (calcaires), d'autres au contraire sont

imperméables et n'interviennent que par leur rôle de plancher supportant la nappe phréatique. Généralement, l'eau se trouve en surface dans la région du Souf (Voisin, 2004). Cette dernière se concrétise en nappe phréatique superficielle, nappe complexe, nappe du continental intercalaire et nappe artésienne profonde (Voisin, 2004).

II.3.1. Nappe phréatique

Voisin (2004) mentionne que l'eau phréatique est partout dans la région de Souf. Elle repose sur le plancher argilo gypseux de Pontien supérieur. La zone d'aération qui sépare la surface de cette eau, de la surface du sol, ne dépasse jamais une distance moyenne verticale de plus de 20 m de sable non aquifère. Le même auteur ajoute que l'épaisseur de la nappe phréatique contenue dans les sables dunaires quaternaires, est de l'ordre de quelques mètres. Elle s'approfondit, par rapport à la surface du sol, au fur et à mesure qu'on s'éloigne vers le Sud.

II.3.2. Complexe terminal

Il existe sous forme de trois nappes, les deux premières correspondent aux nappes des sables, la dernière est une nappe de calcaires (Voisin, 2004). La première nappe de sables est constituée par des sables peu grossier se trouvant à une profondeur moyenne de 180 m. La deuxième nappe des sables se situe entre la première et la nappe des calcaires. Sa profondeur varie entre 400 et 600 m. Elle est composée de formations calcaireuses (Voisin, 2004).

II.3.3 .Nappe du continental intercalaire

Connue aussi sous le nom de nappe albienne, elle est située à une profondeur allant de 1600 à 2000 m avec une épaisseur utile voisinant les 900 m (Voisin , 2004). L'eau de cette nappe est chaude (40 à 60 °C.), elle présente un handicap majeur pour l'irrigation qui demande un refroidissement (Voisin , 2004).

II.3.4 .Nappe artésienne profonde

Ce sont les sédiments jurassiques et crétacés inférieurs qui forment les dépôts aquifères du continental intercalaire (ou Albien) composés de grés, d'argile et de sable (Voisin , 2004). Ces derniers sont mal consolidés car ils contiennent une réserve d'eau énorme dans des nappes superposées sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur (Voisin, 2004). Les forages du Souf exploitent la nappe dite du Pontien inférieur qui est constituée par des alluvions sableuses déposées pendant le Miocène supérieur sur 200 à 400 m d'épaisseur

(Voisin, 2004). Cette nappe se confond d'ailleurs avec une partie des nappes d'Oued Rhir; elle est également exploitée dans le Sud Tunisien et dans les Zibans (Voisin, 2004).

II. 4 . Facteurs climatiques

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants (FAURIE *et al*, 1980). Pour cela il est nécessaire d'étudier les principaux facteurs climatiques de la région, à savoir la température, les précipitations, l'humidité relative, le vent et l'insolation.

Toutes les données proviennent de la station météorologique d'El Oued (33° 30' N., 06° 47' E., altitude : 63 mètres, exposition : Est),et (le site d'internet www.tutiempo.com).

II.4.1 Température

La température est l'élément du climat le plus important (RAMADE, 2003) considère que la température comme étant un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques. Par ailleurs (BARBAULT, 2003) explique que les espèces animales et végétales se distribuent selon des aires de répartition qui peuvent êtres définies à partir des isothermes. La température dépend de la nébulosité, de la latitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau, du sol et de la formation végétale en place (FAURIE et al, 1998). Les températures moyennes maximales et minimales de l'année 2010 et de la période 1980 à 2010 dans la région d'étude sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 01 : Températures mensuelles maximales (M), minimales (m) et moyennes

[(M +m)/2] en (°C) de l'année 2010 et de la période 1980-2010 dans la région du Souf

Années	Températures (°C.)	Mois											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	M	19,1	22,6	26,2	29,4	31,7	39,1	42,1	41,8	34,8	29	23,3	19,1
	m	7,3	9	11,7	15,5	17,5	24	27,2	26,9	22,4	15,8	10,3	6,3
	(M+m)/2	13,2	15,8	19,0	22,5	24,6	31,6	34,7	34,4	28,6	22,4	16,8	12,7
1980- 2010	M	16,8	19,6	23,4	27,5	32,8	38	40,9	40,6	35,4	29,6	22,5	17,6
	M	5,4	7,1	10,6	14,2	18,8	23,5	26,1	26,3	22,6	17,1	10,8	6,5
	(M+m)/2	11,1	13,4	17	20,8	25,8	30,8	33,5	33,5	29	23,4	16,7	12,1

(O.N.M. El Oued, 2011 et www.tutiempo.com)

M : la moyenne mensuelle des températures maxima en (°C) .

m: la moyenne mensuelle des températures minima en (°C) .

(M+m)/2 : la moyenne mensuelle des températures en (°C).

II.4.2. Précipitations (Pluviométrie)

La région de Souf reçoit le maximum de pluie en automne (HLISSE, 2007). Par ailleurs VOISIN (2004) rapporte qu' il y a une autre période pluviale en hiver, mais "pluie" ici est un terme impropre, il s'agit plutôt d'averse qui ruisselle à la surface du sol et qui ne s'infiltré pas profondément. Précisément pour la région d'étude, les valeurs des précipitations mensuelles.

Obtenues à Souf pour l'année 2010 et la période 1980-2010 en mm sont présentées dans le (Tableau 02) .

Tableau 02 : Précipitations (en mm) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf.

Années	Mois												Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2010	13,97	2,03	0	8,89	1,01	5,08	0	0	4,06	8,63	6,1	0,51	50,28
P (mm) 1980- 2010	15,7	2,9	6,6	8,6	4	7	0,3	1,8	8,9	7	6,4	6,1	75,3

P : précipitations mensuelles en (mm)

(O.N.M. El Oued, 2011 et www.tutiempo.com)

D'après le tableau 2, on remarque que les précipitations sont peu abondantes. En une période de 31 ans allant de 1980 jusqu'à 2010. Le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec un max de 15.7mm et un cumule moyen de 75,3 mm durant les 31 ans.

II.4.3. Humidité relative

DAJOZ (1982) signale que la vapeur d'eau maintient dans l'atmosphère une certaine humidité relative. Elle dépend de plusieurs facteurs, la quantité d'eau tombée, du nombre de jours de pluie, de la forme de ces précipitations (orage ou pluie fine), de la température et des

vents (FAURIE *et al* 2003). Les données de l'humidité relative exprimées en pourcentage de l'année 2010 et la période 1980-2010 pour la région d'étude sont représentées dans le (Tableau 03).

Tableau 03 : Humidité relative (en %) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf.

Années	Mois												moyenne
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2010	58,4	44,9	38,3	43,6	33,8	28	27,4	29,4	43	45,7	50,6	47,1	40,9
1980-2010	63,7	53,9	47,5	42,2	37,8	32,7	30,4	33,5	44,5	51,8	59,1	65,0	46,8

(O.N.M. El Oued, 2011 et www.tutiempo.com)

Ainsi que le tableau montre que durant la période 1980 et 2010 le maximum de l'humidité est enregistré au mois de décembre avec 65%, et son minimum au mois de juillet avec 30,4%.

II.4.4. Vent

Le vent dans certains biotopes exerce une grande influence sur les êtres vivants, en général il caractérise par sa direction et par sa vitesse (RAMADE, 2003). NADJAH (1971) les vents sont fréquents et cycliques ; leur direction dominante est variable suivant les saisons. Le « Dahraoui », vent du Nord-Ouest-Sud-Est, sévit surtout au printemps. Le « Bahri » d'orientation Est-Nord, se manifeste de fin aout à mi-octobre, la plus fréquemment (HLEISS, 2007). Enfin, Le « chihili » ou sirocco, vent du Sud, domine pendant tout l'été. La sécheresse des végétaux, la déshydratation des individus et la présence d'électricité dans l'air lui sont imputables toutes les manifestations nocturnes du « Bahri » atténuent les méfaits du sirocco (NADJAH, 1971). Les moyennes des vitesses mensuelles du vent (en m/s) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf sont présentés dans le (Tableau 04).

Tableau 04 : Moyennes des vitesses du vent (en m/s) durant l'année 2010 et la période 1980-2010 dans la région du Souf.

Années	Mois												moyenne
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2010	2,6	2,9	2,6	2,9	3,3	3,4	2,2	2,9	0	0	0	1,8	2,05
1980-2010	2,5	2,9	3,6	4,2	4,4	4,3	3,6	3,1	2,7	2,3	2,2	2,4	3,2

V (m/s) : Vitesses du vent en mètre par seconde

(O.N.M. El Oued, 2011 et www.tutiempo.com)

La vitesse moyenne annuelle de vent dans la région d'étude est de l'ordre (2,05 m/s), la vitesse du vent la plus élevée est enregistrée durant le mois de Juin avec de 3,4 m/s (Tab. 4). Par contre la valeur du vent la plus faible est notée durant les mois de septembre, octobre et novembre avec 0 m/s (Tab. 4). Par contre dans une période de 31 ans (1980- 2010), les valeurs maximale de la vitesse de vent sont 4,4 m/s au mois de mai, 4,3 m/s au mois de juin et 4,2 m/s au mois de avril (**Tableau 04**).

II .5. L'agriculture au souf

II .5.1.Le nouveau système agricole du souf

Face aux contraintes de ce système, la « colonisation » de nouveaux espaces dans le cadre de la mise en valeur agricole a donné naissance à une nouvelle forme d'organisation, caractérisée par une spécialisation parfois monoculturale ; céréalière, fourragère ou maraîchère et/ou donc le palmier dattier ne constitue plus la culture principale (BOUAMMAR, 2000). Cette agriculture dite nouvelle est fondée essentiellement suite à la loi 18/83 de l'accession à la propriété foncière agricole. Cette loi touche les rapports entre l'homme et l'objet de travail qui est la terre. Au Souf, cette loi se traduit par :

- L'attribution de terres aux fellahs
- Une grande plantation des cultures maraîchères sous pivot (pomme de terre, fève, petit pois...etc.)
- Renouvellement des vergers phoenicicoles en adaptant un nouveau système d'irrigation économiseur d'eau.

II .5.1.1.Les systèmes de culture

Les nouvelles palmeraies ont de grandes superficies, de bonne productivité et qui présentent une harmonie entre les productions et entre les facteurs de production eux-mêmes, mais aussi entre les productions et les facteurs de production.

A- La phoeniculture

Les nouvelles exploitations sont caractérisées par de grandes dimensions, plantations rationnelles (écartements entre pieds est de 8 à 10). Ces palmeraies regroupent plus de 1163174 pieds (DSA, 2005)

Les variétés les plus cultivées dans la vallée du Souf sont par ordre :

* La Déglet Nour : eu égard à l'importance de sa valeur marchande sur le marché intérieur ou extérieur.

B- Les cultures maraîchères

Actuellement, le Souf est devenu l'un des grands pôles en productions maraîchères, entre autres, la production de la pomme de terre qui connaît une extension illimitée, avec 568880,33 qx. (DSA, 2005). En parallèle, on retrouve également le poivre, la fève, la tomate, le petit pois, le piment poivron, la carotte...etc.

C-Autres cultures

Cette gamme de cultures qui regroupe principalement les cultures : industrielles (tabac et arachide), arboricole (olive, vigne et coing), fourragère et condimentaires a subi des développements grâce à l'appui de l'Etat et l'introduction des techniques performantes, dont l'irrigation localisée, la fertilisation et les traits.

PARTIE II:
PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

III .1.Choix des sites

Pour réaliser ce travail un site d'échantillonnage a été choisi, il s'agit de la zone la Trifaoui 33°25'Nord et 6°56'Est. Dans cette zone trois échantillons ont été réalisés en moi d'avril:

- Une culture de palmier dattier 1984-2014,de surface de : 2 hectare.
- Une culture de tomate 2011-2014, de surface de : 0.5 hectare.
- Une culture de piment poivron 2009-2014 ,de surface de : 0.5 hectare.

En plus des échantillons du sol, deux échantillons d'eaux ont été pris a partir de deux puits de profondeurs variable 18m et 20m. Ces puits sont équipés de groupes motopompes (d'après DHW repris de M. Côte 2001), exploitant ainsi les eaux de la nappe phréatique.

III .2. Stratégie d'échantillonnage et méthodes d'analyse

- **Pour le sol**

Les prélèvements ont été effectuées dans les cultures à l'aide d'une tarière de 120 cm de longueur, on prélevé les échantillons de sol on les met dans des sachets en plastique. Chaque prélèvement est constitué d'une couches de 50 cm, à la surface et on profondeur 1Kg de sol prélevé est mis dans des flacons en verre stériles. Les échantillons de sols obtenus sont ensuite tamisés à 5 mm puis à 2 mm pour éliminer les éléments grossiers et les débris organiques ensuite les échantillons sont conservés au frais (environ 4°C).

- **Analyses chimiques**

III .2.1 Dosage des nitrates

Le dosage des nitrates nécessite une mise en œuvre préliminaire d'une réaction colorée (Normes NFX 31 160). Ce dosage par spectrophotomètre est effectué à une longueur d'onde de 400nm pour les faibles concentrations et de 500nm pour les fortes concentrations. Le dosage s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2000) à une longueur d'onde de 500 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en nitrate

III .2.2 Dosage des nitrites

Le dosage des nitrites nécessite une mise en œuvre préliminaire d'une réaction colorée spécifique de l'élément recherché. Dans ce cas, la réaction dépend de la teneur en nitrites.

Pour les faibles concentrations (Norme NFT 90-013). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en nitrites.

Le dosage s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2000) à une longueur d'onde de 580 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en nitrite.

III .2.3. Dosage du NH₄

Peser 30 g de sol humide sur Mettler P. 120 dans une main en nickel.

Verser dans une bouteille Pyrex de 500 ml b col large ajouter, au moyen d'un distributeur de fraction Hiron et Commartin, 150 ml de Cl K 0,5 N.

Fermer et agiter pendant 30' a l'agitateur rotatif (40 t/mn). Eliminer les premières fractions qui peuvent être légèrement troubles.

Recueillir 10 ml environ de filtrat limpide dans un tube Pyrex. Le dosage s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2000) à une longueur d'onde de 630nm.

III .2.4 Dosage du phosphore

Le phosphore en solution se trouve sous forme de phosphates. La seule forme de phosphate pouvant être détectée est l'orthophosphate. Toutes les autres formes doivent subir un prétraitement afin d'être transformées en orthophosphate avant d'être analysées.

Le dosage de ce dernier nécessite une mise en œuvre d'une réaction colorée spécifique (Norme NFT 90-032). Le dosage s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2000) à une longueur d'onde de 890 nm. L'intensité de la coloration sera proportionnelle à la concentration en phosphore.

- Pour l'eau

Deux puits sont choisis dans les mêmes cultures du prélèvement du sol dans le but d'illustrer l'effet des pratiques agricoles dans le (tableau 05)

Tableau05: Les méthodes d'analyses chimiques pour les eaux

Paramètre	Methods	References
Azote ammoniacal (NH ₃ +NH ₄)	Dosage spectrophotométrique (630nm)	Parsons et al. (1989)
Nitrates(NO ₃ ⁻)	Dosage spectrophotométrique (543nm)	Parsons et al. (1989)
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Dosage spectrophotométrique (543nm)	Parsons et al. (1989)
PhosphatesPO ₄ ³⁻	Dosage spectrophotométrique (885nm)	Aminot et Chaussepied (1983)

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

RESUTATS

IV .1.Evolution des teneurs en sels nutritifs dans les 3 cultures.

IV .1.1.Variation des teneurs en azote minéral

- L'azote ammoniacal (NH_4^+ , NH_3)

Les teneurs en azote ammoniacale pour le palmier restent constantes de la surface en profondeur (24 mg.kg^{-1}), mais enregistrent une baisse de 1/8 au niveau du puits ($2,6 \text{ mg.l}^{-1}$) (Figure 03).

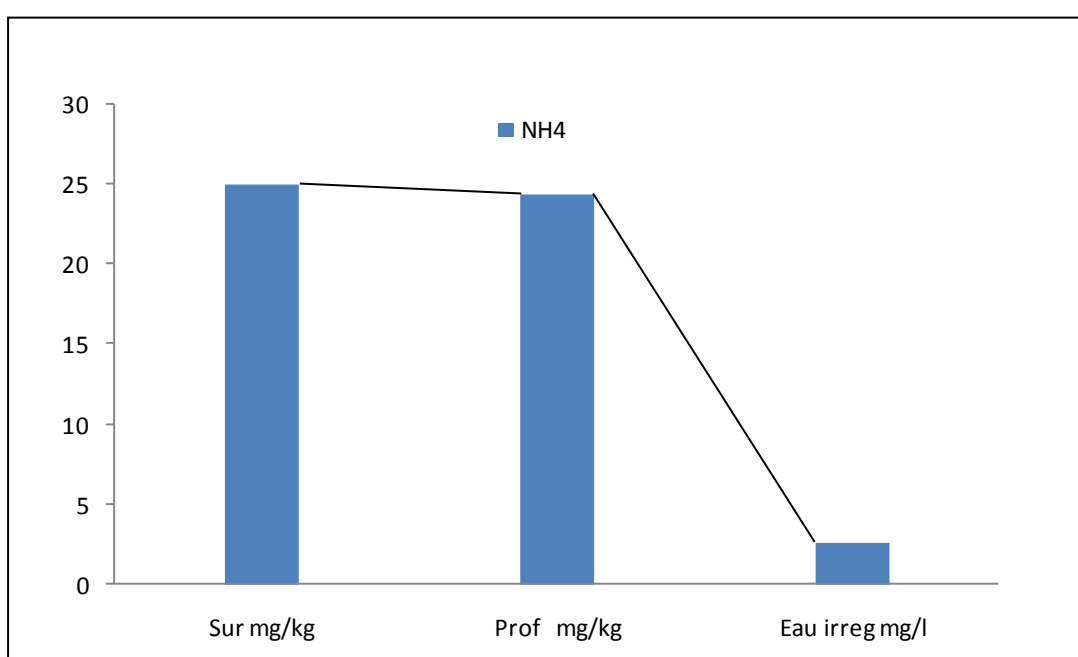


Figure 05 : variation des teneurs en azote ammoniacal dans la culture de palmier

Les teneurs en azote ammoniacale pour la culture du piment poivron enregistrent une baisse qui va au 1/3 de la quantité trouvées à la surface (10 mg.kg^{-1}). Le phénomène de volatilisation semble le responsable majeure de cette baisse. Les eaux du puits enregistrent des concentrations moins faibles (2.8 mg.l^{-1}) (**figure 04**).

Pour la culture de tomate les résultats laissent apercevoir que les valeurs en profondeurs ont augmentées considérablement en comparaison avec la surface. Ceci s'explique par la perte d'une bonne partie d' NH_4^+ par volatilisation en surface et par une fixation énergétique par les charges négatives de la phase solide (**figure 05**).

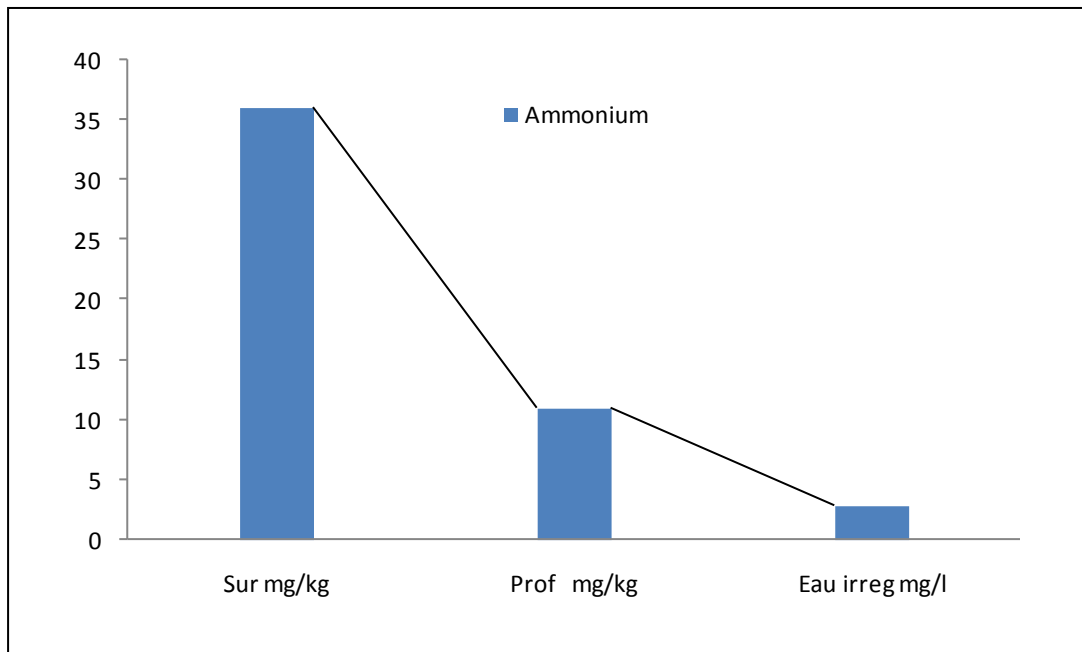


Figure 06 : variation des teneurs en azote ammoniacal dans la culture du piment poivron

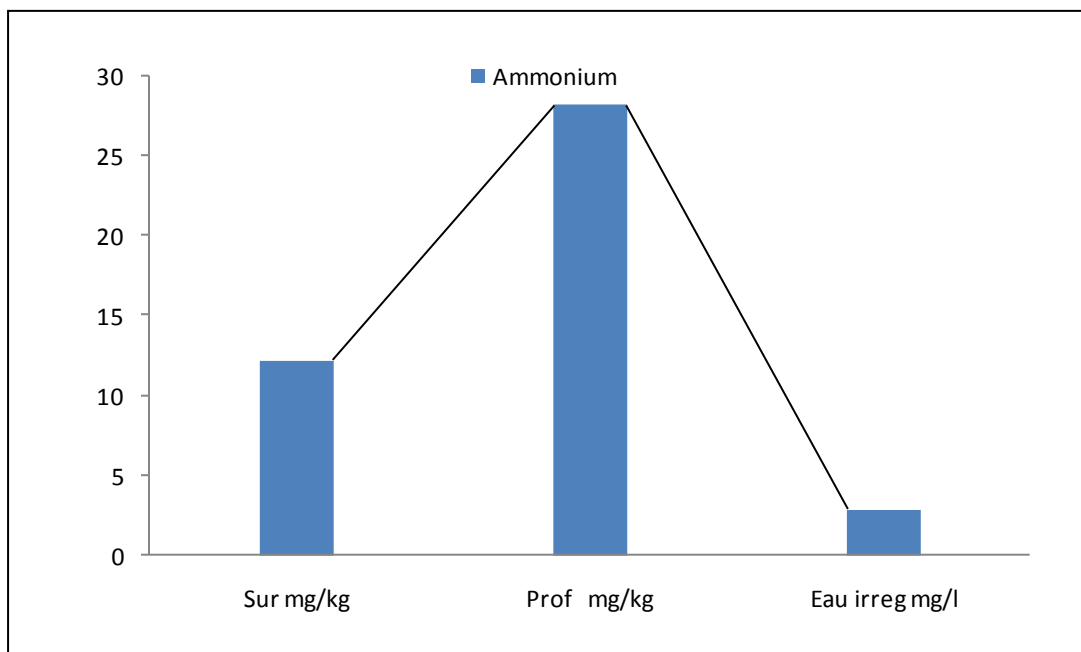


Figure 07 : variation des teneurs en azote ammoniacal dans la culture de
Tomate

• Les nitrates (NO₃⁻)

Les concentrations des nitrates enregistrent un maximum en surface de culture palmier par (148mg.kg⁻¹) par rapport à une valeur enregistrée dans les autres cultures. La teneur en profondeur marque une chute (22mg/kg) cela est du probablement à une lixiviation des nitrates du à l'irrigation, le minimum à la surface est observé dans la culture de tomate (0

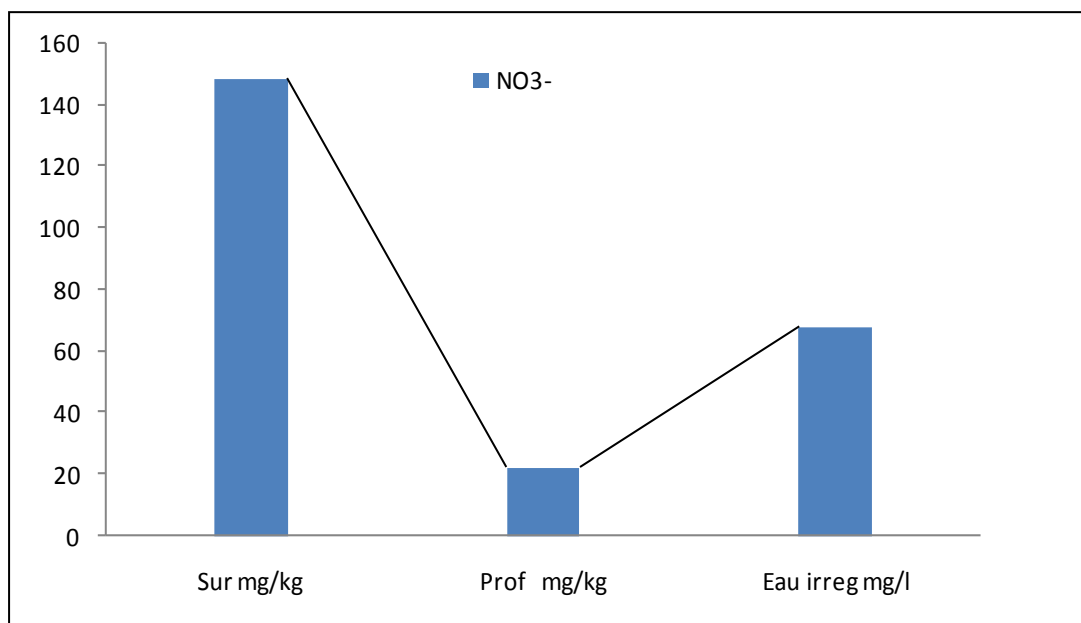


Figure 08 : variation des teneurs en NO₃⁻ dans la culture du palmier

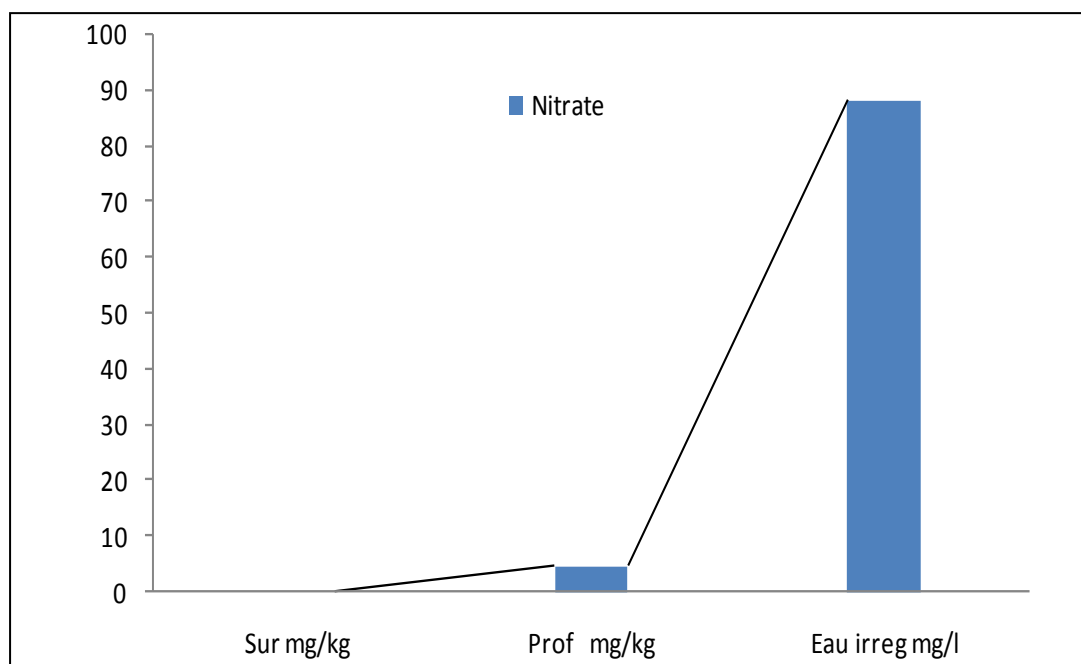


Figure 09: variation des teneurs en NO₃⁻ dans la culture de tomate

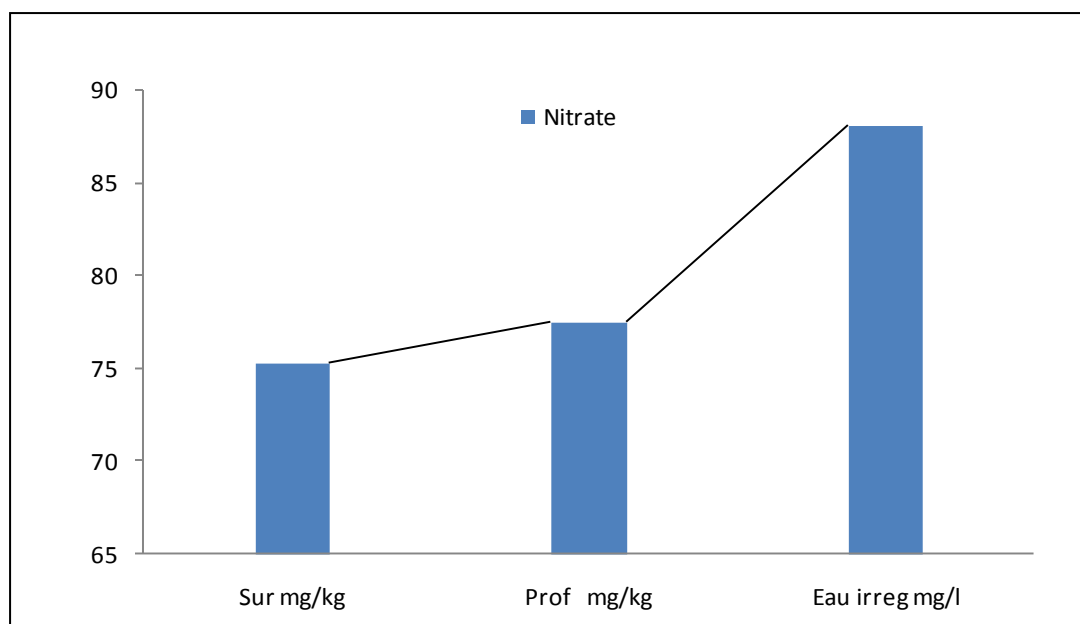


Figure 10 : variation des teneurs en NO_3^- dans la culture du piment poivron (mg.kg^{-1}).

Les teneurs en profondeurs restent faibles pour les palmiers et la tomate en enregistrant un pic au niveau de la culture poivron (78mg/kg) (**figure 08**).

L'évolution de la teneur en nitrates dans les eaux des puits est marquée par de fortes concentrations allant de 68mg/l à 88mg/l (**figure 6, 7 et 8**).

IV .1.2.Variation des teneurs en phosphore.

Le sol reste toujours riche en phosphore quelque soit la culture ou la profondeur avec un maximum en surface tomate (99mg/kg) et un minimum en profondeur poivron (17mg/kg) (figure9, 10, 11).

Néanmoins, les eaux des puits présentent de faibles valeurs par rapport à celle du sol. Des processus d'adsorption sont incontestablement responsables du piégeage du phosphore (figure9, 10, 11).

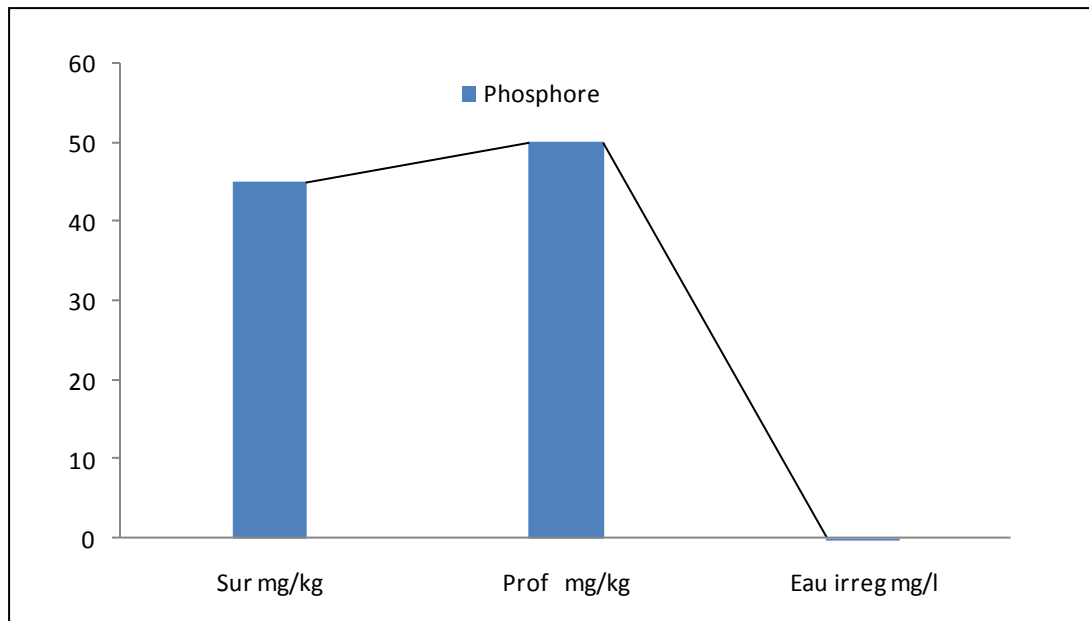


Figure 11 : variation des teneurs en phosphore dans la culture du palmier.

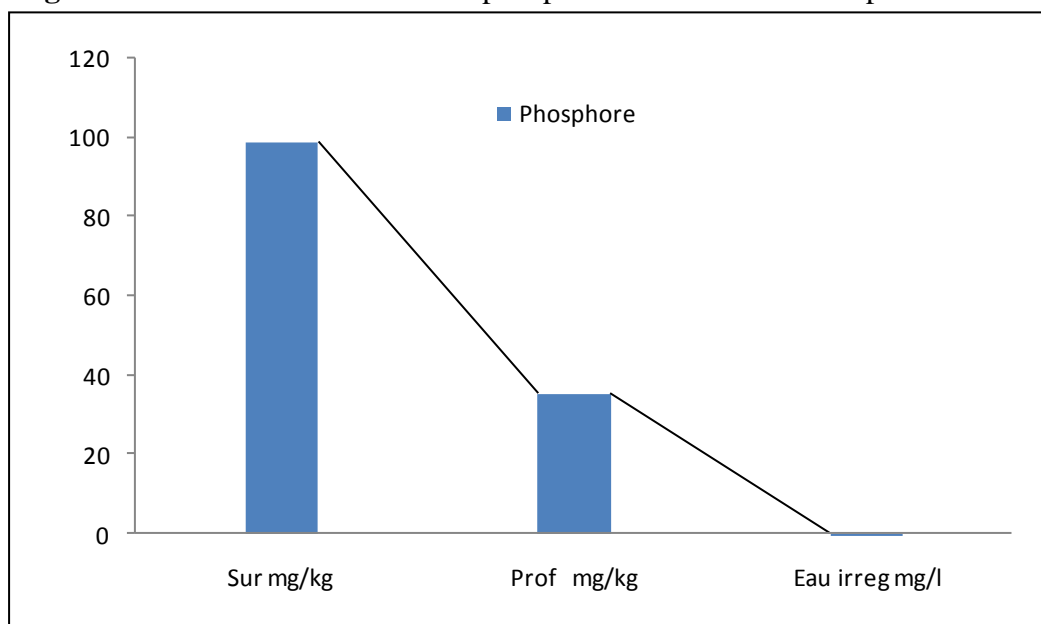


Figure 12 : variation des teneurs en phosphore dans la culture de la tomate.

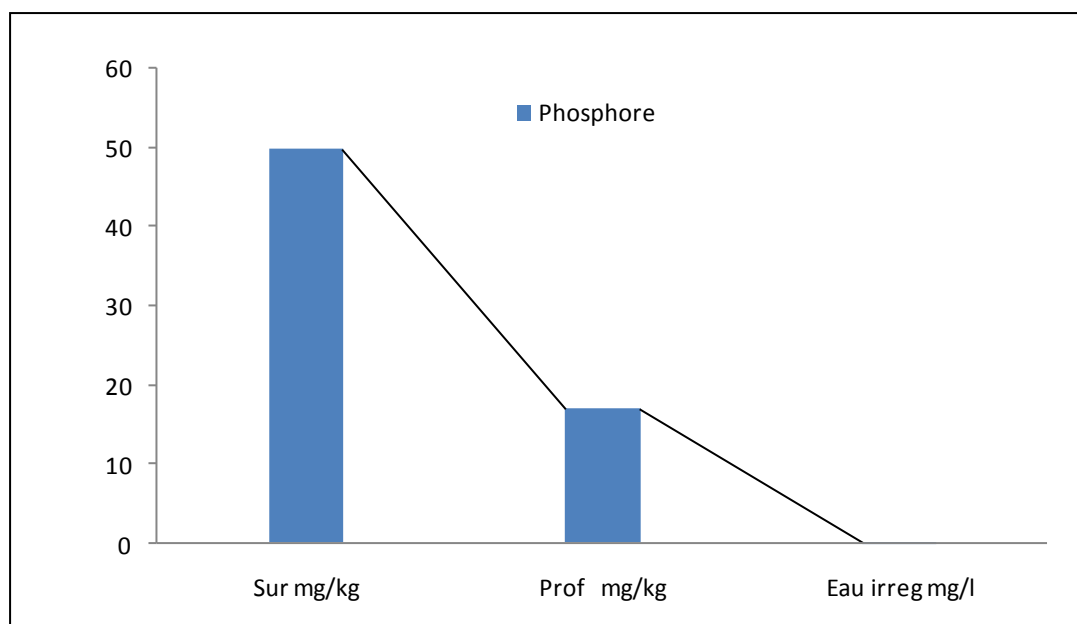


Figure 13 : variation des teneurs en phosphore dans la culture du piment poivron..

Discussion

L'examen des résultats montre dans la partie amont (sol) bien en surface qu'en profondeurs que la quasi-totalité de l'azote se présente sous forme nitrates (68-88%) tableau 4. Cette prédominance est liée aux activités agricoles qui se développent en surface en faisant appel aux produit fertilisants (chimiques et/ ou animaux) dans l'agriculture.

Les teneurs en azote oxydé restent généralement faibles, conditionnées surtout par la volatilisation des NH_4^+ favorisée par la nature du sol a

insi que par les conditions climatiques tel que la température qui commence à augmenter en cette saison printanière. Le tableau 5 montre que la perte de l'azote ammoniacale peu atteindre 70%.

Tableau 4 : Variation des teneurs en sels nutritifs azotés (mg.kg^{-1}), pour chaque culture

	palmier		tomate		poivron	
	surface	profondeur	Surface	profondeur	surface	profondeur
NH4	25,08	24,48	12,22	28,23	36,01	10,93
NO2	0,66	0	0	0	0	0
NO3	148,41	22,15	0	4,43	75,31	77,53
N Total	174,15	46,63	12,22	32,66	111,32	88,46
% Nitrates	85,22	47,50	0	13,56	67,65	87,64
NH4 perdu	0,60		-16,01		25,08	
% NH4 perdu	2,39		-131,01		69,65	

Tableau 5 : Variation des teneurs en sels nutritifs azotés (mg.l^{-1}), pour les puits.

	Puit palmier	+tomate	Puit poivron
NH ₄	2,57	2,83	
NO ₂	0	0	
NO ₃	67,87	88,16	
NID	70,44	90,99	
% Nitrates	96,35	96,89	

Pour les puits l'évolution des concentrations en azote suit le même chimisme que pour le compartiment sol, la forme dominante de l'azote reste les nitrates en présentant une portion 96% en restant toujours supérieure à la norme de l'OMS pour les nitrates (50mg/l) des eaux potable et destinées à l'irrigation.

Beaucoup de travaux ont prouvé que les pratiques agricoles, sont la cause probable des niveaux excessives de nitrates dans les eaux souterraines peu profondes (Lake et al., 2003 ;Michell et al.,2003 ; carey,2002). Délgado et Shaffer (2002) rapportent que l'azote est un élément nutritif essentiel pour les plantes, néanmoins, quand l'épandage d'azote excède la demande de la plante et la capacité de nitrification du sol, l'azote peut migrer jusqu'aux eaux souterraines, habituellement sous forme de nitrates. Malheureusement la quantification précise des nitrates migrants aux eaux souterraines demeure difficile.

Il faut noter encore que les nitrates migrant de la zone non saturée du sol tel que le sol de la zone de notre étude présentent une interaction complexe entre l'utilisation du sol, les caractéristiques du sol et la profondeur du sol.(Eddy el Tabache, 2005).

Pour les teneurs en phosphore, l'essentiel de la charge est emmagasinée dans le sol par les phénomènes de piégeage par les anions ceci est encouragé par la nature peu mobile de cet élément.

Conclusion

Cette étude a pour objectif la caractérisation de l'impacte des pratiques agricole sur la qualité des eaux souterraines dans la région d'el oued.

Les données recueillis dans la présente étude nous ont permis d'attirer l'attention sur les risques de pollution agricole qui existe, liée pour une bonne partie à l'usage intensif chimiques non adaptées aux besoins des cultures.

L'essentiel de pollution transportée dans les eaux souterraines est représentée par les nitrates qui dépassent largement les normes de l'OMS pour les eaux potables.

Les résultats constituent un reflexe dans le bute d'exploiter mieux ce sujet. Des études complémentaires devront se poursuivre pour mieux comprendre les caractères et la gestion des cultures agricoles et éviter par la suite toute nuisibilité à la nature.

Références bibliographie

Adiscott TM.,2005 .Losses of nitrogen from arable land .In Nitrate , agriculture and the environment . Adiscott TM ,CABI Publishing ,Harpenden ,UK,62 -92 .

Allaire – Leung SE,Wu L, Michell JP , Sanden BL.,2001 . Nitrate leaching and soil nitrate content as affected by irrigation uniformity in a carrot field . Agricultural Water Management ,48: 37 -50 .

Arregui L , Quemada M . ,2006 . Drainage and nitrate leaching in a crop rotation under different N – fertilizer strategies : application of capacitance probes . Plant Soil ; 288(1) : 57 -69 .

Barbault R., 2003- Ecologie générale –structure et fonctionnement de la biosphère. Ed. DUNOD. Paris, 324p.

Beaudoin N, Saad J , Van Laethem C , Maucorps J , Machet JM , Mary B ,2005 . Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France : effect of farming practices ,soils and crop rotations . AgricEcosyst Environ ; 111 : 292 - 310 .

Beggas Y., 1992 - Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthopterologiques dans la région d'El oued –régime alimentaire d'Ochilidiatibilis, Mémoire Ing. Agro. Insti. nati. Agro. El Harrach, 53p.

Ben – Asher , J., Ayars , J.E. ,1990 . Deep seepage under non – uniforme sprinkler irrigation . I . theory .J. Irrig . Drain . Eng . 166 (3) : 354 – 362 .

Besnard A ,Hanocq D , Rio A.,2004 . Devenir de l'azote du couvert végétal enfoui dans une succession maïs – blé , 2005 . Rapport d'étudeannée .Arvalis , EDE, CRAB , 23 pp .

Bothe H ., Ferguson S.J. et Newton W. E., 2007 .Biology of the nitrogen cycle Elsevier B.V.,Amsterdam ,the Netherlands ,427 pp.

Bouthier A ., Bonnifet J .P .,Rreau R . , 2000 .Gestion de l'azote et fuites de nitrates en terres de groies de poitou – Charentes .perspectives Agricoles ,262 :55 – 51 .

Bruckler L ., de cockborne A.M ., Renault P ., Claudot B ., 1997 .Spatial and temporal variability of nitrate in irrigated salad crops . Irrig .Sci .17 : 53 -61 .

Chapot J .Y., 1994 .Effect of cover crop , between wheat and maize

Drainage .Lysimeter study on two soil texture types . proceedings of the third congress of the European Society for Agronomy , Padova University , AbanoPadova , Italy , 18 – 22 September 1994 ; 776 – 777.

Clement J., 1981 - Larousse agricole. Ed. Montparnasse, Paris, 1207P

Références bibliographie

Cogels , O .G . 1983 . An irrigation système uniformity function relating the effective uniformity of Water application the scale of influence of the plant root zones .Irrig . Sci .4 :289 – 299 .

Dajoz R., 1982- Précis d'écologie. Ed. Bordas. Paris. 503p.

De Paz J .M. and C .Ramos . , 2004 .Simulation of nitrate leaching for different nitrogen fertilization rates in a region of Valencia (spain) using a GIS – GLEAMS system .Agriculture , Ecosystem&Enironment 103 (1):59-73 .

Diez J.A., Roman R ., Caballero R., Caballero A ., 1997 . Nitrate leaching from soilfs under maize – wheat –maize sequence, two irrigation shedules and three type fertilisers .Agriculture Ecosystems and environment ,65 :189-199 .

Faurie C., Ferra C., Medori P., Devaux J., 1980- Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, P 43 à 46.

Faurie C., Ferra Ch., M edori P., D evaux J., 1998 - Ecologie – Approche scientifique et pratique. Ed. J-B.Bailliere. Paris, 339 p .

F aurie C., F erraA C., M edoir P., D evaux J., Hemptinne J. L, 2003 - Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, 407 p.

Gallardo M., Thompson R.B.,Fernandez M .D . ,Lopez –toral J., 2006 .effect of applied Concentration in a fertigated vegetable crop on soil solution nitrate and nitrate leching loss .Acta . Hort ., 700 : 221 – 224 .

Gardenas A . I ., Hopmans J .W., Hanson B.R., Simunek J., 2005 .Two dimensional modelling of nitrate leaching for various fertigationscenarion under micro – irrigation .Agricultural Water Management , 74: 219-242 .

Gaury F., 1992 .Systèmes de cultures et teneurs en nitrates des eaux souterraine .thèse de Docteur –Ingénieur ,ENSA Reannes ,229 pp+annexes .

Guimera J.,Marfa O ., Candela L ., Serrano L ., 1995 . Nitrate lechingg and Strawberry production under drip irrigation management .Agric .Ecosyst .Environ .Qual .,37: 1073- 1085.

Hansen E. M., Djurhuns J ., 1996 . Nitrate leaching as affected by long term N fertilization on a coarse sand .soil Use and Management ,12: 199- 204 .

Jarvis S.C .,Hath D. J., and Lovell R.D. , 2001 . An improved soil core incubation method for the field measurement of denitrification and net mineralization using acetylene inhibition .Nutrient Cycling in agroecosysteme .593 : 219-225 .

Knowles R. , 1982. Denitrification .Microbiological Reviews ,46 : 43 -70 .

Références bibliographie

Laurent F., Machet J.M., Pellot P., Trochard R., 1995 . Cultures intermédiaires piégées à nitrates : comparaison des espèces . Perspectives Agricoles , 206 : 38-49 .

Machet J.M., Laurent F., Chapot J.Y., Dore T., Dulout A., 1997 . Maîtrise de l'azote dans les intercultures et les jachères . In: maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes , G Lemaire , B Nicolardot Eds ., série Les Colloques de l'INRA , INRA- Editions . Paris , 271-288.

Maithol J.C., Ruelle P., Nemeth I., 2001 . Analysis of nitrate leaching under sprinkler and furrow irrigation techniques on a loamy soil plot with corn . Control of adverse impacts of fertilizers and agrochemicals proceedings – of – an International Workshop of the International Commission on Irrigation and Drainage ICID , Cape Town , South Africa , 22-27 October 2000 ; 113 – 126 .

Mary B., Beaudoin N., M., 1997 . Prévention de la pollution nitrique à l'échelle du bassin d'alimentation en eau . In : Lemaire G , Nicolardot B (Eds) , Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes . INRA édition , Paris , pp 289- 312 .

Meynard J.M., J.M., Recous S., 1997 . Fertilisation azotée des cultures annuelles de champs . In : maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes , G Lemaire, Nicolardot Eds ., série Les colloques de l'INRA , INRA – Editions , Paris , 183-199 .

Nadjah A., 1971 - Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger, 174 p.

Neeteson J.J., 1995 . Nitrogen management for intensively grown arable crops and fields vegetables . In : Bacon , P.E. (ed) , Nitrogen Fertilization in the Environment . Marcel Dekker , New York , pp . 295- 325 .

Nicolardot B., Mary B., Houot S., Sthecous S., 1996 . Field study on the local variability of soil water content and solute concentration . Journ (1-4) : 23-37.

Prat P.F., 1984 . Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture . In : Hauk , R.D. (ed in chief) , Nitrogen in crop production . American society of Agronomy . Madison , WI, pp 319-333.

Ramade F., 2003 - Eléments d'écologie-fondamentale. Ed. Dunod. Paris, 690p.

Ramos C., 1996 . Effect of agricultural practices on the nitrogen losses to the environment . Fert . Res ., 43 : 183-189.

Ramos C., Agut A., Lidon A.I., 2002 . Nitrate leaching in important horticultural crops of the Valencian community region (Spain) . Environ . pollut ., 118:215-223 .

Recous S., Nicolardot B., Simon J.C., 1997 . Le cycle de l'azote dans les sols et la qualité des eaux souterraines . In INRA (eds) Léau dans l'espace rural : production végétale et qualité de l'eau , Universités Francophones , 193-215.

Risgaard –Petersen N., Langezaal A. M., Ingvardsent S., Schmid M.C., Jetten M.S.M., Op Den Camp H.J.M., Derksen J.W.M., Pina-Ochoa E., Eriksson S.P., Nielsen L.P., Revsbech N.P., Cedhagen T. et Van Der Zwaan G. J., 2006. Evidence for completed denitrification in an benthic foraminifer. *Nature*, 443 : 93-96.

Saibi H. (2003) - : Analyse qualitative des ressources en eau de la vallée du Souf et impact sur l'environnement, région arides à semi arides d'El-Oued. Mémoire magister université de Houari Boumediene. 160p.

Seginer J., 1979 .Irrigation uniformity related to horizontal extent of root zone .A computational study .irrig .Sci .1 : 89-96 .

Shepherd M.A. and Lord E.I. Nitrate leaching from a sandy soil ; the effect of previous crop and post-harvest soil management in an arable rotation . *Journal of Agricultural Science Cambridge* 1996 ; 127 : 215 -229 .

Shepherd M.A., Harrison R. and Webb J., 2002 .Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms .*Soil Use and Management* , 18 : 284-292 .

Shepherd M.A. and Chambers C., 2007 .Managing nitrogen on the farm : the devil is in the detail . *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 87:558 – 568 .

Simon J.C., 1999 .La pollution nitrique des eaux .In : usage et polluants ,Grosclaude G(cord) ,INRA Edition ,p95-115 .

Stockdale E.A., Shepherd M.A., Fortune S. and Cuttle C.P., 1994 .C.P., 2008 .Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different ? *Soil Use and Management* ,18 : 301-308.

Thompson R.B., Granados M.R., Gazquez J.C., Rodriguez – Lopez J.S., Fernandez M.D., Gallardo M., Martinez – Gaitan C., Gimenez C., 2006 . Nitrate leaching losses from a recently developed intensive horticultural system in an agroecosystem in relation to the water Framework directive ,proceedings of 14th N workshop .plant research International BV ,Wageningen , the Netherlands ,pp 420 – 422 .

Thompson R.B Martinez –Gaitan C., Gallardo M., Gimenez C., Fernandez C., Fernandez M.D., 2007 .Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey .*Agricultural Water Management* , 86 :261 -274 .

Vazquez N., Pardo A., Suso M.L., Quemada M., 2005 . A methodology for measuring drainage and nitrate leaching in unevenly irrigated vegetable crops . *Plant Soil* , 269 : 297- 308 .

Vazquez N., Pardo A., Sous M.L., Quemada M.,2006 . Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigated and plastic mulching . *Agric .Ecosyst . Envir .*, 112 ; 313-323 .

VoisinP., 2004 – Le Souf. Ed. El-Walide, El-Oued, 190 p.

Wright R. F., Kaste O., de Wit H.A. , Tjomsland T., Bloemerts M ., Molvaer J ., Selvilk J. R ., 2008 . Effect of climate on fluxes of nitrogen from the Tovdal River basin , Norway ,to adjoining marine areas , 2008 .*AMBIO* ,37(1) : 64-72 .

Zumft W.G., 1997 .Cell biology and molecular basis of denitrification . *M icrobiol . Mol .Biol .*

Résumé

Titre :Le pratique d'agricole et le risque du pollution aquifère dans la région du Oued Souf

La wilaya d'El-Oued a connu ces dernières années un bond qualitatif en matière de développement de l'agriculture et devient ainsi une référence nationale dans ce domaine. La superficie agricole utile avoisine les 75.000 ha , cette intensification de l'agriculture répondait à un objectif alors d'actualité : nourrir la population et développer l'activité économique agricole. Ce développement à néanmoins eu des impacts négatifs sur l'environnement, notamment sur le compartiment eau. La pollution agricole s'intensifie depuis que les agriculteurs utilisent des engrais chimique (nitrates et phosphates), des herbicides des insecticides et d'autres produits pour améliorer le rendement de leurs cultures.

Mots clés : l'agriculture. Pollution aquifère. Oued souf .engrais chimique nitrates et phosphates,

Résumé

Titre : Le pratique d'agricole et le risque du pollution aquifère dans la région du Oued Souf

La wilaya d'El-Oued a connu ces dernières années un bond qualitatif en matière de développement de l'agriculture et devient ainsi une référence nationale dans ce domaine. La superficie agricole utile avoisine les 75.000 ha , cette intensification de l'agriculture répondait à un objectif alors d'actualité : nourrir la population et développer l'activité économique agricole. Ce développement à néanmoins eu des impacts négatifs sur l'environnement, notamment sur le compartiment eau. La pollution agricole s'intensifie depuis que les agriculteurs utilisent des engrais chimique (nitrates et phosphates), des herbicides des insecticides et d'autres produits pour améliorer le rendement de leurs cultures.

Mots clés : l'agriculture. Pollution aquifère. Oued souf .engrais chimique nitrates et phosphates.

المخلص

العنوان : الممارسة الزراعية ومخاطر التلوث بالمياه الجوفية في منطقة واد سوف

شهدت ولاية الوادي في السنوات الاخيرة نقلة نوعية في تطوير الزراعة واصبحت مرجعية وطنية في هذا المجال حيث ان الرقعة الزراعية فيها تمثل 75.000 هكتار .

وبذلك فان التطور الزراعي ينتج عنه اثار سلبية على البيئة المقصود بذلك تلوث المياه الجوفية وبالتالي تزايد استخدام المزارعون للأسمدة الكيميائية (النترات و الفوسفات) و مبيدات الأعشاب و الحشرات و غيرها من المنتجات لتحسين غلة محاصيلهم .

الكلمات المفتاحية : وادي سوف . الزراعة . تلوث المياه الجوفية . الأسمدة الكيميائية . النترات و الفوسفات .