



Année Universitaire : 2021-2022



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Etude de l'effet de l'Azote apporté sur le transfert des nitrates dans le sol  
dans une parcelle d'oignon (Douyet)

Présenté par:

Mohamed El Mehdi BOUOUCHCHA

Encadré par:

Pr. CHAOUNI Abdel-Ali, FST-Fès  
Pr. BOUHAFI Karima, INRA, Meknès

Soutenu Le 06 juillet 2022, devant le jury composé de :

Pr. BOUHAFI Karima, INRA, Meknès  
Pr. BOUKHIR Mohammed, FST-FES  
Pr. GHFIR Younes, FST-FES  
Pr. ZAHOUR Rachid, FST-FES  
Pr. CHAOUNI Abdel-Ali, FST-Fès

Stage effectué à : INRA, Meknès





## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à mes chers parents,

Mr. Bououchcha Abdelmajid et Mme. Malihe Razouka, qui n'ont cessé de m'orienter vers le

courage et la foi en dieu. Pour leur amour, patience, soutien et tout.

Je leur présente mon travail, puisse dieu le tout puissant leur prêter la bonne santé et le

Bonheur.

A ma grande mère, ma sœur, mes chers amis, qui m'ont tant aidés surtout moralement. A

mes respectueux enseignants, pour leurs efforts, leurs disponibilités.

A moi.



## Remerciements

Même si parfois les mots semblent fades à côté de la profondeur des sentiments, il faut pourtant les concrétiser en remerciements, pour honorer tous ceux qui m'ont aidé à franchir ce pas vers l'avenir.

Je tiens aussi à remercier Pr. **CHAOUNI ABDEL-ALI** professeur de la Géologie à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour son encadrement, sa patience tout au long du stage, pour ses conseils judicieux, son savoir, ses commentaires, ses remarques et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce projet de Licence. Ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Je tiens à remercier Madame **BOUHABA Karima** pour son encadrement, sa gentillesse et sa patience.

Je voudrais aussi bien exprimer mes sincères remerciements aux professeurs, **Pr. BOUKHIR Mohammed, Pr. GHFIR Younes** et **Pr. ZAHOUR Rachid, FST-FES** qui m'ont honoré en acceptant de juger ce travail et de l'enrichir par ses critiques constructives.

Mes remerciements vont aussi aux enseignants de la filière de la formation Géoressources et Environnement, pour leur contribution à ma formation. Finalement, je remercie tous ceux ou celles qui ont agi dans l'ombre et participé discrètement à l'accomplissement de ce rapport.

À vous tous, un grand merci



## Résumé

Les sols ne sont pas que cette chose brune qui colle aux semelles. Ils forment un monde en soi, un écosystème méconnu et pourtant très riche de vie. Il est vrai que ce dernier est formé majoritairement d'êtres microscopiques, et que la terre est assimilée aux rites funéraires. Les sols rendent pourtant de multiples services insoupçonnés : production d'aliments, régulation du cycle et de la qualité de l'eau, accumulation du carbone, limitation de l'effet de serre, recyclage des matières organiques, entretien de la biodiversité, fourniture de matériaux de construction et industriels...

De tous les éléments nutritifs, l'azote est celui qui est le plus difficile à gérer en fertilisation. Mais en même temps, il est l'élément nutritif le plus important pour la croissance des cultures et les niveaux de rendements. En effet, c'est principalement l'azote qui détermine le développement de la plante et des racines et qui stimule l'absorption optimale des autres éléments nutritifs du sol. Sans quantités adéquates d'azote, les autres éléments nutritifs sont donc moins absorbés dans la plante.

Toutefois, l'azote du sol se retrouve principalement sous forme organique et doit donc être minéralisé par les microorganismes du sol afin de devenir par la suite disponible aux plantes pendant la saison de croissance. Il n'est donc pas facile de savoir combien d'azote du sol sera minéralisé et à quel moment! Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de considérer et d'intégrer beaucoup de facteurs, tels les cultures de rotation, les modes de fertilisation organique ou minérale, les techniques culturales, les teneurs en matière organique du sol et les résidus organiques apportés, la texture et la structure du sol, le pH et les conditions pédoclimatiques. Ainsi, tous ces facteurs déterminent la croissance et les activités des microorganismes du sol, et par conséquent les quantités d'azote minéralisées au cours de la saison de végétation.

La minéralisation de l'azote du sol est le résultat de la décomposition des matières organiques du sol ou d'autres sources organiques par les bactéries et les champignons du sol. Le carbone sert avant tout comme source d'énergie pour la microflore du sol. L'azote sous forme organique est converti en même temps par hydrolyses et désaminations en acides aminés ou en azote ammoniacal. Une partie de l'azote minéralisé est utilisée par les microorganismes pour leur synthèse protéique, tandis que l'autre partie est libérée dans le sol sous forme d'azote ammoniacal. Les microorganismes nitrificateurs transforment ensuite l'azote ammoniacal en nitrates.



## Sommaire :

Dédicaces.....	2
Remerciements.....	3
Résumé .....	4
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES GRAPHIQUES .....	7
LISTE DES PHOTOS.....	7
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
I - La classification des sols .....	9
II - La Fertilisation .....	10
III – Cycle de l’azote .....	10
IV - Pourquoi Domaine “DOUYET” comme lieu d’étude ?? .....	12
V - Sol.....	13
Nappe profonde .....	14
Nappe phréatique.....	14
• Vertisol.....	15
• Structure et compaction.....	16
INDICATEURS D’AZOTE ET VALIDATION AU CHAMP .....	17
VI. L’oignon.....	18
• Plante et importance de la culture au Maroc.....	18
• CLASSIFICATION .....	19
• Variétés, semis, plantation et travail de sol .....	19
• Irrigation .....	19
• Fertilisation.....	19
<b>CHAPITRE 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....</b>	<b>20</b>
I - Détermination des paramètres de la fertilité du sol.....	20
I.1. - Application des doses d’azote différente d’une parcelle à l’autre.....	20
I.2. - Prélèvement des échantillons du sol.....	20
II. Analyse des échantillons au laboratoire.....	22
II.1. Analyse d’humidité du sol .....	22



II.2. - L'analyse de PH.....	23
II.3. - Dosage des nitrates par l'acide Chromotropique.....	25
II.4. - Dosage d'azote total dans le Sol par la méthode de Kjeldah. ....	28
III. DISTILLATION .....	30
IV. Dosage de la matière organique par la méthode de Walkley et Bleak: .....	31
• Matériels.....	31
• Réactifs .....	31
• Mode opératoire .....	31
V. L'analyse granulométrique .....	33
• Généralités.....	33
• But de l'essai.....	33
<b>CHAPITRE 2. RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>37</b>
CARACTERISATION DU SITE D'ESSAI.....	37
DOSAGE DES NITRATES.....	38
<b>Graphiques 1er Prélèvement : Parcelle 1-12.....</b>	<b>41</b>
Interpretation .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Graphiques 2 -ème Prélèvement : Parcelle 1-12.....</b>	<b>43</b>
Interpretation .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>46</b>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	47
WEBOGRAPHIE .....	47
ANNEXES .....	48
ANNEXE 1.....	49
ANNEXE 2.....	50

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle d'azote . . . . .

Figure 2 : Localisation de la parcelle d'étude

Figure 3 : Carte géologique du bassin Fès-Meknès ( Taltasse, 1953)

Figure 4 : schéma de distribution de la parcelle et numérotation de chaque parcelle

Figure 5 : Entre chaque deux parcelles de sol en compté 2 m

Figure 6 : Une gamme Figure standard (0,5ppm - 3,5ppm) à base de KNO<sub>3</sub>

Figure 7 : Tubes coniques de 50 ml et extrait de solution ou d'étalons.

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Coefficients de corrélation (R<sup>2</sup>) entre les particules minérales du sol et les paramètres de minéralisation de C et de N du sol

Tableau 2 : Résultats des analyses effectuées au laboratoire INRA (Géotechniques)

Tableau 3 : des résultats des doses de nitrate sur chaque couche de chaque parcelle ( 1<sup>er</sup> prélèvement )

Tableau 4 : des résultats des doses de nitrate sur chaque couche de chaque parcelle (2<sup>-ème</sup> prélèvement )

## LISTE DES GRAPHIQUES

Graphiques 1<sup>er</sup> Prélèvement : Parcelle 1-12

Graphiques 2<sup>-ème</sup> Prélèvement : Parcelle 1-12

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Coordonnées géographiques

Photo 2 : Tarière Edelman

Photo 3 : Sac plastique des échantillons

Photo 4 : Les Parcelles étudiées

Photo 5 : Mesure de poids d'échantillons Avant\Après séchage

Photo 6 : Tamisage

Photo 7 : Ph mètre

Photo 8 : les échantillons

Photo 9 : Machine d'agitation



Photo 10 : Filtrage

Photo 11 : Agitation du mélange sous chaleur

Photo 12 : Bloc de digestion

Photo 13 : (à droite Appareil de titration et à gauche Appareil de distillation)

Photo 14 : Avant d'ajouter l'indicateur coloré au mélange réactionnel.

Photo 15 : Après 8 gouttes de l'indicateur coloré (diphénylamine) ont été ajoutées.

Photo 16 : Après titrage avec une solution de sulfate de fer.

Photo 17 : Tamis normalisés

Photo 18 : Balance électronique

Photo 19 : Tamiseuse





## INTRODUCTION

### I - La classification des sols

Les premiers chercheurs (géographes, géologues, agronomes) qui visitèrent le Maroc à la fin du siècle dernier, et au début de ce siècle, ont utilisé les noms vernaculaires des fellahs 'marocains pour désigner les sols du pays. Tels sont les noms de tirs (sol lourd argileux, de couleur foncée), hamri (sol rouge, généralement argileux), r'mel (sable), harch ou harroucha (sol caillouteux), dess ou dehs (alluvions), faid (alluvions limoneuses des Doukkala), merzag (sol sableux à concrétions ferrugineuses), etc ... Ces noms ont été utilisés aussi par les agriculteurs européens qui se sont installés dans le pays et par les agronomes des services officiels. Les légendes des << cartes écologiques >>, établies en 1935/36,

Le sol joue un rôle fondamental dans le cycle des eaux continentales. La structure des sols détermine la proportion de l'eau qui ruisselle et de l'eau qui s'infiltré. Après une pluie, les sols les plus poreux laissent l'eau s'infiltrer rapidement et évitent ainsi l'accumulation d'eau à la surface, ou le ruissellement s'il y a une pente. Le sol participe à réguler le régime des cours d'eau, la recharge des nappes phréatiques. Il filtre et épure les eaux qui le traversent, et influence en cela la composition chimique et biologique des eaux. Cette capacité a cependant des limites: les sols gravement pollués (par des activités industrielles ou agricoles) transmettent une partie de leur pollution aux eaux qui les traversent.

La pollution des terres et des sols est aussi un problème mondial. L'air et l'eau peuvent transporter des polluants, notamment des composés azotés et de minuscules fragments de plastique, à travers le monde et les déposer sur les surfaces terrestres. On trouve même des polluants sur les plus hauts sommets et sur les plages les plus reculées.

Les pratiques agricoles sont loin d'être la seule source de pollution des terres et des sols. Les déchets mal gérés, aussi bien municipaux qu'industriels, sont responsables de plus d'un tiers des contaminations locales, suivis par les activités industrielles. Des informations publiques détaillées n'existent que pour une fraction des millions de sites dont on estime qu'ils exercent des activités potentiellement polluantes dans l'UE.



## II - La Fertilisation

Les plantes ont besoin, entre autres, de nutriments pour croître et l'agriculture intensive peut épuiser les nutriments du sol plus vite que la nature ne les reconstitue. Les engrais viennent compenser ce déficit en introduisant des nutriments supplémentaires. Malheureusement, la quantité totale n'est souvent pas absorbée par les plantes et l'excédent qui se trouve initialement dans le sol finit tôt ou tard par se retrouver dans les lacs et les rivières. Une fois dans l'eau, l'excédent d'azote entraîne souvent une croissance excessive des plantes et des algues, dont la décomposition peut réduire considérablement les niveaux d'oxygène dans l'eau, nuisant ainsi aux espèces animales et végétales de cet écosystème.

L'azote est un gaz qui compose l'air à 78% et est un élément essentiel de la chaîne alimentaire. Cependant, le cycle mondial de l'azote est perturbé par l'activité humaine.

La production alimentaire est notamment l'une des principales causes de pollution par l'azote dans les pays développés, selon une étude publiée dans *Science* en février 2019. On y lit également qu'«au cours du siècle dernier, la quantité d'azote provenant des activités humaines a augmenté à un point tel qu'elle dépasse maintenant la fixation naturelle, ce qui a plus que doublé le cycle mondial de l'azote.»

## III – Cycle de l'azote

Le cycle de l'azote est un cycle biogéochimique qui décrit la succession des modifications subies par les différentes formes de l'azote (diazote, nitrate, nitrite, ammoniac, azote organique (protéines)).

L'atmosphère est la principale source d'azote, sous forme de diazote, puisqu'elle en contient 78 % en volume.

Des processus sont nécessaires pour transformer l'azote atmosphérique en une forme assimilable par les organismes. L'azote atmosphérique est fixé par des bactéries présentes dans le sol, telles qu'*Azobacter vinelandii*, grâce à une enzyme, la nitrogénase. Certaines de ces bactéries, comme *Rhizobium*, vivent en symbiose avec des plantes, produisant de l'ammoniac et puisant des glucides. L'ammoniac peut aussi provenir de la décomposition d'organismes morts par des bactéries saprophytes sous forme d'ions ammonium  $\text{NH}_4^+$ .

Dans les sols bien oxygénés, des bactéries transforment l'ammoniac en nitrite  $\text{NO}_2^-$ , puis en nitrates  $\text{NO}_3^-$ , au cours du processus de nitrification.

Les végétaux absorbent grâce à leurs racines les ions nitrate  $\text{NO}_3^-$  et, dans une moindre mesure,

l'ammoniac présent dans le sol, et les incorporent dans les acides aminés et les protéines. Les végétaux constituent ainsi la seule source d'azote assimilable par les animaux.

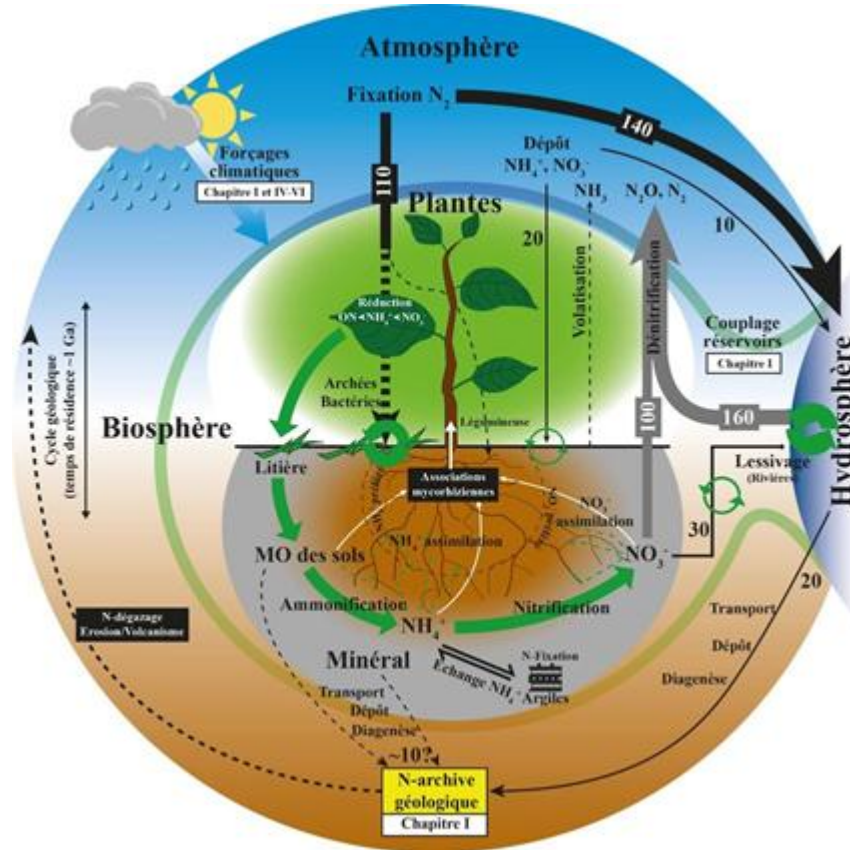


Figure 1 : Cycle d'azote .

On étudie la dynamique minérale de l'azote en terme de bilan, afin d'optimiser les apports en fonction des cultures. Cette démarche nécessite la connaissance d'un certain nombre de paramètres dont la quantification a été acquise progressivement : exportation par les cultures, dynamique de l'azote minéral en fonction des mouvements de l'eau, cinétique de minéralisation de l'azote organique du sol et des déchets organiques des cultures. Des lysimètres cultivés suivant les assolements classiques (blé, betterave, pomme de terre, etc.) permettent de mesurer les pertes par drainage, et de suivre, à l'aide de capteurs de solution, le déplacement des nitrates dans le sol. La confrontation des données de terrain, de laboratoire et les résultats obtenus en lysimétrie, permet d'affiner le modèle prédictif proposé. Deux exemples démontrent comment peut se définir la maîtrise de la fertilisation azotée dans le but de limiter les risques d'accumulation et de pollution par les nitrates : 1) Fertilisation azotée des céréales d'hiver. 2) Dose maximale d'épandage des effluents des industries agricoles. Ajustement de la fertilisation azotée aux besoins des plantes et limitation des risques d'accumulation

et de pollution des sols et sous-sols par les nitrates En Champagne crayeuse, le bilan azoté est étudié pour ajuster la disponibilité à la réponse des plantes.

Les cultures maraîchères : c'est la production intensive de légumes et primeurs, et celui qui cultive les légumes s'appelle un maraîcher. C'est en effet du mot marais que vient le mot maraîchage : qui est un terrain qui s'étend des marécages (d'abords en un lieu bas et humide où les masses d'air ont des variations de pression très faibles) consacré à la culture des légumes, il est très humifère, tourbeux, riche en azote et convient très bien aux légumes et surtout les légumes feuilles. On parle aussi des cultures maraîchères primeurs, de saisons et contre saison.

#### IV - Pourquoi Domaine "DOUYET" comme lieu d'étude ??

### Données générales :

Implante en zone Bour favorable de la plaine de Sais.

(Province de My.Yacoub, Région Fès-Meknès).

Superficie totale : 440 ha

Altitude : 416 m



Photo 1 : Coordonnés géographiques



## Données pédoclimatiques :

Sol argilo-calcaire, très fertile et bien profond.

Pluviométrie moyenne (sur 40 ans) : 510 mm

Températures du type méditerranéen à hivers froids et a été chauds et secs

Températures max 46°C – min 5°C

Températures moyennes 10 à 27° C



*Figure 2 : Localisation de la parcelle d'étude*

### V - Sol

L'oignon préfère les sols sableux-argileux ou sableux -limoneux, riches en matière organique décomposée. Il est donc très important de sélectionner le meilleur champ possible pour la production des semences. Considérez bien ce qui suit : - Le sol est-il fertile ? Est-ce que le champ retenu possède des potentialités de haut rendement ? - Est-ce que le champ est suffisamment nivelé pour conduire l'irrigation ? - Est-ce que l'eau est disponible au moment opportun ? - Est-ce que le champ est infesté avec une maladie qui affectera la culture ? - Est-ce que l'accès au champ est convenable pour manipuler et déplacer les semences ? - Pouvez-vous battre, sécher, etc., les semences sans qu'elles soient contaminées par les graines ou les semences d'autres champs ? Le choix de la parcelle de production de semences d'oignon doit respecter les exigences liées au



précédant cultural et aux normes d'isolement. La parcelle ne doit pas avoir porté lors de la campagne précédente de cultures d'oignon, sauf s'il s'agit de la même variété, et qu'elle a été semée avec des semences certifiées de la même génération ou d'une génération précédente. Dans le cas de parcelles aménagées irriguées, cette règle peut ne pas être appliquée. Dans ce cas, il faut, après une pré-irrigation de la parcelle de multiplication, détruire les repousses par des opérations de travail du sol, trois semaines avant le semis. La parcelle doit être vierge de toute repousse d'oignon.

Le système aquifère du Saïss compté parmi les principaux systèmes aquifères du Maroc, est limité au Nord par le Prérif, à l'Est par la vallée de l'oued Sebou, à l'Ouest par les affluents de l'oued Beht et au Sud par les Causses du Moyen Atlas. Il est formé par la nappe profonde du Lias et la nappe phréatique du Quaternaire.

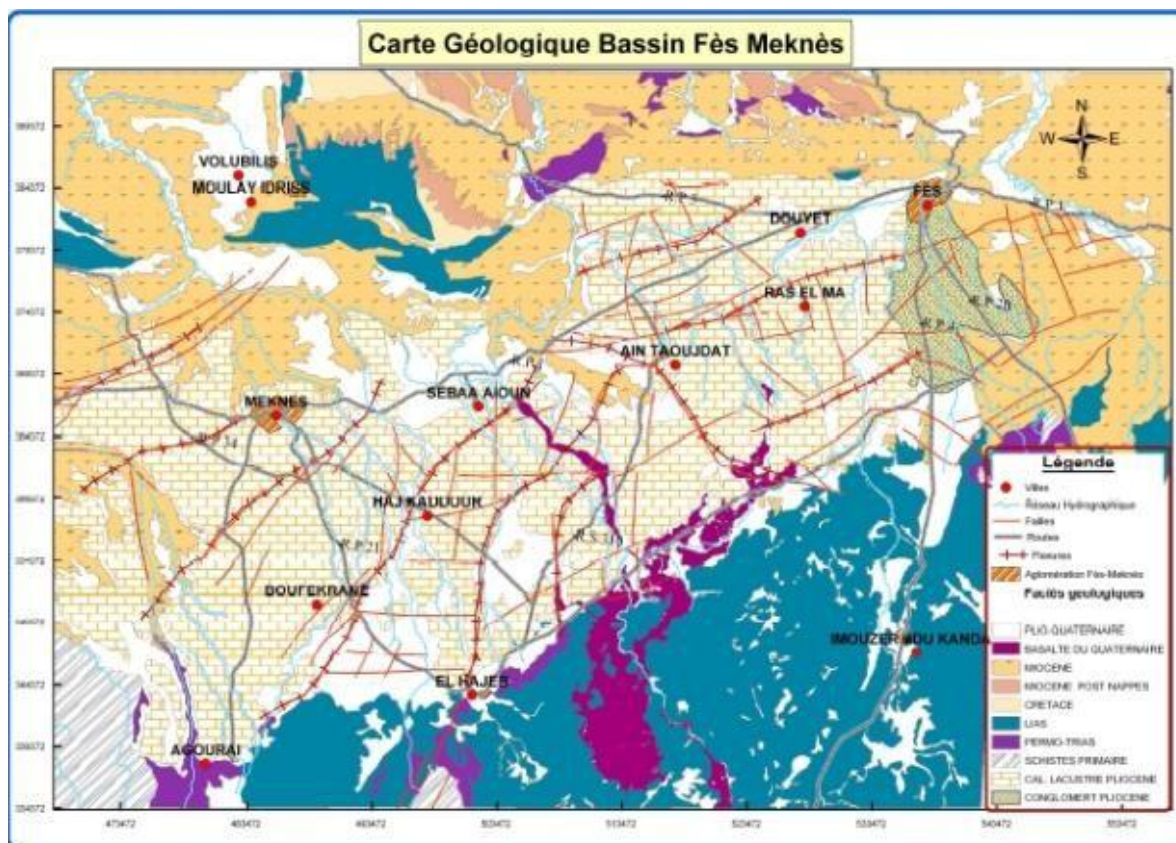
### **Nappe profonde**

L'aquifère profond du bassin Fès- Meknès couvre une superficie d'environ 3500 Km<sup>2</sup>, et circule dans les formations carbonatées (dolomies et calcaires) du Lias.

Les épaisseurs les plus importantes du Lias sont généralement localisées au niveau du bassin de Fès, dépassant généralement 60 m et atteignant 300 m au SE de la ville de Fès. L'épaisseur moyenne du Lias au niveau du bassin de Fès-Meknès est d'environ 80 m.

### **Nappe phréatique**

Cette nappe s'étend sur une superficie totale d'environ 2100 km<sup>2</sup>, et circule dans des sables, grès et conglomérats du Plio-Quaternaire, les marnes sableuses et localement dans des calcaires lacustres karstifiés. Le substratum de la nappe est constitué par les marnes bleues du Miocène (Tortonien). Son épaisseur peut atteindre 900 m et mettent en charge la nappe profonde du Lias. L'écoulement général de la nappe se fait du SSE (piémont du cause atlasique) vers le NNE (rides pré-rifaines) dans le plateau de Meknès et du SSW vers le NNE dans la plaine de Fès.



*Figure 3 : Carte géologique du bassin Fès-Meknès ( Taltasse, 1953)*

### • Vertisol

En pédologie ou science du sol, le vertisol est un sol riche en argile du type 2/1 c'est-à-dire contenant une couche d'oxyde d'aluminium enserrée par deux couches de tétraèdres de silice. Il s'agit de smectite qui comprend en particulier le type « montmorillonite ». On trouve d'ailleurs, dans la littérature un peu ancienne, le terme « montmorillonite » pour caractériser les argiles des vertisols. On sait maintenant qu'il s'agit souvent de types voisins de la montmorillonite mais avec du fer dans le réseau cristallin.

Le principal est que les smectites sont des argiles qui gonflent ou dégonflent en fonction de leur teneur en eau. Les vertisols sont donc affectés de fentes de retrait à la dessiccation (photo) et de phénomènes de pression au gonflement ce qui provoque l'ondulation de la surface du sol (relief gilgai) et qui rend ces sols peu adaptés aux constructions. Ils sont difficiles à travailler mais productifs. On les trouve en milieu méditerranéen (ex : Sicile) et tropical sec (ex : Tchad). En gonflant et se rétractant les feuillets des argiles piègent un peu de matière organique si bien que ces sols argileux très caractéristiques sont souvent brun foncé ou même complètement noirs.





	Sable	Limon	Argile
C	- 0,61***	0,59***	0,58***
N	- 0,76***	0,73***	0,71***
Nm	- 0,71***	0,72***	0,63***
Cm	- 0,51**	0,54***	0,42**
No	-0,63**	0,68***	0,50**
kN	- 0,35*	0,31*	0,41**
hN	NS	NS	- 0,36*

**Tableau 1. Coefficients de corrélation ( $R^2$ ) entre les particules minérales du sol et les paramètres de minéralisation de C et de N du sol**

\*, \*\*, \*\*\* :  $P \geq 0,05, 0,01$  et  $0,001$ , respectivement.

En effectuant une régression multiple associant le carbone du sol et la teneur en argile, Simard et N'Dayegamiye (1993) ont obtenu une meilleure prédiction des taux de minéralisation d'azote, la contribution de la teneur en argile comme seconde variable étant significatif à  $P < 0,01$ .

### • Structure et compaction

La structure du sol est aussi un facteur important influençant la minéralisation de l'azote organique. La structure du sol est définie comme étant un assemblage de particules primaires en agrégats de diverses dimensions. Les gros agrégats ont des dimensions variant de 0,25 mm à 5 mm de diamètre, tandis que les micro-agrégats ont un diamètre inférieur à 0,25 mm. Généralement, un sol bien structuré doit présenter dans sa couche arable une proportion de macro-agrégats supérieure à 70 %, ce qui assure une meilleure porosité entre les agrégats pour une meilleure circulation d'air et d'eau. De même, les macropores et mésopores formés entre ces agrégats constituent des niches pour la flore du sol. Les sols ayant une proportion plus élevée ( $> 60$  %) de micro-agrégats sont en voie de dégradation et de compactage; ils ont un volume important de





micropores, présentent une faible porosité, et par conséquent ont des mauvaises conditions de drainage. La croissance des microorganismes et des plantes y est ainsi faible. L'état de la structure et de compactage des sols détermine ainsi la croissance et les activités des microorganismes, ainsi que les taux de décomposition de la matière organique et de minéralisation d'azote.

### La quantité de matière organique

de ce sol sur un ha est :  $2\,800\text{ t/ha} \times 0,04 = 112\text{ t de M.O./ha}$

### La quantité d'azote totale

de ce sol sur un ha est :  $2\,800\text{ t/ha} \times 0,0015 = 4,2\text{ t N/ha}$  ou  $4\,200\text{ kg N/ha}$

### La quantité d'azote minéralisable

de ce sol sur un ha est :  $4\,200\text{ kg N/ha} \times 0,02 = 84\text{ kg N/ha}$  à

$4\,200\text{ kg N/ha} \times 0,05 = 210\text{ kg N/ha}$

Pour l'établissement des plans de fertilisation en azote, des logiciels permettent de tenir compte de l'azote de la matière organique, mais peu de plans de fertilisation tiennent en considération cette contribution. Le chapitre 2.2 du Guide de référence en fertilisation (CRAAQ, 2003) fait état des différents éléments à prendre en considération dans un bilan de minéralisation de la matière organique du sol et des résidus végétaux du sol.

## INDICATEURS D'AZOTE ET VALIDATION AU CHAMP

Pour l'établissement des plans de fertilisation en azote, le guide de référence du CRAAQ et des logiciels permettent déjà de tenir compte de l'azote de la matière organique, des coefficients d'efficacité et des arrière-effets des fumiers ou d'autres sources organiques. Des études sont également en cours dans les centres de recherche du Québec afin de trouver des indicateurs de fourniture d'azote du sol, qui permettront ainsi de mieux prédire les taux de minéralisation d'azote de la matière organique et des précédents culturaux.

Il existe d'abondantes informations sur les teneurs en nitrates des sols dans les couches 0-30 cm, ou 0-60 cm comme outils de prédiction de l'azote du sol disponible aux cultures en cours de saison. Très récemment, Giroux et Lemieux (2006) ont indiqué que le test de nitrates expliquait plus de 50 % de la variance des rendements et des prélèvements en azote du maïs ensilage. Cette forme d'azote est extraite par plusieurs solutions, dont le KCl, le NaHCO<sub>3</sub>. Beaucoup de pays



européens et certains États américains se basent déjà sur le test des nitrates pour l'établissement des doses optimales d'azote. Les analyses de nitrates reflètent l'azote résiduel dans les sols des apports antérieurs d'engrais minéraux ou organiques, mais elles indiquent également aussi l'historique du champ (apports précédents de fumiers ou autres sources organiques, incorporations de prairie, cultures de rotation) et les taux de minéralisation de l'azote qui peuvent en résulter. Les teneurs en nitrates mesurées au printemps sont toujours plus élevées sous les précédents de fumiers, de boues mixtes, de prairie enfouie, de rotation avec légumineuse. De nombreuses données sont disponibles au Québec sur les tests de nitrates en relation avec les rendements et les prélèvements en azote. Grâce à celles-ci, il est possible d'établir des grilles d'azote basées sur les nitrates et les textures du sol, en vue de leur intégration dans les grilles de référence du CRAAQ.

En attendant un indicateur azoté plus fiable et universel sous différentes conditions de sol et précédents culturels, les tests de nitrates complétés par des mini-essais au champ peuvent servir dans l'établissement des doses optimales d'engrais azotés. Les mini-essais peuvent comprendre seulement deux traitements, soit le témoin sans azote, comparé à la fertilisation complète selon les recommandations actuelles. Les traitements témoins révèlent le pourcentage de rendements obtenus avec seulement l'azote du sol, en comparaison avec la fertilisation complète. C'est ce qu'on appelle le rendement relatif. Même si les données obtenues peuvent varier en fonction des années à cause de l'influence du climat, des espèces des cultures et des cultivars, ces valeurs peuvent refléter le potentiel de minéralisation d'azote selon les régions agricoles effectuées antérieurement. La prédiction de l'azote minéralisable et disponible aux cultures est un exercice complexe et doit donc être permanent.

## VI. L'oignon

### • Plante et importance de la culture au Maroc

L'oignon (*Allium cepa*), est une plante bisannuelle de la famille des Alliacées. Il est originaire de l'Asie du Sud. La partie consommée est le bulbe. L'oignon figure parmi les principales cultures maraîchères dans plusieurs continents; en effet la production mondiale actuelle est d'environ 16 millions de tonnes de bulbes pour une superficie annuelle, de l'ordre de 1,5 millions d'hectares. Depuis 1984 et jusqu'à présent, les superficies marocaines réservées au maraîchage de saison s'élève à 180-200 mille ha, avec environ 10 % occupés par la culture d'oignon qui se situe ainsi après la pomme de terre (24%) et le melon-pastèque (21%) et devant la tomate (8%) et la carotte (5%). La production nationale totale en bulbes est de 300.000 à 400.000 tonnes/an soit un rendement moyen



variant entre 18 et 21 T/ha. La valeur nutritive du légume est élevée (Protéines 1,4%, Lipides 0,2%, Glucides 10%, Hydrates de carbone 4 à 18%, énergie 40 à 49 calories/100 g PF, vitamines B1, B2, C). Les utilisations médicinales de l'oignon sont nombreuses: c'est un appétitif et facilitant la digestion, un aliment énergétique et de soutien, un anti-diabétique, un antiseptique et vermifuge, facteur tonique (vasodilatation des artères sanguines), diurétique et anti-rhumatismal puissant.

- **CLASSIFICATION**

**L'*Allium cepa* (Oignon) est une espèce végétale appartenant à la famille des Amaryllidacées (sous-famille des Allioidées, tribu des Alliées) à priori originaire d'Asie centrale (provenant d'une espèce sauvage). Dans la classification de Cronquist, il se trouve dans la famille des Liliacées, qu'il quittera pour celle des Alliacées (aujourd'hui invalide).**

- **Variétés, semis, plantation et travail de sol**

Les variétés connues au Maroc sont la rouge des Doukkala et la jaune de Valence. Il faut faire attention au choix des variétés en évitant d'importer des variétés de jours longs qui nécessitent plus de 15-16 heures pour leur bulbaison; cette durée de jour n'est pas commune au Maroc

- **Irrigation**

En général, la culture demande une bonne répartition des apports d'eau: (1) les variétés précoces exigent un volume d'eau total de l'ordre de 400 mm/cycle productif; (2) les variétés tardives en ont besoin d'environ 600 mm/cycle. L'irrigation peut être pilotée par le bac classe A; on prend comme coefficient cultural 0,5-0,8 durant la période de transplantation-début grossissement du bulbe; 1 pour la période de grossissement du bulbe et on arrête l'irrigation durant la période proche de la maturité-récolte.

- **Fertilisation**

La formule de fond est de 80-70-150 kg/ha, respectivement de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O. La formule globale est de 250-100-350 kg/ha. La différence étant la fumure de couverture. L'azote peut être apporté sous forme d'ammonitrate, P sous forme de supertriple et K sous forme de sulfate de potasse. On conseille la localisation manuelle des engrais au milieu de la raie. On peut faire jusqu'à 5 fractionnements de N et de K. L'apport de soufre est important pour l'oignon de conservation. L'élément S aide à la bonne conservation des bulbes.

# CHAPITRE 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

## I - Détermination des paramètres de la fertilité du sol

### I.1. - Application des doses d'azote différente d'une parcelle à l'autre

Dose d'azote selon la normale

**N :180kg\ha**

Dose total d'azote recommandée 50%

**On applique 6 doses différentes , pourcentage par numero de parcelle :**

**0% N0 , 50% N1 , 75% N2 , 100% N3 , 125% N4 , 150% N5**

N0	N1	N2	N3	N4	N5
N5	N3	N4	N1	N2	N0
N2	N4	N0	N5	N1	N3

Figure 4 : schéma de distribution de la parcelle et numérotation de chaque parcelle

### I.2. - Prélèvement des échantillons du sol

#### Matériels

- Tarière Edelman
- Sac plastique
- Marqueur



Photo 2 : Tarière Edelman



Photo 3 : Sac plastique des échantillons

## Prélèvement

Nous nous sommes rendus dans la région de Douiet-FES le 25 mai pour récolter un échantillon de Sol d'ognion. Nous avons prélevé 54 échantillons de sol et compté 7,5 de distance entre chaque échantillon de sol. Ces échantillons ont été prélevés manuellement à une profondeur de 0 à 60 cm à l'aide d'une tarière. Les échantillons ont ensuite été placés dans des sacs en plastique avec le numéro d'échantillon obtenu (1-54) et la date inscrite sur chaque.

Nous avons compté 18 Parcelles entre chaque deux, on a un espacement de 2 m.

	5m					
	6m	N1	N2	N3	N4	N5
	N5	N3	N4	N1	N2	N0
	N2	N4	N0	N5	N1	N3

Figure 5 : Entre chaque deux parcelle de sol en compté 2 m .

Avec une superficie 30 m<sup>2</sup> \ par parcelle





*Photo 4 :Les Parcelle étudié*

## II. Analyse des échantillons au laboratoire

### II.1. Analyse d'humidité du sol

#### II.1.a. Définition

L'humidité reflète la présence d'un liquide, en particulier de l'eau, qui est souvent présente à l'état de traces. Contrairement à l'aridité, l'humidité indique la quantité d'eau présente dans ou sur un matériau (par exemple, les textiles), une substance ou un gaz (par exemple, la vapeur d'eau), ou une pièce (par exemple, le sous-sol d'un bâtiment).

#### II.1.b. Matériels

- Petites enveloppes
- Spatule
- Balance
- Etuve



*Photo 5 : Mesure de poids d'échantillons Avant\Après séchage*

### *II.1.c. Mode opératoire*

Pesez le sol humide dans la petite enveloppe des sacs en plastique dans lesquels il a été collecté (n'importe quel gramme) et notez le poids. Après cela, chauffez-le pendant 24 heures et pesez le sol sec. L'humidité du sol doit ensuite être calculée.

### *II.1.d. Préparation des échantillons*

Les étapes suivantes sont suivies pour préparer des échantillons de sol en vue de déterminer leur pH et leur teneur en éléments fertilisants (phosphore, potassium, matière organique).

Avant de prélever des échantillons de sol pour analyse, ils sont séchés à l'air. Les échantillons sont broyés et tamisés à travers une maille de 2 mm après séchage. Le broyage des échantillons contenant du gravier et des cailloux, en revanche, doit être fait avec prudence. Le matériau broyé fin (0-2 mm) est conservé à température ambiante dans un sac en plastique pour une analyse chimique ultérieure. Chaque échantillon est méticuleusement étiqueté avec le numéro de profil et la profondeur de l'horizon étudié.



*Photo 6 :Tamisage*

## **II.2. - L'analyse de PH**

### *II.2.a. Définition*

Le pH est un paramètre important qui peut être affecté par une variété de facteurs. Par l'équation

$[H^+] = 10^{-pH}$ , le PH du sol reflète la concentration d'ions  $H^+$  dans la solution du sol. Plus il y a de  $H^+$  dans le sol, plus il devient acide et le pH baisse.

### II.2.b. Matériels

- Les béchers
- pH mètre
- Balance
- Eprouvette de 40ml
- Agitateur magnétiques



Photo 7 : Ph mètre

### II.2.c. Réactifs

Chlorure de calcium  $CaCl_2$

### II.2.d. Mode opératoire

#### - PH D' eau:

Dans des béchers de 50 ml, 40 ml d'eau distillée ont été ajoutés à 20 g de sol tamisé de 2 mm pesé avec une balance de précision de 0,0001 g. Le mélange a été agité trois fois (toutes les 10 minutes avec des barreaux magnétiques pendant 30 secondes), et le pH a été mesuré après 30 minutes à l'aide d'un pH-mètre.

#### - PH $CaCl_2$

Suite à la lecture du pH eau, 4 ml de  $CaCl_2$  (Annexe 2) ont été ajoutés. Le mélange a été agité trois fois



de plus (toutes les 10 minutes avec des barreaux magnétiques pendant 30 secondes) avant que le pH CaCl<sub>2</sub> ne soit déterminé à l'aide d'un pH-mètre (Figure 5).

## II.3. - Dosage des nitrates par l'acide Chromotropique

### II.3.a - Définition

Un nitrate est un composé polyatomique qui est la dernière étape de la filtration biologique des substances azotées par les bactéries. Les nitrates, de formule chimique NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, sont une forme d'azote absorbée par les plantes ; ils sont relativement inoffensifs pour les poissons mais toxiques pour les invertébrés.

### II.3.b - Matériels

- Spatule
- Bécher
- Spectrophotomètre
- Micropipette
- Eprouvette

### II.3.c - Réactifs

- sulfate de cuivre
- acide Chromotropique
- acide sulfurique

### II.3.d - Mode opératoire

Peser 10 g de sol tamisé à 2 mm et le placer dans un bouteille en plastique.



**Photo 8 : les échantillons**

Agiter pendant 15 minutes après avoir ajouté 50 ml de solution CuSO<sub>4</sub>.



*Photo 9 : Machine d'agitation*

Filtrer avec un filtre Whatman 42.



*Photo 10 : Filtrage*

Remplir des tubes coniques de 50 ml avec 3 ml d'extrait de solution ou d'étalons. Refroidir pendant quelques minutes après avoir ajouté 1 ml (goutte à goutte) d'acide chromotropique à 0,1 %.

Ensuite, mélangez le tout et ajoutez 6 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré. Laisser refroidir quelques minutes.  
Ensuite, mélangez le tout et ajoutez 6 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré. Après 45 minutes, lire l'intensité de la couleur de la solution de sol et des étalons avec un spectrophotomètre à 410 nm.

Une gamme standard (0,5ppm - 3,5ppm) à base de KNO<sub>3</sub> est utilisée pour aider à quantifier la concentration en nitrate du sol.



*Figure 6 : Une gamme Figure standard (0,5ppm - 3,5ppm) à base de KNO<sub>3</sub>*



*Figure 7 : Tubes coniques de 50 ml et extrait de solution ou d'étalons.*

### II.3.d - Préparation de la solution de $\text{CuSO}_4$

- mesure 4,9936g de  $\text{CuSO}_4$
- mettez dans 2000ml de bêcher et ajouter d'eau(2L)
- agiter le mélange



*Photo 11 : Agitation du mélange sous chaleur*

## II.4. - Dosage d'azote total dans le Sol par la méthode de Kjeldah.

### PRINCIPE

La méthode de Kjeldahl consiste en deux étapes : (1) digestion de l'échantillon dans de l'acide sulfurique concentré à des températures élevées pour convertir l'azote organique en azote inorganique sous forme ammoniacale, et (2) mesure de l'ammonium dans l'extrait par distillation à la vapeur titrage du  $\text{NH}_3$  libéré .

### Matériels

1. Tubes de digestion
3. Bloc de digestion
4. Appareil de distillation
5. Eprouvettes de 50 et 100 ml

6. Béchers de 150 ml

7. Appareil de titration



*Photo 12 : Bloc de digestion*

### Réactifs

1. Catalyseurs comprimés (kjeltabs) ( $K_2SO_4 + Se$ ) ou un mélange de 100 g  $K_2SO_4$ .
2. Acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ )
3. Hydroxyde de sodium ( $NaOH$ ) 10N
4. Acide borique ( $H_3BO_3$ ) (1N)
- 5- Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) 0,05N

### Mode opératoire

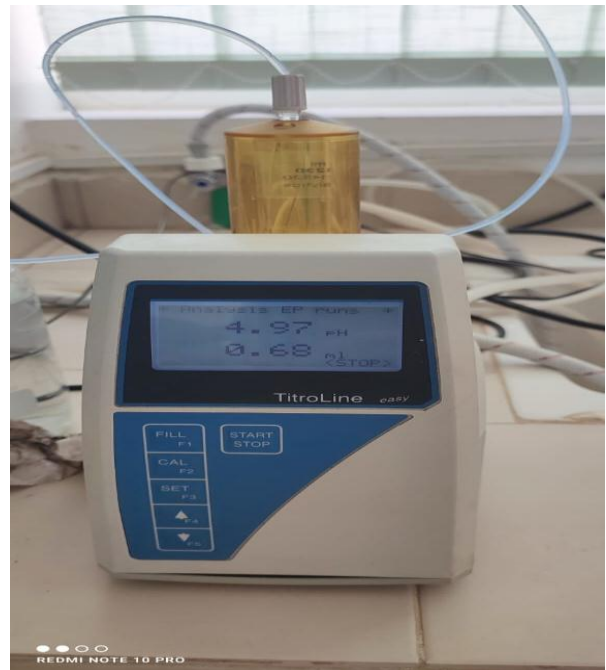
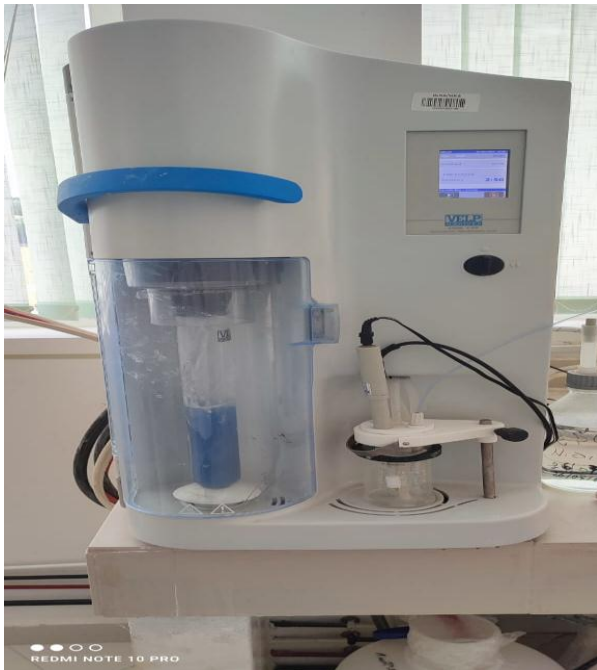
1. Mettez 0,25 gramme de sol dans des tubes de digestion.
2. Créez un blanc dans les mêmes circonstances.
3. Ajouter 5 ml d'eau, mélanger brièvement à la main et laisser reposer 30 minutes.
4. Ajouter 2,2 g de catalyseurs (kjeltabs) au mélange préparé.
5. Verser 6 mL d'acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ )
6. Secouez doucement les tubes et placez-les dans le bloc de digestion sous la hotte.



7. Démarrer le bloc de minéralisation et régler la température à  $420^{\circ}\text{C}$ ..
8. Porter à ébullition pendant 5 heures ou jusqu'à ce que l'extrait soit clair. Retirer du bloc et laisser refroidir sous la hotte.
9. Ajouter lentement 20 ml d'eau distillée tout en remuant pour éviter la précipitation du sel.
10. jauger à 100ml avec l'eau distillée

### III. DISTILLATION

1. Verser le contenu dans des flacons à distiller.
2. Placer un bécher contenant environ 10 mL d'acide borique sous le condenseur, en s'assurant que l'extrémité du tube est immergée dans l'acide borique.
3. Distiller immédiatement après avoir ajouté 40 ml d'hydroxyde de sodium 10N (NaOH).
4. Poursuivre la distillation jusqu'à ce qu'environ 80 ml soient recueillis.
5. Titrer avec de l'acide sulfurique 0,05N ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )



*Photo 13 : (à droite Appareil de titration  
et à gauche Appareil de distillation)*



## IV. Dosage de la matière organique par la méthode de Walkley et Bleak:

### Définition

La matière organique regroupe l'ensemble des composés chimiques formés par les molécules organiques présentes dans les milieux naturels, qu'ils soient terrestres ou aquatiques.

#### • Matériels

- Biobase hotte
- Les erlenmeyers
- Eprouvette de 75ml

#### • Réactifs

- Acide sulfurique  $H_2SO_4$
- Acide ortho phosphorique

#### • Mode opératoire

Peser les 0,5 g de sol tamisé à 2 mm dans un erlenmeyer de 250 ml. 5 ml de bichromate de potassium (annexe 2) ont été ajoutés et agités doucement pour disperser le sol. Après cela, ajouter 10 ml de  $H_2SO_4$  concentré tout en remuant pendant environ 1 minute. Le mélange doit reposer sur un isolant thermique pendant 30 minutes. Ensuite, 75 ml d'eau distillée ont été ajoutés, suivis d'une homogénéisation et de 5 ml d'acide ortho phosphorique concentré.



*Photo 14 : Avant d'ajouter l'indicateur coloré au mélange réactionnel.*

Le mélange doit reposer encore 30 minutes. Ajouter enfin 8 gouttes de l'indicateur coloré (Diphénylamine) et titrer l'excès de bichromate de potassium avec une solution de Sulfate de Fer (Annexe 2) jusqu'au vert clair. Le même protocole est utilisé pour le témoin (sans ajout de sol)



*Photo 15 : Après 8 gouttes de l'indicateur coloré (diphénylamine) ont été ajoutées.*





*Photo 16 : Après titrage avec une solution de sulfate de fer.*

## Préparation de la solution

### +Bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ 0,1N

Sécher le dichromate de potassium pendant 2 heures à  $105^\circ C$  et refordiriser dans un dessiccateur.

Peser 49,04 g de  $K_2Cr_2O_7$ , sécher, et dissoudre dans environ 800 ml d'eau distillée dans la jauge à 1000 ml.

### + Sulfate de Fer ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )0,5N

Dissoudre 278 g de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dans de l'eau distillée.

Ajouter 5 mL de  $H_2SO_4$  concentré

Laisser refroidir et jauger à 1000 ml.

### +Diphenylamine

Dissoudre 0,5 g de diphenylamine dans 20 ml et 100 ml de mélange  $H_2SO_4$  concentré

## V. L'analyse granulométrique

### • Généralités :

Cet essai intitulé analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon

### • But de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains qui constituent l'échantillon en utilisant une série de tamis emboîtés les uns sur les autres dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Ce classement permet de nommer, selon les deux limites des dimensions des grains, le matériau analysé. Le matériau est placé dans le tamis supérieur et le classement des grains s'obtient par vibration de l'ensemble de la colonne des tamis. Cette vibration peut être mécanique ou manuelle. L'analyse granulométrique permet ainsi de connaître les différentes classes granulaires en fractionnant les matériaux à l'aide des tamis.

Le matériel utilisé pour l'essai :

L'équipement nécessaire pour l'analyse granulométrique est :

- un ensemble de tamis normalisés ( NF X 11- 501 et 11-504 normes sur les caractéristiques des tamis) qui sont constitués d'un maillage métallique définissant des trous carrés de dimensions normalisés.

La norme NF EN 933-2 préconise l'utilisation des tamis suivants:

0,063 - 0,125 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 31,5 - 63 - 125



*Photo 17 : Tamis normalisés*

- Une balance électronique précise



*Photo 18 : Balance électronique*

- Un pinceau pour le nettoyage des tamis
- Une machine à tamiser dans le cadre d'un laboratoire équipé, dans le cas contraire le tamisage se fera manuellement.

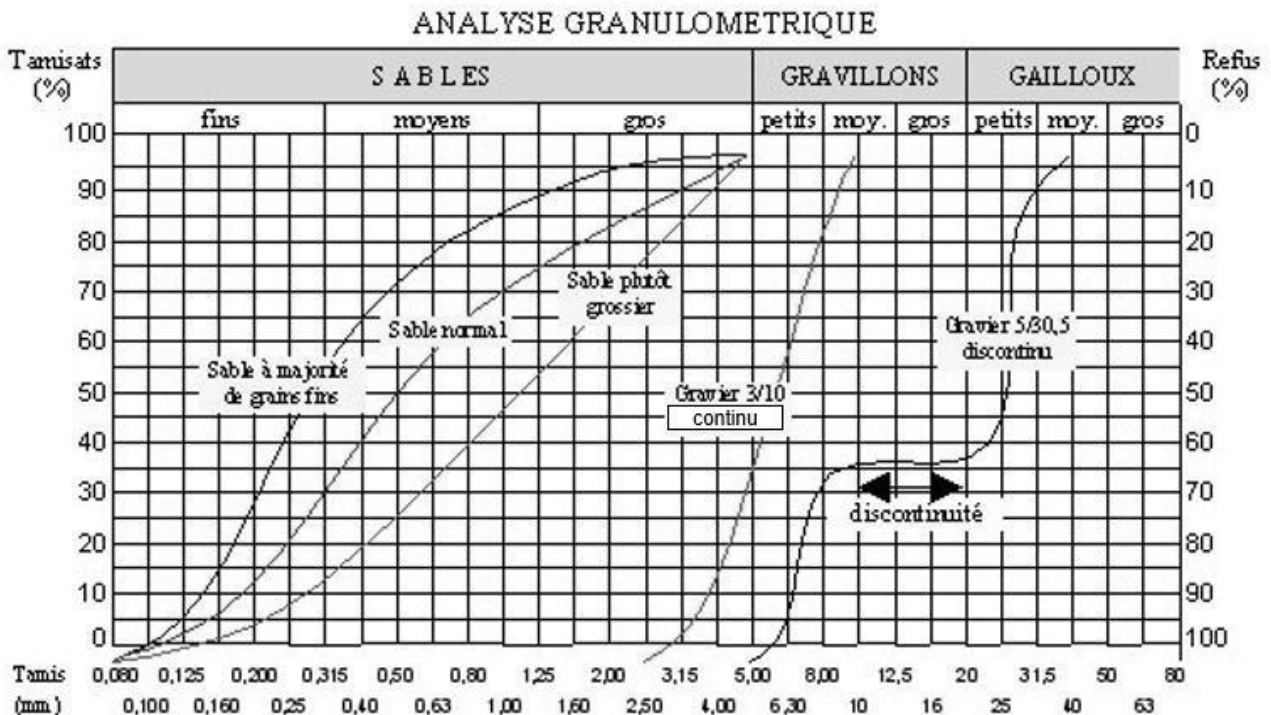


Photo 19 : Tamiseuse

### **Mode opératoire pour la réalisation de l'analyse granulométrique**

- Préparation de l'échantillon qui sera analysé. Le choix du matériau imposera aussi le choix des tamis. L'échantillon choisi devra être sec. Sa teneur en eau pourra être vérifiée avec l'essai correspondant de mesure de teneur en eau.
- Monter la colonne de tamis dans l'ordre décroissant en mettant le tamis avec la plus grosse maille en haut et le tamis avec la plus petite maille en bas, en finissant avec le fond de tamis et le couvercle de la colonne.
- Verser le matériau sec dans le tamis
- Fermer le couvercle de la colonne de tamis

- Secouer manuellement ou mécaniquement la colonne de tamis
- Reprendre un à un les tamis en ajoutant le fond et le couvercle le tamisât intégrant le tamis suivant et le refus restant dans le tamis initial.
- Déterminer à l'aide de la balance électronique la masse de chaque refus
- Réaliser cette opération sur tous les refus y compris le matériau dans le fond de la colonne de tamis
- Remplir le tableau correspondant avec les résultats des masses obtenues et calculer les pourcentages de refus et tamisât pour chaque tamis.
- Tracer sur la feuille de graphique vierge la courbe de granulométrie à l'aide des résultats obtenus.







## DOSAGE DES NITRATES

1 ER PRELEVEMENT : 07/04/2022

ECH	Couche du sol en cm	Nitrates en ppm (mg/Kg)
1	0-20	33,0
	20-40	28,0
	40-60	65,1
2	0-20	57,6
	20-40	42,7
	40-60	25,2
3	0-20	33,9
	20-40	53,4
	40-60	48,4
4	0-20	37,3
	20-40	35,2
	40-60	32,1
5	0-20	60,7
	20-40	32,1
	40-60	28,9
6	0-20	46,9
	20-40	20,0
	40-60	48,7
7	0-20	29,7
	20-40	25,5
	40-60	19,3
8	0-20	52,3
	20-40	2,6
	40-60	19,5
9	0-20	58,3
	20-40	60,7
	40-60	30,8
10	0-20	60,5
	20-40	26,1
	40-60	37,5
11	0-20	29,5
	20-40	54,9
	40-60	27,3





<b>12</b>	0-20	33,4
	20-40	40,1
	40-60	47,7

**Tableau 3 : des résultats des doses de nitrate sur chaque couche de chaque parcelle  
 ( 1 er prélèvement )**

**2 EME PRELEVEMENT : 25\05\2022**

ECH	Couche du sol en cm	Nitrates en ppm (mg/Kg)
<b>1</b>	0-20	10,6
	20-40	24,6
	40-60	6,6
<b>2</b>	0-20	38,0
	20-40	5,8
	40-60	12,9
<b>3</b>	0-20	9,8
	20-40	70,9
	40-60	50,2
<b>4</b>	0-20	176,5
	20-40	60,0
	40-60	14,9
<b>5</b>	0-20	77,3
	20-40	12,2
	40-60	27,2
<b>6</b>	0-20	68,0
	20-40	44,2
	40-60	14,5
<b>7</b>	0-20	25,8
	20-40	38,8
	40-60	26,3
<b>8</b>	0-20	21,6
	20-40	33,7
	40-60	19,0
<b>9</b>	0-20	38,1
	20-40	11,5
	40-60	34,4
<b>10</b>	0-20	31,7
	20-40	19,5



	40-60	4,4
<b>11</b>	0-20	24,6
	20-40	13,9
<b>12</b>	40-60	17,8
	0-20	19,4
	20-40	10,6
	40-60	10,4

**Tableau 4 : des résultats des doses de nitrate sur chaque couche de chaque parcelle  
 ( 2 -ème prélèvement )**

Le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) est facilement absorbé par les plantes en fortes proportions et directement disponible à la différence de l'urée et de l'ammonium. Le nitrate est très mobile dans le sol et atteint rapidement les racines des cultures. L'apport d'azote sous forme d'ammonitrate constitue ainsi une source instantanée de nutriment. Chargé négativement, l'ion nitrate est souvent accompagné d'autres nutriments tels que le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) ou le potassium ( $\text{K}^+$ ).

L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) n'est absorbé directement par la culture qu'en faible quantité. Chargé positivement, le cation ammonium se fixe sur les minéraux du sol et est moins mobile que l'ion nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ). Par conséquent, les racines doivent être proches de l'ammonium pour l'absorber. La majeure partie de l'ammonium est transformée en nitrate par les bactéries du sol. Le processus de nitrification dépend de la température et nécessite entre une et plusieurs semaines. L'ammonium constitue le nutriment azoté préférentiel des microorganismes du sol. Une fraction de l'ammonium est immobilisée par la microflore du sol sous forme de biomasse microbienne et de matière organique et sera reminéralisé à plus ou moins longue échéance.

Les racines des plantes n'absorbent pas directement l'azote uréique en quantité significative. Avant d'être absorbée, l'urée doit être préalablement hydrolysée en ammonium par les enzymes du sol, ce qui prend entre une journée et une semaine selon la température et nécessite une humidité minimale.

L'humidité est nécessaire pour l'hydrolyse.

Le devenir de l'ammonium provenant de l'hydrolyse de l'urée est différent de celui de l'ammonium issu d'un apport direct d'ammonitrate. En effet, l'hydrolyse de l'urée induit temporairement une très forte augmentation de pH dans le voisinage immédiat du granulé d'engrais, L'équilibre physico-chimique entre l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en solution dans le sol et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) gazeux est déplacé au profit de ce dernier et, par conséquent, aboutit à des pertes d'azote par volatilisation d'ammoniac. Ces pertes qui peuvent être conséquentes sont la raison principale de la plus faible efficacité uréique de l'azote souvent observée.

C'est aussi une des raisons pour lesquelles il est recommandé d'incorporer l'urée au moment de l'épandage dans la mesure du possible. A long terme, l'urée comme les autres sources d'azote ont un effet acidifiant sur le sol.

L'assimilation d'azote dans le sol par la plante et dans les premières 30 cm de la surface surtout que la zone racinaire d'oignon est dans cet environ.

On doit savoir si la dose a un effet sur les teneurs en  $\text{NO}_3^-$  ou Non ?

Quantité des nitrates trouver dans chaque couche du sol des parcelles étudié, chaque parcelle on a appliqué différentes doses

La dose normale globale est 180 kg N/ha

On étudie des parcelles de 0.003 ha

Donc pour

$\text{N}_0 = 0.54$  Avec dose de 0 % donc on le considère comme échantillon de référence 0KG

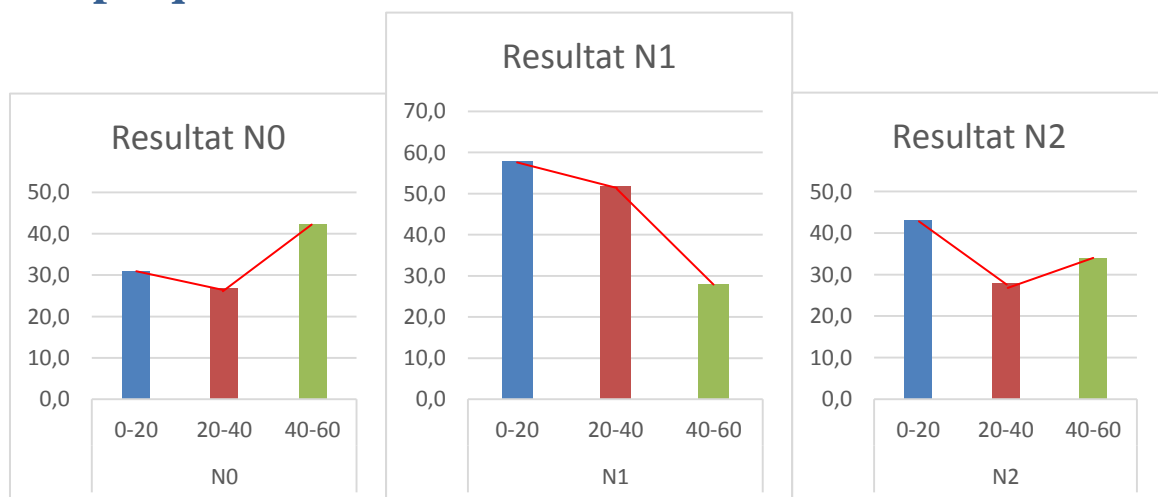
$\text{N}_1 = 0.54$  avec dose 50 % ce qui donne 0.27KG \  $\text{N}_2 = 0.54$  avec dose 75 % ce qui donne 0.405KG

$\text{N}_3 = 0.54$  avec dose 100 % ce qui donne 0.54 KG

$\text{N}_4 = 0.54$  avec dose 125 % ce qui donne 0.675KG

$\text{N}_5 = 0.54$  avec dose 150 % ce qui donne 0.81KG

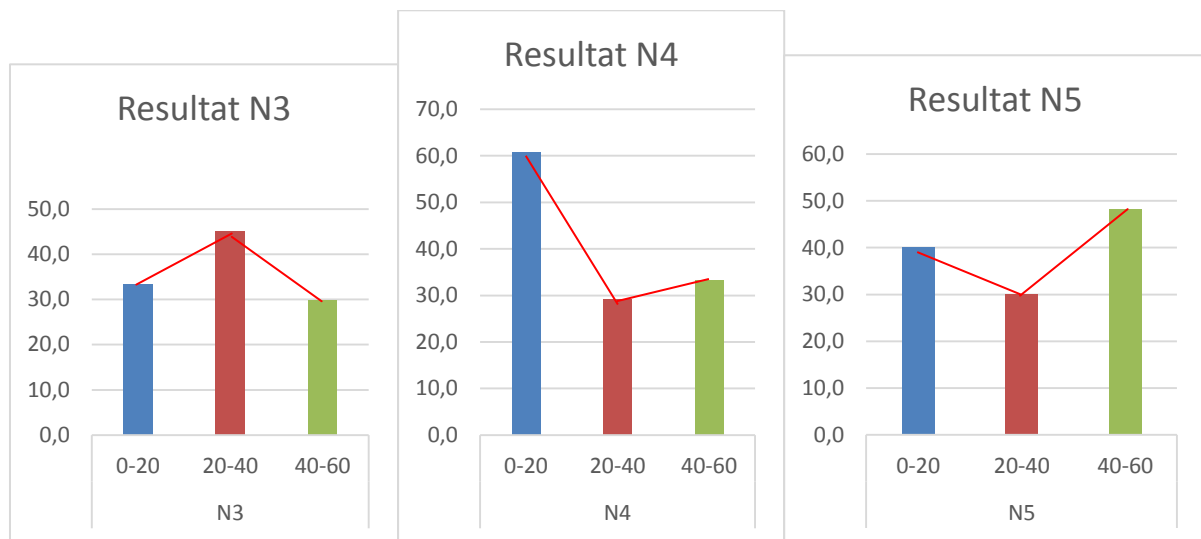
## Graphiques 1er Prélèvement : Parcelle 1-12



Parcelle 1 et 7

Parcelle 2 et 9

Parcelle 3 et 8



**Parcelle 4 et 11**

**Parcelle 5 et 10**

**Parcelle 6 et 12**

## Interprétation

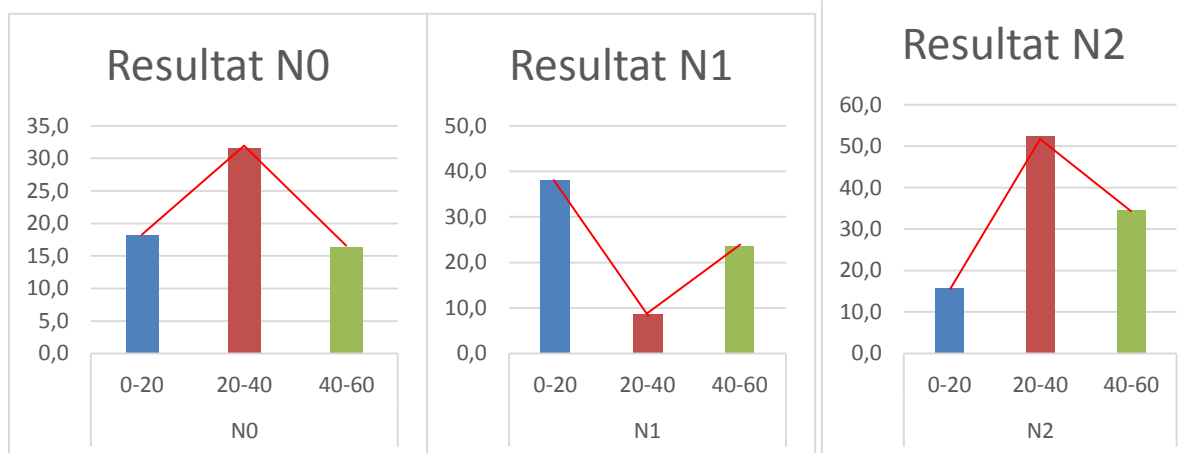
D'après les graphes des résultats présente lors du premier prélèvement on remarque pour les parcelles qu'on a effectué la dose N0 on la plupart de la concentration de  $\text{NO}_3^-$  est dans la profondeur 40-60 et la même chose pour les parcelles avec la dose N5 cette quantité dans cette profondeur n'aide pas à la croissance de la plante durant les premiers mois car les racine se trouve en 0-20 cm

On remarque pour les parcelles qu'on a effectué la dose N1 ont la concentration de  $\text{NO}_3^-$  qui diminue par profondeur et la même chose pour les parcelles avec la dose N4. Cette quantité dans cette profondeur aide à la croissance de la plante durant les premiers mois car les racine se trouve en 0-20 cm

On remarque pour les parcelles qu'on a effectué la dose N3 ont la concentration de  $\text{NO}_3^-$  qui moyennement indifférente d'une profondeur à l'autre et avec la plus faible dose de entre 40-60 cm et pour les parcelles avec la dose N2. Cette quantité moyenne dans cette profondeur aide à la croissance de la plante durant les premiers mois car les racine se trouve en 0-20 cm.

En tenant en compte le compte environnemental sur le danger de pollution azoté des nappes phréatiques.

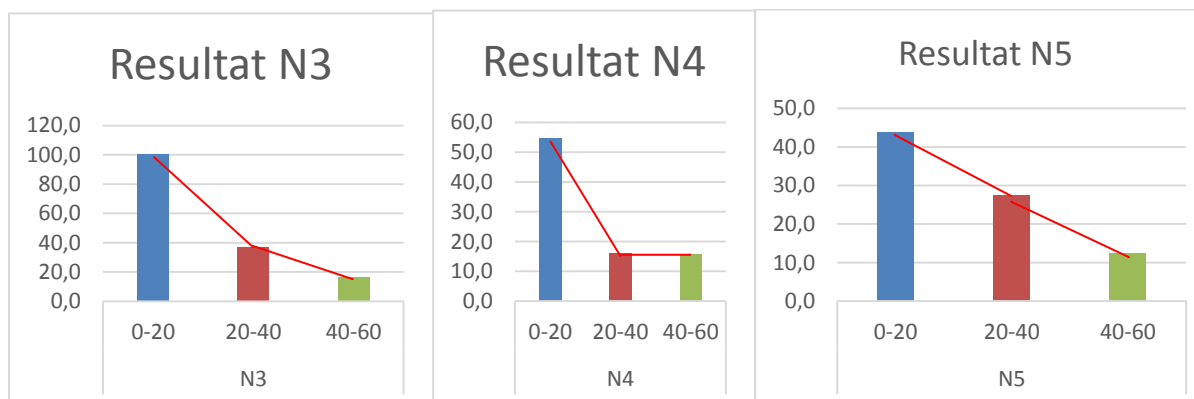
## Graphiques 2 -ème Prélèvement : Parcelle 1-12



Parcelle 1 et 7

Parcelle 2 et 9

Parcelle 3 et 8



Parcelle 4 et 11

Parcelle 5 et 10

Parcelle 6 et 12

### Interprétation :

Après quelque mois on effectue un deuxième prélèvement qui nous donne ces résultats présente :

En tenant en compte que la plante est presque prête à la récolte avec des racine longue

On remarque pour les parcelles avec la dose N3 que les concentrations démunies avec une grande différence d'une profondeur à l'autre ce qui est un bon exemple de la saturation des besoins de la plante sans infiltration des nitrates dans des profondeurs plus grande se qui évite l'infection de la nappe phréatique







### 1 ER PRELEVEMENT : 07\04\2022

Echantillon	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		
Couche du sol (cm)	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60			
Nitrates (ppm (mg/Kg))	33	28	65,1	57,6	42,7	25,2	33,9	53,4	48,4	37,3	35,2	32,1	60,7	32,1	28,9	46,9	20	48,7	29,7	25,5	19,3	52,3	2,6	19,5	58,3	60,7	30,8	60,5	26,1	37,5	29,5	54,9	27,3	33,4	40,1	47,7

### 2 EME PRELEVEMENT : 25\05\2022

Echantillon	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		
Couche du sol (cm)	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60	0 20	20 40	40 60			
Nitrates (ppm (mg/Kg))	10,6	24,6	6,6	38	5,8	12,9	9,8	70,9	50,2	176,5	60	14,9	77,3	12,2	27,2	68	44,2	14,5	25,8	38,8	26,3	21,6	33,7	19	38,1	11,5	34,4	31,7	19,5	4,4	24,6	13,9	17,8	19,4	10,6	10,4



## Conclusion

L'origine agricole de la contamination des eaux de surface ou souterraines par les nitrates sur notre territoire est clairement admise, même si elle n'est pas seule en cause. Les eaux résiduaires domestiques ou urbaines peuvent être une source de contamination des rivières dans lesquelles elles sont rejetées.

Les nitrates, forme la plus oxydée de l'azote, peuvent être assimilés par les plantes et entrent alors dans l'élaboration des composés organiques. Mais s'ils sont inutilisés, ces nitrates finissent par être dénitrifiés. L'équilibre global du cycle de l'azote conduit à penser que les apports d'azote combiné sous forme de fertilisant azoté retournent à plus ou moins long terme à l'atmosphère par cette dénitrification. Or cette réaction est couplée à une oxydation de matière organique (CH<sub>2</sub>O), l'équation :  $4 \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 5 \text{CH}_2\text{O} \rightarrow 5 \text{CO}_2 + 2 \text{N}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$

Lorsqu'ils sont dans un milieu carencé en oxygène les nitrates peuvent être utilisés dans les processus respiratoires des **bactéries de la dénitrification**, qui va conduire successivement à des composés moins oxydés de l'azote selon la séquence de réactions :

Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) → Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) → Oxyde nitrique (NO) → Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) → (N<sub>2</sub>)

Au cours de ces transformations, de l'**oxyde nitrique (NO)** et de l'**oxyde nitreux** ou **protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)** peuvent être émis à partir des milieux où se produisent ces transformations, notamment le sol. Ces deux gaz sont des **polluants atmosphériques**. L'oxyde nitrique est un précurseur de l'ozone néfaste pour la végétation dans les basses couches de l'atmosphère. Cependant ces émissions d'oxyde nitrique à partir des nitrates du sol sont de faible importance par rapport aux autres sources anthropiques, notamment celles dues aux véhicules. Par contre l'oxyde nitreux est un puissant **gaz à effet de serre** : 1000 fois moins concentré que le gaz carbonique, mais avec un *potentiel de réchauffement global* 300 fois plus fort, il contribue pour 7,5 % à l'accroissement de l'effet de serre .

La région d'étude présente aussi une zone favorable d'étude avec des condition climatique et géologique (Sol riche en P,K et deux nappe phréatique et profonde ) favorable à la croissance des culture maraichère ou peut les considères des facteurs invariable et cela nous permet de l'étude de la quantité d'azote nécessaires .

L'analyse combinée de l'ensemble de ces facteurs influençant directement ou indirectement l'état de l'environnement, permettra la proposition d'actions intégrées en vue d'une meilleure prise en compte de la dimension environnementale dans la planification territoriale sectorielle et d'inscrire ainsi la région sur la voie du développement durable. Ces actions seront déclinées dans le cadre d'un plan d'action qui fera l'objet d'un rapport sur les impacts sur l'environnement.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Bibliothèque nationale de France direction des collections département Sciences et techniques**

ABHM , 2006, données climatiques et pluviométriques de la région du sous bassin Tindite

**Bibliothèque nationale de France direction des collections département Sciences et techniques**

COLO G. (1961-64) - Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc. N° 139, (139 Bis), 226p

**Ministère des travaux publics des communications direction de l'hydraulique division des ressources en eau**

Journal of Animal & Plant Sciences, 2013. Vol.18, Issue 3: 2785-280 *Publication date 31/7/2013,*

## WEBOGRAPHIE

<http://www.m.elewa.org/JAPS>

<http://www.wikipedia.com>

<http://www.google scholar.com>



## ANNEXES





## ANNEXE 1

### Présentation de l'établissement d'accueil

L'Institut National de la Recherche Agronomique "INRA" a pour [mission](#) d'entreprendre les recherches pour le développement agricole. C'est un établissement public dont les origines remontent à 1914 avec la création des premiers services de recherche agricole officiel. Il a connu dernièrement une réorganisation structurelle visant la modernisation de son processus de gestion.

La finalité de la nouvelle organisation est de doter l'institution d'une :

- planification stratégique adéquate pour renforcer les capacités prospectives d'adaptation, de réaction et d'anticipation de la demande sociale de recherche agronomique;
- politique de proximité en se basant sur la régionalisation et la déconcentration de la recherche;
- système intégré de suivi, d'évaluation et de contrôle;
- gestion intégrée et rationnelle des ressources;
- politique de valorisation de ses produits;
- politique cohérente d'information et de coopération.

L'INRA opère à travers dix centres régionaux de la recherche agronomique et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agrosystèmes du pays. Les projets de recherche de l'INRA sont définis avec la participation des partenaires, des clients et des prescripteurs régionaux. Ils sont menés au sein de trente unités de recherche hébergés par les Centres Régionaux. Ils sont encadrés à l'échelle centrale par dix départements scientifiques à vocation disciplinaire.

Pour accomplir sa mission et être au diapason de l'actualité scientifique, l'INRA entretient des relations de partenariats avec des organisations nationales et internationales, les structures de développement, le secteur privé et les Organisations Non Gouvernementales.



## ANNEXE 2

### Laboratoire d'analyse du sol et des plantes

#### I. Missions :

Promotion de la gestion conservatoire des ressources naturelles (sol, eau et plante ) et développement des bonnes pratiques agricoles préservatrices de l'environnement et résilientes aux changement climatique .

#### II. Activités :

- Détermination des éléments fertilisants du sol ;
- Caractérisation physico-chimique (pH, conductivité, capacité d'échange des cations, MO, calcaire, texture, pate saturée, humidité,...) ;
- Détermination des éléments nutritifs (macro et micro éléments).

Matériel existant :

- Spectrophotomètre d'absorption atomique ;
- Photomètre à flamme ;
- Spectrophotomètre UV-visible ;
- Appareil Robinson de granulométrie ;
- Spectromètre d'émission optique ;
- Appareil kjeldahl ;
- Balance analytique ;
- Calcimètre Bernard ;
- Four à mouffles ;
- Bidistillateur d'eau ;
- Etuve ;
- Centrifugeuse ;
- Agitateur va et vient ;
- pH-mètre ;
- Conductimètre.



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Mohamed El Mehdi BOUOUCHCHA**

**Année Universitaire : 2021/2022**

**Titre : Etude de l'effet de l'Azote apporté sur le transfert des nitrates dans le sol dans une parcelle d'oignon (Douyet)**

### Résumé

Les sols ne sont pas que cette chose brune qui colle aux semelles. Ils forment un monde en soi, un **écosystème** méconnu et pourtant très riche de vie. Il est vrai que ce dernier est formé majoritairement d'êtres microscopiques, et que la terre est assimilée aux rites funéraires. Les sols rendent pourtant de multiples services insoupçonnés : production d'aliments, régulation du cycle et de la qualité de l'eau, accumulation du carbone, limitation de l'effet de serre, recyclage des matières organiques, entretien de la biodiversité, fourniture de matériaux de construction et industriels...

De tous les éléments nutritifs, l'**azote** est celui qui est le plus difficile à gérer en **fertilisation**. Mais en même temps, il est l'élément nutritif le plus important pour la croissance des cultures et les niveaux de rendements. En effet, c'est principalement l'azote qui détermine le développement de la plante et des racines et qui stimule l'absorption optimale des autres éléments nutritifs du sol. Sans quantités adéquates d'azote, les autres éléments nutritifs sont donc moins absorbés dans la plante.

Toutefois, l'azote du sol se retrouve principalement sous forme organique et doit donc être minéralisé par les microorganismes du sol afin de devenir par la suite disponible aux plantes pendant la saison de croissance. Il n'est donc pas facile de savoir combien d'azote du sol sera minéralisé et à quel moment! Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de considérer et d'intégrer beaucoup de facteurs, tels les cultures de rotation, les modes de fertilisation organique ou minérale, les techniques culturales, les teneurs en matière organique du sol et les résidus organiques apportés, la texture et la structure du sol, le pH et les conditions pédoclimatiques. Ainsi, tous ces facteurs déterminent la croissance et les activités des microorganismes du sol, et par conséquent les quantités d'azote minéralisées au cours de la saison de végétation.

La **minéralisation** de l'azote du sol est le résultat de la décomposition des matières organiques du sol ou d'autres sources organiques par les bactéries et les champignons du sol. Le carbone sert avant tout comme source d'énergie pour la microflore du sol. L'azote sous forme organique est converti en même temps par hydrolyses et désaminations en acides aminés ou en azote ammoniacal. Une partie de l'azote minéralisé est utilisée par les microorganismes pour leur synthèse protéique, tandis que l'autre partie est libérée dans **le sol** sous forme d'azote ammoniacal. Les microorganismes nitrificateurs transforment ensuite l'azote ammoniacal en nitrates.

**Mots clés : le sol \ Ecosysteme \ Azote \ Fertilisation \ Mineralisation**