RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE OUARGLA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en Agronomie Saharienne

Option : Production Végétale

THÈME

La détermination d'une fertilisation azoto- potassique pour blé dur (Triticum durum L. var SEMETO) mené sous centre pivot dans la région de Ouargla

Présenté par :

Melle BADAOUI Sabah

Composition du jury :

Président : CHELOUFI H. (Maître de conférences, Université de Ouargla)

Promoteur : HALILAT Med T. (Maître de conférences, Université de Ouargla)

Examinateurs : CHAABENA A. (Maître assistant, Université de Ouargla)

DERAOUI N. (Maître assistante, Université de Ouargla)

Année Universitaire : 2004/2005

DEDICACES

A la mémoire de ma chère mère «RAZKA», mes grands parents «Mabrouka, El Hafnaoui», a ma tante «REBIHA».
A mon père «FATEH», et mes grands parents «Fatima, Mabrouk», et mes oncles surtout Lakhder.
A ma chère sœur «SOUAD», son mari « MOURAD » et sa fille «Aridge yasmine».
A ma très chère sœur «DALILA» et son mari «MOUSSA».
A toute la famille «BEN NACER» surtout a « Hamada ».
A mes chères sœurs «Soumia, Hadjer, Wiame».
A mes chères frères «Mouhamed, Badeddin, Aimen, Bilal».
A toute la famille «BADAOUI», surtout mes oncles Hamid, Majid et sont enfants.
A ma tante Aicha et sa fille Ahlem.
A toute la famille GERSSIF surtout EL Hadi, Fatiha, Halima et a la famille MAAMRI, surtout Meftah, Nassima, Sabah et ma tante Houria
A la famille SLIMANI; surtout mon oncle Mouhamed, ma tante Kadija, Dahmane
A mes chères amies : Djamila, Hind, Fouzia, Nadia, Mouna, Safia, Fadila, Salima, Nesserine, Wafa, Sihame, Nawel, Rabiaa, Karima, Chemoussa, Saida, Keltoum, Ibtissem, Hadjer, Noura, Knata, Lilia.
A mes chères amis : Ismail, Abdellah, Doudou, Arami, Yacine, Idomou, Khaled T, Illyés, Tayeb, Fateh, Salah, Tahar, Djou, Mounir, Ibrahim, Mouhamed.
A tous les étudiants de l'ITAS.

SABAH

REMERCIMENT

Éloge à Dieu tout puissant pour ce qu'il m'a donnée la bravoure, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements et mes profondes gratitude à :

Mr HALILAT MT, Maître de Conférences au département des Sciences Agronomiques, pour l'honneur qu'il ma fait, en acceptant de m'encadrer, de sa patience et ses aides.

Mr CHELOUFI H. Maître de conférences, au département des Sciences Agronomiques à l'université de Ouargla d'avoir accepté de présider la commission de jury.

Mr CHAABENA A. Maître assistant, à l'université de ouargla.

Mme BOUKALFA. Maître assistante, à l'université de Ouargla. D'avoir accepté d'examiner ce travail.

A tous le personnel du laboratoire du département d'agronomie saharienne : EL aiche, Mme Saida, Nourdine et Kadir, à tous le personnel de la bibliothèque : Mme Maane, Youcef, Farid, Fatima et à tous les employés de l'exploitation pour leurs aides et efforts.

A tous les administratifs de l'ITAS:Souad, Fouzia, et Barah et à tous le personnel du E R I A D.

A tous les enseignants du département d'agronomie et d'écologie.

Je remercie infiniment HAMADA et mes beaux bijoux Dalila et Djamila pour tous. Je remercie mes amis (es) de la 16 éme promotion. En fin, mes remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

INTRODUCTION

L'un des buts de l'agriculture est d'obtenir des produits végétaux indispensables pour nourrir les hommes et les animaux, satisfaire leurs besoins énergétiques et fournir des matériaux pour l'agro-industrie **(VILAIN, 1997).**

L'Algérie a une insuffisance en production céréalière, bien que des terres sont encore en jachères, la faible pluviométrie oblige les agriculteurs de laisser improductifs la moitié ou les deux tiers de leurs terres, pour leur approuver d'entasser l'eau nécessaire à la vie de la plante .

L'Algérie est un grand importateur de produits céréaliers à cause de la faible production nationale qu'est très loin des besoins de la consommation populaire d'une part, et de la forte croissance démographique d'autre part.

L'Algérie aussi est un grand intervenant sur le marché international des céréales avec un niveau de consommation annuel moyenne pas moins de 60 millions de quintaux de céréales **(KEBRI, 2003).**

La faiblesse de la production céréalière et particulièrement celle des blés est due à plusieurs facteurs dont les plus importantes sont considérés être : les pratiques culturales, les aléas climatiques et les variétés anciennes à faible rendement **(BENDIF, 1994)**

Cette situation place la céréaliculture au centre de la crise agricole nationale, avec une augmentation rapide des importations de céréales.

L'amélioration de la production végétale nécessite à la fois l'adaptation et la sélection des plantes aux conditions de milieu et aux besoins des hommes ainsi que l'adaptation des conditions de milieu aux besoins des organismes végétaux **(VILAIN, 1997).**

L'état Algérien a recherché ces dernières années d'améliorer le secteur agricole et de se faite réduire les importations du blé.

En général, l'irrégularité du climat, les variations extrêmes du régime des pluies en Algérie exercent une très grande influence sur la production des céréales.

Selon **AIT AMAMRA (1986)**, les conditions défavorables qui induit le recule de la production céréalière nationale sont :

- Les conditions du milieu (sècheresse) ;
- L'utilisation des variétés à rendement limité (pas ou mauvaise sélection);
- Sous utilisation des pesticides et des engrais minéraux;
- Le faible niveau de mécanisation;
- L'irrigation non raisonnée.

Elles sont la cause que l'Algérie importe des produits céréaliers pour simplifier ce déficit.

La production nationale des céréales est de l'ordre de 42.7 millions de quintaux, dont la production de blé dur est 18 millions de quintaux **(KEBRI, 2003).**

Le blé dur reste la céréale prépondérante de l'alimentation humaine ; il représente près de 60 % de la ration protéique des Algériens **(AIT AMAMRA, 1986).**

C'est par excellence une culture indigène, car elle est particulièrement adapté au milieu, à la chaleur et au manque d'humidité.

Actuellement, l'agriculture Algérienne s'oriente vers une intensification de la production. Parmi les facteurs d'intensification, les engrais minéraux occupent une place primordiale **(HALILAT, 1993).**

Le récent développement de la céréaliculture sous pivot en zone saharienne a donnée des résultats encouragent. Cependant et compte tenu des grandes possibilités que recèle cette zone, ces résultats sont très perfectibles si les techniques mise en œuvre sont performantes et adaptées aux conditions particulières du Sud Algérien **(LADDADA, 1988).**

La fertilisation doit être raisonnée et permettre une bonne alimentation de la plante pour atteindre l'objectif principal de rendement et d'assurer la disponibilité de tous les éléments fertilisants en périodes de forte consommation.

Des rendements plus élevés demandent plus de fertilisation minérale (N.K), la recherche de la dose d'engrais optimale pour un rendement maximum est l'objectif de notre travail.

L'azote est considéré comme le pivot de toute production végétale, et en particulier, des cultures céréalières **(MEKLICHE, 1988)** et le potassium, étant un élément indispensable dans le développement des cultures, il est admis que le potassium a une action positive sur l'assimilation de l'azote **(HALILAT, 1993).** Et vu l'importance du phénomène de l'interaction entre les deux éléments azote et potassium dans le développement des cultures, surtout les céréales **(LOUE, 1982 et HALILAT, 1993)**. C'est dans ce cadre que s'insère notre étude sur l'influence de la fertilisation **azotée** et **potassique** sur le comportement d'une culture de **blé dur** conduite sous système d'irrigation (pivot) dans la région de **Ouargla**. Pour déterminer la meilleur formule d'interaction **(N x K)**. L'évaluation de cette formule a fait appel à une estimation des différentes composantes du rendement.

CHAPITRE 1

Présentation de la région d'étude

I.1. Situation Géographique

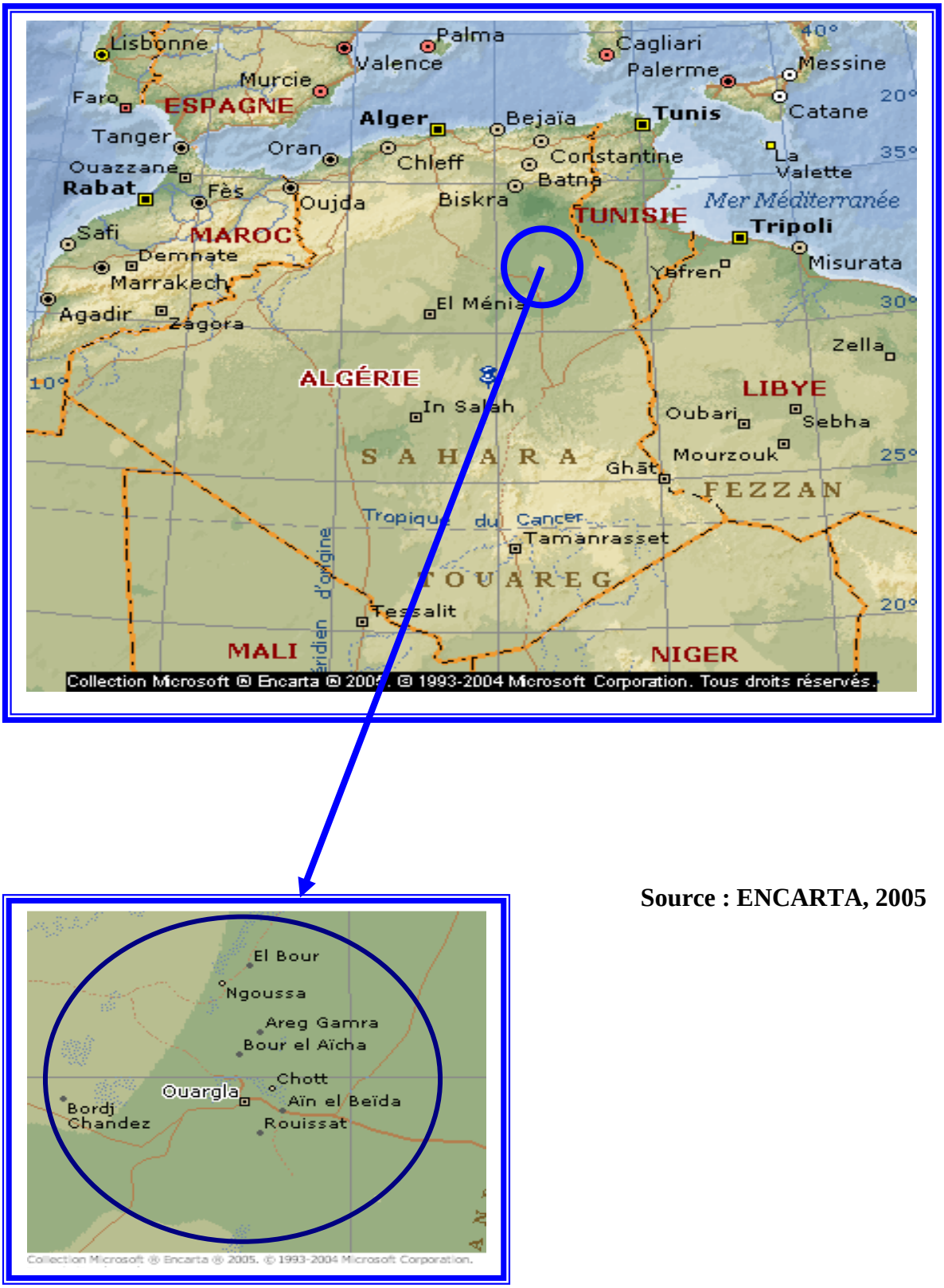
Ouargla l'un des oasis du Sahara algérien, située au Sud –Est du pays, au fond d'une large cuvette de la vallée de l'Oued Mya, à environ de 800 Km d'Alger. La ville de Ouargla chef lieu de la wilaya est située à une altitude de 157 m, ses coordonnées géographiques sont 31° 58' latitude nord, 5° 19' longitude Est **(OZENDA, 1983). (Figure 1)**

La région de Ouargla couvre une superficie de 99000 ha elle est limitée au Nord par Touggourt et Hadjira, au Sud par Hassi Messaoud, à l'Est par l'erg oriental et à l'Ouest par Ghardaïa.

La région de Hassi Ben Abdallah est située dans la daïra de sidi khoiuled (wilaya de Ouargla).

La commune de Hassi ben Abdallah est considéré comme commune pilote de la production céréalière dans la wilaya contre la commune de Hassi Messaoud et El Hadjira. Elle est multi spéculation spécialisée à la phoéniciculture (23797q), les cultures fourragères (21453 q), la céréaliculture (21178 q), en fin les autres cultures ; maraîchères, industrielles, sous serres **(Annexe1)**.

La surface total agricole de Hassi ben Abdallah est estimer de 237995 ha, dont la surface utile pour l'agriculture est 3825 ha mais la superficie emblavée pour la mise en valeur est 2776 ha **(Annexe 2)**.



Source : ENCARTA, 2005

Figure 1. La carte géographique de la région d'étude

I.2. Le Climat

Le climat est une composante du milieu, il exerce un rôle déterminant dans le développement des végétaux. Ses effets sur la production végétale se manifestent de différentes manières : en conditionnant le choix des cultures et des variétés, en agissant directement sur le processus d'élaboration du rendement ou encore en imposant des contraintes pour la réalisation et l'efficacité des techniques culturales pratiquées **(VILAIN, 1997).**

La région de Ouargla est caractérisée par un climat contrasté avec une saison chaude et sèche, **(Figure2)**, ainsi que des écarts importants de températures et par l'intensité et la fréquence des vents.

La région de Ouargla est placée dans l'étage saharien à hiver doux d'après le diagramme d'**EMBERGER**. **(Annexe 4).**

I.2.1. La température

La chaleur constitue l'élément le plus important du climat; elle règle le rythme de développement des plantes et limite leur aire culturale **(DIEHL, 1975).**

La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées, les températures moyennes mensuelles relevées sous abri montrent que le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec 35.03 C° et le mois le plus froid est Janvier avec 11.5° C **(Tableau 1)**, la présence de gelées peut être observée.

La température minimale est de 5.9°C en Juillet et la maximale est 43.17° C en Décembre.

I.2.2. La précipitation

La précipitation dans la région est très rare et irrégulière dans le temps et dans l'espace. La moyenne annuelle sur 10 ans **(1993-2003)** est de 27 mm. La plupart des précipitations se produisent durant les mois d'hiver **(Tableau 1).**

Ces précipitations ne répond pas aux besoins hydriques des cultures et n'interviennent pas dans le lessivage des sels solubles et par conséquent l'irrigation est nécessaire dans cette zone.

I.2.3. L'évaporation

La région d'étude est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant fortement renforcée par les vents, notamment par ceux qui sont chauds **(TOUTAIN, 1979)**.

L'évaporation minimum est de l'ordre de 103.1818 mm, enregistré au mois de Janvier, le maximum est de 387.5455 mm, au mois de Juillet **(Tableau 1).**

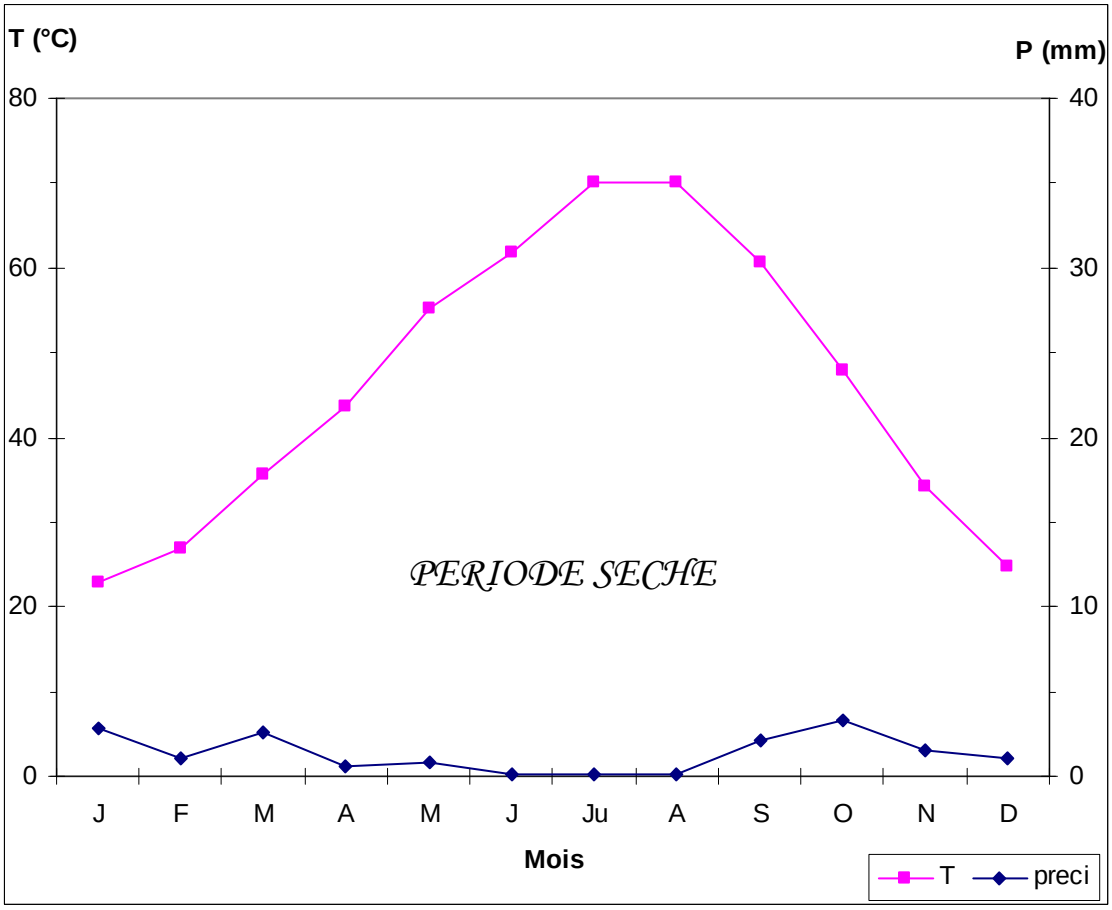


Figure 2. Diagramme Ombrothèrmique de Ouargla (1993-2003).

I.1.4. Le vent

Dans les régions arides, les vents ont joué et jouent encore un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols **(HALITIM, 1985).**

Par leur vitesse et leur fréquence les vents sont très variables aux cours de l'année. Ils soufflent du Nord -sud ou Nord -est / Sud -ouest. Le vent chaud (Sirocco), domine dans la région d'étude en été et peut causé des dégâts surtout en absence de couvert végétal.

I.2.5. L'humidité

L'humidité relative de l'air est entre les 27 % et 65 %, sur un intervalle de 10 années, la moyenne des humidités la plus élevée est enregistrée au mois de Janvier avec 64.18% et le taux le plus faible est au mois de Juin avec 27.09 % **(Tableau 1).**

I.2.6. L'insolation

La région de Ouargla est caractérisée par une forte insolation, le maximum est enregistré au mois de Juin avec 326.18 heure et le minimum de 181.36 heures en mois de Décembre **(Tableau 1).**

I.2.7. Donnée climatique de la compagne 2003-2004

Le tableau 2, montre que la température maximale durant tout le cycle de la culture ne dépasse pas les 32°C, et la température minimale est de 5.8 °C. L'humidité est élevée au mois de Janvier et Décembre (56 %). Les précipitations les plus importante sont enregistré au moi de Mars (21.7 mm). En fin les vents les importantes sont enregistré au mois de Mars et Mai

Tableau 1. Données climatiques de la région de Ouargla (1993-2003)

Source : O. N .M . Ouargla, 2003

Mois	T° C	Précipitation (mm)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vitesse de vent (m/s)	Insolation (H)
J.	11.51	5.73	64.18	103.18	2.74	198.54
F.	13.41	2.11	56.18	129	3.04	225.27
M.	17.78	5.23	46	174.72	3.75	265.09
A.	21.82	1.13	37.45	238.63	4.55	298.18
M.	27.60	1.62	33	255.45	4.6	302.27
J.	30.97	0.31	27.09	349.45	4.6	319.45
J.	35.03	0.12	28.27	387.54	4.46	326.18
A.	35	0.24	28.45	378.27	4.06	306
S.	30.37	4.24	37.90	274.72	4.12	212.72
O.	23.9	6.53	50	211.27	3.6	225.54
N.	17.08	3.04	58.72	133.63	2.86	201.45
D.	12.43	2.03	63.27	124.72	2.9	181.36
	-	+32.33	44.21*	2760.05+	3.77*	255.17+

*** Moyenne + Cumule**

Tableau 2. Donnée climatique de la compagne 2003-2004

Source : O.N.M. Ouargla, 2005.

Mois	Température (°C)			Précipitation (mm)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vitesse de vent (m/s)	Insolation (H)
	Max.	Min.	Moy.					
Décembre	18.5	5.8	12.15	0.2	56	11.6	3.6	202
Janvier	19	6	12.5	6.5	56	10	2.7	254
Février	22.3	8.6	15.45	Trace	47	16.1	3.6	227
Mars	26.2	12.4	19.3	21.7	43	24.9	4.3	236
Avril	28.5	15.6	22.05	5.4	39	28.3	3.8	276
Mai	31.7	17.7	24.7	Néant	37	37.1	5.5	323

I.3. Site Expérimental

La ferme **E.R.I.A.D.** (agro sud) a été crée en 1991 à Ouargla, dans le périmètre de la commune de Hassi ben Abdallah, à une distance de 25 Km du siège de la wilaya.

Elle couvre une superficie totale de 1500 ha, avec une superficie exploitée estimée à 488 ha, spécialisée dans la production céréalière, elle compte seize centres pivots. Notre étude a été menée dans le pivot **6** pendant la compagne 2003-2004.

Les ressources hydriques au niveau de ce site proviennent essentiellement de la nappe miopliocène.

I.4. Source en eau

Selon **ROUVILLOIS– BRIGOL (1975)**, les études hydrogéologiques de la région de Ouargla indiquent l'existence de deux couches aquifères pour l'irrigation. Malgré la faible précipitation, la région de Ouargla possède des ressources hydriques souterraines très importantes, présentées par :

I.4.1. La nappe albienne (continental intercalaire)

Cette couche est artésienne, elle s'étend sur une superficie de 600.000 Km², d'une épaisseur du réservoir de 2550 m et d'une profondeur de 1000 à 1200m, sa température varie de 30 à 70° C.

I.4.2. La nappe Miopliocène (complexe terminal)

L'exploitation de la nappe du miopliocène est extrêmement ancienne. Elle s'écoule du sud / sud -ouest vers le nord / nord -est à une profondeur de 60 à 200 m, présentant une température de 23° C à 25 ° C et une salinité variant de 1,8 à 4,6 g / l.

I.4.3. La nappe Sénonien

C'est une nappe mal connue et son exploitation est négligeable à cause de la faiblesse du rendement de ses puits.

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

II.1. Matériel

II.1.1. La culture

La variété utilisée est **"SEMETO"**; variété de blé dur récemment introduite à Ouargla. C'est une variété alternative a porte semi érigé, peu sensible a la verse et au froid. Leur pureté spécifique est de l'ordre de **999 ‰** et le taux de germination **98 %**. Elle est modérément sensible aux maladies (Oïdium, Rouille brune et jaune) sensible au virose **(Annexe 4)**.

A. Morphologie

Le blé est une plante appartient a la classe des monocotylédones, de la famille des graminacées (poacées), appartient au groupe des grandes espèces du genre ***TRITICUM*** **(PRATS *et al*, 1971).**

Classification (systématique)

Règne *:* ***Végétale***

Classe *:* ***Monocotylédones (liliopsida)***

S / classe *:* ***Commelinidae***

Ordre *:* ***Poales***

Famille *:* ***Poacées***

Genre *:* ***Triticum***

Espèce *:* ***Triticum durum.L.***

A.1. Appareil radiculaire

Il est de type fasciculé, deux systèmes se forment au cour de développement : Un système primaire et un système secondaire.

Le premier (racines séminales) ne restent pas longtemps, fonctionnent de la germination à la ramification de la plantule (tallage). Ils sont remplacées par un système de racines adventices (naissent sur la tige) qui assureront la nutrition et le développement de la plante **(BELAID, 1987).**

Le système secondaire (racines coronaires) apparaît au moment où la plante se ramifiée (tallage). Les racines portent des nœuds les plus bas et presque toutes au même niveau (plateau de tallage) : elles forment une touffe dense. En principe, chaque talle donne naissance à un chaume et à une inflorescence **(BELAID, 1987).**

A.2. Le Système aérien

La tige est cylindrique, elle est formée d'entre-nœuds séparées par des nœuds, elles sont des zones méristematiques à partir des quelles s'allongent les entres nœuds. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille **(BELAID, 1987)**.

La tige ne commence à prendre son caractère de tige qu'au début de la montaison. C'est –à- dire qu'au début de la phase reproductrice. Cette tige présente cependant des bourgeons axillaires qui seront à l'origine des talles, les quelles auront la même structure que la tige principal ou maître –brin **(PRATS *et al* ,1971).**

La tige ou chaume s'allonge considérablement à la montaison et porte 7ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre-nœud, prenant naissance sur le nœud située en dessous de celui au niveau du quel elles se détachent de la tige **(PRATS *et al* ,1971).**

Les feuilles sont à nervures parallèles et formés de deux parties : la partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige (la gaine, la partie supérieure en forme de lame (le limbe). Les gaines sont attachées au niveau des nœuds et sont emboîtées les unes dans les autres pendant leur jeunesse, elles forment un tube cylindrique entourant la tige **(BELAID, 1987).**

A.3. Appareil reproducteur

L'épi, il est issu du bourgeon du plateau de tallage dés la fin du tallage, il commence à s'élever dans la tige, à mesure que celle-ci s'allonge, ce qui constitue "La montaison". Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison **(PRATS *et al* ,1971).**

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un "épillet". L'épillet ne comporte pas de pédoncule, il est attaché directement sur le rachis. Les épillets se recouvrent étroitement les uns des autres. Chaque épillet contient plusieurs fleurs plus au moins complètement développées, de la même façon, on trouve encore deux ou trois fleurs complètement développées et avortons d'autres fleurs **(PRATS *et al* ,1971).**

La fleur est très petite et sans éclat visible, la fécondation à lieu avant l'épanouissement de la fleur, c'est-à-dire avant l'apparition des anthères à l'extérieur. Le blé est "autogame", ce qui a des conséquences très importantes dans la pratique de la sélection, du croisement et de reproduction de cette plante. En effet, un blé, en s'autofécondant, gardera ses caractères génétiques d'une manière remarquablement constante. Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le **"caryopse"** ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves **(PRATS *et al* ,1971).**

Le rendement du blé dépend finalement de trois composantes

- Le nombre d'épis au mètre carré;
- Le nombre de grains par épi;
- Le poids de 1000 grains.

Ce dernier facteur est un caractère variétal et dépend étroitement du niveau d'alimentation minérale (**HALILAT, 1993)** et de l'humidité**.**

La grosseur du grain caractérisant les variétés. Il n'est pas moins soumis aux conditions climatiques de l'année **(PRATS *et al* ,1971).**

B. Stades de développement du blé

Le cycle de développement du blé est jalonné par une série de transformations qui concernent la tige et l'épi. Certains événements particulièrement repérables ont été retenus comme stades repères dans la croissance et le développement. Il s'agit soit de repères morphologiques ou repères de croissance comme la levée et le stade épi à1 cm, ou de stades caractéristiques du développement de l'apex ou de l'épi, ces derniers ayant l'avantage de réduire le décalage éventuels entre le moment où un changement interne se produit et le moment où il s'extériorise **(GATE, 1995).**

Un stade est donc un état instantané de la plante, identifiable par des événements où des critères caractéristiques. Une phase où période constitue le temps qui sépare deux stades successifs.

La connaissance des stades de la plante constitue un préalable indispensable à différents égards calés

- Les interventions culturales (protection phytosanitaire, fertilisation, irrigation.)
- L'action du milieu sur la culture ne peut être interprété que par rapport à des stades où des phases parfaitement identifier;
- La destination des produits assimilés par la plante est fonction de son stade de développement en fixant les priorités de croissance des différents organes **(GATE, 1995).**

On peut diviser le cycle évolutif d'une céréale en deux grandes périodes

- une période végétative.
- une période reproductrice.

On peut considère que la maturation constitue une troisième période.

B.I. La Période Végétative

Elle s'étend du semis au début de la montaison **(PRATS *et al* ,1971)**

Les différents stades de développement du blé sont présentés dans le tableau **(Annexe 6)** selon l'échelle de **FEERKES** et **ZADOKS**.

B.I.1. La Levée

La date de levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille.

Le stade levé englobe trois étapes successives de nature différente

- La germination qui correspond à l'entrée de la semence en vie active au tout début de croissance de l'embryon ;
- L'élongation de coléoptile, premier organe du système aérien à émerger à la surface du sol;
- La croissance de la première feuille qui perce en son sommet la coléoptile.

Peu de jours après le semis, en conditions favorables, les racines séminales commencent à croître suivies des très peu par le coléoptile. L'apex apparaît juste après dissection des deux où trois feuilles cachées par la première feuille traversant le coléoptile **(GATE, 1995).**

Le grain de blé germe si les conditions internes et du milieu sont réunis

- La semence est vivante ;
- La semence est normalement constituée, dans son embryon et ses réserves, morphologiquement et chimiquement, la composition chimique des réserves du grain;
- La semence doit avoir atteint sa maturité physiologique.

Le grain au repos, contenant de 12 à 15 % d'humidité, l'activité vitale est extrêmement réduite, l'absence d'eau ne permettant pas la mise en solution et la circulation des éléments métaboliques. D'autre part le tégument sec est imperméable aux gaz, de telle sorte que les échanges respiratoires ne peuvent avoir lieu; or les réactions du métabolismes engagent des oxydations nécessitant la présence d'oxygène, et dégagent du gaz carbonique qui doit être éliminé Enfin; celle-ci résulte d'un ensemble de réactions chimiques dont la vitesse croit avec la température, certains estimant qu'elle double quand la température augmente de 10°C **(GATE ,1995).**

B.I.2. Stade 2-3 Feuilles

Ce stade est se définit comme le nombre de feuilles du maître -brin est complètement sorties, après la levée les ébauches foliaires en tassées en position alternée de la base jusqu'au tiers médian de l'apex croissent et émergent les unes après les autres selon un rythme régulier. La progression du stade foliaire est réglée par des facteurs externes comme la durée du jour et le rayonnement solaire **(GATE, 1995).**

B.I.3. Stade Début Tallage

La plante possède trois à quatre feuilles. Une nouvelle tige apparaît sur le maître brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée. L'émergence de cette première talle hors de la gaine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade début tallage (**GATE, 1995).**

Le stade début- tallage coïncide très souvent avec le début du stade double ride; stade charnière entre l'état végétatif et l'état floral. A ce stade, l'épi commence son initiation florale et on observe au niveau du tiers médian, des ébauches d'épillets qui se développent à l'aisselle des ébauches des feuilles. Cette double structure constitue la double ride **(GATE, 1995)**.

Des évènements cellulaires se traduisent par un changement dans le rythme d'initiation des ébauches : au rythme lent d'initiation des ébauches de feuilles succède un rythme rapide d'initiation des ébauches d'épillets **(GATE, 1995)**.

B.I.4. Stade Plein Tallage

Contrairement aux autres stades, le stade plein tallage ne se définit pas par des caractéristiques précises, il s'agit plus d'une période qu'un état particulier dans la mesure où la notion de plein tallage. Néanmoins, on définit conventionnellement le stade plein tallage lorsque les plantes portent deux à trois talles **(GATE, 1995).**

A ce stade, les plantes ont un port rampant. Au début de tallage, les premières talles qui apparaissent prennent naissance à partir de bourgeons situés à l'aisselle des feuilles de la tige principale sont les talles primaires.

En milieu de tallage, d'autres talles se développent de la même manière à partir des bourgeons situés à l'aisselle des feuilles des talles primaires : ce sont les talles secondaires, par la suite, des talles tertiaires pourront apparaître selon le même processus. D'autre part, le tallage s'arrête dés lors que la plante a atteint un stade floral suffisamment avancé et que la durée du jour permet l'élongation des premiers entre nœuds **(GATE, 1995)**.

B.I.5. Stade épiaison

Juste après le stade gonflement, la gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des dernières entre – nœuds de la tige : c'est le stade gaine éclatée. Puis, le sommet de l'épi sort de la dernière gaine qui a alors atteint sa longueur définitive : c'est le début de l'épiaison. Dans les fleurs les mieux développées les anthères sont jaunes, le filet des étamines est encore très court et les grains de pollen sont en phase de maturation **(GATE, 1995).**

B.I.6. Stade floraison

Chez les différentes espèces de céréales, la grande majorité des variétés ont une floraison du type ouvert. Les glumelles des fleurs s'ouvrent largement et les sacs polliniques sortent hors de la fleur : c'est la floraison ou l'anthèse **(Figure 3)**. Puis, les glumes se referment, laissant pendiller les étamines dont les anthères ouvertes et les stigmates vont se dessécher. Toutes les fleurs fertiles de l'épi à peu près même moment avec un écart de 2 à 3 jours seulement si bien que les grains se remplient approximativement en même temps. A ce stade, la tige et l'épi ont quasiment achevée leur croissance. En général, le poids maximum de l'épi est atteint 3 jours après la floraison. **(GATE, 1995).**

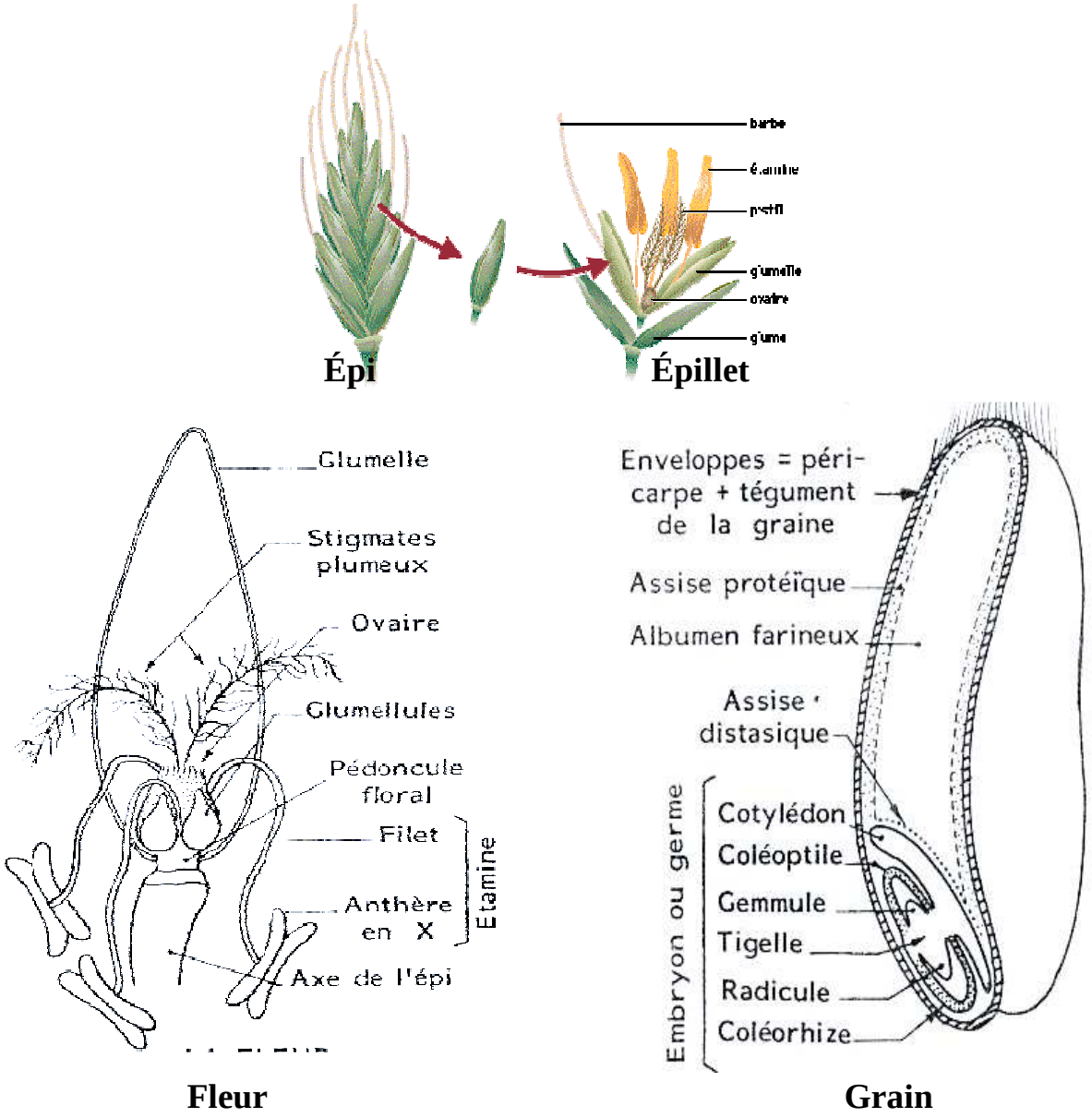


Figure 3. Les différentes parties de la plante du blé (épi, épillet, fleur et grain)

B.I.7. La formation du grain

Cette période comprend les stades suivants **(Figure 3)**

- **Stade élongation du grain**

Le jeune grain n'occupe pas encore la totalité du volume développé par les glumelles de la fleur; un taux relatif d'occupation du grain estimé visuellement **(GATE, 1995).**

- **Stade laiteux**

Le grain occupe la totalité de la cavité florale. Son contenu est surtout liquide. Le stade qui marque le tout début du remplissage du grain est légèrement antérieur a ce stade et correspond au moment où le grain occupe approximativement 90 % de la cavité florale la consistance du grain devient en majorité solide. Le grain est de couleur verte, facilement écrasable entre le pouce et l'index, laissant échapper un liquide blanchâtre **(GATE, 1995).**

- **Stade pâteux**

A ce stade, la couleur verte du grain commence à disparaître et le grain peut encore aisément écrasables entre les doigts. Le grain a atteint son poids frais maximum, le grain difficilement écrasable entre les doigts forme une pâte blanchâtre. Il peut être fendu facilement avec les ongles. La couleur vert à presque disparu (le grain a une couleur jaune-verte) et le poids sec du grain est proche de sa valeur la plus élevée **(GATE, 1995).**

- **Stade grain mûr**

A ce stade, le grain ne peut plus être fendu par l'ongle mais peut être coupé avec un scalpel. Le grain a une couleur jaune. Il a atteint son poids sec maximum. Ce stade correspond à peu près à la maturité physiologique **(GATE, 1995).**

- **Stade récolte**

A ce stade, le grain se casse quand on tente de le couper avec un scalpel **(GATE, 1995)**.

B.I.8. La maturité physiologique

La maturité physiologique a lieu quand il n'y a plus de migration de matière sèche vers le grain. Ce stade succède de peu de jours (2 jours en moyenne), au stade pâteux **(GATE, 1995).**

A ce stade, le poids sec du grain a atteint sa valeur maximum et définitive. Après ce stade, une phase rapide de dessiccation se met en place et le grain devient de plus en plus dur et peut être récolté à la machine : c'est la maturité récolte **(GATE, 1995).**

Il ne faut donc pas confondre ces deux types de maturité qui sont de nature très différente: la maturité physiologique traduit l'arrêt de la croissance en matière du grain tandis que la maturité récolte correspond à un état de dessiccation permettant un battage mécanique **(GATE,1995).**

C. Les exigences du blé

1. La température

- Une température supérieure à 0°C est exigée pour la germination des céréales ;
- Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives dites « d'hiver ». Cette exigence d'une quantité de froid pour la mise à fleur ;
- Un abaissement brutal de la température, associé à un dessèchement intense en surface, provoque la nécrose et le gel ;
- La température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé.

La température conditionne à tout moment la physiologie du blé **(Tableau 3) (SOLTNER, 1988).**

Tableau 3. Somme de température pour différentes phases du blé
Selon VILAIN, 1997.

Phase	Somme de température
Semis – levé	150°
Levée – fin tallage	500°
Montaison – floraison	850°
Floraison – maturation	850°
Semis – maturation	2350°

2. l'éclairement

- Une certaine durée du jour est nécessaire pour la réalisation de stade B précédant la montaison ;
- Quant à l'intensité lumineuse, et à l'aération, elles agissent sur la photosynthèse **(SOLTNER, 1988).**

3. l'humidité

Il faut environ 500 g d'eau pour élaborer 1 g de M.S de blé **(SOLTNER, 1988).**

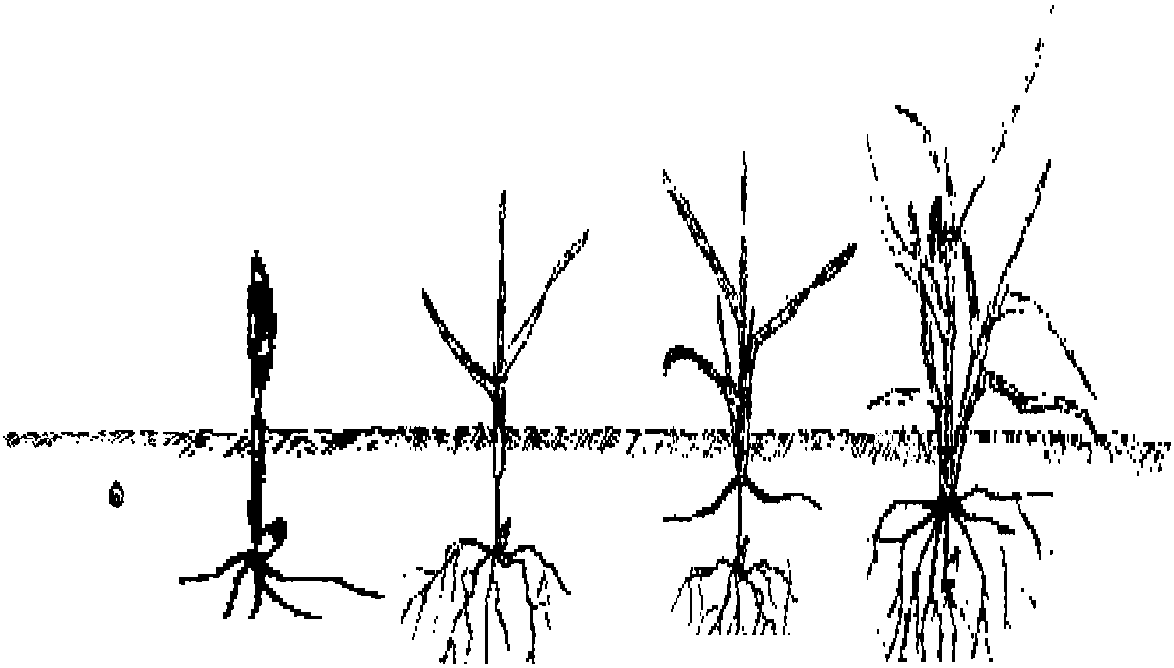
Si le sol est en fort humidité il y a consommation de luxe.

Photo 1. La levée

Photo 2. Densité de tallage

Photo 3. Tallage homogène

Photo 4. La culture du blé sous pivot



Germination **1 feuille** **Pré tallage** **4 feuilles** **Début tallage**

Initiation florale **Plein tallage** **Montaison (gonflement)** **Floraison** **Fin du grossissement**

Figure 4. Stades de développement du blé

II.I.2. Le sol

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydro morphes **(DUTIL, 1971).**

La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieur à 1 %) et ne permet pas une bonne agrégation. Ses sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible **(DAOUD et HALITIM, 1994)**.

Le sol est la base essentielle de tout production agricole, il constitue pour la plante le support, une réserve d'eau et d'élément nutritifs. Son étude est donc indispensable qu'on veut envisager le perfectionnement continu des techniques culturales **(DIEHL, 1975).**

Le blé s'accommode de terres bien différentes, trois caractéristiques font donc la bonne terre à blé :

- **Une texture fine** ; limono- argileuses, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, et partant une bonne nutrition ;
- **Une structure stable** ; qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps;
- **Une bonne profondeur** ; et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux gros rendements **(SOLTNER, 1988)**

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulaire. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible et une forte salinité **(HALILAT, 1993).**

Le tableau 4 montre que le sol du site expérimental est caractérisé par une texture sableuse, un pH presque neutre et la salinité du sol est faible.

Tableau 4. Caractéristiques physico – chimiques du sol

Caractéristiques	Profondeur (cm)		
	0-20	20-40	40-60
Granulométrie (%)			
Argile	6.43	7.46	7.64
Limon	6.37	5.82	6.24
Sable	87.2	86.72	86.12
pH	7.45	7.28	7.27
C.E (dS/m à 25°C)	1.3	1.3	1.5
Calcaire total (%)	12.75	12	12.38
Azote total (%)	0.06	0.05	0.03
Azote assimilable (ppm)	27.38	29.03	17.77
Potassium assimilable (ppm)	23.10	19.4	20.44

II.1.3. La fertilisation

Introduction

La fertilisation minérale représente une des opérations culturales les plus importantes pour l'agriculture d'où la nécessité d'être raisonnée. Son importance est due à son influence sur les plantes et à son coût **(PREVOST, 1999).**

La fertilisation minérale en Algérie de façon générale reste une technique culturale encore mal maîtrisée pour l'ensemble des cultures. Pour rendre plus efficace la fertilisation minérale de toutes cultures, la démarche habituellement admise consiste à prendre en considération les facteurs qui agissent et interagissent sur la consommation des éléments nutritifs et leur effet sur la croissance et le développement de la plante **(FENGOUR, 2000).**

La fertilisation est en fonction de plusieurs facteurs

- Le niveau des réserves du sol en éléments fertilisants;
- La composition physique du sol;
- Les restitutions par les résidus de récoltes;
- Les pertes par lessivage;
- Le type de production choisi et du rendement escompté;
- Le climat;
- La précocité de la variété et de la densité de plantation.

Tous ces facteurs montrent bien la nécessité d'éviter toute généralisation de formule ou de fumure type **(FENGOUR, 2000).**

Le sol est considéré comme fertile

- s'il présente une biocénose diversifiée et biologiquement active, une structure typique pour sa station et une capacité de décomposition intacte;
- s'il permet aux plantes et aux associations végétales naturelles ou cultivées de croître et de se développer normalement et ne nuit pas à leurs propriétés;
- si les fourrages et les denrées végétales qu'il fournit sont de bonne qualité et ne menacent pas la santé de l'homme et des animaux.

3.1. Les éléments nutritifs dans la plante

3.1.1. Importance et rôle physiologique des éléments nutritifs (N.P.K)

1. **L'azote**

Elément plastique, il entre dans la composition des végétaux et il est souvent le premier des éléments fertilisants à apporter. La teneur en azote varie avec la plante et les parties de la plante (Tableau 5) **(DUTHIL ,1973)**.

La matière sèche renferme de 1 – 5 % d'azote total. Les tissus jeunes sont toujours plus riches. L'azote se trouve dans les protéines, les acides nucléiques et les bases azotées des nucléotides. Les végétaux utilisent l'azote minéral sous forme ammoniacale et nitrique, l'azote nitrique subit une réduction par la nitroréductase au niveau des racines des céréales **(VILAIN, 1987).**

2. **Le Potassium**

Par son importance quantitative, le potassium est le mieux représenté dans les plantes. Le taux de potassium varie très largement avec les espèces végétales, les organes des plantes, leur âge et les conditions culturales (Tableau 5) **(DUTHIL, 1973).**

La matière sèche contient de 0.3 à 0.5 % de K_2O. Le potassium se caractérise par une grande mobilité à l'échelle de la cellule, des organes et des plantes dans son ensemble. Il est facilement extrait des tissus végétaux par l'eau. Le potassium est impliqué dans de nombreuses réactions métaboliques **(BERINGER *et al*, 1978)** entre autres, l'activation des enzymes et la synthèse des glucides et leur transport vers les organes de réserves.

Une alimentation potassique régulière

- Limite les accidents physiologiques;

- Améliore les rendements, la conservation et la qualité des grains;
- Augmente la résistance au gel; permet une meilleure utilisation de l'eau et augmente la résistance à la sècheresse : le potassium règle l'absorption de l'eau et augmente la rapidité d'ouverture ou de fermeture des stomates
- Enfin le potassium améliore la résistance aux maladies cryptogamiques et aux accidents physiologiques **(VILAIN, 1987).**

3. Le Phosphore

En raison de ses rôles physiologiques, le phosphore est un élément fondamental des trois éléments majeurs apportés par les engrais et le plus anciennement connu. Sa répartition dans les tissus végétaux est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote. Le phosphore participe à tous les stades de développement des végétaux en sa qualité de support énergétique (Tableau 5) **(DUTHIL, 1973)**.

La teneur en P_2O_5 des végétaux varie entre 0.1 et 0.5 % de matière sèche. Le phosphore est absorbé normalement sous la forme ionique : $\mathbf{H_2PO_4^{--}}$ **(VILAIN, 1987).**

Il se trouve dans les acides nucléiques (A.R.N et A.D.N) et les composés nucléotides (**N.A.D, N.A.D.P, A.T.P**). En s'associant aux protéines et aux lipides, le phosphore forme des phosphoprotéines et des phospholipides.

A l'inverse de l'azote, le phosphore

- Favorise le développement des racines ;
- Favorise la maturation des grains;
- Améliore la proportion des petits grains;

Il présente donc ainsi un intérêt particulier pour les plantes

Tableau 5. Teneur en éléments minéraux de quelques plantes (DUTHIL 1973).

Espèces	Partie de la	En %M.S.

végétales	plante	N	P_2O_5	K_2O
Blé	**-graine** **-paille**	**1.10-2.30** **0.30-0.60**	**0.7-1.1** **0.15-0.25**	**0.35-0.70** **1.00-1.60**
Orge	**-graine** **-paille**	**1.33-1.73** **0.33-0.60**	**0.88-0.98** **0.31-0.47**	**0.50-0.66** **0.65-1.50**
Pomme de terre	**-tubercules** **-fanes**	**1.10-3.30** **1.20-2.80**	**0.4-0.6** **-**	**2.00-3.50** **1.60-4.7**
vigne	**-feuilles adultes** **-fruits charnus**	**1.50-2.60** **0.2-0.6**	**0.18-0.20** **-**	**0.42-2.51** **0.70-0.85**

3.1.2. La dynamique des éléments minéraux dans le sol

La nutrition minérale de la plante se fait à partir des éléments minéraux du sol. Elle se fait d'autant plus facilement que ces éléments se trouvent en quantité suffisante et sous leur forme assimilable.

A.L'azote

C'est un constituant très important de l'atmosphère où il représente 79%, mais le végétale ne peut l'utiliser directement, seules les légumineuses peuvent en utiliser par l'intermédiaire des bactéries fixatrices d'azote.

C'est la transformation **(minéralisation)** de la matière organique sous l'action des bactéries qui donnent lieu à l'azote minéral, sous la forme ammoniacale **(ammonification)** et nitrique **(nitrification)**.

La forme ammoniacale (**NH_4^+**) est en principe fixée par le complexe absorbant et peut également être utilisée par certains végétaux **(SMIRNOV *et al*, 1977)**.

La forme nitrique **(NO_3^-)**, plus mobile se trouve dans le sol à l'état transitoire du fait qu'elle est absorbée par les végétaux, éliminée par les eaux de drainage ou réorganisée. La teneur moyenne en azote total des plantes cultivés se situe entre 1 et 1.5 ‰ **(DIEHL, 1975).**

Le devenir de l'azote ammoniacal

a- La rétrogradation

Elle concerne l'ion ammoniacal qui se fixe plus ou moins réversiblement entre les feuilles des argiles. Ces dernières présentent ainsi des feuillets suffisamment distants pour livrer passage aux cations. Ce phénomène de fixation est en général fortement accentué par la dessiccation du sol **(GAUCHER, 1974; COTTIGNIES, 1977).**

b- La volatilisation

La volatilisation de l'ammoniac **(NH_4^+)** représente une perte d'azote par voie gazeuse. Quoique l'ion ammonium soit retenu par le complexe absorbant, il peut être en partie volatilisé sous forme de gaz ammoniacal. L'importance des pertes par volatilisation dépend de la concentration en **NH_3** de la solution du sol (résultat de l'équilibre, équation ci-dessus), de la solubilisation de **NH_3** et de sa diffusion dans le sol. Ces partes peuvent atteindre 15% de la teneur en azote ammoniacal du sol **(GERMON, 1982 ; REMY *et* VIEUX, 1983).**

L'intensité de la volatilisation dépend de certaines conditions pédologique et climatiques telles qu'une forte concentration d'ammoniac gazeux accompagné d'un pH élevé et de conditions d'anaérobies. Les risques de volatilisation sont élevés aux humidités faibles à moyennes et diminuent aux fortes humidités; les alternances d'humidification et de dessiccation sont propices à la volatilisation **(RECOUS, 1987)**.

D'après **FAVRIE** et **BARDIN (1979)**, une augmentation de pH de 7 à 8 aboutit à des pertes de 10 à 70 % de l'apport de **NH_3**.

Selon ces mêmes auteurs, le dégagement d'ammoniac croit exponentiellement avec la température, et une élévation de 10 à 40 °C, augmente l'intensité de la volatilisation

Le degré de volatilisation dépend aussi de la forme d'engrais, où les pertes sont plus élevées (les engrais uréiques, le phosphate d'ammoniac). Les pertes par volatilisation sont nettement moins importantes ou le nitrate d'ammonium où l'azote se trouve en partie sous la forme nitrique, ce qui diminue par conséquence la concentration en **NH_3** dans le milieu **(GERMON, 1982; REMY et VIAUX, 1983).**

c- La réorganisation ou immobilisation

La réorganisation correspond au processus par lequel les micro-organisme du sol assimilent l'azote pour leurs propres besoins de nouvellement et de croissance. Elle aboutit au stockage de l'azote dans le compartiment organique du sol et elle se fait en permanence au cours

de la croissance du système racinaire. La réorganisation affecte préférentiellement la forme ammoniacale à la forme nitrique. Elle est temporaire du fait que l'azote est restitué au sol. Dans le cas où le c/n de al matière organique apportée à un sol est élevé, les micro-organismes utilisent une fraction de l'azote ammoniacal du sol **(RECOUS, 1987)**.

Selon **MULLER (1982)**, la réorganisation de l'azote pour les pailles des céréales dont le rapport c/n est voisin de 60, est de 10 kg / tonnes de paille enfouie. Contrairement à la volatilisation, elle e doit pas être considérée comme une " perte" pour le système sol-plante

d- Les conséquences pratiques

La réorganisation est un phénomène inhérent au fonctionnement de la plante et du sol, dont l'importance quantitative est, elle aussi, encore difficile à prévoir. C'est pourtant le facteur lié de la quantité d'azote qui sera mise à la disposition de la culture.

La réorganisation n'est pas une perte pour le système sol-plante, mais la minéralisation de la fraction réorganisée n'est pas partielle et différée. Elle représente une immobilisation de l'engrais à prendre en considération par l'agriculteur qui cherche la valorisation maximale de l'apport par la culture.

e- Devenir des nitrates

e-1. Les pertes par lessivage

Ce type de perte concerne les nitrates présents dans le sol car l'ion $\mathbf{NO_3^-}$ pas absorbé par le complexe absorbant du sol et à une très grande mobilité.

Selon **LANGLET (1975),** les nitrates descendent de 20 cm en sol sableux, pour 100 mm de pluie hivernale.

L'entraînement en profondeur dépend de la capacité de rétention pour l'eau, de l'importance du déficit en début de réhuméctation (en partie sous l'influence du couvert végétal) et de la quantité d'eau infiltrée (**DUCHAUFFOU, 1979).**

Selon **REMY** et **HEBERT (1977)**, les quantités d'azote minérales perdues sous une culture de blé tendre varient de 15 à 30 kg / ha.

e-2. La dénitrification

C'est une réduction des nitrates par voie microbienne en produits gazeux. Beaucoup d'espèces bactériennes sont capables de réduire les nitrates et les nitrates vers l'azote gazeux **(NO, N_2O et N_2)** en conditions d'anaérobiose.

Selon **MENGEL** et **KIRBY (1987)**, la dénitrification biologique et la dénitrification chimique peuvent occasionnés une perte pas moins de 20 kg / ha / an d'azote. D'où l'intérêt de fractionner les apports d'engrais azotés.

En région semi-aride la dynamique de l'azote est soumise à certaines particularités. Celles-ci sont essentiellement dues aux faibles teneurs en matières organique du sol, à sa répartition, au taux d'humidité du sol et à ses répercussions sur la nitrification; en fin aux fortes températures, qui peuvent atteindre 40° C au sol et à la l'ensoleillement **(HALITIM, 1985).**

Conclusion

La minéralisation de l'azote organique d'un sol est la résultante de l'interaction de tous les facteurs préposés à cette minéralisation **(BAEYENS, 1967),** facteurs variables suivant les conditions locales. Il n'existe donc pas de rapport entre la teneur en azote total d'un sol et la quantité de nitrates produits.

B. Le Potassium

Le potassium se trouve à l'état ionique $\mathbf{K^+}$ ou dans des combinaisons minérales et organiques. La tenure en potassium des sols cultivés et des engrais est réglementairement exprimée en oxyde de potassium **(K_2O).** Le végétal absorbe le potassium seulement sous la forme ionique $\mathbf{K^+}$. Le potassium du sol provient essentiellement de la dégradation des roches et minéraux potassiques. Il est incorporé au réseau cristallin des silicates des roches éruptives, métamorphiques et sédimentaires.

Les minéraux secondaires présentent un rôle très important dans la dynamique du potassium

- les illites, minéraux argileux à trois couches dont le cation intermédiaire est le potassium, leur rôle est important dans la fixation et la libération du potassium.
- Les montmorillonites, minéraux à trois couches qui différent des illites par une plus

La disponibilité du k pour les plantes est fonction de l'énergie de sa rétention par le sol et de la forme sous laquelle il se trouve.

A.1. Les différentes formes de potassium

A.1.1. Le potassium soluble

Il se trouve dans la solution du sol, à l'état de sels solubles (chlorures, sulfates et nitrates) immédiatement assimilables par les plantes. Cette source ne peut couvrir les besoins des plantes **(WICKLANDER, 1961 in MIZIANI, 1992).**

A.1.2. Le potassium échangeable

Représente **K** retenu (absorbé) à la surface des particules d'argiles et d'humus (complexe absorbant). Il contribue à compenser les prélèvements de k effectués par les racines à partir de la solution du sol. Cette forme de K constitue une partie du potassium total du sol **(BOSC, 1976)** et dépend de sa teneur en argile. K échangeable est en équilibré avec K de la solution du sol.

A.1.3. Le potassium fixé ou moins échangeable

Se trouve à l'état cationique entre les feuilles cristallins des argiles, normalement inaccessible à la plante. Cependant, sous l'influence d'un appauvrissement local du milieu extérieur à l'argile, les ions situés près du bord des feuilles peuvent s'échapper, c'est ainsi que parfois ce potassium est désigné comme une réserves potassique du sol **(COTTIGNIER, 1977) .**

A.2. La fixation du potassium par le sol

Le processus de fixation peut être schématisé de la manière suivante;

K dissout ⟶ k échangeable ⟶ k fixé ou rétrogradé

II.4. L'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe miopliocène à une profondeur de130m.

Selon **DURAND (1983)**, il s'agit d'une eau qui peut provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse pour la plupart des sols; mais elle peut être utilisée sur des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau doit être appliqué en excès pour assurer un fort lessivage des sels.

Tableau 6. Caractéristiques de l'eau d'irrigation **Source : DERAOUI, 2003**

Paramètres	pH	CE (ds/m)	Ca^{2+} (méq/l)	Mg^{2+} (méq/l)	K^{+} (méq/l)	Na^{+} (méq/l)	Cl^{-} (méq/l)	SO_4^{2-} (méq/l)	HCO_3^{-} (méq/l)
Eau d'irrigation	7.25	3.22	16.36	10.78	0.461	35.32	45.63	0.001	0.68

II.2. Méthodes

II.2.1. Protocole expérimental

1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental consiste en un essai en ***Split plot***, comportant huit **(08)** traitements et quatre **(04)** répétitions (blocs). Chaque bloc renferme **08** parcelles élémentaires de **18** m de long sur **9** m de large. **(Figure 5)**

Les parcelles principales sont consacrées aux doses d'azote et les sous parcelles aux doses de potassium.

2. Conduite de la culture

La conduite de la culture représente la mise en œuvre d'un itinéraire technique permettant à la culture de satisfaire au rendement **(PREVOST, 1999).**

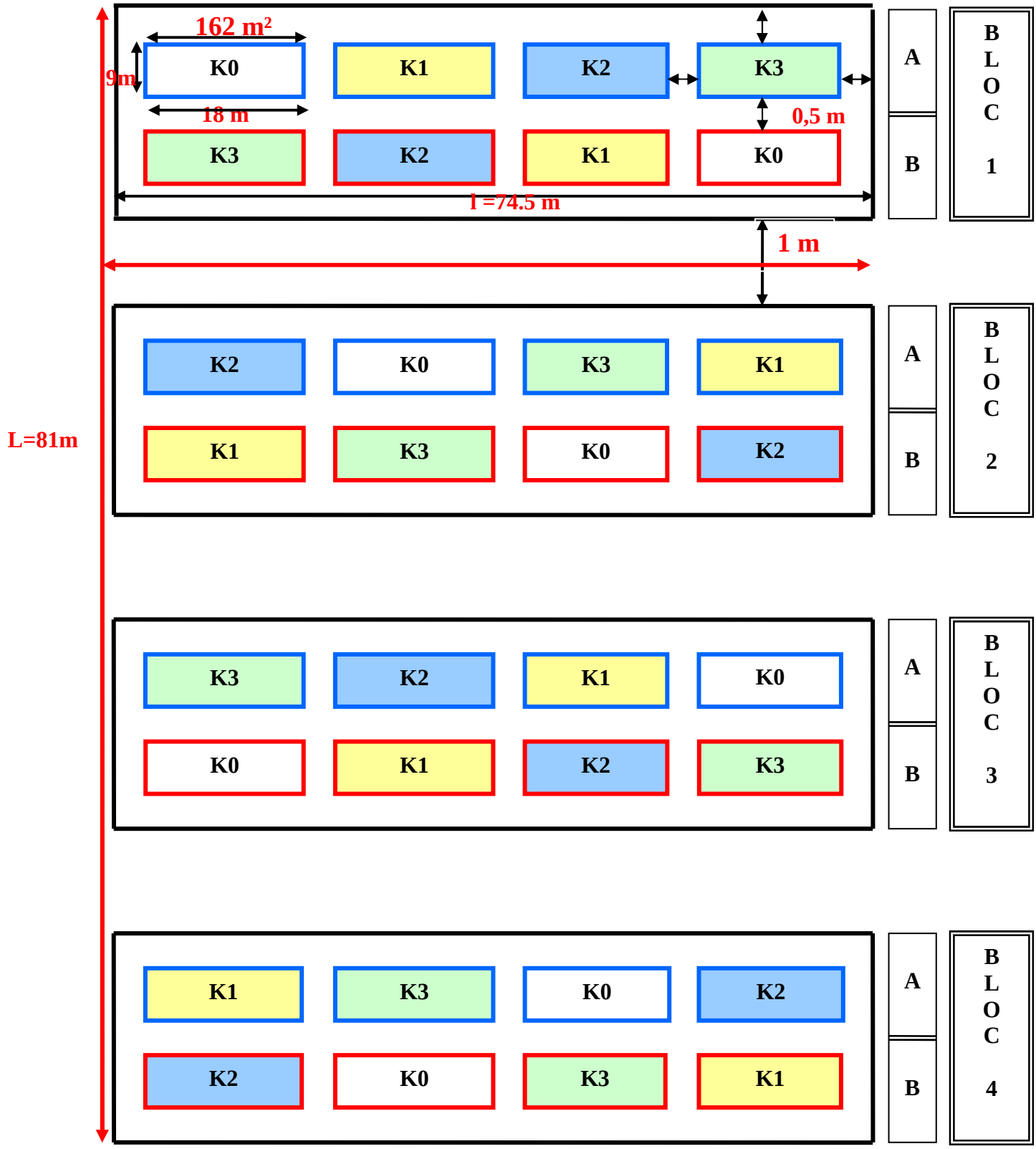
a- Préparation du sol

Une incinération des chaumes de précédant culturale est réaliser avant travail du sol a fin de le développement de la culture.

Le travail du sol à été réalisé le **20-11-2003**, à l'aide d'un passage de cover-crop à une profondeur de 20 cm; dans le buts

- Améliorer les propriétés physiques du sol;
- Préparer le lit de semence ;
- Incorporer au sol les amendements et les engrais ;
- Détruire les plantes adventices présente avant la mise en place de la culture.

On a réalisé une pré irrigation durant le mois de Septembre à fin de facilité se travail.



Sous bloc A : la dose N1 (236 unités d'azote / ha)
Sous bloc B : la dose N2 (316 unités d'azote / ha)
N : azote, parcelle principale
K : potassium, sous parcelle

Figure 5. DISPOSITIF EXPERIMETAL

b- Mise en place de la culture

Le semis est réalisé le **26-12-2003**, à l'aide d'un semoir en ligne à la dose (**2,2 q / ha)** à une profondeur qui varie de 2 à 3 cm; après une préparation du lit de semence avec une herse le **22-12-2003**.

c- Entretien de la culture

***La fertilisation**

Elle a pour objectif la maîtrise de l'alimentation de la plante cultivée par la fourniture de ses éléments nutritifs en quantité, en qualité et au moment où elle en a besoin **(PREVOST, 1999).**

L'apport de l'engrais phosphaté (triple super phosphate) est réalisé avant le semis comme engrais de fond le **23-12-2003**. L'apport de l'engrais azoté est commencé une semaine après la levée des plantes par ferti -irrigation **(Tableau 7,8).**

L'apport de l'engrais potassique est réalisé à raison de **50%** de la dose au stage tallage le **11/02/ 04** et le seconde au stade montaison **50%** le **15/03/04.**

Dose d'engrais azoté

Première dose :

C'est la dose de référence (**240** UN/ha). Pour produire 1ql de grains du blé, il faut 4 kg d'azote, pour un objectif de rendement fixé est de 60 q/ha.

Deuxième dose :

C'est la dose de référence plus **80** UN/ha, soit **320** UN/ ha.

Tableau 7. Doses et périodes d'apport des engrains

Doses de N	240 UN / ha (N1)		320 UN / ha (N2)	
Doses de K	K0 : 0 UK/ ha	K1 : 60 UK/ ha	K2 :120 UK/ ha	K3 :180 UK/ ha
Apports	Stade tallage 50% de la dose		Stade montaison 50% de la dose	

Photo 5. Le site expérimental sur champ

Photo 6. Épandage d'engrais potassique au stade début tallage

Tableau 8. Date et doses d'azote appliquée

Stades	N1 (UN/ha)		N2 (UN/ ha)	
	Dates	Doses	Dates	Doses
Semis- 2 feuilles	26/12/03-12/01/04		-	-
2 feuilles – 4 feuilles	15/01/ - 26/01/04	27.5	-	-
4 feuilles – tallage	26/01 – 11/02/04		21/02/04 1er apport	+40
Tallage – montaison	11/02 – 16/03/04	82	-	-
Montaison – épiaison	16/03 – 14/04/04	72	13/03/04 2éme apport	+40
Epiaison – maturité	14/04 – 05/05/04	54	-	-
Semis – maturité	26/12/03–05/05/04	240	-	320

***L'irrigation**

L'eau constitue, par l'intermédiaire des solutions du sol, la base essentielle de l'alimentation de la plante. Elle lui donne, en outre, sa rigidité grâce à la turgescence **(DIHEL, 1975).**

La culture est menée sous système pivot par une fréquence d'irrigation d'un jour d'irrigation sur deux jours d'arrêt **(Tableau. 9), (Annexe. 6)**.

Tableau 9. Doses et date d'irrigation

Phases	Dates	Quantités d'eau
Semis- levée	26/12/03 – 03/01/04	56 mm
Levée – tallage (4f)	03/01/04 – 25/01/04	70 mm
Tallage (4f) – épi (1cm)	25/01/04 – 20/02/04	105 mm
Epi (1cm) – floraison	20/02/04 – 14/04/04	312 mm
Floraison – maturité	14/04/04 – 08/05/04	210 mm
Semis –maturité	26/12/03 – 08/05/04	Total 753 mm

***Désherbage**

Les mauvaises herbes concurrencent les céréales pour l'alimentation hydrique et minérale, et affectent le rendement **(ITDAS, 1993).**

Dans notre expérimentation la lutte mécanique et chimique est choisie comme méthode de lutte.

***Précédent cultural**

Notre parcelle expérimentale a eu comme précédent cultural, la culture d'avoine. La pré irrigation a durée une semaine dans le but de favoriser la germination des repousses de la culture précédente et les grains des mauvaises herbes.

II.2.2 Mesures et prélèvement effectués

1. Méthodes de prélèvement

a. Le sol

Les échantillons du sol sont prélevés à raison de trois **(03)** carottes par traitement. Ces carottes sont ensuite mélangées pour former un échantillon qui est analysé individuellement.

Le profil du sol exploré par tranche de **20** cm sont **(0-20) (20-40)** et **(40-60)** pour les analyses de caractérisation du sol.

b. Le végétal

Le prélèvement des échantillons de la plante se fait selon l'objectif et le stade de développement pour toutes les composantes de rendement.

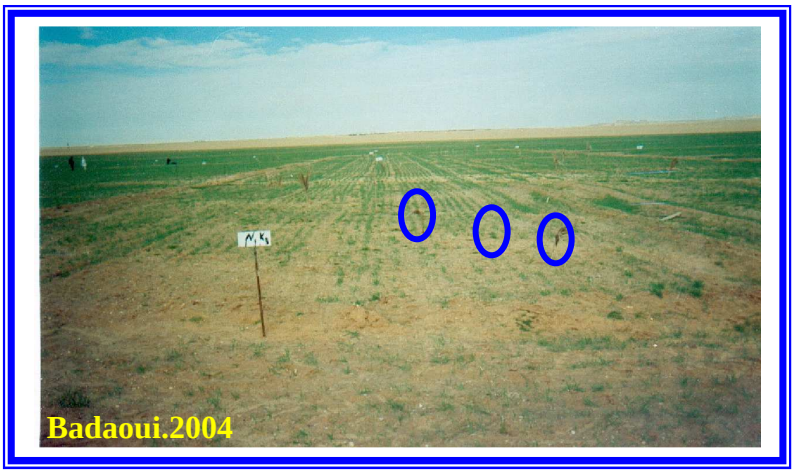


Photo7. Placettes des prélèvements

A. Contrôle en cours de végét

Pour chaque parcelle élémentaire, nous avons délimité des parcelles de deux mètres linéaires au nombre de six, sur les quelles ont été effectué toutes les mesures.

1. Densité à la levée

Le comptage du nombre de pieds par mètres carré a été effectué au stade trois feuilles.

2. Morphologie de la plante

Hauteur de la tige

Les mesures ont été effectuées sur vingt **(20)** pieds pris au hasard de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.

2.2. Longueur de l'épi

C'est la longueur de la partie comprise entre la base du premier épillet et l'extrémité de la dernière épillet. Sur les vingt pieds même, ont été réalisé les mesures de la longueur de l'épi.

3. Composantes du rendement

3.1. Nombre d'épi au m²

Le comptage est réalisé au stade remplissage du grain et répété six **(06)** fois suivant une des médianes pour chaque parcelle élémentaire.

3.2. Nombre de grains par épi

Le comptage est réalisé sur les même vingt **(20)** pieds sur les quels on a procédé au mesure de la hauteur des tiges.

En suite nous avons déterminé

- Le nombre d'épillets stériles/ épi
- Le nombre d'épillets fertiles/ épi

3. 3. Poids de 1000 grains

Les parcelles sont récoltées manuellement et après battage des épis à l'aide d'une batteuse à épis électrique, on a réalisé le comptage manuel de 1000 grains et pesés à l'aide d'une balance de précision.

Photo 8. Battage des épis

3.4. La matière sèche

Les échantillons du végétal prélevé à trois stades de la culture du blé tallage, gonflement et maturité. Ces prélèvements forme une mélange sur le quel on réalise des pesés avant et après la passage à l'étuve a 65°C durant 48 h afin de déterminer l'évolution de la matière sèche durant le cycle de la plante.

La matière sèche est déterminée par la relation :

$$MS = PH - PS / PH \times 100$$

MS : matière sèche en %

PH : poids humide de l'échantillon (g)

PS : poids sec de l'échantillon (g)

3.5. Rendement en grains et paille

Après la récolte, la récolte de chaque parcelle est disposée dans un sacs à part, la sélection des grains et de la paille est fait manuellement, on à pesés chaque produit à part à l'aide d'une balance de précision.

Conclusion

Notre travail a été réalisé en une partie comportant deux volets:

Ce premier volet est consacré à l'étude du matériel végétal proprement dit et à la caractérisation physico-chimique du sol.

Le deuxième volet, concerne le suivi de la culture durant leur cycle végétatif. C'est-à-dire de regroupé l'ensemble des paramètres du rendement avec l'évolution de l'alimentation minérale (azote et potassium) de la culture du blé.

Pour faciliter la compréhension des résultats obtenus, on a jugé utile de réaliser une étude statistique par la méthode d'analyse de la variance à deux critères de classification.

II.2.3. Méthodes d'analyses

1. La granulométrie

Par la méthode quantitative, elle détermine les proportions physiques de trois particules du sol (argile, limon et sable). La mesure est effectuée par une lecture sur un hydromètre. Pour certains sols cette méthode fait appel à un prétraitement spécifique pour éliminer les sels solubles, matières organique, carbonates et les oxydes de fer.

En plus on utilise une solution de dispersion (hexametaphosphate de sodium). La correction de la température et de la viscosité de la solution est établie par lecture de blanc.

2. Le pH du sol

Mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrode en verre, par la méthode électrométrique avec un rapport de **1/2,5**.

Il est nécessaire de connaître la réaction de la solution du sol, car celui-ci joue un rôle important dans l'absorption des différents éléments minéraux par le végétal ainsi que leur solubilisation ou leur fixation (rétrogradation).

3. La conductivité électrique

Déterminée par le conductimètre (**mmhos /cm**) à une température de **25°C** avec un rapport sol / solution de **1 / 5**.

La conductivité est fonction de la quantité de sels dissout dans la solution du sol.

4. Le calcaire total

Le dosage est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium en contact de l'acide chlorhydrique. Il s'agit de comparer le volume de $\mathbf{CO_2}$ dégagé par l'échantillon du sol avec celui dégagé par le contact d'un acide **HCl (6N)** avec un poids de $\mathbf{CaCO_3}$ pur.

5. L'azote total

L'azote total est déterminé par la méthode de **KJELDAHL**. Sur une prise de **2 g** du sol, la minéralisation à eu lieu par l'attaque acide **(H_2SO_4 concentré)** et les catalyseurs **sulfate de K** et de **Cu** pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium, porté à l'ébullition.

6. L'azote assimilable

Le dosage de l'azote minéral se fait par la méthode de **KJELDAHL.** Pour les deux formes d'azote, l'extraction a été faite par l'utilisation d'une solution de **5 g** du sol + **50 ml** de **KCl (2 molaires)**, après une extraction on ajoute au filtra **0.2 g** de alliage de **DEWARDA** et **0.2 g** de l'oxyde de magnésium **(MgO)**, puis une titration avec de l'acide sulfurique **(N/20)**.

7. Potassium assimilable

Il est extrait par l'eau distillée. On met **10g** du sol + **50ml** d'eau distillée pour les agiter pendant 2 heures et faire une filtration. Le potassium est dosé par la suite à l'aide d'un **spectrophotomètre à flamme**.

2. Relation entre les composantes

2.1. Relation entre le rendement et ses composantes

a. Relation entre le rendement en grains (q/ ha) et le nombre de grains par m²

Le nombre de grains par /m² **(R = 0,8)** et le nombre d'épis / m² **(R = 0,96)** ont été déterminantes pour la réalisation de bons rendements (figures 25.26). En effet, il existe des bonnes corrélations entre ces deux composantes et le rendement en grains. Ceci confirme les résultats obtenus par **HALILAT (1993)**.

Le rendement obtenu est étroitement corrélé et avec le nombre de grains par unités de surface (**R= 0,8)** (figure 25). Ceci illustre bien l'action de l'azote et du potassium sur les deux composantes essentielles du rendement à savoir le nombre de grain d'une part et le poids des grains d'autre part.

A fin d'arriver à des rendements moyens de 44.84 q /ha, il semble nécessaire plus de 11000 grains/ m². Il apparaît que 8623 grains/ m² en moyenne permettent d'atteindre un rendement de 37.83 q/ ha.

b. Relation entre le rendement en grains (q/ ha) et le nombre de grains par épi et le poids de 1000 grains

On remarque aussi une forte liaison entre le rendement en grains et les deux composantes nombre de grains / épi **(R = 0.96)** (figure 26) et le poids de 1000 grains **(R = 0.99)** (figures28). Le rendement en grains est donc influencé par le poids de 1000 grains, le nombre de grains par m² et le nombre de grains par épi.

c. Relation entre le nombre de grains par mettre carré et le rendement en paille (q/ ha), le nombre d'épis par mettre carré

La figure 29 montre que la liaison entre le nombre de grains/ m² et le rendement en paille récoltés sur la même surface est très forte **(R = 0.88).** Il est a noter que cette augmentation du nombre de grains / m² s'accompagne avec l'élévation de la production en paille et donc automatiquement d'une augmentation des besoins en eau. La liaison entre les

deux paramètres étudiés fait apparaître l'importance des conditions de croissance dans lesquelles se trouve la plante et cela tout au long du cycle végétatif.

Pour **SEBILLOTTE et al (1978)**, l'étroite liaison constatée, entre le rendement en paille et le nombre de grains / m².

On observe une très bonne relation entre le nombre de grains par m² et les deux composantes à savoir le rendement en paille **(R = 0.88)** et le nombre d'épis par m² **(R = 0.93).**

d. Relation entre le rendement en grains (q /ha) et le nombre d'épi par mètre carré

La figure 27 montre que les résultats moyens de l'interaction entre le nombre d'épis par mètres carré et le rendement en grains ont conduisaient à un rendement moyenne de 44.84 q/ ha avec un apport d'azote de 320 unités / ha correspond à un peuplement moyen de 341 épis par mètres carré. Il est possible d'avoir un rendement de 37.83 q/ ha, correspondant à la dose 240 unités / ha, avec un peuplement moyen de 263 épis par mètres carré. Cependant, les doses d'azote ont un influence fortement sur ces deux paramètres **(R = 0.8)** respectivement : nombre de grains / m² et rendement en grains. Mais à l'intérieur même d'une fourchette étroite d'une même dose, il apparaît de suite que la liaison d'ensemble entre ces deux paramètres et l'effet potassium ne serait pas bonne et on assiste même à une liaison négative avec le nombre d'épis / m².

Le rendement en grains s'élabore tout au long du cycle de développement de la plante; des corrélations étroites et positives sont observées entre le rendement et ses composantes. Le rendement accroît significativement avec l'augmentation des apports des engrains azotées et potassiques.

2.2. Relation entre les caractères agronomiques et morphologiques du blé

Les variations des composantes du rendement sont, chez les céréales à paille, très corrélées à celle de la croissance pendant leur phase de formation **(MASLE, 1980 ; cité par MEYNARD, 1985)**.

La droite de régression (figure 32) illustre l'intensité de la liaison existante entre le nombre de grains/ m² et la biomasse au stade maturité **(R=0,95).** Des corrélations positives sont enregistrées entre le rendement en grains et la production en matière sèche au stade maturité **(R= 0,94)** (figure31).

Le nombre de grains formés résultants du nombre d'épis et du nombre de grains / épi, est fortement influencé par l'état de l'appareil végétatif et en particulier par son volume **(COUVREUR, 1981)**. En absence d'accidents à la méiose et à la floraison ou à la récolte (gel, coulure), une liaison étroite est observée entre nombre de grains/ m² et biomasse végétative à la floraison ou à la récolte **(SEBILLOTE, 1980** cité par **MAYNARD, 1985)**.

Nos résultats confirment ceux obtenus par **HALILAT (1993)**. Le rendement biologique est un facteur essentiel pour la formation du rendement en grain. En ajoutant qu'une liaison significative est enregistrée entre le rendement en grain et la matière sèche.

Une liaison positive est enregistrée entre la hauteur de la tige et la production en matière sèche au stade récolte **(R= 0,65).** Ce qui indique que la hauteur de la tige a contribué dans la formation d'une biomasse importante du blé (Figure 33).

BOUZERZOUR *et al* (1996), rapporte que la hauteur des plantes semble influencer positivement la biomasse.

Conclusion

Le rendement en grains s'élabore tout au long du cycle du développement du blé. Des corrélations positives sont constatées entre le rendement en grains et ses composantes d'une part, et les paramètres de croissance d'autre part.

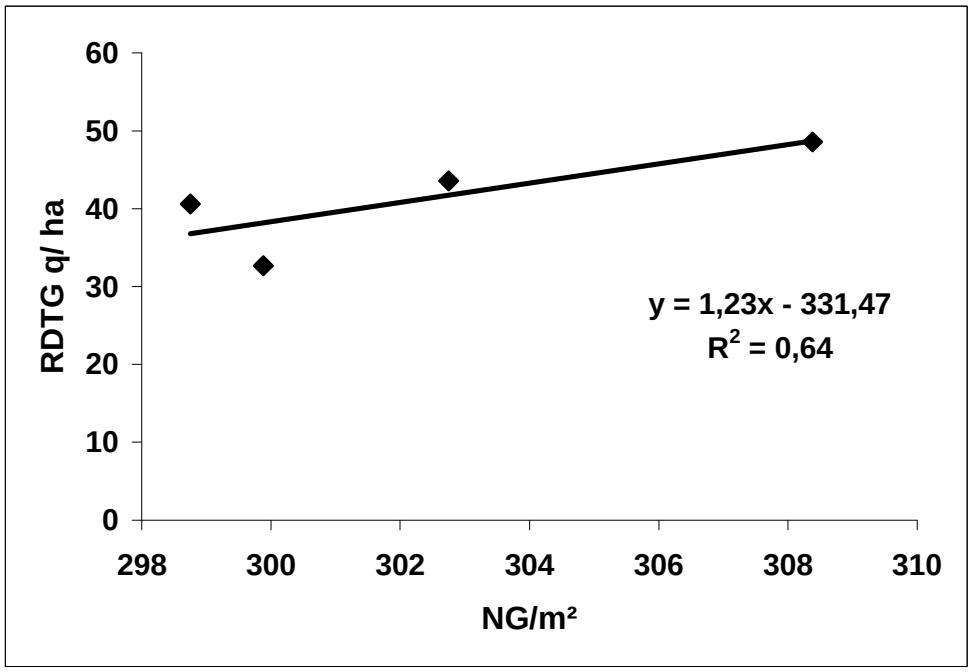


Figure 25 : Relation entre le RDT G q /ha et le NG/ m²

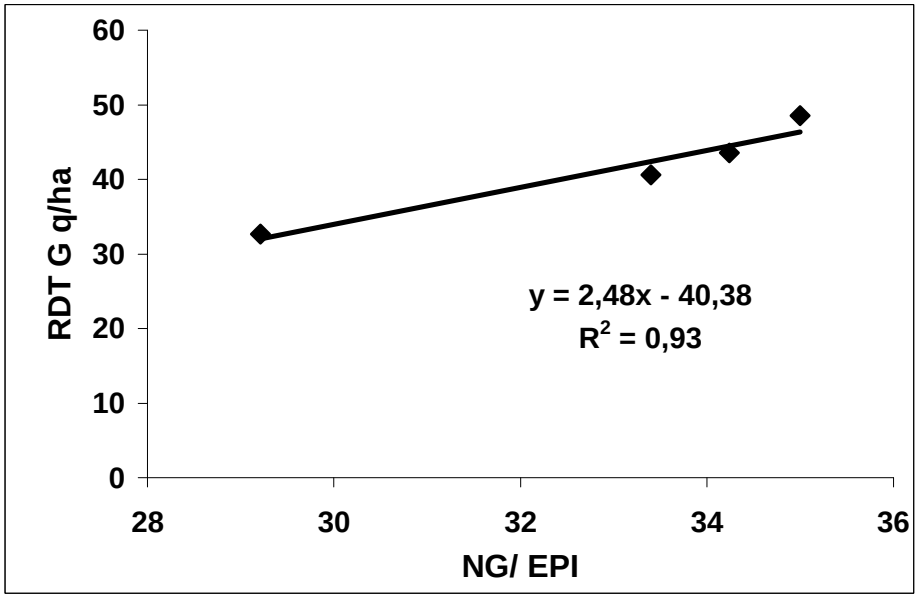


Figure 26 : Relation entre le RDT G q/ ha et le NG/ épi

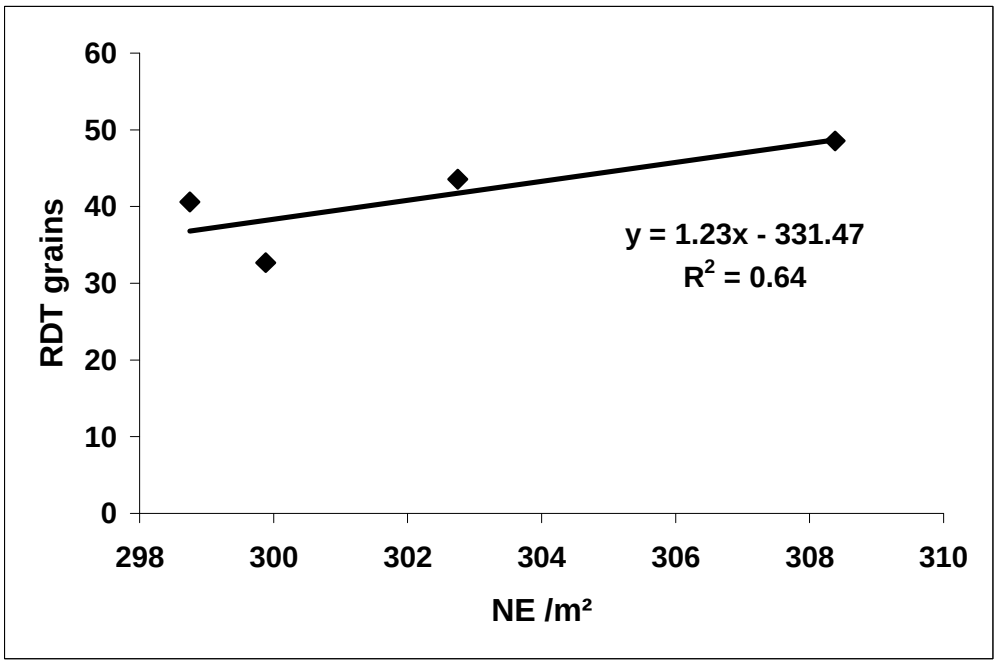


Figure 27. Relation entre le RDT G q/ ha et le NE/ m²

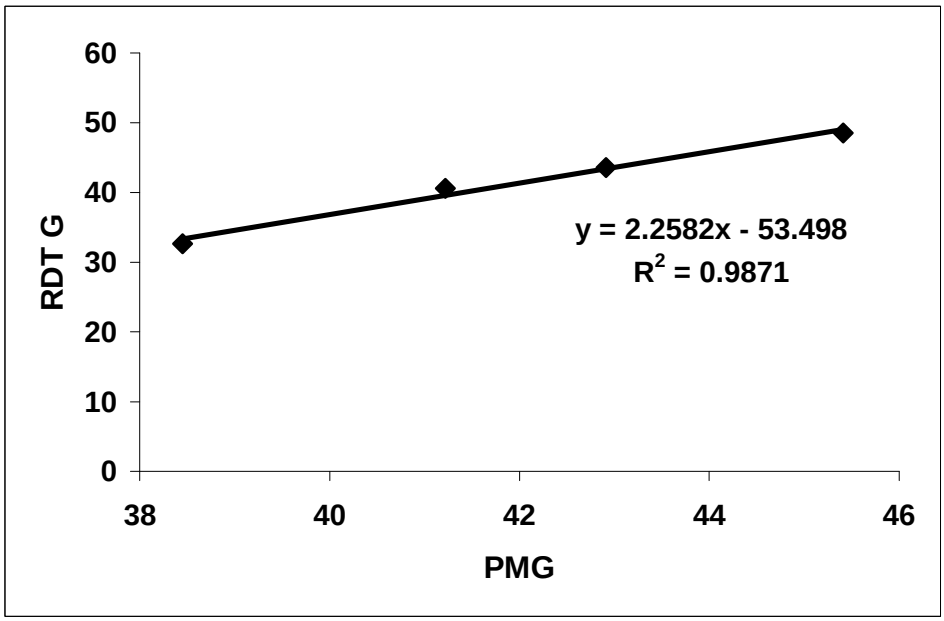


Figure 28. Relation entre le RDT G q /ha et le PMG

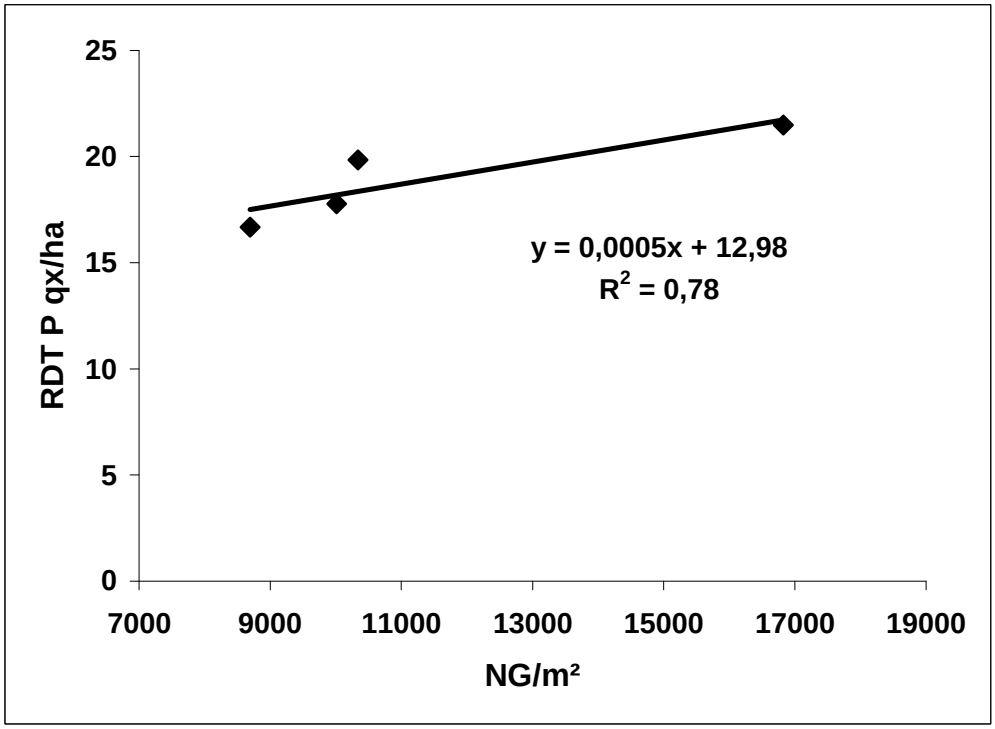


Figure 29. Relation entre le RDT P q /ha et le NG/ m²

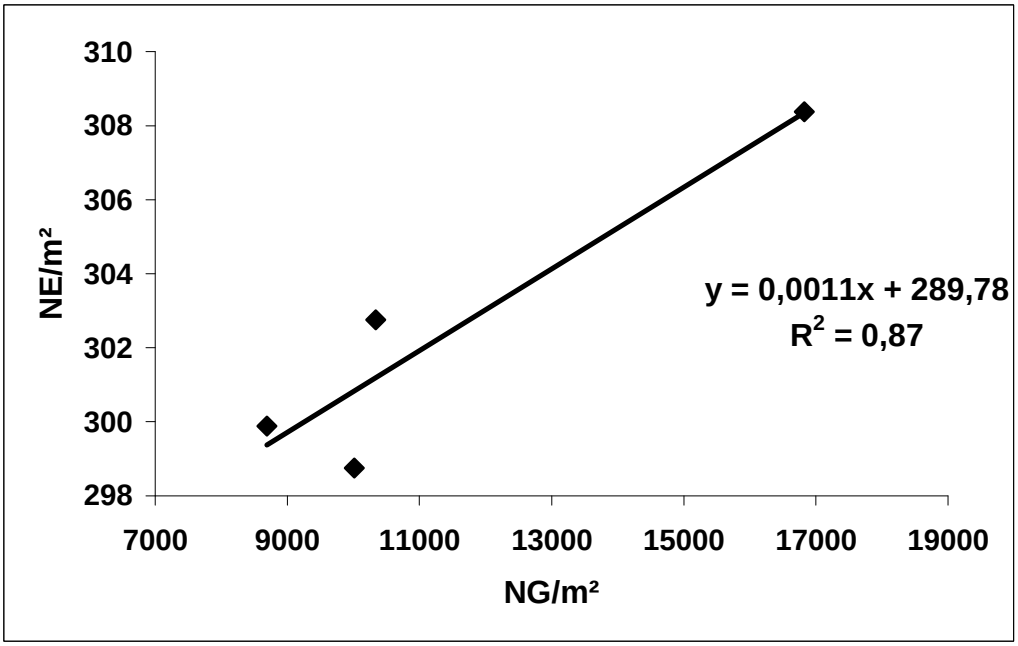


Figure 30. Relation entre le NG/ m² ha et le NE/ m²

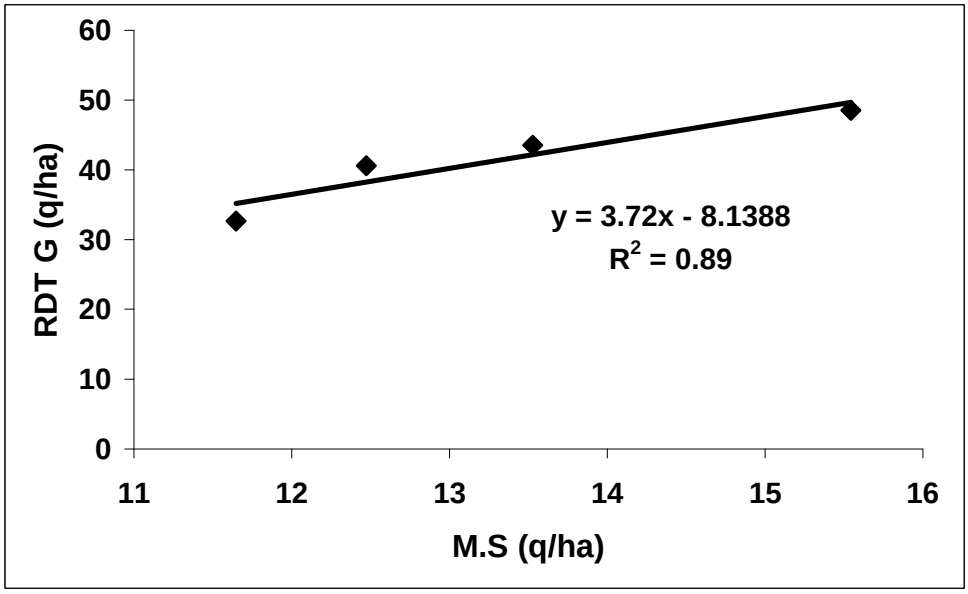


Figure 31. Relation entre le RDT G (q/ha) et MS (q/ha)

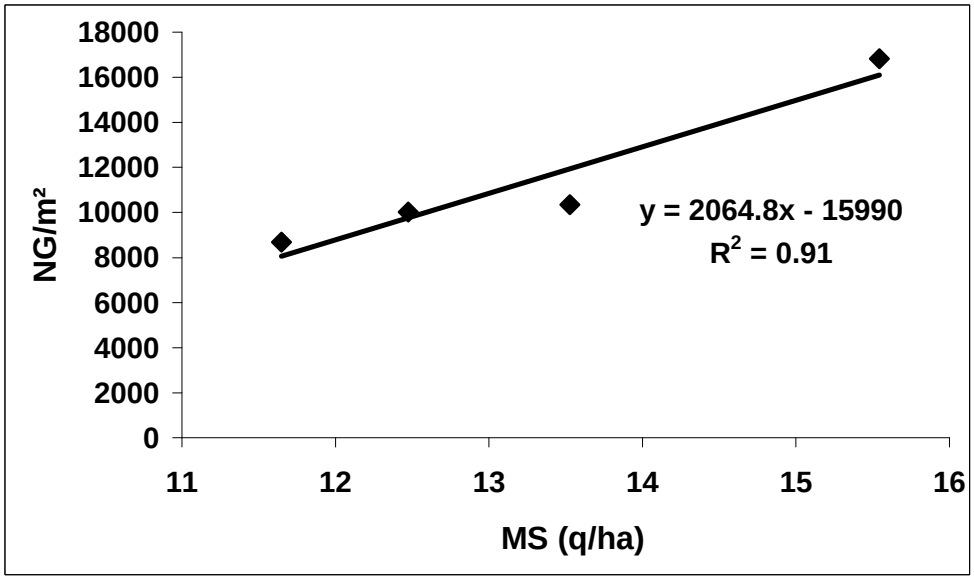


Figure 32. Relation entre le NG/m² et MS (q/ha)

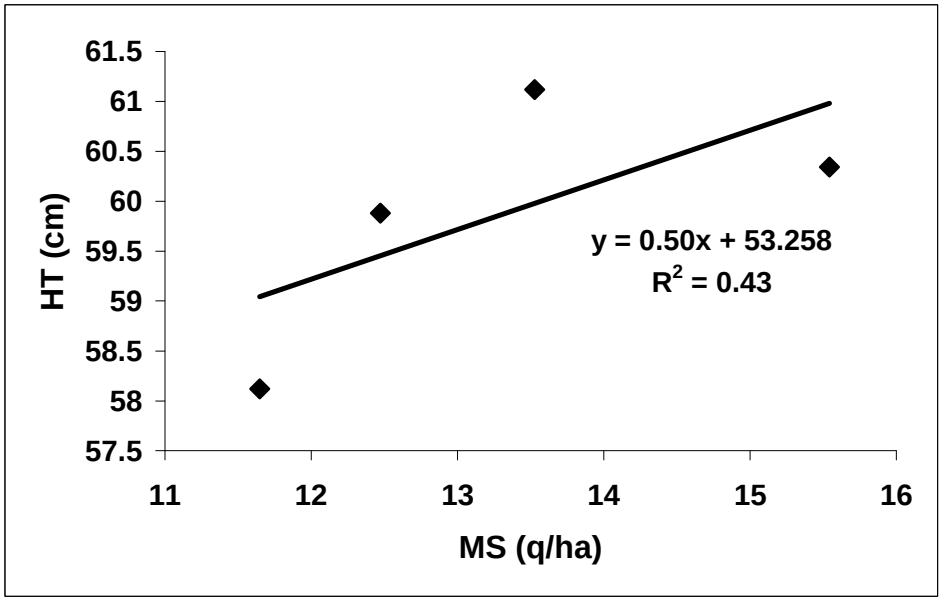


Figure 33 : Relation entre le HT (cm) et MS (q/ha)

Annexe 1 : Principales productions par commune campagne 2002/2003 en q

Source : D.S.A.2004

COMMUNE	DATTE TOTAL	DONT DEGLET NOUR	CÉRÉALE	FOURRAGE	CULTURES MARAICHERES	CULTURE INDUSTRIEL	CULTURES SOUS SERRES
OUARGLA	165534	28150	0	18150	6209	600	468
ROUISSAT	59431	20995	0	18150	3356	400	3590
SIDI KHOUILED	19391	6208	0	255	6807	29	2157
AIN BAIDA	89095	46541	0	340	5154	72.5	986
HASSI BEN ABDALLAH	23797	17582	21178	21453	6962	43.5	6026
N'GOUSSA	65479	24435	0	447	24566	78	3699
HASSI MESSAOUD	3358	1229	1161	6150	3050	0	2185
EL BORMA	0	0	0	0	0	0	0
EL HADJIRA	27247	5076	1050	5585	6370	50	5190
EL ALIA	14880	7455	0	4970	4490	250	0
TAMACINE	52079	41022	0	25615	13714.5	670	0
BLIDET AMOR	65147	56662	0	21145	16835.5	1350	0
TOUGGOURT	305	268	0	3785	335	0	0
NEZLA	76747	60314	0	13262	13.28	516	0
TEBESBEST	63919	38162	0	14906	8490	334	0
ZAOUIA	53624	39987	0	19925	11439	600	0
MEGGARINE	75577	50721	0	55580	36492	0	0
SIDI SLIMANE	66880	50028	0	17570	26879	0	0
TAIBET	9424	6928	0	0	2925	7.5	0
BENNACER	7298	5300	0	524.5	2790	7.5	0
M'NEGUEUR	18925	11968	0	1575.5	3295	15	0
TOTAL WILAYA	958137	519061	33838	253411	23187	5023	24301