

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA 1**

**FACULTÉ DES SCIENCES NATUREL ET DE VIE**

**DÉPARTEMENT DE LA BIOTECHNOLOGIE VÉGÉTALE**

**Essai d'amélioration d'une culture de Maïs (*ZEA mays. L*) variété  
SCANDI CS cultivée en zone saharienne.**

Projet de Fin d'Etude en vue de l'obtention  
Du diplôme Master.

Spécialité Biotechnologie végétale.

Présenté par :  
KHERFI Sofiane  
BAKELLI Younes

Devant le jury composé de :

M <sup>eme</sup> FOURAR R	M.C.B	Présidente
M <sup>eme</sup> BRADEA M S	M.C.A	Promotrice
M <sup>eme</sup> FELIDJ M	M.C.B	Examinatrice

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013**

## *REMERCIEMENTS*

*Grâce à dieu le tout puissant qui nous à donné le courage et la volonté, la santé, ce mémoire a été concrétisé pour terminer nos études.*

*Nous tenons à remercier sincèrement notre promotrice M<sup>me</sup> Maria Stela BRADDA, pour nous avoir encadrés tout au long de ce mémoire, pour son entière disponibilité, pour sa gentillesse, pour nous avoir fait confiance et pour sa précieux conseils. Ce qui a permis la réalisation de son travail dans les meilleures conditions. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Nous remercions aussi le présidente et les membres du jury pour le temps consacré à la lecture de ce mémoire et leur aimable attention, nous leur devons un grand respect.*

*Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants et les membres de l'administration du département des sciences Agronomiques de l'université de BLIDA.*

*Nous remercions aussi M<sup>r</sup> Saïd TEMINA et les responsables de la ferme FLACH à El Goléa.*

*En fin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *DEDICACES*

*Je n'aurais certainement pas pu mener à bien ce travail  
sans le soutien de mes proches :*

*En premier lieu je dédie à mes chères parents et ma chère  
femme qui m'ont encouragé et m'ont soutenu que le dieu les  
préservé et leur donné une longue vie ;*

*À mes frères et mes sœurs, à tous mes oncles et cousins ;*

*Toute ma famille ;*

*À tous mes amis ;*

*À tout qui m'aide de ce travail ;*

## Résumé :

En Algérie, la culture des céréales se concentre dans les régions arides et semi arides là où l'eau, le froid et les fortes chaleurs constituent un facteur limitant.

Le but de ce travail est de comparer l'influence d'une fertilisation organique à base de l'acide humique sur la croissance et le développement de l'espèce du maïs (*ZEA mays. L*) variété SCANDI CS.

L'étude a porté sur la fertilisation organique à base de l'acide humique des plans du maïs par deux traitements durant tout le cycle végétatif, répartis en trois catégories :

- ✓ Un traitement (T1), où l'application d'une fertilisation organique a une dose de 15qx/ha;
- ✓ Un traitement (T2), où l'application d'une fertilisation organique a une dose de 30qx/ha;
- ✓ Témoin, (T0), (absence de la matière organique) pour comparer les résultats.

Une amélioration hautement significative des paramètres de croissance et de production a été constatée lors de la fertilisation organique des plantes (T1)et (T2), en comparaison avec les plantes témoin (T0).

D'autres résultats suggèrent que l'addition des matières organiques composent d'une acides humique à au sol sableuse a amélioré considérablement non seulement les paramètres physiologiques des plantes mais aussi la fertilité du sol.

Mots clés: Maïs, fertilisation organique, acide humique, zones sahariennes.

**summary :**

In Algeria, cereal cultivation is concentrated in the arid and semi arid areas where water, cold and high temperatures are the limiting factor.

The aim of this study is to compare the influence of organic fertilization based humic acid on the growth and development of the species of maize (*ZEA mays. L*) variety SCANDI CS .

The study focused on organic fertilizer based on humic acid plans corn by two treatments throughout the vegetative cycle, divided into three categories:

- treatment (T1), where the application of organic fertilizers has a dose 15qx/ha ;
- treatment (T2), where the application of organic fertilizers has a dose 30qx/ha ;
- Witness, (T0) (no organic matter) to compare the results.

A highly significant improvement in growth parameters and production was found in the organic fertilization of plants (T1) and (T2) , compared with control plants (T0) .

Other results suggest that the addition of organic matter consists of humic acids in sandy soil significantly improved not only the physiological parameters of the plants but also soil fertility .

Keywords : Corn, organic fertilization, humic acid , Saharan zones .

## المخلص:

في الجزائر، تتركز زراعة الحبوب في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث المياه و درجات الحرارة الباردة و العالية هي العامل المحدد.

الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة تأثير التسميد العضوي على أساس حمض الذبالية على نمو وتطور نوع من الذرة (SCANDI)

و ركزت على الأسمدة العضوية على أساس حمض الذبالية دراسة الذرة من قبل اثنين من العلاجات طوال دورة الخضري ، وتنقسم إلى ثلاث فئات:

( T1 ) ؛ العلاج .أين استخدمنا 15قنطار/هكتار من الأسمدة العضوية.

( T2 ) ؛ العلاج ، أين استخدمنا 30قنطار/هكتار الأسمدة العضوية.

( T0 ) الشاهد، .(لا توجد الأسمدة العضوية ) لمقارنة النتائج.

، مقارنة مع النباتات ( T2 ) تم العثور على تحسن كبير جدا في مقاييس النمو والإنتاج في التسميد العضوي من النباتات (T0).

وتشير النتائج الأخرى إلى أن إضافة المواد العضوية تتكون من الأحماض الذبالية في التربة الرملية تحسنت بشكل ملحوظ ليس فقط المعلمات الفسيولوجية للنباتات ولكن أيضا خصوبة التربة.

الكلمات الرئيسية : الذرة ، التسميد العضوية ، الأحماض الذبالية ، المناطق الصحراوية .

# Sommaire

Introduction.....	01
<b>Première partie : études bibliographiques</b>	
<b>Chapitre 1 Culture de maïs</b>	
1.1	
Historique :.....	03
1.2 Caractéristiques botaniques .....	03
1.3 Variétés cultivées :.....	05
1.4 Cycle végétatif :.....	05
1.5 Exigences agro-écologique :.....	07
1.6 La Culture :.....	08
1.7 Lutte Contre Les Adventices :.....	09
1.8 Les maladies .....	09
1.9 Les ravageurs :.....	10
1.10 Utilisations :.....	10
1.11 La récolte :.....	11
1.12 La production.....	11
1.13 Commerce international :.....	13
<b>Chapitre 2 La fertilisation</b>	
2.1 Introduction :.....	14
2.2 Les besoins du maïs :.....	14
2.3 Les carences.....	16
2.4 La fumure organique.....	17
2.5 Rôles et effets de la fertilisation organique à base des substances humiques .....	18
2.6 Fertilisation raisonnée et méthode du bilan azoté.....	20
<b>Deuxième partie : étude expérimentale</b>	
<b>Chapitre 3 : Matériels et méthodes</b>	
3.1 Présentation de la région d'étude.....	24
3.2 .Objectif de l'expérimentation.....	30
3.3 Matériel végétal.....	30
3.4 Sol .....	31
3.5 Eau d'irrigation.....	32
3.6 Le produit testé .....	33
3.7 Dispositif expérimental.....	34
3.8 Itinéraires technique de l'essai.....	35
3.9 Paramètres étudiés .....	37
3.10 Analyse statistique.....	39
<b>Chapitre 4 : Résultats et discussions</b>	
4.1 Paramètres de croissance :.....	40
4.2 Paramètres de rendement :.....	50
4.3 Conclusions.....	52
<b>Références bibliographique.</b>	
<b>Annexes.</b>	

## Liste des abréviations

CV : coefficient de variation  
NG : nombre de grains  
NE : nombre d'épis  
ITGC : institue technique des grandes cultures  
INRA : institue nationale des recherche agronomique  
T.H.S : très hautement significatif  
H.S : hautement significatif  
Rdt : rendement  
PMG : poids de mille grains  
Fig : figure  
MO : Matière organique  
T° max : température maximale  
T° min : température minimale  
T° moy : Température moyenne  
T° : température  
R : répétition  
V : variété  
BAC : Bloc Aléatoire Complet  
UFL : unité fourragère lait  
UFV : unité fourragère viande  
IAMM : Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier  
CIHEAM : Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes  
cm : centimètre  
mm : millimètre  
qx : quinto  
h : heurs  
Etp : évapotranspiration  
m/s : mètre par seconde  
C.V : coefficient de variation  
D.D.L : degré de liberté  
E.T : écart-type  
g : gramme.  
ha : Hectare.  
J : jours  
ml : millilitre  
P : plante  
Proba : probabilité  
S.C.E : somme des carrés des écarts  
T.S (%) : taux de la matière sèche  
mg: milligramme.



## Liste des figures

Figure 1 plante de maïs.....	3
Figure 2 Situation géographique de la région d'El-Goléa et du site expérimental ...	25
Figure 3 Plan du dispositif expérimental.....	34
Figure 4 Vue générale du dispositif expérimental.....	35
Figure 5 La pré-irrigation .....	36
Figure 6 Aspect général des plants de maïs T1 et T2 (ou la présence de la matière organique) comparé au témoin T0 (ou l'absence de la matière organique).....	40
Figure 7 La vitesse de croissance des plantes en (cm/j).....	41
Figure 8 La hauteur finale des plantes en (cm/traitement).....	42
Figure 9 Nombre des feuilles.....	43

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Évolution des superficies, du rendement et de la production de maïs dans le monde.....	11
Tableau 2: Évolution des superficies, du rendement et de la production du maïs en Algérie.....	12
Tableau 3 . Données climatiques de la région d'El-Goléa (2002 - 2012).....	26
Tableau 4 : Données climatiques de la région d'El-Goléa (2013).....	28
Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié. ....	32
Tableau 6 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation.....	33
Tableau 7 : Quantité d'eau apportée par stade de culture.....	36
Tableau 8 : moyennes des températures par semaine du pivot en (°C).....	37
Tableau 9 : Diamètre moyen des tiges en (cm): .....	44
Tableau 10 : longueur des feuilles en (cm):.....	45
Tableau 11 : largeur des feuilles en (cm):.....	45
Tableau 12 : longueur de panicule femelle en (cm):.....	46
Tableau 13 : Nombre de branches de l'épi mâle .....	46
Tableau 14 : Poids frais des racines en (g): .....	47
Tableau 15 : Poids sec des racines en (g):.....	48
Tableau 16 : Poids frais de la partie aérienne (tige + feuille) en (g):.....	48
Tableau 17 : Poids sec de la partie aérienne (tige + feuille) en (g):.....	49
Tableau 18 : Poids de mille graines en gramme (PMG): .....	50
Tableau 19 : Nombre des graines par panicule: .....	50



Pour des raisons de sécurité alimentaire, l'Algérie se doit d'atténuer son niveau de dépendance vis-à-vis de l'extérieur, en essayant de réduire les importations des produits agricoles. Pour atteindre cet objectif, il est indispensable d'assurer une production locale des cultures agricoles stratégiques.

D'autant plus, que la production nationale n'assure qu'un très faible taux de couverture de la consommation pour les produits de première nécessité, tels que les blés, les légumes secs, le lait, les viandes, les huiles brutes, le sucre,... et indirectement pour l'alimentation animale. Alors que, des cultures comme le maïs, le coton, la betterave à sucre, les oléagineux, qui étaient, dans un passé récent, cultivées par nos agriculteurs, sont aujourd'hui totalement importées. Et leur importation ne cesse d'alourdir la facture alimentaire, au point où l'Algérie est devenue le principal importateur des denrées agroalimentaires du continent africain (BALIL, 2001).

Parmi ces produits, le maïs, qui constitue une des cultures de base dans l'alimentation animale et en particulier pour l'aviculture et l'élevage bovin, est importé exclusivement chaque année, en quantités de plus en plus importantes (ITGC, 2011).

Selon l'office national des aliments du bétail (ONAB), 600milles tonnes de maïs et 180milles tonnes de soja ont été imports, au cours de l'année 2011, pour fabriquer 1,2 million de tonnes d'aliments composés (ONAB, 2011).

Les premiers résultats du programme de relance et de développements de la culture du maïs ne sont pas satisfaisants dans les zones étudiées, malgré que le volonté pour la reprise de la culture. Cependant, il est mis en évidence que la culture n'a pas exprimé ses potentialités à cause des problèmes d'adaptation (choix des variétés), des problèmes de matériels spécifiques (indisponibilité, réglage..) et de maîtrise technique (méconnaissance de l'itinéraire approprié à la zone de et de l'irrigation du maïs). La preuve de la réussite de cette culture est donnée par certains agriculteurs qui ont obtenus des rendements intéressants, même au sud où le maïs est conduit totalement sous irrigation (ITGC, 2011).

Les perspectives de développement de la culture du maïs en Algérie sont optimistes et dans ce sens, l'ONAB (Office national des aliments de bétail) prévoit

étendre la superficie du programme maïs à 4500 ha pour l'année 2012, en développant en parallèle en maïs fourrager et le maïs grain (ONAB, 2011).

La maîtrise technique est la clé de réussite du maïs, tel est le conseil de l'ITGC établi depuis les essais d'expérimentation en 1987.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche sur la fertilisation raisonnée du maïs cultivée sous système d'irrigation (pivot) en conditions sahariennes ; à travers une expérimentation en pleine champ a pour objet la comparaison de différentes doses d'engrais de fond (ou l'apport d'acide humique) sur le comportement nutritionnel et le rendement d'une culture de maïs (variété: SCANDI CS)

En premier lieu nous avons initié une étude bibliographiques, suivit par une explication de parcours expérimentale et d'analyse des données qui leurs résultats seront interprétés et commentés dans la dernière partie.

## 1.1 Historique :

Il semble que le maïs soit originaire de l'Amérique centrale, surtout si l'on se réfère au rôle qu'il a joué dans les civilisations précolombiennes. Le développement de sa culture en Europe remonte à son introduction en Espagne par Hernán Cortés vers 1519. Il est apparu dans le sud-ouest de France au cours du 16<sup>ème</sup> siècle, son aire de culture a ensuite gagné lentement le Languedoc, la vallée du Rhône la Bresse, l'Alsace et le pays de Bade. Grâce aux échanges commerciaux, son extension s'est poursuivie pendant le 16<sup>ème</sup> et 17<sup>ème</sup> siècle dans le sud de l'Europe, sur le pourtour de la méditerranée, dans les Balkans et jusqu'en Asie par les commerçants espagnols et portugais. Enfin, la colonisation espagnole a favorisé son extension vers l'Amérique du sud (GALY, C. 2002)

## 1.2 Caractéristiques botaniques :

### 1.2.1 Classification :

Selon BOULAL ET AL, (2007) le maïs a la classification suivante :

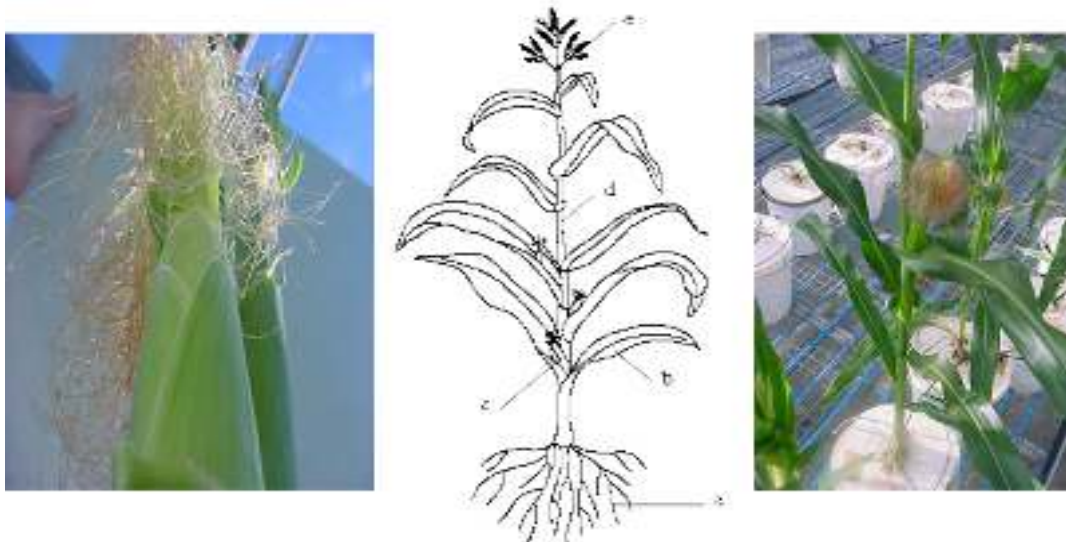


Figure 1 plante de maïs (ANONYME, 2012)

Règne :	<i>Plantae</i>
Division :	<i>Magnoliophyta</i>
Embranchement :	<i>Spermaphytes</i>
Sous embranchement :	<i>Angiospermes</i>

Classe :	Liliopsida
Ordre :	Cypirales
Famille :	Poacées
Sous famille :	Panicoideae
Genre :	<i>ZEA</i>
Espèce:	<i>ZEA mays</i> L. (ANONYME, 2012)

## 1.2.2 Morphologie de la plante :

La plante du maïs est robuste, monoïque (inflorescences mâle et femelle séparées sur la même plante), annuelle et généralement à tige unique (BENLAHRECH, 2012).

Contrairement aux autres Poaceae, le maïs ne talle pas en générale, la tige remplie de moelle sucrée est généralement unique de 1.5 à 3 m de gros diamètre (2-4 cm).

Les feuilles typiques des Poaceae, sont engainantes, à nervure parallèles, alternée et large (BENLAHRECH, 2012).

## 1.2.3 L'appareil reproducteur :

Le maïs est une plante bisexuée qui porte, séparées, des fleurs mâle et fleurs femelle. La panicule située au sommet de la tige regroupe les fleurs mâles alors que les épis situés plus bas, à l'aisselle des feuilles et enveloppés des bractées, regroupent les fleurs femelles (GALY, 2002).

Les épillets mâles son groupés par 2 ou 3 et chacun contient 2 fleurs. Les épillets femelles contiennent chacun 2 fleurs, dont une seule est fertile. Bien que la plante puisse s'autoféconder, la fécondation est croisée en raison de la séparation des sexes dans l'espace et de la maturité plus précoce des fleurs mâles (AGPM, 1976).

## 1.2.4 Le Système racinaire :

Le système racinaire est de type fasciculé et adventif. Les racines sont de deux types : séminales et adventives ; les séminales sont les premières à se former,

suivies des adventives, qui prennent la forme de couronnes à partir des entre-nœuds les plus bas de la tige ; les racines adventives sont des racines d'encage qui prennent naissance au niveau des nœuds de la base de la tige et qui soutiennent essentiellement la plante (BENLAHRECH, 2012).

Les racines du maïs explorent un volume de plusieurs m<sup>3</sup>de terre dont elles améliorent la porosité et la structure des sols (BENLAHRECH, 2012).

## 1.2.5 La graine :

Le grain est un caryopse, riche en amidon, de couleur variable mais de plus souvent jeune, qui passe par plusieurs stades, de laiteux à vitreux, au cours de son remplissage. A maturité, son taux d'humidité est compris entre 30 et 40 % (IDGC, 1986).

Les graines sont portées par une inflorescence (l'épi) protégée par des spathes qui empêche leur dissémination. C'est une caractéristique qui les distingue des autres céréales (ITGC, 2011). L'allogamie est prépondérante bien que la plante soit auto fertile (BENLAHRECH, 2012).

## 1.3 Variétés cultivées :

Jusque dans l'année 1950, seules étaient cultivées en France des populations à aires de culture très localisées. L'introduction de variétés hybrides d'origine américaine à partir des années 1950 a eu pour effet de modifier complètement la production de maïs et d'élargir son aire de culture, grâce à l'effet d'hétérosis (vigueur hybride). Les hybrides ont en effet l'avantage d'avoir des rendements beaucoup plus élevés que les anciennes variétés, une plus grande adaptation aux conditions climatiques, une grande résistance à la verse et une homogénéité morphologiques. Cependant, en raison de leur nature hybride, les semences doivent être renouvelées chaque année. Toutes les variétés cultivées actuellement dans les pays industrialisés sont des hybrides dont le potentiel de production peut théoriquement atteindre 20t/ha. De plus, leur large gamme de précocité permet de les cultiver dans de nombreuses régions (GALY, 2002).

## 1.4 Cycle végétatif :

Le cycle de maïs s'effectue durant une période allant de 100 à 180 jours qui se divise en trois grandes phases : végétatives, reproductrice et maturation du grain.



- **La période végétative**

La croissance et développement commence par la germination de la graine, la germination exige une température minimale de 5<sup>0</sup>c, mais n'est active qu'à partir de 10<sup>0</sup>c et demande alors une dizaine de jours. La coléoptile conduit la première feuille jusqu'à la surface, et des racines primaires sont émises de la coléorhize (ANONYME, 2008).

De la levée au stade 6-8 feuilles, le maïs s'installe. Sa croissance est faible et dépend surtout de la température et de la facilité de réchauffement du sol (ANONYME, 2008).

- **La période reproductrice :**

Du stade 6-8 feuilles à la floraison : au stade 6-8 feuilles, selon les variétés, l'apex développe en quelques jours la panicule mâle. Huit à dix jours plus tard, un ou deux bourgeons axillaires évoluent en épis femelle, sur lesquels apparaissent des fleurs femelles et des soies (BELAID, 1986).

De la floraison mâle à la fécondation : l'émission du pollen commence quelques jours après l'apparition de la panicule mâle, et dure environ une semaine. Le pollen tombe sur les soies, y germe et va jusqu'à l'ovule pour féconder (BAYA, 1997).

La fécondation est presque nécessairement croisée : le pollen d'un pied est émis par la panicule avant que les soies n'apparaissent complètement. La fécondation ne sera pas bonne (BARRIERE, 2001).

La germination des grains de pollen demande des soies suffisamment gorgées d'eau : en cas de manque d'eau (sol sec et air très sec). La fécondation ne sera pas bonne.

- **La Phase de développement du grain et de maturation :**

Le grain se gonfle d'abord d'eau puis de réserves au dépend des tiges et des feuilles. Il passe alors par trois stades :

Le stade laiteux (80% d'eau), puis le stade pâteux (50% d'eau). Le grain est nettement denté et les spathes commencent à jaunir et enfin de stade rayable à

l'ongle (difficilement) : le grain ne contient plus que 35% à 38% d'eau (BENLAHRECH, 2012).

## **1.5 Exigences agro-écologique :**

Pour leurs bon développement les céréales exige le regroupement d'un certain nombre de facteurs ; ces facteurs peuvent être intérieurs (l'état du grain lui-même) et/ou extérieurs (sol, climat, fertilisation.).

### **1.5.1 Sol :**

Le maïs pousse sur des sols de fertilité, de texture et de profondeur très variables, mais préfère des sols profonds à texture fine, bien drainés et d'un pH entre 5.5 et 7.0 (BENLAHRECH, 2012).

### **1.5.2 Température :**

Plante d'origine tropicale, le maïs est exigeant vis-à-vis des températures. Le zéro de germination est plus élevé que celui de la plupart des céréales à paille : il est voisin de 6 °C (entre 6 et 10 °C, la germination est lente). La levée nécessite une température supérieure à 10 °C. Pour les différents stades du cycle, les besoins en température dépendent des variétés. La somme des températures moyenne journalières (base 6 °C) du semis au stade grain sec (30% d'humidité) est de 1615 °C pour le maïs très précoces et de 2000 °C pour les variétés tardives. En cours de culture, des gelées peuvent causer des dégâts sur les feuilles et les organes floraux (DEKKICHE, 2012).

### **1.5.3 Eaux :**

Le maïs est également une plante exigeante en eau : il faut environ 500 l d'eau pour produire 1 kg de grain et 350 l pour 1 kg de matière sèche soit, pour un rendement de 80 q/ha ou 12 t de matière sèche, 4 000 m<sup>3</sup>/ha. Par ailleurs, le maïs traverse une phase critique pour ces besoins en eau de 15 à 20 jours avant la floraison mâle, et jusqu'à 15 jour après. Un déficit en eau durant cette période peut entraîner des pertes de rendement peuvent atteindre 50 %. Un apport d'eau par irrigation pendant cette période est capitale. Au final, si la température définit l'aire possible de la culture de maïs, l'eau est essentiel pour le potentiel de production (BARRIERE, 2001).

## 1.5.4 La fertilisation minérale :

La majorité des éléments minéraux nécessaires à la plante est prélevée durant une période de 5 semaines allant de 10 jours avant l'apparition des panicules mâle à 25-30 jours après. Pendant cette période critique, qui coïncide avec celle où les besoins en eau sont les plus élevés, la plante prélève :

- De 70 à 75% de l'azote nécessaire,
- De 60 à 70% de l'acide phosphorique,
- De 55 à 60% de potasse (ALAOUI, 2007).

De même que pour les autres céréales, l'azote est un élément déterminant pour la croissance et la production de grains de la plante. Les besoins sont de l'ordre de 2.2 kg par quintal de grains, pour un rendement se situant autour de 100 q/ha et autour de 12 kg pour un rendement de 17 t de matière sèche/ha dans le cas de maïs ensilage. La plante absorbe moins de 10% de ses besoins entre la levée et le stade 10 feuilles, de 55 à 70 % entre le stade 10 feuilles et la floraison femelle, et le reste pendant la période de formation et de remplissage des grains. La quantité d'azote à apporter est calculée par la méthode du bilan prévisionnel de l'azote, basée d'une part sur les besoins en fonction d'une estimation de rendement, d'autre part sur les fournitures du sol et le coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU), estimé à partir de références locales. Généralement, l'apport réalisé en une seule fois vers le stade 10 feuilles, est compris entre 150 et 200 kg (GALY, 2002).

## 1.5.5 La photopériode :

Bien que le maïs soit une plante de jour court, il y a des génotypes qui tolèrent les jours longs, ce qui permet l'extension de sa culture aux zones à climat tempéré (BAYA, 1997).

## 1.6 La Culture :

Le maïs (*ZEA mays .L*) est souvent cultivé avant le blé, car il permet de réduire le potentiel d'infection en adventices de ce dernier, qui profite également de l'arrière effet des fumures organiques apportées au maïs. La monoculture de maïs est toutefois un phénomène courant, notamment dans les régions où il est surtout produit pour le grain et où il est valorisé par l'irrigation (AGPM, 1976).

Le semis est réalisé avec un semoir de précision semant grain par grain à une profondeur de 4 à 5 cm. Le maïs ne peut compenser une densité de peuplement trop faible, de sorte qu'il est nécessaire de rechercher lors du semis une densité optimale et des conditions favorables à la levée, notamment en matière de température (ITGC, 2011).

Pour le maïs densité à la production de grains, est habituellement pris entre 80 000 et 100 000 pied/ha (ITGC, 2011).

Pour le maïs destiné à l'ensilage, on sème généralement à plus forte densité. L'écartement entre les lignes de 60 à 80 cm (GALY, 2002).

## 1.7 Lutte Contre Les Adventices :

Le désherbage chimique est le moyen le plus courant de lutte contre les adventices. Le traitement de base utilise deux produits du groupe des triazines : la simazine et l'atrazine, le premier produit est absorbé par les racines, le seconde par les feuilles et les racines. Ces deux produits ont cependant une rémanence dans le sol quelquefois préjudiciable aux cultures suivantes. En outre, certaines adventices, notamment des graminées estivales (panics, sétaires, digétaires) ainsi que des dicotylédones, sont résistants ; il est alors nécessaire d'utiliser d'autres familles de désherbants en cours de végétation. Le liseron reste une plante difficile à détruire en raison de la profondeur de ces rhizomes (BENBELKACEM ET AMRI 2001).

## 1.8 Les maladies :

Le maïs est généralement peu touché par les maladies. Par ailleurs, il existe une bonne variabilité génétique dans la tolérance aux maladies, qui peut être valorisée par le choix variétal. Les principales maladies sont : les fontes de semis (espèces : *Pythium* nom scientifique ; *Helminthosporium maydis*), la rouille (espèces : *oxalis* nom scientifique *Puccinia sorghi*) et le charbon (espèces *Sphacelotheca* nom scientifique : *Ustilago maydis*) (Cassini, 2002) du maïs contre lesquelles on lutte soit indirectement par traitements contre les insectes favorisant le développement de la maladie, soit directement par application des fongicides. La fusariose, est combattue par des traitements sur les semences et par des fongicides préventifs (ex : RIDOMIL) ; contre l'helminthosporiose (fente de semis) et les rouilles, sont des maladies pour lesquelles l'application de fongicides est justifiée en cas d'attaques précoces (GALY, 2002).

## 1.9 Les ravageurs :

A l'inverse des maladies, les parasites animaux sont susceptibles de causer des dégâts importants aux cultures (BENBELKACEM. 1991). En dehors des oiseaux, contre lesquels les moyens de lutte consistent à enrober les graines de répulsifs, les principaux parasites sont les taupins, fréquents surtout en monoculture les pucerons (*heliopsis zea*) et les pyrales (*Chilo partellus*) et les sésamies (*Sesamia calamistis*) (WALTERS, 2001). Contre les insectes du sol, le traitement des semences est le principal moyen de lutte préventive a lieu en même temps que le semis par épandage de granulés (traitement a base de micro granulés : Carbofuran). Contre les pucerons qui peuvent causer des dégâts importants à la levée du maïs lorsque le temps est humide, le traitement foliaire est prévu par un insecticides de contact tel que Carbaryl .Les larves des sésamies et des pyrales creusent des galeries dans les tiges et les épis. La lutte chimique (ex :Chloropyrifos 1.5%), quelquefois par voix aérienne lorsque la plante est développée (BENLAHRACH, 2011).

## 1.10 Utilisations :

Le maïs peut être cultivé comme une céréale dont on récolte seulement le grain. Dans ce cas, il est surtout destiné à l'alimentation animale (70 % des quantités produites en Europe), à l'industrie de l'amidon (20 %), à la semoulerie (8 %). L'importance du grain de maïs en alimentation animale tient à sa richesse en énergie provenant de sa teneur en matière grasse (4.7 %). Avec 1.1 UF (unité fourragère) par kg de matière sèche, il est la plus énergétique de toutes les céréales. Il est cependant relativement pauvre en azote et en calcium.

Le maïs est également cultivé comme fourrage. Dans ce cas, c'est la plante entière qui est récoltée avant maturité des grains. Elle peut être donnée en vert aux animaux, mais elle est utilisée le plus souvent sous forme d'ensilage. Sa valeur énergétique est alors de 0.90 UFL par kg de matière sèche. Elle est légèrement carencée en matières azotées (45g de matière azotées digestibles par kilogramme sèche), et dépourvu de lysine (WALTERS, 2001).

## 1.11 La récolte :

### 1.11.1 Le maïs ensilage :

Pendant la maturation, le pourcentage des substances chimiques du grain se modifie. Il est préférable de récolter le maïs ensilage au stade pâteux. La teneur en matière sèche doit se situer à environ 30%. Une récolte trop précoce ( $MS < 25\%$ ) provoque des pertes par dépôt du jus d'écoulement et par une réduction de la consommation animale. Par contre, une récolte trop tardive ( $MS > 35\%$ ) rend le hachage et le remplissage compact des silos, plus difficiles (ESTLER, 2002).

### 1.11.2 Le maïs grain :

Le maïs grain est souvent récolté avec une teneur d'humidité élevée (30-35%) et il doit être séché jusqu'à moins de 14%, pour pouvoir être conservé assez longtemps. Pour l'alimentation des animaux de son propre ferme (ESTLER, 2002),

## 1.12 La production :

### 1.12.1 Dans le monde :

Le maïs est actuellement la culture la plus importante dans le monde pour la production d'aliments pour animaux, occupant une superficie totale d'environ 140 millions d'hectares. Le rendement a été croissant, de 325 millions de tonnes dans l'année 1980 à plus de 650 millions de tonnes dans la décennie actuelle, ce qui correspond à 4.2 tonnes par hectare (USDA, 2004 in LOAISIGA ET AL., 2010). En tête de production arrivent les États-Unis d'Amérique, suivies d'autres producteurs majeurs comme : Chine, le Brésil et le Mexique. (Tableau 1)

**Tableau 1: Évolution des superficies, du rendement et de la production de maïs dans le monde.**

Année	Superficie (ha)	Rendement (q/ha)	Production (tonnes)
2001	134786329	44.771	615533718
2002	137300497	44.054	604861919
2003	144721101	44.580	645171076
2004	147528361	49.311	727471897
2005	147471782	48.395	713696156
2006	148410212	47.395	706832229
2007	158233558	49.888	789398918
2008	161203204	51.332	827489803
2009	158842402	51.605	819704199
2010	161908449	52.153	844405181

Source : FAO stat, 2011

### 1.12.2 En Algérie :

La période coloniale fut marquée par un élargissement de la surface destinée en maïs. Cependant, durant la période (1961-1989), cette surface a chuté de 6000 ha et à partir des années 90, cette culture) fait l'objet d'un désintéressement total et les surfaces emblavées en maïs ont alors atteint 450ha. En 2009, une surface minuscule de 168 ha lui fut consacrée pour un rendement total de 34.226 quintaux par hectare (q/ha) (tableau 2).

La culture de maïs en Algérie est quasi inexistante et marginalisée car considérée comme trop exigeante et demandant une très grand attention, alors que l'élevage avicole en est extrêmement dépanadant. Par conséquent, les besoins croissants en maïs sont essentiellement comblés par de massives importations, chose qui classe l'Algérie parmi les plus grands importateurs de maïs en Afrique (ANONYME; 2004).

**Tableau 2: Évolution des superficies, du rendement et de la production du maïs en Algérie.**

Années	Superficies (ha)	Rendement (q/ha)	Production (tonnes)
1961	5837	9.746	5689
1971	6210	8.135	5052
1981	2270	10.030	2277
1989	1000	24.000	2400
1990	140	16.500	231
1991	260	19.230	500
1994	410	45.12	185
1997	120	21.416	257
2000	430	36.186	1556
2003	340	28.852	981
2009	168	34.226	575

Source : (FAO stat, 2011)

### 1.13 Commerce international :

Le maïs représente environ un tiers du commerce mondial des céréales, avec 65 millions de t échangeable en moyenne chaque année. Les États-Unis dominant largement le marché international en exportant 20 % de leur production (soit entre 45 et 50 millions de t chaque année), ce qui représente environ 70 % des échanges internationaux. Les principaux importateurs sont l'Asie (50 %), l'Amérique latine (13 %) et l'Afrique (ESTLER, 2002).



**2.1 Introduction :**

L'utilisation des engrais en culture de maïs et plus spécifiquement de l'azote à traditionnellement été considérée dans un contexte de rentabilité et de rendement optimum (BENLAHRECH, 2012).

Aujourd'hui, il faut se rendre à l'évidence, il est nécessaire d'adapter ces pratiques traditionnelles et de les harmoniser au mieux avec le facteur environnement.

En tant que tête de rotation, le maïs ensilage est certainement l'une des cultures qui reçoit les apports azotés les plus importants; ceux-ci se retrouvent sous forme minérale mais encore bien d'avantage sous forme organique. Ainsi dans les exploitations avec un important cheptel bovin, de grandes quantités de fumier ou lisier sont régulièrement appliquées sur les terres réservées au maïs (BENLAHRECH, 2012).

Ces apports organiques supposent la libération à plus au moins long terme de quantités non négligeables d'éléments fertilisants (dont de l'azote sous forme minérale) qui seront mis à la disposition de la plante (BENLAHRECH, 2012).

**2.2 Les besoins du maïs :**

Les besoins du maïs pour boucler son cycle sont approximativement les suivants selon (OOST, 2011) :

Élément	Kg/ha	Élément	g/ha
N	240	B	75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	Cu	90
K <sub>2</sub> O	270	Zn	600
CaO	60	Mn	1800
MgO	40		
SO <sub>3</sub>	65		

Chacun de ces éléments aura son rôle pour la culture et un apport optimum de ceux-ci contribuera à atteindre le meilleur rendement.

L'apport en azote influencera non seulement la croissance juvénile, du maïs mais également sa teneur en protéine brute digestibles en fin de saison; le phosphore intervient dans le mécanisme de la maturation et influencera donc directement la teneur en matière sèche; quant à la potasse, elle conduira à la formation de l'épi et des grains (OOST, 2011).

Le maïs a un développement très rapide, l'élément fertilisant doit donc être disponible au moment où la plante en a besoin. La majeure partie des éléments nutritifs est prélevée durant la période relativement courte qui couvre la floraison et la formation de l'épi et plus précisément, 10 jours avant l'apparition des fleurs mâles jusqu'à 25 à 30 jours après. Durant cette période, la plante absorbera 70% à 75% d'azote et  $\frac{2}{3}$  de ses besoins en phosphore et potasse.

On estime que l'absorption des éléments majeurs se répartit comme suit sur la saison (OOST, 2011).

	1 <sup>er</sup> mois	2 <sup>ème</sup> mois	3 <sup>ème</sup> mois	4 <sup>ème</sup> mois
N	Faible	40%	50%	10%
P	Faible	25%	50%	25%
K	Faible	70%	30%	-

L'absorption journalière d'azote passe par un maximum très prononcé au moment de la formation de l'épi et au stade brunissement des soies (jusqu'à 8kg d'azote/ha/jour) (OOST, 2011).

Plus précisément :

En maïs ensilage les besoins N-P-K sont approximativement de 12 à 15u - 5.5u - 15u/t matière sèche en maïs graine 2.0 à 2.3u - 1.0u- 1.7u/100kg de grain.

L'engrais est généralement apporté sous forme d'un engrais complexe de type 15-15-15 (notons à ce sujet qu'un mélange «bulk» avec un phosphore soluble dans l'eau est souvent préférable à la formule commerciale ou seulement  $\frac{1}{3}$  du phosphore est soluble dans l'eau) ou encore en fonction de la fertilité du sol une formulation de type 15 - 9 - 23 apportant plus de potasse et moins de phosphore dans des sols déjà bien pourvus.

N=15 – P=11 - K22

N=13 – P=9 – K=22

Après un ray-grass un complexe de type 12 - 8 - 23 est fréquemment utilisé (OOST, 2011).

### 2.3 Les carences

Les éléments mineurs ne sont pas à négliger lorsque l'on envisage la fertilisation d'une culture, ils peuvent avoir une importance considérable sur le bon déroulement du cycle de croissance de la plante. Le maïs est sensible aux carences minérales ; alors c'est un indicateur fiable d'un manque de minéraux dans le sol. Si l'agriculteur reconnaît les symptômes avant qu'il ne soit trop tard et agit en conséquence, il pourra limiter les pertes de rendement (OOST, 2011).

Il existe également la carence dite «induite», où les éléments sont présents mais non absorbés pour une raison quelconque par la plante. Les causes sont alors le plus souvent liées à :

- Un pH basique et un blocage du phosphore par le calcium ;
- Une texture ou structure du sol déficiente et par conséquent une difficulté d'absorption par les racines ;
- Un antagonisme entre les certains éléments présents en quantités non adaptées, c'est le cas entre le potassium et le magnésium, ainsi qu'entre le phosphore et le zinc ;
- Des conditions climatiques froides et humides (asphyxie du sol) ou trop sèches et donc manque d'eau pour véhiculer les éléments fertilisants (OOST, 2011).

La carence en AZOTE :

L'aspect général de la plante est vert pâle. On visualise une zone jaunâtre et une nécrose en forme de «V» (point tournée vers la tige) progressant de l'extrémité vers la base des feuilles.

Les symptômes apparaissent sur les feuilles basales puis se généralisent à l'ensemble de la plante sans toutefois beaucoup dépasser la feuille de l'épi (BENLAHRECH, 2012).

La carence en PHOSPHORE :

Les feuilles présentent une couleur vert foncé à violacées et sont un peu ondulées sur les bords. La tige présente une croissance réduite (OOST, 2011).

Carence très difficile à diagnostiquer, car peu caractéristique et souvent confondue avec un départ «difficile» des plantes (BENLAHRECH, 2012).

La carence en POTASSE :

Aspect de la plante vert-jaunâtre dès le stade jeune (8 – 10 feuilles). Jaunissement et nécrose de la feuille (forme de «V» pointe tournée vers l'extrémité de la feuille). Les feuilles de base sont les premières affectées avant extension aux feuilles supérieures (BENLAHRECH, 2012).

La plante se développe mal et l'on observe un raccourcissement des entrenœuds. Avortement partiel d'une face de l'épi (aspect recourbé caractéristique) (OOST, 2011).

Carence en MAGNÉSIUM :

Rencontrée sur sols légers. L'aspect général de la plante est vert pâle à jaunâtre. Sur l'ensemble de la feuille, alternance de points verts et blancs puis rouges et nécrosés allant jusqu'à la formation de stries. Raccourci cément des entrenœuds. La plante présente un port retombant ; les symptômes apparaissent tout d'abord sur les feuilles basses (OOST, 2011).

### **2.4 La fumure organique :**

Autrefois, les effluents d'élevage pouvaient parfois être considérés comme un sous-produit de moindre importance. Ceux sont en fait aujourd'hui considérés comme fertilisants à part entière qu'il est nécessaire de valoriser au mieux. D'autant plus que toute perte représente un gaspillage.

Pour pouvoir raisonner ses apports ultérieurs en fertilisants minéraux, mieux vaut tout d'abord connaître la valeur fertilisante de la fumure organique apportée que le maïs pourra valoriser.

Pour se faire, il est préférable de faire analyser son amendement par l'intermédiaire d'un organisme ou encore d'un laboratoire compétent (EYHERAGUIBEL, 2004).

Pour un apport de lisier, il faudra tenir compte lors d'épandage d'engrais minéraux des déséquilibres en éléments fertilisants qui existent dans ceux-ci. Si on a apporté du lisier bovin il faudra compenser le déséquilibre par une formulation riche en phosphore (EYHERAGUIBEL, 2004).

En ce qui concerne l'efficacité de la potasse et du phosphore dans les amendements organiques, on considère qu'une moitié des quantités apportées est libérée lors de la première année et  $\frac{1}{4}$  lors des deux années suivantes (EYHERAGUIBEL, 2004).

### **2.5 Rôles et effets de la fertilisation organique à base des substances humiques:**

#### **2.5.1 Influences sur le sol :**

Les substances humiques influent sur la fertilité du sol en améliorant sa structure, en augmentant l'activité biologique, la disponibilité des nutriments et en complexant les métaux toxiques (GALY. 2002).

Par leur caractère macromoléculaire et leurs propriétés colloïdales, les substances humiques assurent la cohésion des particules élémentaires du sol (GALY. 2002). La structure du sol est ainsi stabilisée par un grand nombre de liaisons électrostatiques et de liaisons faibles établies entre les molécules organiques et les argiles. Les substances humiques lient les particules du sol sous forme d'agrégats qui améliorent la stabilité structurale du sol. Au sein de ces agrégats, la présence de micro-porosités permet de maintenir une structure aérée où l'eau et l'air peuvent circuler (HARTWIGSEN ET EVANS, 2000).

### 2.5.2 Influences sur les plantes

L'utilisation des substances humiques montre des effets différents selon les conditions expérimentales et le mode d'application (sol, substrat solide, solution nutritive ou application foliaire). L'intensité de la réponse dépend le plus souvent de la dose testée et de nombreuses études débutent par la détermination de la dose optimale (HARTWIGSEN ET EVANS, 2000). L'impact des fractions humiques augmente avec la concentration mais de trop fortes doses présentent un effet inhibiteur. La complexité et l'évolution du matériel humique en fonction des conditions expérimentales peuvent être une source de variabilité.

Enfin, les espèces végétales réagissent différemment aux stimulations des substances humiques et les effets observés varient par leur nature et leur intensité (PICCOLO, 1993). Les traitements humiques affectent principalement la croissance et le développement des graines, des plantules ou des plantes entières. Des effets spécifiques s'observent sur les organes, les cellules ou le métabolisme cellulaire.

#### 2.5.2.1 Germination et rhizogénèse :

Dès les premiers stades de développement, les substances humiques présentent des effets positifs sur la germination. Les traitements humiques augmentent la vitesse de germination, mais ne modifient pas le pourcentage de graines germées.

Le poids frais des racines peut aussi être augmenté pour des doses allant de 2500 à 5000 mg.L<sup>-1</sup> d'acides humiques (HARTWIGSEN ET EVANS, 2000).

#### 2.5.2.2 Croissance des racines et des parties aériennes :

Quel que soit leur mode d'application les substances humiques améliorent la croissance des végétaux, en induisant une augmentation quantitative de la longueur, de la surface, du volume ou de la masse des organes des plantes (CHEN ET AVIAD, 1990).

Ces modifications s'observent sur la croissance racinaire par l'apparition et l'élongation de nouvelles racines. Ainsi RAUTHAN (1981) soulignent une accélération de la croissance des racines (longueur, poids sec)

L'étude de l'impact des acides humiques sur la croissance du teck (*Tectona grandis L.f.*) permet de corrélér positivement la concentration de matière humique avec la hauteur des plantes, le diamètre de la tige et la teneur en matière sèche totale (FAGBENRO ET AGBOOLA, 1993)

D'autres travaux comparant les effets des substances humiques sur le maïs et les algues, révèlent une augmentation de 30 à 50 % de la biomasse du maïs pour une concentration de 5 mg.

Les tests réalisés avec les SH présentent également des résultats positifs sur le nombre de feuilles et de fleurs du maïs (GALY, 2002) et sur la floraison du bégonia (MORARD ET AL., 2003). Ces travaux montrent une influence favorable sur le développement qui se traduit par une mise à fleur plus précoce.

L'étude de la germination de graines de maïs prétraitées avec des préparations d'acides humiques (charbon oxydé) indique une augmentation des masses fraîches et sèches des plantules, proportionnelle à la concentration des acides humiques.

### **2.5.3 Nutrition minérale :**

La croissance des plantes est largement influencée par leur nutrition minérale, l'eau et l'air fournis aux racines. Les effets des SH sur la croissance des végétaux sont généralement liés à l'absorption élevée d'éléments minéraux (RICHARD, 2002).

Plusieurs études démontrent que les substances humiques favorisent le prélèvement des éléments minéraux par les végétaux (CHEN ET AVIAD, 1990). L'absorption des macroéléments (N, P, K, Mg, Ca) et des micro-éléments (Cu, Fe, Zn.) augmente en présence d'acides humiques (DEKREIJ, 1995)

### **2.6 Fertilisation raisonnée et méthode du bilan azoté :**

Selon BENLAHRECH, (2012) le « code des bonnes pratiques agricoles », la fumure azotée minérale maximale autorisée sans apport d'effluents d'élevage ou d'azote sous forme organique est de 180 kg/ha/an.

Sur les terres recevant des effluents d'élevage, l'azote total provenant des effluents ne peut dépasser 210 kg/ha/an et peut être complémenté d'un maximum de 120 unités d'azote sous forme minérale (EYHERAGUIBEL, 2004).

Le principe du bilan azoté est d'ajuster les fournitures aux besoins de la culture afin d'optimiser le résultat économique tout en minimisant les risques de pollution pour l'environnement.

Dans la pratique courante, il s'agit de calculer la dose d'azote minéral sous forme d'engrais à apporter en complément de celle fournie par les apports organiques (EYHERAGUIBEL, 2004).

Dans l'optique de fixer au mieux la dose d'azote à apporter au semis, il est nécessaire de ce fixer un objectif de rendement réaliste pour la région (r). Une fois celui-ci fixé, il faut estimer les besoins azotés pour la plante qui sont fixé en maïs graine 23 kg d'azote/1000 kg de grains et qui varient de 12 kg/t de matière sèche en maïs ensilage à 15 kg/t de matière sèche pour objectifs de rendement les plus élevés soit supérieur à 18t de MS/ha.

La minéralisation de l'humus du sol est un paramètre important du bilan(Mh). Dans la pratique, la quantité d'humus minéralisée sera fonction des caractéristiques du sol (pH, texture...) (EYHERAGUIBEL, 2004).

Les plantes utilisent cet azote minéralisé en quantité d'autant plus importante qu'il y a concomitance entre la période de leurs besoins et celle de la minéralisation. C'est le cas du maïs dont les besoins coïncident avec la période de minéralisation intense.

	Taux de matières organiques					
	1.5 %	2.0%	2.5%		3.0% et plus	
			argile<25%	argile>25 %	argile <25%	argile >25%
pH> 6	60kg N/ha	80kg N/ha	100kg N/ha	80kg N/ha	120kg N/ha	90 kg N/ha

Après une récolte, il subsiste divers résidus de récolte tels que racines, chaumes, pailles, feuilles,... qui au cours de leur minéralisation pour certains (Mr)



d'entre eux libèrent de l'azote nitrique disponible pour la culture suivante alors que d'autre vont consommer de l'azote pour se décomposer (EYHERAGUIBEL, 2004).

Les fournitures d'azote minéral suivantes seront présent en compte dans l'équation du bilan selon (EYHERAGUIBEL, 2004):

Précédent	Azote
Blé, pailles enfouies	-20
Blé, pailles enlevées	0
Maïs fourrager	0
Ray-grass	+20
Pois	+20
Maïs grain	-25
Betteraves, verts enfouis	+20
Pomme de terre	+20

Si une analyse de sol est réalisée après la récolte de la culture précédente, on observera un reliquat d'azote minéral non utilisé par cette culture. En conditions normales, ce reliquat est estimé à 35 kg d'azote/ha sur un profil de 90 cm. En mauvaises conditions et en sol profond, ce même reliquat est de l'ordre de 50 kg/ha. Dans des terres riches, en région limoneuse notamment, ces chiffres peuvent être revus à la hausse d'environ 15 à 25 kg/ha en moyenne (EYHERAGUIBEL, 2004).

Après la récolte précédente, il reste toujours de l'azote dans le sol, une partie de cet azote et de celui fourni par la minéralisation, même réduite en période hivernale, est réorganisé (températures élevées à l'arrière saison) ou lessivé (hiver pluvieux). Le reliquat mesuré en janvier- mars est pris en compte pour calculer la fumure de maïs(Rh).

Finalement, il faudra compte de l'azote déjà libéré par la fumure organique apportée par l'agriculteur (Ma), pour ce faire il suffira de se référée au tableau précédent (EYHERAGUIBEL, 2004).

L'équation du bilan azoté se résume donc comme suit :

$$N = b * r + R_f - (M_h + M_r + R_h) - M_a$$

N= engrais minéral à apporter (kg/ha)

b= besoin de la culture (ex. 12 unités d'azote/tonne de matière sèche)

r= rendement en matière sèche visé (ex. 16t/ha)

Rf= reliquat d'azote minéral après récolte sur un profil de 90 cm (ex. 50kg d'azote/ha)

Mh= minéralisation annuelle de l'azote du sol (kg d'azote/ha)

Mr= minéralisation des résidus de récolte (kg d'azote/ha)

Rh= évolution de l'azote du sol après hiver (kg d'azote/ha)

Ma= minéralisation des matières organiques apportées par l'agriculteur (kg d'azote/ha) (EYHERAGUIBEL, 2004).

### 3.1 Présentation de la région d'étude

#### 3.1.1 Situation géographiques :

El-Goléa dite actuellement El-Menia, s'étend sur une superficie de 49000Km<sup>2</sup>. C'est une oasis rattachée à la wilaya de Ghardaïa, se trouvant à mi-chemin sur l'axe routier «Alger – Tamanrasset». Elle est composée de deux communes El-Menia et HASSI Gara. Elle occupe un couloir entre la falaise (battent) et les dunes de l'erg occidental, couloir qui correspondrait au prolongement de l'oued – Seggeur provenant de l'Atlas saharien.

L'oasis est établie sur une mince couche alluviale repassant sur les terrains du crétacé inférieur et dispose des ressources hydriques relativement importantes (BELERAGUEB, 1996).

#### 3.1.2 Cordonnées géographiques :

Elle se trouve dans une altitude de 397 m avec une longitude de 2<sup>0</sup>87" Est et une altitude de 30<sup>0</sup>57" Nord (figure 2).

#### 3.1.3 Limites géographiques :

El-Goléa se trouve presque dans le centre d'Algérie, au Nord sebkha de m'Zab, au sud plateau de Tademaït, à l'Est Hamada de Ouargla et à l'Ouest l'erg-occidental.



Figure A

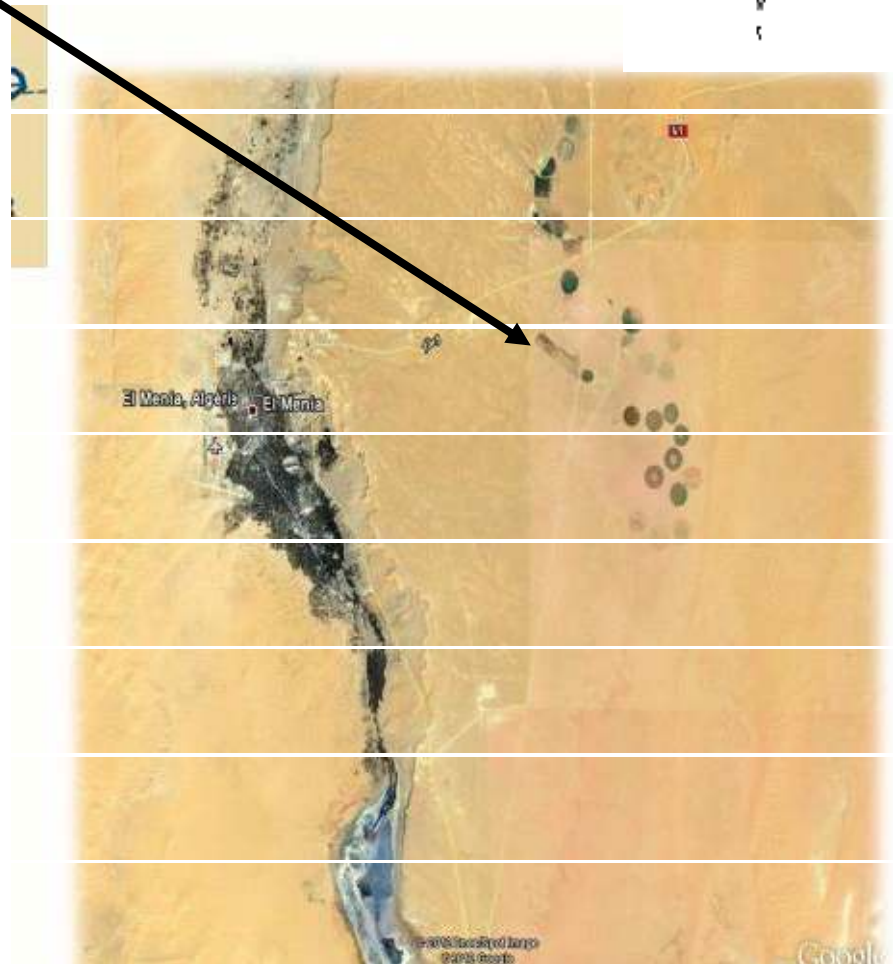


figure B

(Google-Earth, 2013)

Échelle 1/80.000

Figure 2 : Situation géographique de la région d'El-Goléa et du site expérimental

**3.1.4 Facteur naturels :****3.1.4.1 Relief :**

Aspect générale des terrains est caractérisée par une faible pente du Nord vers le Sud (BELERAGUEB, 1996).

**3.1.4.2 Données climatiques :**

La région saharienne se caractérise par un climat de style aride avec de fortes amplitudes entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver. L'oasis d'El-Goléa est définie comme zone désertique où l'évaporation potentielle excède toujours la précipitation : elle est caractérisée par son "hiver" rigoureux et froid et son "été" sec et chaud (BELERAGUEB, 1996). Les données climatiques sont synthétisées dans le tableau 3

Tableau 3. Données climatiques de la région d'El-Goléa (2002 - 2012)

Mois	T Min (°C)	T Moy (°C)	T Max (°C)	Précipitation (mm)	Humidité (%)	Vitesse du vent (m/s)	Insolation (H)	ETP (mm)
J	4,96	6,74	18,65	8,96	49,6	4,4	208,4	80,8
F	7,73	8,6	21,92	0,74	7,7	3,65	197,9	109,6
M	11	14,5	28,6	12,57	9,7	4,1	262	162,7
A	17,4	23,4	61,8	13,45	6	4,45	222,9	206,2
M	22,3	33	47,34	2,74	3,37	4,73	270,8	250,5
J	21,2	25,8	31,12	0,5	3,55	3,68	277,5	281,5
JL	23	28,9	62,25	0,28	3,18	3,6	262,7	314,6
A	24,22	30,3	34,7	0,96	2,3	3,74	245	326,6
S	18,33	24,9	29,55	2,8	3,2	4,1	234	256,8
O	14,5	19,5	23,7	8,46	3,95	3,34	228,6	179,3
N	6	12,5	15,72	9,76	5	5,13	187	97,1
D	2,18	6,9	11,25	1,55	5,87	2,66	214	111,3
Moyenne annuelle	16,18	17,6	32,3	62,77*	8,61	3,96	2810,8*	2377*

(\*) : Cumul. Source : O.N.M d'El-Goléa(2013)

**Température :**

Les températures sont très élevées pouvant dépasser les 40<sup>0</sup>C. L'aridité est accentuée par les vents de sable parfois violents.

L'analyse des données pris à la station météo d'El-Menia montrer que le mois le plus froids est décembre avec une température moyenne de l'ordre de 11.25<sup>0</sup>C, et le mois le plus chaud est juillet avec 62.25<sup>0</sup>C.

**Précipitation :**

Les précipitations sont rares est irrégulières. La moyenne annuelle sur 10 ans (2002-2012) est de 62.77 mm (tableau 3).

**Les vents :**

Il est à noter que dans nos régions sahariennes, les vents sont inévitable, le vent Nord-Est le plus dominant, il intervient habituellement au mois de février et se poursuit jusqu'à la fin Avril. Ainsi le sirocco provoqué par le vent Sud-Est survient en été et ces vents Nord-Est et Sud-Ouest posent particulièrement des problèmes.

**Humidité relative de l'air :**

Dans le Sahara, la moyenne des humidités est rarement supérieure à 65% et peut descendre au dessous de 30%. Sur un intervalle de dix année, la moyenne des humidités la plus élevée est enregistrée au mois de janvier avec 49.6% et la plus faible au mois de Août avec un taux de 2.3% (tableau3).

**L'évaporation :**

L'évapotranspiration est en fonction d'autres éléments climatiques (T<sup>0</sup>, insolation, vitesse du vent) et compte tenu de la pluviométrie et l'humidité de l'air très basse. L'évapotranspiration ne peut être que forte. Elle est de l'ordre 198 mm/an (BELERAGUEB, 1996).

**Insolation :**

Il ressort de ce tableau que la région d'El-Menia est caractérisée par une forte insolation.

Le minimum est enregistré au mois de novembre avec 187 heures et le maximum au mois juin avec 277.5 heures (tableau 3).

**Tableau 4 : données climatiques de la région d'El-Goléa (2013)**

Mois	T Max (°C)	Température		Humidité(%)	Pluviométrie (mm)	Vitesse du vent (Km/h)
		T Min (°C)	T Moy (°C)			
A	46,48	26,25	34,08	24,60	1,50	14,61
S	41,37	22,44	29,88	32,97	2,52	15,90
O	35,26	16,97	24,38	42,08	16,57	13,51
N	26,07	8,80	16,15	53,72	6,93	11,52

(\*); Cumul, source : (O.N.M, 2013)

Le tableau 4, montre que la température maximale est de l'ordre de 46,48C enregistrée au mois d'Aout, et la température minimale est de l'ordre de 8,80C enregistrée au mois de Novembre.

L'humidité relative la plus élevée au mois Novembre (53,72 %) ; par contre la plus faible est enregistrée au mois d'Aout (24,60 %).

### 3.1.4.3 Les données hydrogéologiques :

Les caractéristiques du climat montrent que les précipitations sont très faibles pour provoquer l'écoulement ; l'oasis doit son eau des nappes souterraines à travers des puits et des forages (BELERAGUEB, 1996).

Le continental intercalaire ou nappe albienne :

Elle est très importante et qualifiée de grand appareil hydraulique du Sahara.

Ascendant et jaillissant suivant les points d'eau de l'oasis, les eaux des forages correspondent à cette nappe profonde (BAHMANI, 1987).

### Nappe phréatique :

C'est une nappe superficielle, se trouvant dans les formations du quaternaire ; circule dans les sables et les alluvions de (l'oued Seggeur) dans la vallée où sont implantées les palmeraies d'El-Menia. La nappe bénéficie surtout des infiltrations provenant de la nappe albienne, soit eaux de ruissellement (BELERAGUEB, 1996).

### 3.1.4.4 Les données édaphiques :

Sol des régions sahariennes



Les sols peuvent être classés grossièrement en trois groupes :

Les sols désertiques (regs) : sols sablonneux et graveleux.

Les sols limono-argileux : terrasses des vallées,...

Les sols salés (halomorphe), sebkha,...

Généralement les sols sahariens ont une texture sablo limoneuse avec une faible teneur en phosphore, azote et oligo-éléments. Les sols sont aussi caractérisés par un pH moyennement élevé (8.5) qui réduit la disponibilité des oligo-éléments et un taux de calcaire total élevé ayant un effet négatif sur l'assimilation du phosphore, potassium et l'azote par la plante au niveau du sol. On note aussi une faible teneur en matière organique d'où une faible capacité d'échange cationique. (<5 méq/100g du sol) (BELERAGUEB, 1996).

Sol de la région d'El-Goléa

Selon BELERAGUEB, (1996) ; En dehors de la palmeraie, sur les plateaux, l'érosion éolienne a décapé les éléments fins, ne laissant en surface que les éléments grossiers (reg). Au niveau de la plaine alluviale (palmeraie), les apports sont assez homogènes et caractérisés par une granulométrie assez grossière : sable fins, sable fins légèrement limoneux. En profondeur la variabilité est plus grande, on observe des niveaux granulo-caillouteux et des niveaux argileux.

### **3.2 .Objectif de l'expérimentation :**

L'objectif de ce travail consiste :

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche sur la fertilisation raisonnée du maïs cultivée sous système d'irrigation (pivot) en conditions sahariennes ; à travers une expérimentation en pleine champ a pour objet la comparaison de différentes doses d'engrais de fond (ou l'apport d'acide humique) sur le comportement nutritionnel et le rendement d'une culture de maïs (variété: SCANDI CS)

### **3.3 Matériel végétal :**

Notre étude a porté sur une variété de maïs (*ZEA mays.L*) d'origine famille de poaceae variété: SCANDI CS. C'est une variété à maturité semi-tardif la hauteur de

la tige 335 cm. Les semences testées ont une faculté germinative de 95% et un poids de 1000 grains de 340 g.

La variété cultivée en Algérie qui possède les caractéristiques suivantes :

- Type : variété hybride simple.
- Précocité : semi-tardif.
- Excellente vigueur au départ.
- Fort développement végétatif
- Bon état sanitaire des tiges et des épis.
- Très bon potentiel grain :
  - Épis longs bien fécondés.
  - Fort PMG= 340 g.
- Fort tonnage de biomasse à l'hectare.
- Excellent rendement UF/ha.
- Grain : Denté
- besoins en degrés C° jours :
  - Floraison : 1050
  - Fourrage 30 % MS : 1640
  - Grain 32 % H2O: 1900
- Hauteur totale : 335 cm.
- hauteur d'insertion d'épi:145 cm.
- Composantes de rendement :
  - 14,5 rangs/épi.
  - 34 grains/rang.
  - rendement théorique: 142,5 q/ha.

**3.4 Sol :**

Des prélèvements du sol ont été effectués le 10/01/2011 à l'aide d'une tarière sur une profondeur de 30 cm. Les analyses ont été réalisées au niveau des laboratoires de sciences du sol du département des sciences agronomiques U.K.M. Ouargla (ITAS) et l'ENSA (INA).

Le sol de la parcelle d'essai est un sol peu évolué d'apport éolien. D'après les résultats analytiques. Notre sol a une texture sableuse et légère (FAO, 2003). En raison de la qualité de l'eau d'irrigation. La salinité est très faible (0.114 dS/m) ; d'après l'échelle de salure des sols .C'est un sol non salé et peu calcaire (BAIZE, 2000). Le pH est alcalin (8.4 à 8.6). La teneur du sol en matière organique est très faible (0.6%) (SOLTNER, 2005) ce qui provoque une mauvaise rétention en eau. Le sol est moyennement riche en phosphore assimilable, tandis qu'il est très pauvre en azote (tab 5).

**Tableau 5: Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié.**

Granulométrie	SF (%)	37.4
	SG (%)	55.9
	A+L(%)	6.8
CR (%)		8.6
pH <sub>eau</sub> (1/2.5)		8.6
CE (25 <sup>0</sup> C, 1/5) (dS/m)		0.114
Salure (méq/100g sol)		0.57
Calcaire total (%)		1.84
Matière organique (%)		0.6
Azote total (%)		0.01
Phosphore assimilable (ppm)		45.662
Potassium assimilable (ppm)		63
Complexe absorbant (méq/100g sol)	Ca <sup>2+</sup>	3.905
	Mg <sup>2+</sup>	0.185
	K <sup>+</sup>	0.058
	Na <sup>+</sup>	0.034
CEC (méq/100g sol)		4.2

**3.5 Eau d'irrigation :**

L'eau d'irrigation appartenant au continental intercalaire a été analysée au laboratoire au laboratoire de l'A.N.R.H de Ouargla. D'après la classification de Riverside, cette eau appartient à la classe C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>; de ce fait, elle peut être utilisée sur n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium dommageable. La salinité de l'eau est modérée, présentant un pH basique avec un léger degré de colmatage (tab 5).

**Tableau 6 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation**

Éléments en mg/l											Résidu sec à 110 <sup>0</sup> C (mg/l)
Ph	CE dS/m	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SAR (méq/l)	
7.79	0.41	33	15.1	27.8	7	25.9	22	176.9	12	43.35	0.41

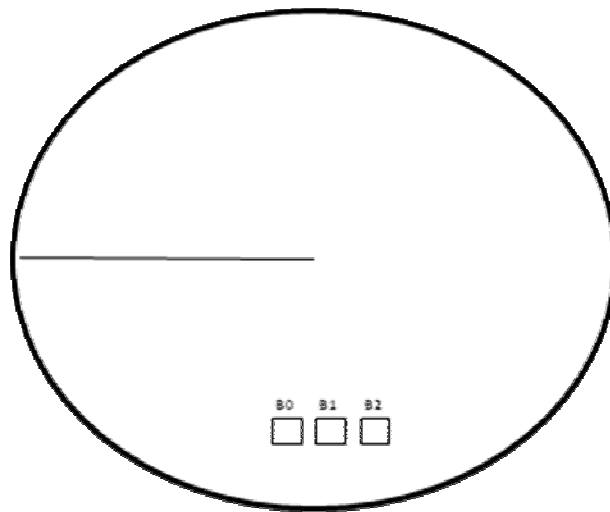
**3.6 Le produit testé :**

Dans le cas de notre expérimentation, Fertilisant en granulé formé par un mélange de fumier composté de vaux à 70% et de Leonardite à 30% ; le fumier à été testé qui porte les caractéristiques suivantes :

	Poids total	Poids sec
Azote organique	1,1 % p/p	1.7
Phosphore total	1,1 % p/p	1.7
Potassium	1,1 % p/p	1.7
Matière organique totale	35 % p/p	50.0
Extrait humique total	19,5 % p/p	27.8
Acide humique	10,6% p/p	15.3
Acide fulvique	8,9 % p/p	12.5
Fer total	1,0 % p/p	1.5
Contient des traces de microélémentos. (B, Cu, Fe, Mn, Zn)		

**3.7 Dispositif expérimental :**

Le dispositif expérimental c'est un bloc aléatoire complet adopté dans un pivot.

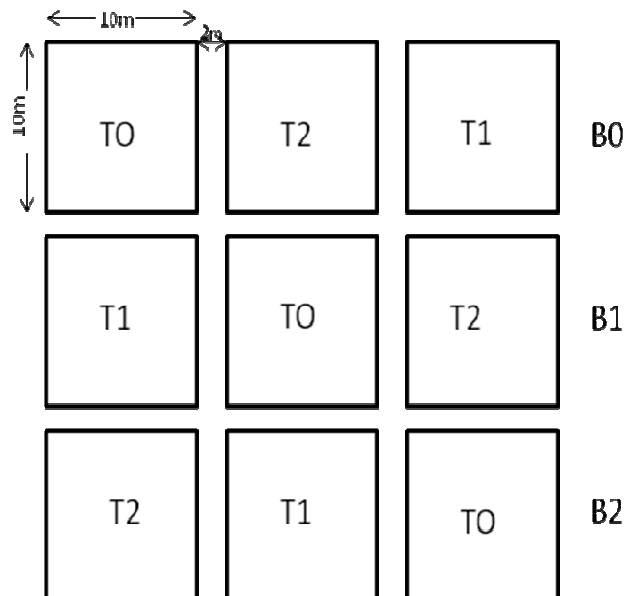


Les traitements :

T<sub>0</sub> : traitement avec 0qx/ha.

T<sub>1</sub> : traitement avec 15qx/ha.

T<sub>2</sub> : traitement avec 30qx/ha.



B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> : les blocs.

**Figure 3 :Plan du dispositif expérimental.**



Figure 4: Vue générale du dispositif expérimental (photo original 2013)

### 3.8 Itinéraires technique de l'essai :

- **Localisation du site expérimental :**

L'essai au champ à été conduit durant la campagne agricole 2013/2014 au niveau de la ferme de production Flashe qui se trouve à El-Goléa, à 270 km au sud du chef lieu de la wilaya (Ghardaïa).

- **Précédent culturel :**

Notre site expérimental portait une culture de blé dur comme précédent culturel.

- **Pré-irrigation :**

La pré-irrigation à commencé le 02/08/2013 dans le but d'assurer une bonne compaction du sol qui facilite le travail des équipements lors du semis et favorise aussi la germination des graines de mauvaises herbes en vue de leur destruction avant la mise en place de la culture.



**Figure 5: La pré-irrigation (photo original 2013)**

- **Travail du sol et épandage d'engrais de fond :**

Le travail du sol a été effectué le 10/08/2013. Il a consisté premièrement en deux passages d'un cultivateur à dents ensuite le passage du semoir combiné. Ce dernier comprend un cover-crop, une herse, un rouleau et un épandeur d'engrais. Ces travaux permettent de préparer le lit de semence. D'ameublir le sol en profondeur, d'éliminer les repousses du précédent cultural, de faciliter le lessivage des sels et d'incorporer la fumure de fond.

- **Irrigation :**

L'étude climatique de la région d'El-Goléa, montre la nécessité d'apporter de l'eau aux cultures à cause du manque de précipitations.

**Tableau 7 : Quantité d'eau apportée par stade de culture**

Stades	Quantité (mm)	m <sup>3</sup>
Semis	40	400
Levée	30	300
Feuilles	80	800
Épiaison	170	1700
Floraison	120	1200
Maturation	30	300
TOTAL	560	5600

Afin de suivre l'évolution de la température nous avons installé un thermomètre au milieu de pivot. Les relevés quotidiens ont été effectués à trois moments de la journée (8h00, 12h00, 16h00). Le tableau 8, indique les moyennes des températures par semaine.

**Tableau 8 : moyennes des températures par semaine du pivot en (°C)**

Périodes	Horaires		
	8h00	12h00	16h00
De 14.08.2013 à 21.08.2013	34.70	42.05	35.40
De 22.08.2013 à 28.08.2013	34.66	40.74	34.51
De 29.08.2013 à 04.09.2013	35.12	39.32	33.45
De 05.09.2013 à 11.09.2013	33.95	40.99	34.05
De 12.09.2013 à 18.09.2013	32.41	40.00	33.14
De 19.09.2013 à 25.09.2013	30.85	40.00	29.71
De 26.09.2013 à 02.10.2013	30.85	40.00	29.71
De 03.10.2013 à 09.10.2013	34.28	45.71	33.14
De 10.10.2013 à 16.10.2013	28.55	37.32	27.75
De 17.10.2013 à 23.10.2013	27.58	36.30	28.16
De 24.10.2013 à 30.10.2013	25.41	31.95	23.95
De 31.10.2013 à 06.11.2013	22.71	26.14	19.14
De 07.11.2013 à 13.11.2013	22.66	26.87	20.04



- **Récolte :**

L'arrêt d'irrigation a eu lieu le 14 /11/2013 ; la récolte de nos échantillons a été effectuée manuellement le 24/11/2013.

### **3.9 Paramètres étudiés :**

Des mesures biométriques ont été réalisées sur les plantes selon la période de coupe (ou prélèvements):

- nos échantillons ont été effectués manuellement le: 24 /11/2013 à savoir 104 jours après semis.

Les différents paramètres mesurés sont:

#### **3.9.1 La hauteur finale des plantes :**

Nous avons mesuré en cm la longueur située entre le collet et le bourgeon terminal des plantules à l'aide d'une règle graduée et ce sur la totalité des plantes.

#### **3.9.2 La longueur et la largeur des feuilles basales :**

Nous avons mesuré en cm la longueur et la largeur des feuilles basales.

#### **3.9.3 La vitesse de croissance :**

Ce paramètre est exprimé en cm/jour. Le principe consiste à diviser la hauteur des plants de chaque traitement par le nombre de jours, correspondant à chaque mesure.

#### **3.9.4 Le diamètre des tiges :**

La mesure du diamètre des tiges a été effectuée après chaque coupe, à l'aide d'un appareillage adapté au niveau du collet de chaque plant.

#### **3.9.5 Le nombre des feuilles :**

Ce paramètre consiste en un comptage des feuilles de chaque plante toutes les semaines.

#### **3.9.6 La matière fraîche produite :**

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance de précision. Les pesées ont porté sur:

- Poids frais total : tige + feuilles ;
- Poids frais des racines ;

### **3.9.7 La matière sèche produite :**

La matière sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges, des feuilles et des gousses de chaque traitement dans une étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec des organes mesurés:

- poids sec total: Feuilles + tiges ;
- Poids sec des racines ;

### **3.9.8 Les composantes du rendement :**

#### **3.9.8.1 Le nombre des graines /panicule (grains/rang X rangs/épi) :**

Le nombre graines produits par panicule est estimé sur trois plantes par parcelle élémentaire.

#### **3.9.8.2 Le poids de 1000 graines (PMG) :**

Après la récolte, un échantillon de graines de nombre connu pour chaque parcelle est pesé et le PMG est déduit.

### **3.9.9 Longueur de panicule :**

Nous avons mesuré en cm la longueur de panicule.

### **3.10 Analyse statistique:**

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un facteur étudié (solution d'irrigation). Les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls qui est basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par le logiciel SYSTAT version 12.9. On considère que les résultats sont significatifs quand  $P \leq 0,05$ .

# **PARTIE I**

## **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE 1**

## **Culture de Maïs**

# **CHAPITRE 2**

## **La fertilisation**

## **PARTIE II**

# **ÉTUDE EXPÉRIMENTALES**

# **CHAPITRE 3**

**MATÉRIELS**

**ET**

**METHODES**

**CHAPITRE 4**

**RESULTATS**

**ET**

**DISCUSSIONS**



# **ANNEXES**

# **INTRODUCTION**

# **CONCLUSION**

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

Le maïs est une plante qui dispose d'un potentiel de rendement très important, quitte à respecter les bases techniques. Les ressources et les potentialités existant et la mise en œuvre d'un programme de développement de la culture du maïs en Algérie à toutes les chances de réussir et d'atteindre les objectifs économiques.

D'une façon générale, les rendements obtenus, au cours de cette étude, sont très variables. L'écart entre les rendements dans cet essai est dû principalement à des problèmes techniques d'installation de la culture et surtout la présence ou l'absence et le dosage de la matière organique.

Les résultats de cette étude ont confirmé l'importance de la matière organique sur la croissance et la production du maïs ; la différence entre T1 (15qx/ha) et T2 (30qx/ha) comparé avec T0 (0qx/ha), montre les différents rendements avec une production de 100qx/ha pour T2, 90qx/ha pour T1 et 65qx/ha pour T0.

Les effets des substances humiques sur les végétaux sont nombreux et variables et induisent généralement une augmentation de la biomasse des plantes. Ils s'expriment de manière indirecte via la nutrition minérale, en améliorant la biodisponibilité des éléments minéraux, ou de manière directe, impliquant l'assimilation des molécules organiques qui modifient les processus biochimiques et le métabolisme cellulaire des plantes. Ces effets s'avèrent positifs ou négatifs selon les conditions expérimentales testées. Plusieurs niveaux de variabilité interviennent dans l'étude de l'impact biologique des matières humiques. Ainsi, en fonction de l'origine, de la nature du matériel humique, des plantes testées mais aussi des conditions d'expérimentations, les réponses aux fractions humiques peuvent varier (CHEN ET AVIAD, 1990; VAUGHAN ET LINEHAN, 1976).

Le coût est l'un des premiers facteurs qui intervient dans le choix d'un ingrédient ou la décision de remplacer un ingrédient de la ration par un autre. La valeur nutritive d'un aliment (denrée ou ingrédient) dépend de sa richesse en éléments nutritifs assimilables par l'animal

Les aliments qui fournissent essentiellement de l'énergie, comme le maïs et la grosse semoule de maïs, sont classés parmi les sources d'énergie

Il faut mettre en place mécanisme interprofessionnel et participatif, coordonné par un programme de développement à long terme. Les premières activités du lancement constituent une forme de consultation, afin de fournir un appui de démarrage technique, mais le mécanisme devrait être renforcé par des groupes interinstitutionnels, de spécialistes et d'experts pour suivre l'état d'avancement des activités du programme, d'évaluer et d'orienter efficacement le soutien financier pour promouvoir le développement durable en tenant compte des ressources au niveau de chaque zone (MADR, 2012).

Nous constatons, néanmoins, que la promotion de la culture du maïs s'étendue majoritairement dans les oasis et les wilayat du Sud, telles que Laghouat, Biskra, Béchar, Adrar, Ghardaïa et Tamanrasset.

Ainsi, une superficie de 589 ha de maïs a été semée à Ghardaïa, dont 100 hectares dans une exploitation privée à Hassi Ghanem, située à 220 km au Sud-est de Ghardaïa (ITGC, 2011).

Cependant, la culture de maïs au Sud n'est pas sans risque sur l'environnement et l'épuisement des ressources naturelles. En effet, la mauvaise gestion de l'eau d'irrigation, la surexploitation des nappes aquifères avec l'extension des zones cultivées dans le Sud peut amener à un suremploi des réserves d'eau, souvent peu renouvelables. Par conséquent, la culture intensive peut conduire à l'épuisement des sols et des sources naturelles et à la dégradation de l'écosystème oasien (MADR, 2012).

L'établissement et la mise en place d'une stratégie efficace, dès le départ, sont nécessaires pour le développement durable qui favorise la mobilisation et l'utilisation des ressources naturelles d'une manière économique et préservatrice de l'environnement (MADR, 2012).

Annexe 01 : Nombre des feuilles.

Analysis of Variance						
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value	
TEMPS\$	532.159	6	88.693	80.163	0.000	THS,P<0,001
TRT\$	29.81	2	14.905	13.471	0.000	THS,P<0,001
Error	59.746	54	1.106			

Annexe 02 : Hauteur finale des plantes.

Analysis of Variance						
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value	
TEMPS\$	585 425,492	6	97 570,915	119.774	0.000	THS,P<0,001
TRT\$	45 646,571	2	22 823,286	28.017	0.000	THS,P<0,001
Error	43 989,651	54	814.623			

## Table des matières

Introduction.....	1
<b>Premières partie : études bibliographiques.</b>	
<b>Chapitre 1 Culture de maïs</b>	
1.1 Historique :.....	3
1.2 Caractéristiques botaniques .....	3
1.2.1 Classification.....	3
1.2.2 Morphologie de la plante :.....	4
1.2.3 L'appareil reproducteur.....	4
1.2.4 Le Système racinaire :.....	4
1.2.5 La graine :.....	5
1.3 Variétés cultivées :.....	5
1.4 Cycle végétatif :.....	5
1.5 Exigences agro-écologique :.....	7
1.5.1 Sol :.....	7
1.5.2 Température :.....	7
1.5.3 Eaux :.....	7
1.5.4 La fertilisation minérale :.....	8
1.5.5 La photopériode :.....	8
1.6 La Culture :.....	8
1.7 Lutte Contre Les Adventices :.....	9
1.8 Les maladies :.....	9
1.9 Les ravageurs :.....	10
1.10 Utilisations :.....	10
1.11 La récolte :.....	11
1.11.1 Le maïs ensilage :.....	11



1.11.2 Le maïs grain :.....	11
1.12 La production.....	11
1.12.1 dans le monde :.....	11
1.12.2 En Algérie :.....	12
1.13 Commerce international :.....	13

## **Chapitre 2 La fertilisation**

2.1 Introduction :.....	14
2.2 Les besoins du maïs :.....	14
2.3 Les carences.....	16
2.4 La fumure organique.....	17
2.5 Rôles et effets de la fertilisation organique à base des substances humiques :.....	18
2.5.1 Influences sur le sol.....	18
2.5.2 Influences sur les plantes.....	19
2.5.3 Nutrition minérale.....	20
2.6 Fertilisation raisonnée et méthode du bilan azoté.....	20

## **Deuxième partie : étude expérimentale**

### **Chapitre 3 : Matériels et méthodes**

3.1 Présentation de la région d'étude.....	24
3.1.1 Situation géographiques :.....	24
3.1.2 Cordonnées géographiques :.....	24
3.1.3 Limites géographiques :.....	24
3.1.4Facteur naturels.....	26
3.2 .Objectif de l'expérimentation.....	30
3.3 Matériel végétal.....	30
3.4 Sol :.....	31
3.5 Eau d'irrigation.....	32
3.6 Le produit testé :.....	33

3.7 Dispositif expérimental.....	34
3.8 Itinéraires technique de l'essai.....	35
3.9 Paramètres étudiés :.....	37
3.9.1 La hauteur finale des plantes.....	38
3.9.2 La longueur et la largeur des feuilles basales.....	38
3.9.3 La vitesse de croissance.....	38
3.9.4 Le diamètre des tiges.....	38
3.9.5 Le nombre des feuilles.....	38
3.9.6 La matière fraîche produite.....	38
3.9.7 La matière sèche produite.....	38
3.9.8 Les composantes du rendement.....	39
3.9.8.1 Le nombre des graines/panicule.....	39
3.9.8.2 Le poids de 1000 graines(PMG).....	39
3.9.9 La longueur de panicule.....	39
3.10 Analyse statistique.....	39

## **Chapitre 4 : Résultats et discussions**

4.1 Paramètres de croissance :.....	40
4.1.1 Aspect général des plantes :.....	40
4.1.2 Vitesse de croissance des plantes:.....	40
4.1.3 La hauteur finale des plantes:.....	42
4.1.4 Le nombre des feuilles: .....	43
4.1.5 Diamètre des tiges:.....	44
4.1.6 La longueur des feuilles :.....	45
4.1.7 La largeur des feuilles :.....	45
4.1.8 La longueur de panicule femelle :.....	46
4.1.9 Nombre de branches de l'épi mâle :.....	46
4.1.10 Poids frais des racines :.....	47

4.1.11 Poids sec des racines :.....	48
4.1.12 Poids frais de la partie aérienne (tige + feuille) :.....	48
4.1.13 Poids sec de la partie aérienne (tige + feuille) :.....	49
4.2 Paramètres de rendement :.....	50
4.2.1 Poids de mille graines :.....	50
4.2.2 Nombre des graines par panicule :.....	50
4.3 Conclusions.....	52

### **Références bibliographique.**

### **Annexes.**

## Références bibliographiques

---

1. AGPM. (1976). Association générale des producteurs de maïs. France 41p.
2. ALAOUI, B. (2007). guide pratique pour la fertilisation raisonnée des principales cultures au Maroc: pour l'utilisation d'un kit simplifié d'analyse de sol, 40p.
3. ANONYME. (2008). conseil international des céréales pour la campagne 2007-2008 47p.
4. ANONYME ,(2012) :  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%AFs/w/index.php?title=Ma%C3%AFs\\_commune&oldid=52644990](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%AFs/w/index.php?title=Ma%C3%AFs_commune&oldid=52644990)
5. ANONYME ,(2012):  
<http://translate.google.com/translate?hl=fr&langpair=en|fr&u=http://www.webmd.com/vitamins-supplements/ingredientmono-799-BARLEY.aspx%3FactiveIngredientId%3D799%26activeIngredientName%3DBARLEY>.
6. ANONYME; (2004): la libération du marché des céréales en Algérie. Ed Ministère d'agriculture, Septembre 2004.12p.
7. ANONYME, 2008, Larousse Agricole, Ed. Larousse. 563p.
8. BELERAGUEB ., 1996 : Monographie agricole pp 1-6.
9. BRAHIMI., 1991 : Contribution à l'étude de l'utilisation des phosphates naturels dans la fertilisation phosphatée d'un sol saharien, à Biskra, Mémoire Ing. Agro. Ouargla 68p.
10. BAYA. (1997). Informations techniques maïs grain. Khemis Miliana 42p.
11. BAIZE D., 2000 : Guide des analyses en pédologie. Ed I.
12. BOULAL H., ZAGHOUE O., EL MOURID M. ET REZGUI S. (2007). Guide pratique de conduite des céréales d'automne (Maïs) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). ITGC, INRA, ICARDA. 127 p.
13. BENBELKACEM A. ET AMRI A. (2001). Barley in the Maghreb: Importance and technology. In Perspectives agricoles1, INRA, El-Harrach, Alger. pp. 83 - 92.
14. BENBELKACEM. 1991 : Résultats d'enquêtes sur les maladies des céréales au séminaire régional sur les grandes cultures. Rabat. Pp 2-4.
15. BARRIERE, Y. (2001). culture de maïs, Ed 22p .
16. BELAID, D. (1986). aspect de la céréaliculture Algérienne. alger: OPU.

## Références bibliographiques

---

17. BENLAHRECH, S. (2012). étude de la dynamique des cycles C,N et P dans le Maïs . 33p.
18. CASSINI. (2002). Maladie parasitaires du maïs ; 21p.
19. CHEN, Y. AND T. AVIAD (1990). Effects of Humic Substance on Plant Growth. In Humic Substances in soil and Crop Sciences: Selected Readings. a. P. R. B. e. R.L. Malcolm. Madison, Wisconsin, Soil Sci. Society of America: 161-186.
20. DE KREIJ, C. (1995). "Effect of humic substances in nutrient film technique on nutrient uptake." Journal of Plant Nutrition 18(4): 793-802.
21. DEKKICHE, N. (2012). possibilité d'extension du maïs dans les aires des grandes cultures. Alger: ITGC, pp: 30-32.
22. ESTLER. (2002). Récolte et conservation du maïs Ed 5p.
23. EYHERAGUIBEL, B. (2004, 11 02). Caractérisation des substances humiques. Le titre de docteur de l'institut national. Thèse de docteur Toulouse 230p.
24. IDGC. (1986). maïs grain. Alger: IDGC 10p.
25. ITGC. (2011). journée technique sur la conduite de la culture du maïs. Alger.
26. ONAB. (2011). journée technique sur la culture de maïs. Mascara 2p .
27. OOST, J. (2011). la fertilisation en culture de Maïs 23p.
28. SCHUKKING, S. (2002). Maïs ensilage, 12p.
29. FAOSTAT, 2011. Database. <http://www.fao.org>.
30. MADR, (2007). Statistiques agricoles OPU.
31. MORARD, P., B. EYHERAGUIBEL AND J. SILVESTRE (2003). Influence des substances humiques sur la croissance et la floraison du bégonia. La matière organique naturelle, 5ème colloque du groupe français de l'International Humic Substances Society, Clermont-ferrand.
32. SOLTNER D, 2005. Les grandes productions végétales. Céréales. Collection sciences et techniques agricoles. 20<sup>ème</sup> édition. Paris. France. pp : 21-55.
33. SOLTNER. D, 1990 grandes productions végétales sarclées- prairies 17<sup>ème</sup> Ed, collection sciences et technique agricole. 464p.
34. SOLTNER D., 1988 : Les bases de la production végétale. Tome I, le sol et son amélioration 16<sup>ème</sup> Edition. Science et technique agricole. 466p.

## Références bibliographiques

---

35. HARTWIGSEN, J. A. and M. R. Evans (2000). "Humic acids seed and substrate treatments promote seedling root development." *Hort Science*. 35(7): 1231-1233.
36. GUINGNAR J., 1974 : *Abrège de biochimie végétal*. Ed. Maison Rustique. 141p.
37. GALY, C. (2002). *Influences de l'ajout de substances humiques-like dans des solutions fertilisantes sur des cultures de Pélargonium x Hortorum*. Toulouse, Institut National Polytechnique: 107.
38. FAGBENRO, J. A. and A. A. Agboola (1993). "Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings." *Journal of Plant Nutrition* 16(8): 1465-1483.
39. PICCOLO, A. (1993). *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Amsterdam, Elsevier.
40. RICHARD, J. F. (2002). *Caractérisation de substances humiques-like, comparaison avec des substances humiques naturelles*. Toulouse, Institut National Polytechnique: 156.
41. RAUTHAN, B. S. AND M. SCHNITZER (1981). "Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*cucumis sativus*) plants." *Plant and Soil*. 63: 491-495.
42. WALTERS, M. (2001). *Les ravageurs de maïs au sud Sahara* Ed 56p.