REPUBLIQUE ALGERINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH-OUARGLA
FACULTÉ DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

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

Option : Production Végétale

THÈME

Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation azotée-potassique sur pomme de terre (Solanum tuberosum L. var CONDOR) dans la région du Souf

Présenté par :

M^{er}: HOUIDI Hamza

M^{er}: AHMADI Ilyes

Composition du jury :

Président	**: M_R. HAMDI AISSA B.**	**M.C. UNIV. Ouargla.**
Promoteur	**: M_R. P_R HALILAT M. T**	**M.C. UNIV. Ouargla.**
Examinateurs :	**M^{eme} DERAOUI N.**	**M.A. UNIV. Ouargla.**
	M ^{elle} SALHI N.	**M.A. UNIV. Ouargla.**

Année universitaire : 2006/2007

Dédicace

Je dédie ce modeste travaille à :

Mon père : pour ce encouragement

Ma mère : pour sa patience

Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices consentis à mon éducation et ma formation et qui n'ont d'égal que le témoignage de le profonde reconnaissance.

A tout mes chères frères, Abd Baki, Abd Rahim et me cher sœur.

A toute la famille Houidi

A mes chères collègues et amis sans exceptions de section d'Agronomie 2006/2007.

A mes chères amis (Ahmed N, Brahim Z, Ilyes A, Abd Elhak M, Badar Edine L, Ismail D, Imad L, Abd Azize H, Baset B, Ismail Ben H, Laid H, Laid Ben Kh, Abd kader T, Abd Krim T, Nour Edine G, Mehamed A,……).

HAMZA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Les deux personnes, les plus chers au monde que je ne remercierais jamais assez : leur aides, l'encouragements, soutiens, sacrifices et leur patience toute ma vie :

Mes chers parents.

Mes chers frères

A mes très chères sœurs

La grande famille AHMADI ET HOUIDI

Tous mes chers amis

Tous les étudiants de La 19eme promotion d'agronomie Saharienne.

Tous les étudiants, enseignants et personnel du département d'Agronomie.

ILYAS

Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accorder la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail nous tenant à remercier tout d'abord notre promoteur Mr. HALILAT MT., maître de conférences au département des Sciences Agronomiques, pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils.

Comme nous remercions également :

Mr. M. HAMDI AISSA B, maître de conférences à l'université de Ouargla d'avoir accepter de présider le jury.

Meme DERAOUI N., maître assistante à l'université de Ouargla et Melle SALHI N., maître assistante à l'université de Ouargla, d'avoir accepter d'examiner ce travail.

Nous tenant également a exprimer nos remerciements :

A tous le corps enseignants de l'université de Ouargla, particulièrement aux enseignants de l'institut d'agronomie saharienne

En fin, nous remercions les amis et les étudiants de département pour leur soutient en particulier les amis les plus proches de notre promotion, ainsi à tous ce qui ont contribué de prés ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

HAMZA et ILYES

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet combiné, de quatre doses d'azote (0, 60,120 et 240 U/ha) avec quatre doses de potassium (0, 90, 180,270 U/ha) sur la culture de pomme de terre (variété CONDOR) en trois stades (stade de croissance végétatif, stade de tubérisation et stade de maturation) conduite sous système pivot (fabrication locale) dans la région de souf.

Les résultats obtenues montrent que l'effet d'azote est positif sur les paramètres de mesures de la partie aérienne (nombre de tiges/plante, nombre de feuilles/plante et la langueur des tiges). Par contre l'engrais potassique n'influe pas d'une façon positive sur ces paramètres.

La fertilisation azotée-potassique a réagit positivement sur les paramètres de rendement (la partie souterraine) (Poids moyen des tubercules, le calibre des tubercules et en fin le rendement). Le meilleur rendement est de 34.02 t/ha obtenue avec le traitement 120U/ha d'azote et 180U/ha de potassium.

Suite a nos essais, nous avons constaté que la majorité des paramètres étudiés à savoir la teneur en N et K dans la partie aérienne et souterraine sont amélioré par l'apport d'engrais azotée-potassique.

La fertilisation azotée-potassique a provoqué un enrichissement de la partie superficielle (0-20cm) du sol en N et K assimilable.

Mots clés : fertilisation azotée-potassique, pomme de terre, azote, potassium, pivot.

Summary

The purpose of this work is to study the combined effect, of four nitrogen amounts (0, 60,120 and 240 U/ha) with four potassium amounts (0, 90, 180,270 U/ha) on the potato culture (CONDOR variety) in three stages (vegetative stage of growth, stage of tuberization and stage of maturation) control under system pivot (local manufacture) in the area of souf.

The results obtained show that the effect of nitrogen is positive on the parameters of measurements of the air part (a number of stems/plant, a number of sheets/plant and the languor of the stems). On the other hand potassic manure does not influence in a positive way these parameters.

Nitrogenize-potassic fertilization A reacts positively on the parameters of output (the underground part) (average Weight of the tubers , gauge of the tubers and in end the output). The best output of 34.02 t/ha is obtained with the treatment 120U/ha of nitrogen and potassium 180U/ha.

Following our tests, we noted that the majority of the parameters studied with knowing the content N and K in the air and underground part are improved by the contribution of nitrogenize-potassic manure.

The nitrogenize-potassic fertilization caused an enrichment of the surface part (0-20cm) of the ground out of N and K assimilable.

Key words: nitrogenize-potassic fertilization, potato, nitrogenize, potassium, pivot.

الـملخص

ان الهدف من هذه الدراسة هو دراية تأثير تشارك أربعة مقادير من السماد الازوتي (0 و 60 و 120 و 240 وحدة أزوت / هكتار) و أربعة مقادير من السماد البوتاسي (0 و 90 و 180 و 270 وحدة بوتاسي / هكتار) على نبات البطاطس (صنف كوندور) في ثلاث مراحل (مرحلة النمو الخضري و مرحلة التدرن ومرحلة النضج) في نضام الرش المحوي (صنع محلي) بمنطقة سوف.
النتائج التي تحصلنا عليها هي

- على أن السماد الازوتي ايجابي على المعاييرالمقاسة في(الجزء الهوائي) (عدد السيقان في النبتة على عدد الاوراق في النبتة و على طول السيقان). ولكن لا يوجد تأثير ايجابي للبوتلسيوم على هذه المعايير
- تأثير الازوت و البوتاسيوم ا ايجابي على معاييرالانتاج (الجزء الترابي) (وزن الدرنات و المردود) أحسن مردود كان 34.02 طن/هكتار تحصلنا عليه مع تشارك 120 وحدة من الازوت و 180 وحدة من البوتلسيوم.
- ومن خلال دراستنا أيضا تحصلنا على أن معظم المعايير لنسبة الازوت و البوتاسيوم في الجزء الهوائي وفي الجزء الترابي حسنة بإضافة السماد الازوتي و البوتاسي.
- و التسميد الازوتي و البوتاسي زاد نسبة الازوت و البوتاسيوم في الجزء السطحي للتربة (0-20 سم)

الكلمات الدالة. التسميد الازوتي البوتاسي. البطاطس. الازوت. البوتاسيوم. الرش المحوري

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
1	Données climatiques de la région du Souf (2001-2006)	**05**
2	principaux pays producteurs de la pomme de terre	**12**
3	Les maladies de la pomme de terre	**45**
4	Caractéristique physico chimique du sol	**54**
5	Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation	**57**
6	Dose et date d'apport d'azote	**61**
7	Dose et date d'apport de potassium	**62**
8	Influence de la fertilisation azotée potassique sur le nombre des tiges par plant	**67**
9	Influence de la fertilisation azotée potassique sur le nombre des feuilles par plants	**69**
10	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la longueur des tiges	**72**
11	Analyse de variance des paramètres de la mesure de partie aérienne	**74**
12	Influence de la fertilisation azotée potassique sur le poids spécifique des tubercules	**76**
13	l'effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur la longueur des tubercules (cm)	**78**
14	l'effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur le diamètre des tubercules (cm)	**80**
15	l'effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur le rendement total (t/ha)	**82**
16	Analyse de variance des paramètres du comportement de la plante	**84**
17	Influence de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de croissance végétative)	**87**
18	Influence de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de tubérisation)	**89**
19	Influence de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de maturation)	**91**
20	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des tubercules (% de la matière sèche)	**93**
21	Résultats de l'analyse de variance de la teneur en azote total des feuilles et des tubercules	**95**
22	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative (% de la matière sèche)	**100**
23	Influence de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de tubérisation)	**102**
24	Influence de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de maturation)	**104**
25	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des tubercules (% de la matière sèche)	**106**
26	Analyse de variance de la teneur en potassium total des feuilles et	**109**

	des tubercules	
27	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de croissance végétative (ppm)	**113**
28	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de tubérisation (ppm)	**114**
29	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de maturation (ppm)	**116**
30	Analyse de variance de la teneur en azote assimilable dans le sol	**118**
31	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium dans le sol au stade de croissance végétative (ppm)	**122**
32	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium dans le sol au stade de tubérisation (ppm)	**124**
33	Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium dans le sol au stade de maturation (ppm)	**126**
34	Analyse de variance de la teneur en potassium assimilable dans le sol	**128**

Listes des figures

Figures	Titre	Page
1	Diagramme ombrothermique de "Gaussen" de la région du Souf (2001-2006)	**06**
2	Evolution de la superficie de la culture de pomme de terre en Algérie (2001-2005)	**13**
3	Evolution de la production de pomme de terre en Algérie (2001-2005)	**14**
4	Evolution du rendement de pomme de terre en Algérie (2001-2005)	**15**
5	Répartition géographique des principaux Wilayates productives de la pomme de terre en Algérie (compagne agricole 2004/2005)	**16**
6	La morphologie générale de la pomme de terre	**19**
7	Cycle de vie de la pomme de terre	**23**
8	Evolution de la superficie de la culture de pomme de terre dans la région de Souf (1991-2006)	**47**
9	Evolution de la production de pomme de terre dans la région de Souf (1991-2006)	**48**
10	Evolution du rendement de pomme de terre dans la région de Souf (1991-2006)	**49**
11	Répartition géographique des principales zones productives de la pomme de terre dans la région de Souf	**50**
12	Schéma du dispositif expérimenta	**59**
13	influence des déférentes doses d'azote sur le nombre des tiges par plante	**68**
14	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre des feuilles par plante	**71**
15	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la longueur des tiges (cm)	**73**
16	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le poids moyen des tubercules (g)	
17	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la longueur des tubercules (cm)	**77**
18	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le diamètre des tubercules (cm)	**79**
19	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement total (t/ha)	**83**
20	Teneur en azote des feuilles (stade de croissance végétative) en % MS	**88**
21	Teneur en azote des feuilles (stade de tubérisation) en % MS	**90**
22	Teneur en azote des feuilles (stade de maturation) en % MS	**92**
23	Teneur en azote des tubercules en % MS	**94**
24	Evolution de la teneur en azote des feuilles au cours des déférents stades de développement % MS	**98**
25	Teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative en % MS	**101**
26	Teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation en % MS	**103**
27	Teneur en potassium des feuilles au stade de maturation en % MS	**105**
28	Teneur en potassium des tubercules en % MS	**108**

29	Evolution de la teneur en potassium des feuilles au cours des déférents stades de développement % MS	**111**
30	Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative	**113**
31	Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation	**115**
32	Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de maturation	**117**
33	Evolution de la teneur en azote assimilable dans le sol au cours des déférents stades de développement (ppm)	**120**
34	Teneur en potassium (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative	**123**
35	Teneur en potassium (ppm) dans le sol au stade de tubérisation	**125**
36	Teneur en potassium (ppm) dans le sol au stade de maturation	**127**
37	Evolution de la teneur en potassium dans le sol au cours des déférents stades de développement (ppm)	**130**

Listes des photos

Photo	Titre	Page
1	La répartition des blocs expérimentaux	**58**
2	Système d'irrigation sous pivot avec fabrication local	**138**
3	Les plantes de pomme de terre en pleine croissance	**138**
4	apparition de maladie de mildiou sur les feuilles	**138**
5	Dessèchement des plantes de pomme de terre	**139**
6	La récolte manuelle de production des déférentes parcelles expérimentales	**139**
7	La remplissage de production et mesure le rendement pour chaque parcelle	**139**

Listes des cartes

Cartes	Titre	Page
1	Présentation géographique de la région de Souf	**04**
2	Représentation géographique du site expérimental (Ez Zeggoub) dans la Commune de HASSANI ABD EL KARIM	**56**

Listes des abréviations

A.N.R.H. 2005 : Agence Nationale des Ressource Hydriques, Direction Regionale Sud-Ouargla.

D.F. = Degree of freedom

D.P.A.T, 2000 : Direction de planification et d'aménagement de Terretoir d'El-Oued. 2000.

DSA, 2006 : La Direction d'Agronomie Saharienne.

E.N.A.G.E, 1993 : Entreprise nationale de géophysique.

F = Statistics of the test F

FAO, 2006 : Food and Agrivulture Oranization

H S : hautement significatif

ITCMI : Institut Technique de Cultures Maraîchères.

ITDAS : Institut Technique de Développement d'Agronomie Sahariennes

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique**.**

M.A.D.R, 2006 : Minestaire d'Agriculture et Développement Rural

N S : Non significatif

OA = Overall average

O.N.M. 2007 : Office nationale de météorologie de Ouargla : Rapport sur les données climatiques de la région du Souf 2007.

O.N.R.G.M, 1999 : Office national de recherche géologique et minière

S : Significatif

S.A. = Square average

SMD = Significative minimum difference

S.S. = Square sum

VC% = Variation coefficient in percentage

V.S. = Variation souce

Tables des matières

Introduction 01

PREMIERE PARTIE : BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1: présentation du milieu d'étude

1/ situation géographique 03
2/ Les facteurs climatique 04
3/ Aspect hydrogéologique 07
3-1/ Vallée du Souf et périphérie 08
3-2/ Vallée de Oued Righ nord 08
4/Relief 09
5/ Pédologie 10

Chapitre II: Généralités sur de pomme de terre

1/ Présentation et origine de la pomme de terre 11
2/ Importance de la pomme de terre dans le monde et en l'Algérie 11
2-1/ Evolution de la production de pomme de terre dans le monde 11
2-2/ Les différentes zones de culture de pomme de terre en Algérie 12
2-3/ Situation de la culture de pomme de terre en Algérie 12
2-4/ Les principaux centres de production de PDT en Algérie 16
3/ Caractéristiques de la plante 17
3-1/ Taxonomie 17
3-2/ La morphologie 17
3-3/ Physiologie et le cycle de développement de la pomme de terre 20
4/ Exigences écologiques de la plante de pomme de terre 24
4-1/ Exigences climatiques 24
4-2/ Exigences édaphiques 24
5/ Rôle de chaque élément 26
5-1/ L'azote 26
5-2/ Le potassium 28
5-3/ Le phosphore 36
6/ Exigences hydriques 38
7/ Mise en place de la culture 38
7-1/ Préparation du sol 38
7-2/ Fumure 39
7-3/ Préparation du plant 40
7-3/ La plantation 40
8/ Conduite de la culture 41
9- Les principaux ennemis et moyens de lutte 44

Chapitre 3: la culture de pomme de terre dans la wilaya d'El Oued

1/ historique et évolution de la culture de pomme de terre 46
2/ situation actuelle de la filière pomme de terre 47
3/ Les facteurs de développement de la culture de pomme de terre 51
4/ Perspectives de développement 53

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

Chapitre I : matériels d'étude

1-Présentation du site expérimental 54
2-Sol du site expérimental 54
3-Le matériel végétal 55
4-L'eau d'irrigation 57

Chapitre II : Méthodes d'étude

1-Protocole expérimental 58
2-Méthodes de prélèvement 63
3-Les paramètres étudiés 64
4-Méthodes d'analyse 65

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DUSCUSSION

Chapitre I : Effet de la fertilisation azotée sur le comportement de la plante

1/ Effet de la fertilisation azotée potassique au moment de la croissance végétatif 67
1-1/ Nombre de tige par plant 67
1-2/ Nombre de feuille par plant 69
1-3/ Longueur de tige 72
Conclusion 74
2- Effet de la fertilisation azotée potassique au moment de la tubérisation 75
2-1- Poids moyen du tubercule 75
2-2- Calibre du tubercule 78
2-4- Le rendement 82
Conclusion 84

Chapitre II : La nutrition minérale de la plante

1- L'alimentation azotée de la pomme de terre 86
1-1- Evolution de la teneur en azote de la plante 86
1-1-1- Teneur en azote des feuilles 87
1-1-2- Teneur en azote des tubercules 93
1-2- Evolution de la teneur en azote dans la plante au cours du cycle 95
Conclusion 95
2- L'alimentation potassique de la pomme de terre 99
2-1- Evolution de la teneur en potassium de la plante 99
2-1-1- Teneur en potassium des feuilles 100
2-1-2- Teneur en potassium des tubercules 106
2-2- Evolution de la teneur en potassium dans la plante au cours du cycle 109
Conclusion 109

Chapitre III : Evolution de la teneur en azote et de potassium dans le sol

1- Evolution de la teneur en azote du sol 112
1-1- Evolution de la teneur en azote dans le sol aux différents stades de Développement 112
1-1-1- Au stade de croissance végétative 112
1-1-2- Au stade de tubérisation 114
1-1-3- Au stade de maturation 116
1-2- Evolution de la teneur en azote du sol au stade de tubérisation 118

2- Evolution de la teneur en potassium du sol 121
2-1- Evolution de la teneur en potassium dans le sol aux différents stades de développement 121
2-1-1- Au stade de croissance végétative 121
2-1-2- Au stade de tubérisation 124
2-1-3- Au stade de maturation 126
2-2- Evolution de la teneur en potassium du sol au stade de tubérisation 128
Conclusion générale 125
Références bibliographiques 128
Annexes 141

Introduction

Introduction générale

La pomme de terre (***Solanum tuberosum L***) occupe une place très importante dans notre alimentation. Elle est la quatrième culture vivrière au monde après le blé, le maïs et le riz (FA0 1996).

Il n'existe pas un aliment plus courant que cette espèce qui renferme 80 % d'eau, 2 % de protéines et 18 % d'amidon aussi riche en vitamines B, et en vitamine C.

En effet la production mondiale est de 323 21,55 millions de tonns répartis entre 152 pays producteur de la pomme de terre dans une surface de 19.321.500 ha (FAO, 2006).

La situation alimentaire actuelle de l'Algérie nécessite une meilleure prise en charge de l'amélioration de la production agricole et notamment celle des cultures stratégique où de large consommation qui sont principalement les céréales et la pomme de terre.

En Algérie la pomme de terre occupe une place extrêmement importante par rapport aux autres cultures maraîchères. Elle représente actuellement 38% de la superficie cultivée en culture maraîchère et 30% de la production totale avec 21556499 T répartis sur 99717 hectares : soit un rendement de 216.17 Qx/Ha (2005). (M.A.D.R, 2006).

La région du Souf offre une production de 2048800 tonnes sur une surface de 7880 ha (compagne 2005/2006) (DSA d'EL-OUED, 2006).

L'introduction de cette culture dans le Sud du pays étant basées sur nombreuses expérimentations, mais jusqu'à l'heure actuelle, la maîtrise de cette culture reste insuffisante pour l'optimisation des rendements. Les principaux facteurs d'obtention du rendement sont:

- Les techniques culturales
- Choix des variétés saines, vigoureuses, résistantes.
- Les périodes d'intervention pour les soins culturales
- La fertilisation raisonnée dans l'espace et dans le temps (HALILAT et al, 2000), est un des facteurs importantspour l'intensification des rendements

Alors la fertilisation, est un principal facteur de production pour chaque culture, et doit être raisonnée pour permettre une bonne alimentation de la plante et d'assurer la disponibilité de tous les éléments nécessaire à la plante en périodes de forte consommation.

Dans la région de Souf, la culture de pomme de terre rencontre d'efférents obstacles essentiellement la maîtrise des techniques culturales. Parmi ces techniques, la fertilisation, qui reste mal maîtrisé essentiellement dans l'apport d'engrais dans un sol sableuse très lessivant.

L'azote joue un rôle majeur dans le développement physiologique et la croissance des plants de pommes de terre. Des perturbations dans la nutrition azotée des plants pendant leur période de croissance pourraient nuire considérablement le rendement et à la qualité de la pomme de terre (Reust, 1986).

La culture de la pomme de terre est très exigeante en potassium. Parmi les trois éléments (N.P.K), le potassium est celui qui est requis en plus grande quantité par la plante (Carpenter, 1957).

Une meilleure connaissance des besoins en azote, en phosphore et en potassium de chaque variété permettrait d'augmenter leur productivité et de diminuer les problèmes potentiels de surfertilisation. (CPVQ. 1996).

En raison de l'importance de ces deux éléments à savoir l'azote et le potassium dans le développement de la culture de pomme de terre, notre travail vise à déterminer l'influence de la fertilisation azotée- potassique en d'efférentes doses sur le comportement d'une culture de pomme de terre, le développement de la partie aérienne et souterraines. L'étude de l'effet de la fertilisation azotée- potassique sur l'évolution, les teneurs d'azote et de potassium dans les deux parties de la plante (nutrition minérale) et l'évolution des teneurs en azote et en potassium dans le sol.

Donc on peut résumé les objectifs de cette étude comme suit:

1-Mettre en évidence l'influence de différents niveaux de fertilisation azotée-potassique sur la production et la qualité de la pomme de terre.

2. Déterminer les doses d'engrais azotée-potassique permettant un rendement optimal et une bonne qualité de tubercules.

Premiére partie Bibliographique

Chapitre I

présentation du milieu d'étude

Chapitre 1: Présentation de la zone d'étude

1/ Situation géographique

Le Souf « nom berbère de rivière, synonyme de 'oued'. A l'origine, les habitants d'El-Oued vivaient de l'agriculture, de la terre chacun avait sa palmeraie et son potager réalisé à l'issue d'une somme d'effort considérable. La forme de l'agriculture (système Ghoutt) consistait à creuser des cuvettes pour planter à proximité de la nappe phréatique, cette situation a fait que l'agglomération soit implantée à travers des entonnoirs ou cratère rendant tout aménagement planimétrique du terrain difficile, et les aménagements plus Coûteux. (O.N.R.G.M, 1999). Géographiquement, le souf est limité par les coordonnées suivantes :

X1 = 05°30' et X2 = 07° Est

Y1 = 35°30' et Y2 = 37° Nord

La région du Souf est située dans le Sud-Est algérien au Nord du grand erg oriental. Elle est limitée :

- Au Nord par la zone de chotts (Melghir et Meroune).
- Au Sud par l'extension de l'Erg oriental.
- A l'Ouest par la vallée d'Oued-Righ.
- A l'est par la frontière tunisienne.

La région du Souf se trouve à environ 560 Km au Sud-Est d'Alger et 350 Km à l'ouest de la Tunisie (figure N° 01). Cette région sableuse de 44.586,80 Km^2 de superficie se caractérise par la présence de dunes qui dépassent parfois 100 m de hauteur.

Cette région se trouve à une altitude moyenne de 80 m, accusant une diminution notable du Sud au Nord pour être à 25 m au dessous du niveau de la mer dans le chott Melghir qui occupe le fond de l'immense bassin du bas Sahara (NAJAH, 1971). Le Souf est constitué par 12 Daïras :

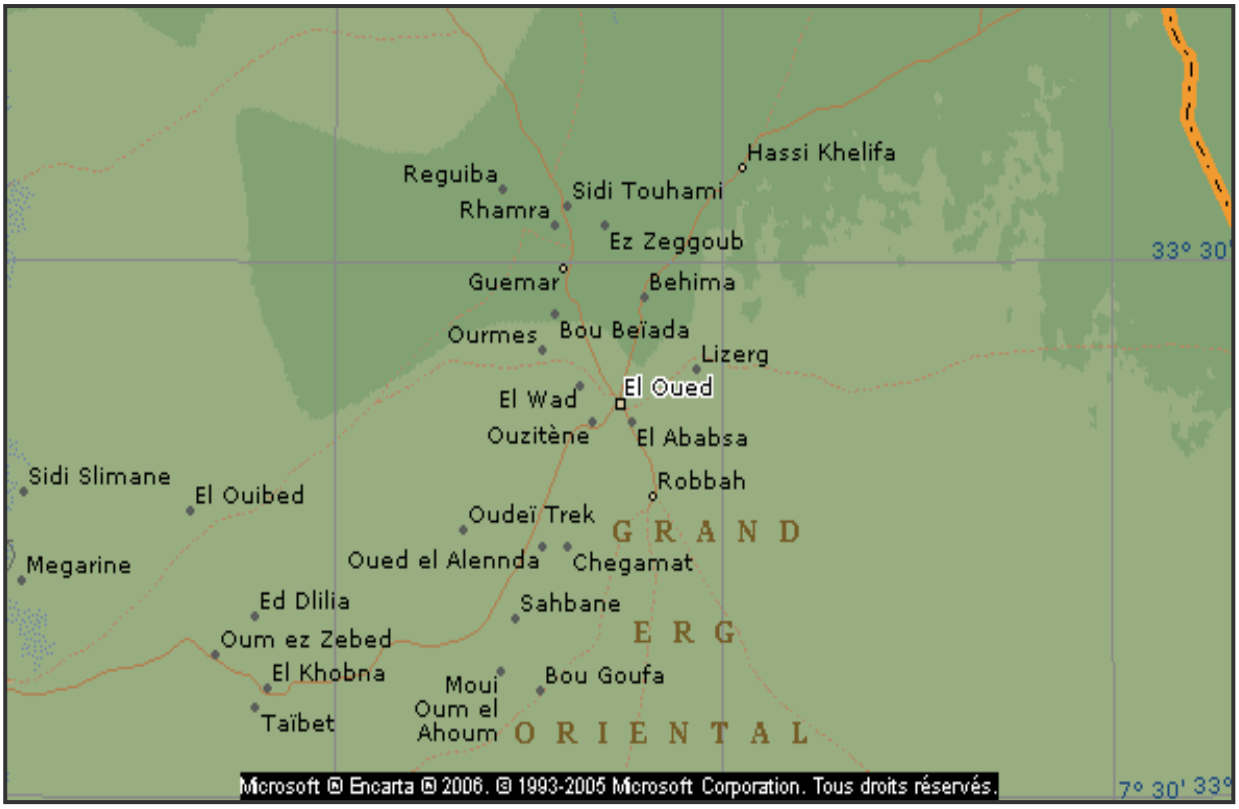
1 - EL OUED	7- ROBBAH
2- REGUIBA	8 - BAYADA
3- GUEMAR	9- TALEB L'ARBI
4-DEBILA	10- MIHA OUENSSA
5- HASSI KHALIFA	11-EL MEGHAIER
6- MAGRAN	12-DJAMAA

2/ Les facteurs climatiques:

Le climat dans la région du Souf est de type saharien, désertique caractérisé par une période estivale chaude et un hiver doux.

Les principales contraintes climatiques restent : la fréquence des vents violents tels que le sirocco et les vents de sable (D.P.A.T, 2000).

Les données climatiques sont présentées dans le tableau N°01



(Encarta 2006)

Carte N°01: Présentation géographique de la région de Souf. Echelle 1/80.000

Tableau N° 01 : Données climatiques de la région du Souf (2001-2006)

Paramètres climatiques / Mois	Température moy.(^{0}C)	Précipitation en mm.	Humidité Relative%	Evaporation en (mm).	Insolation par mois (h/mois)	Vitesse de Vent (m/s).
Janvier	09.89	24.35	67.05	18.98	214	02.24
Février	12.78	03.81	60.65	23.01	231	02.72
Mars	16.81	10.75	52.26	42.71	351	03.76
Avril	20.25	08.76	41.94	47.83	274	03.07
Mai	25.68	09.53	36.26	62.16	279	03.04
Juin	32.45	0.15	33.26	81.75	335	02.82
Juillet	33.23	0.64	33.16	78.23	357	02.84
Août	33.45	06.38	34.55	72.78	330	02.79
Septembre	29.38	04.01	47.31	44.58	278	02.01
Octobre	23.37	04.48	51.93	42.33	283	01.57
Novembre	16.43	07.06	61.96	13.58	249	01.34
Décembre	11.21	08.88	70.15	20.62	209	01.82
Moyenne annuelle	22.07 (cumule)		49.24		282.5	2.50
Total		96.16		549.14	3390	

(O.N.M.d'EL-Oued, 2007)

2-1/ La température

La température est un paramètre important dont il faut tenir compte pour la caractérisation d'une région donnée. Notre zone d'étude (tableaux N° 01) est caractérise par ;

- Une température cumule annuelle de l'ordre 22.07° C.
- Le mois le plus chaud est Août avec 33.45° C.
- Le mois le plus froid est Janvier avec 9.89° C.
- Une période froide s'étalant de Novembre à Avril avec une moyenne de 14.55° C.
- Une période chaude s'étalant de Mai à Octobre avec une moyenne de 29.59° C.

2-2/ Les précipitations

Notre région d'étude est caractérisée par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace. En effet, des précipitations annuelles moyennes (2001-2006) sont de 96.16 mm (tableau N°01). La période pluviale de l'année est très courte (2 à 3 mois) par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année (9 à 10 mois) (figure N° 01).

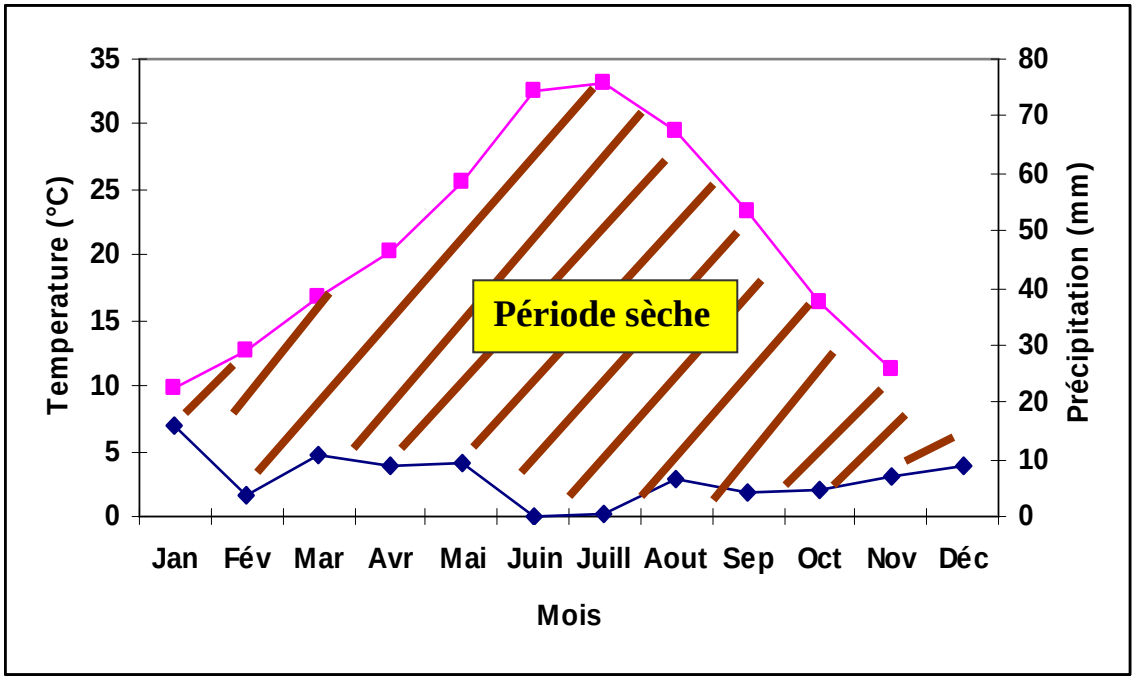


Figure N^0 01 : Diagramme ombrothermique de "Gaussen" de la région du Souf (2001-2006)

2-3/ L'humidité relative de l'air

La région du Souf se caractérise par un air sec. Avec une humidité moyenne annuelle de 49.24 % (2001-2006). Le taux d'humidité relative varie d'une saison à l'autre.

La valeur de l'humidité moyenne maximale dans la région du Souf est enregistrée pendant le mois de Décembre avec 70.15 % et la valeur de l'humidité moyenne minimale dans cette région est enregistrée pendant le mois de Juillet avec 33.16 % (Tableau N° 01) (O.N.M., 2007).

2-4/ L'évaporation

Elle est importante durant la période chaude de l'année. La valeur maximale est de 81.75 mm au mois de Juin, et la valeur minimale est de 13.58 mm au mois de Novembre. Le cumul annuel est de l'ordre de 549.14 mm (Tableau N° 01) (O.N.M., 2007).

2-5/ L'insolation

Le ciel du Souf est dégagé durant presque toute l'année, caractéristique des zones sahariennes, ce qui donne un taux d'insolation très important. Le pic est marqué pour le mois de Juillet avec un volume horaire de 357 heures. La moyenne annuelle est de 282.5 heures / mois. (Tableau N° 01) (O.N.M., 2007).

2-6/ Les vents

Le vent est un élément caractéristique du climat, il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence (DUBIEF, 1964).

Les vents dominants dans le Souf sont de direction Est-Nord provenant de la méditerranée Lybique (DUBIEF, 1964), chargés d'humidité appelés « El-bahri » et qui soufflent très forts au printemps. Ils sont peu appréciés malgré leur fraîcheur car ils provoquent de la poussière (vent de sable) dans l'air et donnent une couleur jaune au ciel. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 2.50 m/s. (Tableau N° 01) (O.N.M., 2007). En outre les vents chauds sont moins fréquents. Ils soufflent de Sud vers le Nord, pendant l'été.

3/ Aspect hydrogéologique

La wilaya d'El-Oued qui fait partie du Sahara septentrional recèle dans son sous sol d'importantes réserves en eau contenues dans des aquifères superposées de la nappe phréatique dite libre à la nappe la plus profonde qui est l'albien.

Les régions qui connaissent des prélèvements dans les nappes profondes (ANRH, 2005), sont les suivantes :

3-1/ Vallée du Souf et périphérie

Cette région de la wilaya d'El-Oued regroupe la vallée du Souf et sa périphérie (Benguecha, Taleb Laarbi et Douar El Ma). Elle est limitée au Nord par les chotts Melghir et Merouane au Sud par l'extension de l'Erg oriental, à l'Ouest par l'Oued Righ et à l'Est par la Tunisie.

3-1-1/ La nappe du Complexe Terminal

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones.

3-1-2/ La nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/l.

3-1-3/ Constat de l'exploitation des nappes CI-CT

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée, elle est exploitée par environ 10.000 puits traditionnels à une profondeur moyenne de 40 m (Figure 03). Le recours aux forages profonds pour l'irrigation a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée, notamment la remontée des eaux dans le Souf. Cette situation a perturbé l'écosystème des oasis de la vallée considéré déjà assez fragile.

3-2/ Vallée de Oued Righ nord

Cette partie de la grande vallée de Oued Righ regroupe les localités de Djamâa, El Meghaier, Still et El Hamraia. Cette région se distingue par une surexploitation de la ressource en eau notamment de la nappe du Complexe Terminal à raison de 70 millions de m^3/an. L'irrigation par les méthodes traditionnelles a entraîné les dépôts de sels sur les sols

par les eaux relativement chargées et ce, malgré l'existence du canal de drainage des eaux excédentaires des palmeraies.

3-2-1/ La nappe du Complexe Terminal

La nappe du Complexe Terminal qui est la plus exploitée dans la région, le débit d'exploitation varie entre 25 et 45 l/s par forage, la zone de production qui est captée de 250 à 400 m de profondeur connaît un rabattement important de plus de 20m ou durant 10 ans.

La salinité des eaux de cette nappe qui est relativement élevée peut atteindre les 6 g/l dans certaines zones, ce qui a accentué le phénomène de salinisation des sols dû a l'irrigation traditionnelle par submersion et la desserte de l'eau se fait par un réseau de canaux secondaires et tertiaire, non imperméabilisés.

3-2-2/ La nappe du Continental Intercalaire

Les eaux de la nappe du Continental Intercalaire (Albien) de cette région sont jaillissantes, elles sont captées à une profondeur de 1800 à 2100 m (Figure 03), les débits moyens à la tête du forage oscillent entre 150 et 180 l/s, tandis que la qualité chimique est généralement acceptable avec un résidu sec de 1,8 à 2 g/l.

4/Relief:

La configuration du relief du la wilaya se caractérise par l'existence de quatre grands ensembles à savoir

4-1/ Région du Souf :

Une région sableuse qui couvre la totalité du Souf, d'Est et Sud.

4-2/ Erg :

Une région sableuse qui occupe 3/4 de la superficie du Souf et ce trouve sur les lignes (80m Est 120m Ouest). Cette région fait partie du grand Erg oriental.

4-3/ Oued Righ :

Une forme de plateaux rocheux qui longe la R N 3 à l'Ouest de la Wilaya et s'étend vers le Sud.

4-4/ Région de dépression :

C'est la zone des Chotts, elle est située au Nord de la Wilaya et se prolonge vers l'Est avec une dépression variante entre (-10 et -40m) et parmi les chotts connues il y'a Milghigh et Merouane, auprès de R N n° 48 qui traverse les communes de Hamraiet et Still.

(ANONYME, 2005)

5/ Pédologie

Le sol du Souf prend deux aspects. Le plus dominant est l'ensemble dunaire. Ce sont de grandes accumulations sableuses.

L'autre aspect est appelé localement « SHOUNES » (plusieurs sahanes), où la superficie du sol est parfois caillouteuse avec de croûtes gypseuses entourées par des hautes dunes (GHROUD) qui leur donnent ainsi une forme de cratères (O.N.R.G.M, 1999).

D'après E.N.A.G.E.O (1993), les résultats de l'étude géophysique du sol du Souf permettent de caractériser quatre étages :

- Terrain superficiel d'une épaisseur variable allant de 30 à 50 mètres, correspondant aux sables dunaires.
- Terrain ayant une épaisseur variable allant de 50 à 80 mètres, correspondant aux sables argileux et aux argiles sableuses.
- La troisième couche n'existe pas dans toute la région, son épaisseur est plus importante et varie entre 5 à 90 mètres, elle correspond aux argiles sableuses

La quatrième couche correspond au substratum argileux (E.N.A.G.E.O ,1993).

D'après (O.N.R.G.M, 1999), l'étude de composition chimique de sable du Souf permet les résultats suivants :

- Composition chimique :
  - Teneur en $S_iO_3 > 50$ %
  - Teneur en $SO_3 < 2$ %
  - Teneur en $(K_2O + N_{a2}O) < 3.6$ %
  - Poids volumique > 1200 Kg/m^3
  - Pourcentage en particules P.A.V inférieures à 0.05 mm < 10 %
  - Teneur en matière organique : pas plus sombre que l'étalon (analyse calorimétrique).

Chapitre II

Généralités sur la pomme de terre

Chapitre II: Généralités sur de pomme de terre

1/ Présentation et origine de la pomme de terre

La pomme de terre, semble avoir pris naissance et avoir vécu à l'état spontané dans les rivages d'Ouest de l'Amérique latine. Sa consommation par la population indique date des temps immémoriaux. Elle fut introduite en Europe, vers la deuxième moitie du 16ème siècle par les navigateurs au les pirates. Mais cultivée jusqu'à la fin du 18ème siècle sur une faible étendue. Nous pouvons constater son expansion prodigieuse durant le 19ème siècle en Europe. Et c'est l'entrée de la pomme de terre dans l'alimentation humaine qui a éloigne pour toujours la famine qui sévissait périodiquement.

Selon ISNART (1972), la pomme de terre arriva en Algérie en 1956, rapporté par l'Amirouche.

KENNETH (1966), la pomme de terre, se reproduit soit de façon végétative par les tubercules, soit sexuellement par des graines. Elle peut être diploïde, tétraploïde.

Les pommes de terre tétraploïdes sont les plus importantes et les plus répandues car ce sont les plus fertiles.

2/ Importance de la pomme de terre dans le monde et en l'Algérie

2-1/ Evolution de la production de pomme de terre dans le monde :

La production mondiale en pomme de terre est évaluée à 323 21,55 millions tonne en 2005 et la superficie totale s'élevait à 19.321.500 ha pour la même année ce qui représente une moyenne de rendement à l'hectare de 16.73 T/Ha. (FAO, 2006)

Le tableau N°02 présente les productions et la répartition géographique de la culture de la pomme de terre dans le monde.

Tableau N°02: principaux pays producteurs de la pomme de terre (FAO, 2006)

Pays	Production (Tonne)
Chine	73 036 500
Fédération de Russie	36 400 000
Inde	25 000 000
Ukraine	19 480 000
États-Unis	19 111 030
Allemagne	11 157 500
Pologne	11 009 390
Bélarus	8 185 000
Pays-Bas	6 835 985
France	6 347 000
Royaume-uni	6300 000
Autres pays	65 297 137,00

2-2/ Les différentes zones de culture de pomme de terre en Algérie

Cultures d'extra-primeurs concernant des plantation d'Automne effectuées soit en Septembre ou en Octobre (irriguée) soit Octobre / Novembre (culture sec), et la Cultures de primeur elles sont plantées à partir de fin Novembre à début Janvier. Les récoltes se font à partir de Mars et se intérieur. Au littoral les plantations se font en Févier. Plaine intérieure et les hauts plateaux, les plantations se font de fin Février jusqu'à début Avril, et en fin la Cultures d'été en littoral où les plantation se font aux mois de Août et Septembre. Les hauts plateaux où les plantations se font Avril, Mai et Juin jusqu'à la mi-Juillet il n'y a pas de plantation en Algérie.

2-3/ Situation de la culture de pomme de terre en Algérie:

Sur le plan mondial, la pomme de terre occupe la quatrième place après le blé, le mais et le riz, sur une superficie agricole qui dépasse les 20 Millions d'hectare.

En revanche, en Algérie la pomme de terre occupe une place extrêmement importante par rapport aux autres cultures maraîchères. Elle représente actuellement 38% de la superficie cultivée en culture maraîchère et de 30% de la production totale.

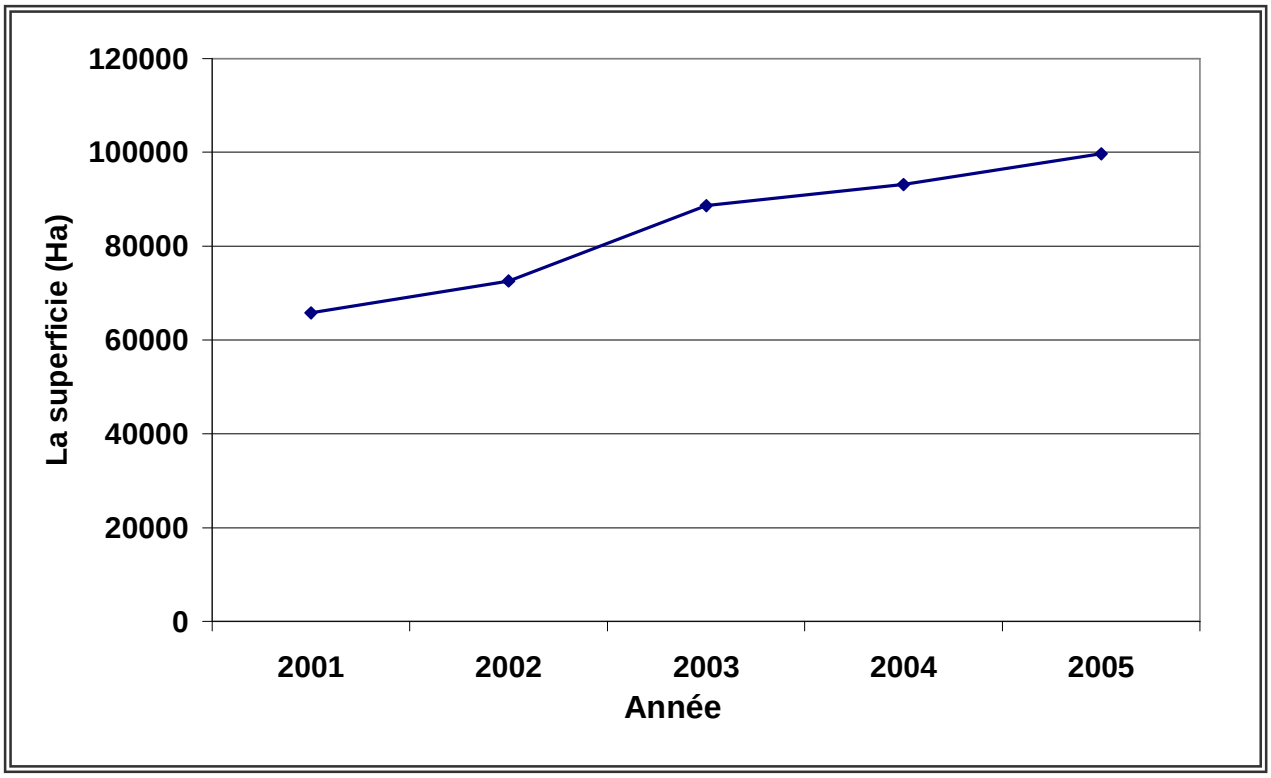


Figure N° 02 : Evolution de la superficie de la culture de pomme de terre en Algérie (2001-2005) (M.A.D.R, 2006)

A partir de la figure N°02, nous enregistrons une augmentation progressive et des superficies productives de la pomme de terre durant la période 2001 et 2005.

Nous avons enregistré environ 65790 Ha de superficie productive durant la compagne 2001 et aussi une augmentation rapide de superficie productive jusqu'à la compagne 2005 qui atteint 99717.

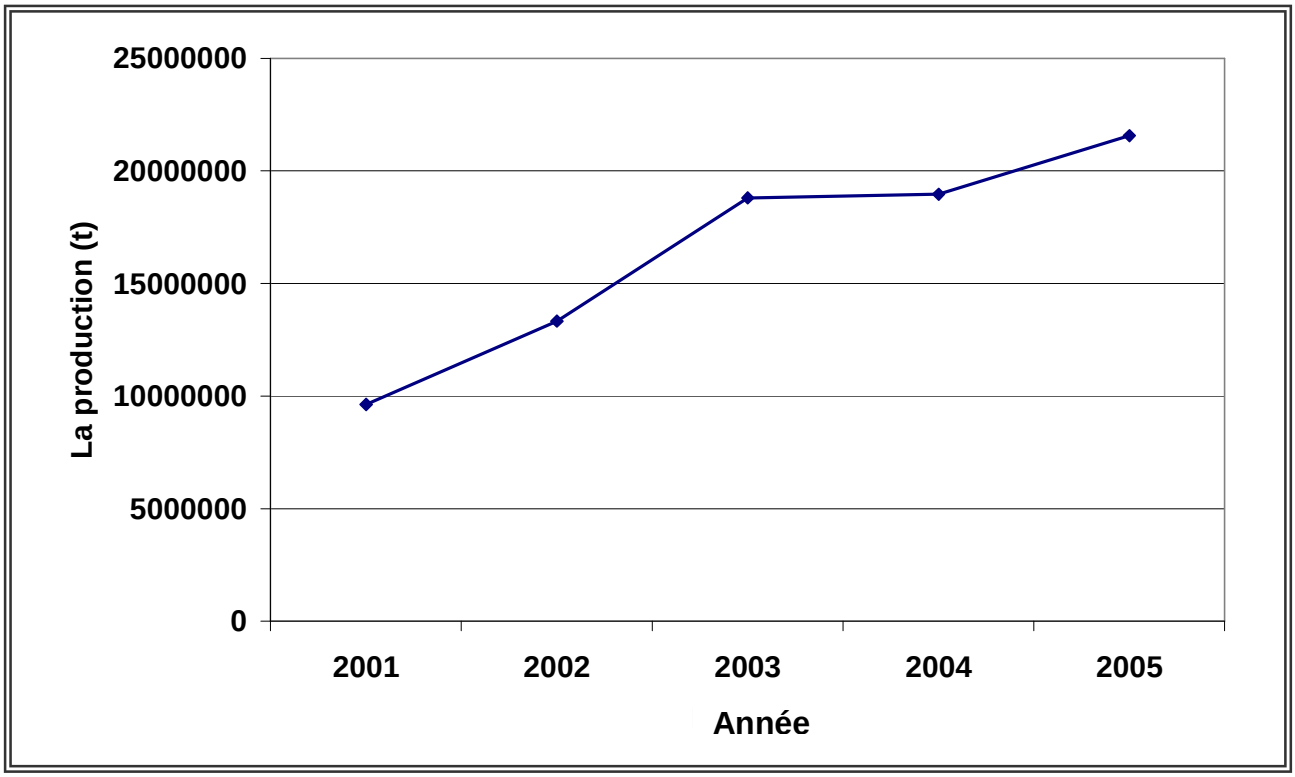


Figure N° 03 : Evolution de la production de pomme de terre en Algérie (2001-2005) (M.A.D.R, 2006)

A partir de la Figure N°03, nous remarquons une augmentation de la production de la pomme de terre entre les compagnes agricoles 2001 et 2005. Nous enregistrons environs 2155499 tonne pendant la compagne de 2005.

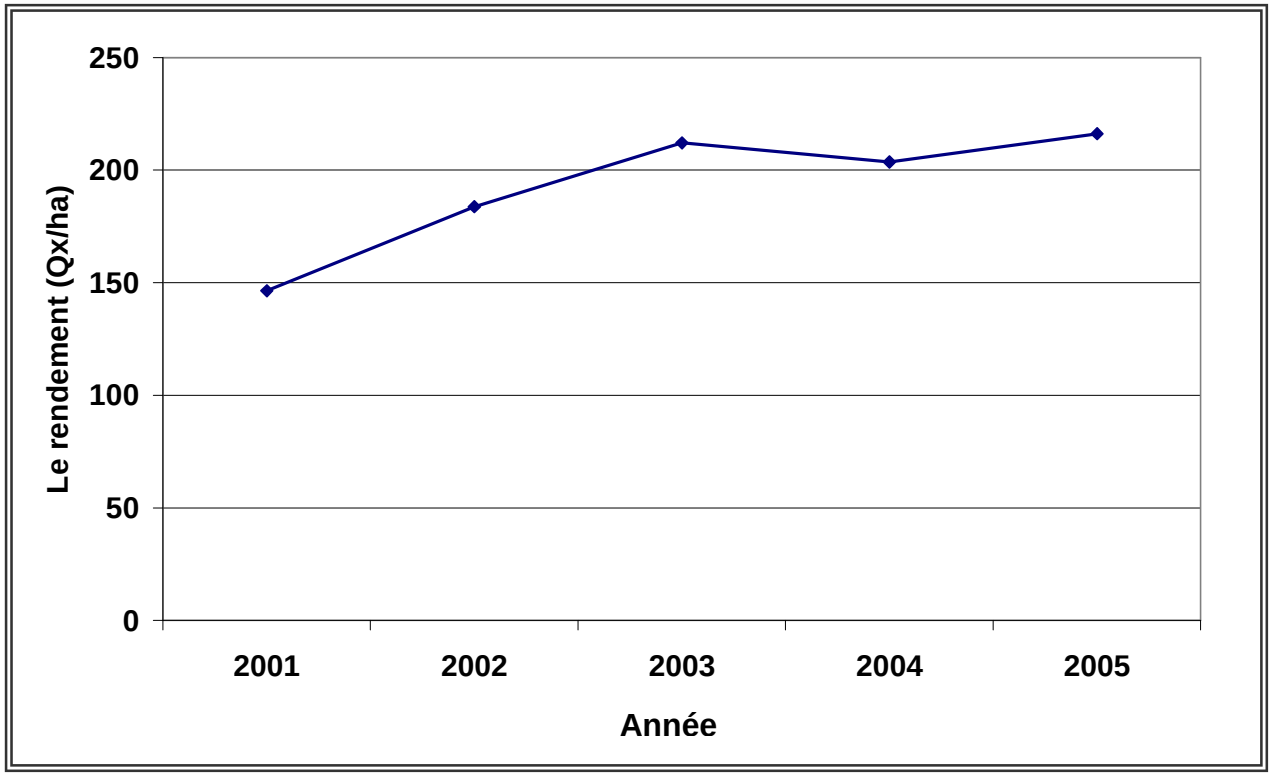


Figure N° 04 : Evolution du rendement de pomme de terre en Algérie (2001-2005) (M.A.D.R, 2006)

En outre, la figure N°04, nous permet de constater que le rendement reste plus ou moins stable entre 2001 et 2005, avec une légère augmentation de ce rendement en 2005 qui atteint 216,17 Qx/ha.

2-4/ Les principaux centres de production de PDT en Algérie :

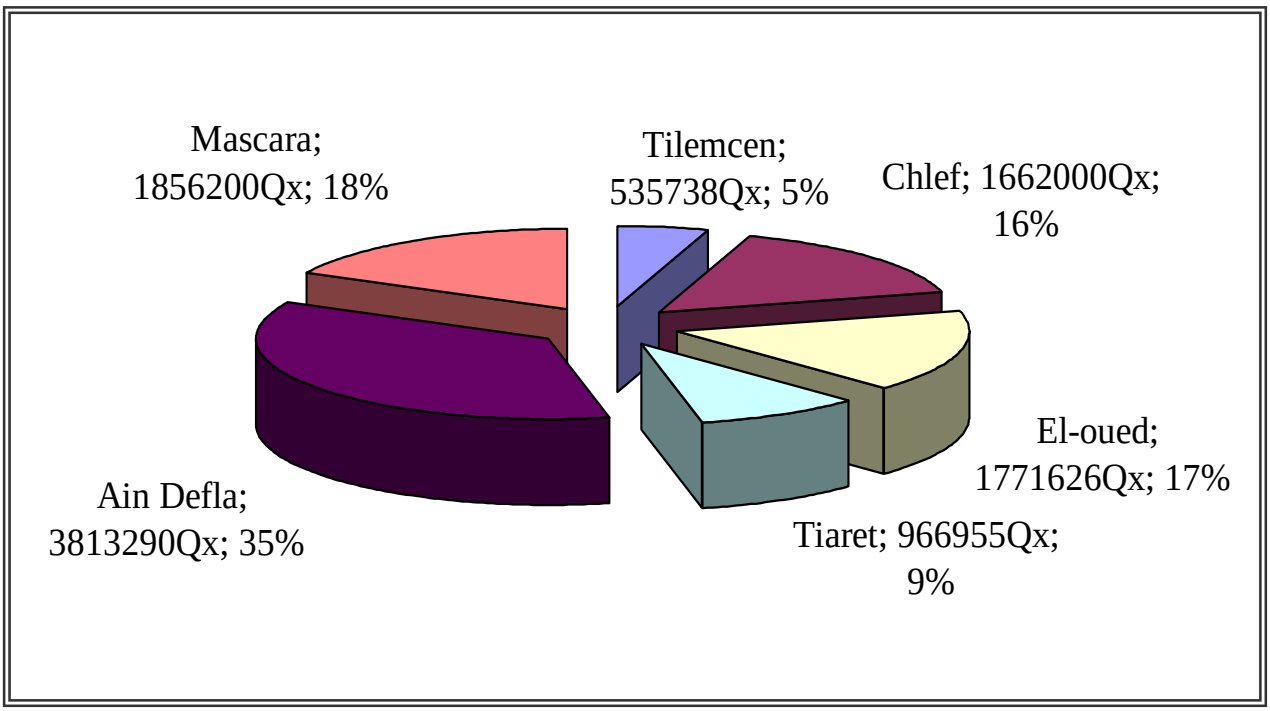


Figure N° 05: Répartition géographique de la principaux Wilayates productives de la pomme de terre en Algérie (compagne agricole 2004/2005) (M.A.D.R, 2006)

Selon cette répartition (Figure N° 05), la wilaya de Ain Defla occupe la première place qu'il représente 35% de la production nationale, puis la deuxième la wilaya Mascara (18%), et la troisième la wilaya d'El-Oued qui contribue par 17% de la production nationa.Alors, la wilaya d'El Oued occupe une place importante parmi les wilayas productives de la pomme de terre en l'Algérie.

3/ Caractéristiques de la plante

3-1/ Taxonomie:

La position systématique de la pomme de terre est (BOUMLIK, 1995):

Embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Sous classe : Gamopétales
Ordre : Polémoniales
Famille : Solanacées
Genre : ***Solanum***
Espèce : *Solanum tuberosum L*

3-2/ La morphologie:

La pomme de terre est une plante dicotylédone annuelle de la famille des solanacées dont l'espèce commune blanche cultivée a pour nom latin *Solanum tuberosum* (KLEINKOPF, 1983).

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) appartient à la famille des Solanacées, plantes à fleurs gamopétales, dicotylédones dont plusieurs sont cultivées pour l'alimentation humaine (DARPOUX, 1967).

3-2-1/Le système aérien:

Le système aérien est annuel

- Les tiges aériennes, au nombre de 2 à 10, parfois plus, et ont un port plus au mois dressé et une section irrégulière;
- Les feuilles composées qu'elles portent permettent, par leurs différences d'aspect et de coloration, de caractériser les variétés.
- Les fleurs, dont la couleur et le nombre caractérisent les variétés. Sont généralement autogames, mais souvent stériles.
- Les fruits ou baies qu'elles produisent contiennent des graines dont l'intérêt est nul en culture (Figure N^0 09) (SOLTNER, 1979).

3-2-2/ Le système souterrain:

Le système souterrain porte des tubercules vivaces.

- Les racines, nombreuses et fines, fasciculées et peuvent pénétrer profondément le sol, s'ils sont suffisamment meubles:
- Les tiges souterraines ou rhizomes, ou stolons, sont courtes et leurs extrémités se renflent en tubercules (Figure N^0 09).
- Ces tubercules sont les organes de conservation qui permettent de classer la pomme de terre parmi les plantes vivaces a multiplication végétative (SOLTNER, 1979).

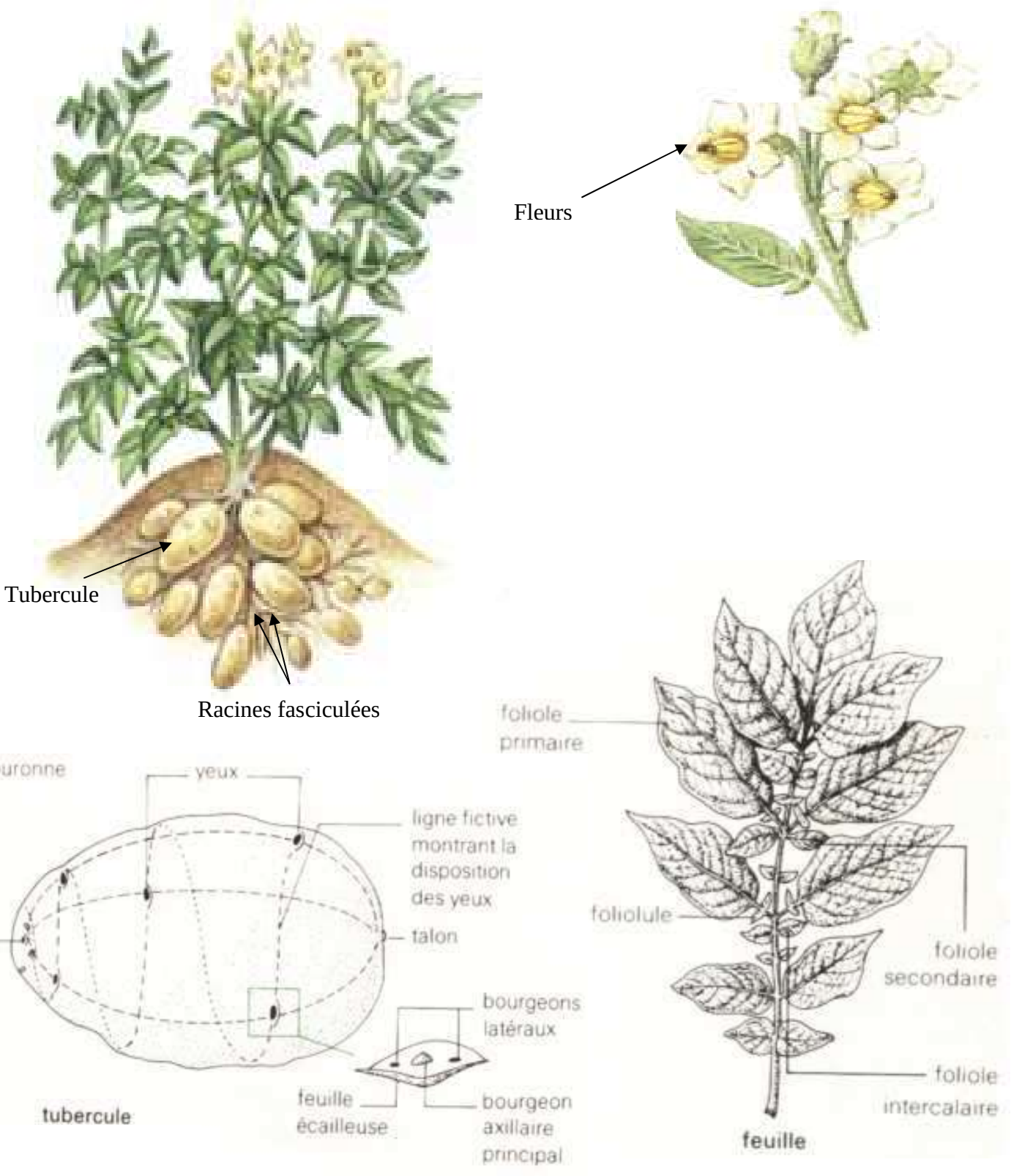


Figure N^0 06: La morphologie générale de la pomme de terre (ANONYME, 1981)

3-3/ Physiologie et cycle de développement de la pomme de terre

Le cycle de développement de la pomme de terre est annuel et comprend 4 phases :

3-3-1/ Le repos végétatif:

A la récolte, le tubercule de pomme de terre ne peut germer même si les conditions de croissance sont favorables (température de 18° à 25° C) et hygrométrie 90%. Sa durée constitue un caractère variétal mais peut être abrégé ou maintenu par différents constituants physiques ou chimiques. Sous l'action de hautes températures durant la végétation, il peut être abrégé (MADEC et PERENNEC, 1962)

Peut être rompu à une température de 23°- 24° C ou par substance chimique : La rindite; par contre il est maintenu à température inférieure à 3° C par des substances antigermes ou bien par des radiations gamma à faibles doses.

3-3-2/ La germination:

A la fin de repos végétatif, le germe rentre en croissance s'il n'y a pas dormance induite par les conditions du milieu (MADEC, 1966).

MADEC et PERENNEC (1962) ont dénommé stade d'incubation, le stade de tubérisation des germes, et période (phase) d'incubation, le temps s'écoulant entre le départ de la germination et la formation des nouvelles ébauches du tubercule par les germes (Figure 10).

3-3-3/ La croissance :

A partir des germes produits par le tubercule, se forment des tiges feuillées puis des stolons et des rameaux (Figure N° 07) (BISSATI, 1996)

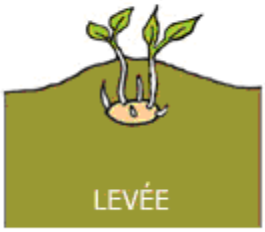
3-3-4/ La tubérisation :

Au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu. Les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former, en une ou deux semaines, les ébauches des tubercules : c'est la tubérisation. Elle se prolonge. Jusqu'au fanage de la plante, par la phase de grossissement. Aucun indice ne permet de déceler, sur les organes aériens, le moment de cette ébauche des tubercules (Figure 10) (SOLTNER, 1979)

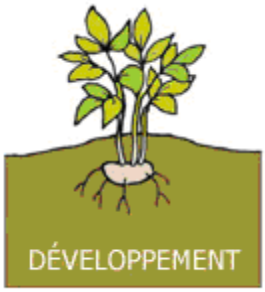
La croissance des tubercules est très lente pendant la première phase, s'accélère à partir du 55 et 65eme jour et atteint une vitesse plus importante que celle de la partie verte. (HAMADI, 1971).

La tubérisation provoquée par une dose de substance de tubérisation synthétisée par ce feuillage, plus une quantité pour entraîner la tubérisation définitive accompagnée de l'arrêt de la croissance végétative. (ABDESSALLAM, 1990)

Les germes courts et trapus ont environ 5mm.

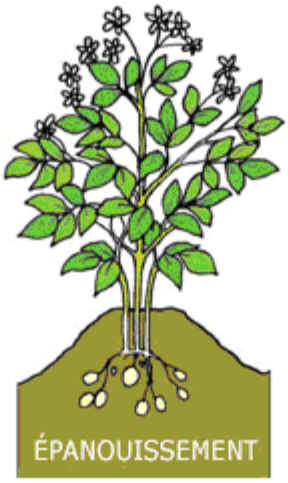


Les premières feuilles sortent de terre : les gelées ne doivent plus être à redouter.
Les racines apparaissent.

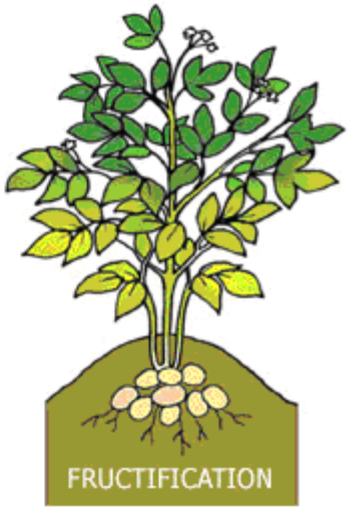


Plusieurs tiges se développent et le nombre de feuilles augmente Jusqu'à couvrir complètement le sol .

Des hampes florales se Forment au sommet des tiges qui ont atteint leur longueur maximum (25 à 50 cm)



Les fleurs blanches ou violettes s'epanouissent (certaines variétés ne fleurissent tubercules commencent à se former.



Les feuillage commence à jaunir.
Les fleurs donnent des baies vertes non Comestibles : c'est le Moment de récolte les pomme de terre

Le feuillage et les tiges se dessèchent progressivement .
Les tubercules atteignent leur taille maximum, mais leur peau reste et se détache en trottant avec les doigts.
Les tubercules sont encore inaptes à la conservation (pomme de terre nouvelles).

Les feuillage et les tiges, complètement desséchés, disparaissent . Les tubercules peuvent rester en terre jusqu'aux première gelées. Leur peau se cicatrise progressivement : elle s'épaissit les tubercules qui peuvent alors être conserve pour l'hiver.

Figure N°07: Cycle de vie de la pomme de terre.

4/ Exigences écologiques de la plante de pomme de terre

La plante de pomme de terre a des exigences spécifiques, qui sont :

4-1/ Exigences climatiques:

4-1-1/ La température:

La pomme de terre est caractérisée par un zéro de végétation compris entre 6 et 8°C. L'optimum de température pour la croissance se situe entre 14 et 17°C et le feuillage est détruit à 3°C et 4°C.

Les sommes des températures correspondant aux groupes extrêmes de précocité sont de l'ordre de :

1600°C pour les variétés primeurs (90 jours).

3000 °C pour les variétés tardives (200 jours).

Le tubercule gèle entre 1°C et 2.2°C.

La température de stockage de la récolte devra être inférieure à 6°C (MOULE, 1972).

4-1-2/ La lumière:

La pomme de terre est une plante héliophile. Ses besoins en lumière sont important surtout pendant la phase de croissance. Ce facteur est déterminant pour la photosynthèse et la richesse en fécule des tubercules (MOULE, 1972).

4-1-3/ L'humidité :

Dans le cas d'une culture de pomme de terre ; l'humidité est un facteur limitant de la production bien sur taux suffisant pour permettre à la plante de suivre son développement le plus normalement possible, à notre qu'une carence ou un déficit en humidité pourrait avoir des conséquences très graves vis-à-vis des rendement surtout aux stades croissance et tubérisation. (ANONYME, 1985)

4-2/ Exigences édaphiques:

4-2-1/ Le sol:

La pomme de terre est une plante qui s'accommode à toutes les terres, à condition que celles-ci soient suffisamment alimentées en eau. Elle préfère cependant les terres légères, siliceuses ou silico-argileuse, au sous-sol profond (ANONYME, 1981).

4-2-2/ Le pH:

MOULE (1972) rapporte que la pomme de terre supporte les pH assez bas de 5.5 à 6. Néanmoins elle peut s'adapter aux sols faiblement alcalins.

4-2-3/ Exigences en éléments fertilisants:

La pomme de terre est une plante exigeante en éléments nutritifs, tant au point de vue organique que minéral, qui influent tant sur le rendement que sur la qualité de la récolte obtenue. Il est indispensable d'appliquer une fertilisation équilibrée. Les formules types préconisés, à titre indicatif, ne sont destinées qu'à des sols moyens normalement pourvus.

Il ne faut pas donc les considères comme des recettes, mais comme des bases de travail, permettant à chaque agriculteur de raisonner sa propre fumure en fonction des données agronomiques, économique et pratiques. (ELMAR, ALFRED et WALFGANG, 1988)

4-2-3-1 / La nutrition minérale de la pomme de terre :

Le développement d'une plante pendant une période plus au moins longue, est soumis à l'influence de l'organe qui est à son origine, spore, graine, tubercule (KOFER, 1958 ; BARTON, 1961 ; INUINOR, 1970)

Dans le cas des tubercules de la pomme de terre, les réserves nutritives de la plante sont présentes en quantités importantes; on sait également que jusqu' à l'étalement de 200 à 400 cm^2 De surface foliaire, les réserves du tubercule sont la principale source nutritive (MILK HORPE, 1966).

4-2-3-2/ Exigence en éléments minéraux :

La pomme de terre est très exigeante en éléments minéraux surtout en azote, phosphore, potasse, Magnésium, et Calcium. Elle est très sensible à l'apport raisonné des engrais, car sa végétation est très intense et en générale courte de 90 a 200 jours au maximum selon les variétés (DARPOUX, 1967)

D'après (HERERT, in CROSNIER, 1975), les besoins en éléments nutritifs du point de vue organique minéral, sont élevés et sensiblement proportionnels aux rendements notamment pour le potassium et le phosphore, par contre une même quantité d'azote peut bien correspondre à 30 ou 40 tonnes/ha. Les exportations en éléments minéraux sont élevées, et sont dominées par le potassium, puis l'azote et le phosphore.

Selon les rendements, elles seront d'après (DARPOUX, 1967) de l'ordre de :

- 3,2 a 5 kg d'azote / tonne de tubercules
- 1,6 a 2 kg d'acide phosphorique / tonne de tubercules
- 6 a 10 kg de potasse / tonne de tubercules
- 0,4 a 0,8 kg de magnésie/ tonne de tubercules
- 2,01 a 4,3 kg de chaux / tonne de tubercules
- 0,3 de soufre / tonne de tubercules

La pomme de terre , en sol bien pourvus en potasse peut absorber des quantités considérables de potassium réalise ainsi une consommation de luxe vis-à-vis de cet élément qui se traduisant par des exportation très élevées pouvant atteindre les 300 kg/ha . (DARPOUX, 1967)

Les exigences de la pomme de terre en éléments minéraux dépendent des facteurs suivants **:**

- le rendement en tubercules ;
- le type de culture ;
- le potentiel nutritif du sol ;
- les données pédoclimatiques.

5/ Rôle de chaque élément :

5-1 / L'azote :

L'azote a été sans aucun doute l'élément le plus étudié dans la fertilisation de la pomme de terre. (SMITH, 1987) le considère comme celui auquel les plants de pomme de terre répondent le plus. De nombreuses recherches ont amené une meilleure compréhension de l'influence de la fertilisation azotée sur la physiologie et le comportement de la pomme de terre.

5-1-1/ Besoins en azote :

L'azote joue un rôle majeur dans le développement physiologique et la croissance des plants de pommes de terre. Des perturbations dans la nutrition azotée des plants pendant leur période de croissance pourraient nuire considérablement aux rendements et à la qualité de la pomme de terre (REUST, 1986).

Des tests effectués sur la variété Kennebec par (CARPENTER, 1957) montrent que les plants de pommes de terre absorbent un peu plus de 100 kg N ha" et parfois davantage. Le prélèvement par les racines se fait graduellement, tout au long de la saison de croissance.

(REUST, 1986) mentionne que les variétés de pommes de terre hâtives prélèvent 80 à 90% de leurs besoins en azote pendant les 4 à 6 semaines suivant la levée (jusqu'au stade bouton, début floraison). Pour des cultivars de mi- saison ou tardifs, les travaux de (CARPENTER, 1957, 1963) et (d'OJALA et *al*, 1990) ont démontré une très faible exigence en azote au cours du premier mois. (KLEINKOPF et *al*, 1981) précisent qu'à la fin de la période de tubérisation, soit à 60 jours, la plante a accumulé 60% de l'azote total requis (variété de mi-saison à tardive). (SOLTANPOUR, 1969b) rapporte une accumulation de 71% de l'azote total dans le plant à ce stade.

Selon **(**WESTERMANN, 1993**)**, la plupart des éléments minéraux sont absorbés lors de la période de grossissement des tubercules (entre 70 et 130 jours), ce qui est confirmé par les résultats de **(**GUNASEMA et Harris,1969**)** et **(**d'OJALA et *al* 1990**)**. Les engrais minéraux azotés se sont avérés un bon moyen de répondre efficacement aux exigences des plants de pommes de terre. Les études de (TRAN et GIROUX, 1991**)** avec de l'engrais ^{15}N ont montré une proportion élevée de cet engrais dans le feuillage et les tubercules. Le coefficient d'utilisation de l'engrais variait de 52 à 75% selon les années et les doses appliquées. Des résultats semblables ont été obtenus par (JOEM et VITOSH, 1995b). En général, les nitrates seraient absorbés en plus grande quantité que l'azote ammoniacal (ROBERTS et *al*, 1991).

/Fertilisation et rendements :

L'augmentation de la dose de fumures azotée ajoutées au sol engendre une hausse notable des rendements (BABI et HALILAT, 2004). L'apport d'engrais azoté contribuerait à augmenter les rendements totaux d'environ 50% (MACLEAN, 1983). Des recherches effectuées par (TEMAN et *al*, 1951) indiquent qu'en présence d'une même quantité de tubercules, des doses croissantes d'azote favorisent la formation des tubercules de plus grandes dimensions.

/Fractionnement des engrais et lessivage des nitrates :

Le fractionnement des engrais à la plantation et au rechaussage a été proposé afin d'améliorer leur efficacité pendant la saison. Lorsque la totalité de l'engrais est appliquée à la plantation, en système irrigué, le coefficient d'utilisation de l'azote serait de 50% (TYLER, 1983 ; WESTERMANN et *al*, 1988). Le fractionnement pourrait augmenter ce coefficient de 10 à 15% (ROBERTS et *al*, 1991; WESTERMANN et *al*, 1988). D'autres recherches (ROBERTS et *al* 1982) ont démontré que le fractionnement pourrait engendrer des croissances secondaires et des déformations lorsque les engrais sont appliqués tardivement Les apports d'azote après l'initiation de la tubérisation seraient donc à éviter.

Dans l'ensemble, le fractionnement des engrais n'améliore pas nécessairement le rendement, sauf en sols graveleux ou sableux à haut risque de lessivage (GIROUX, 1982; MACLEAN, 1984; PORTER et SISSON, 1993 et REUST, 1986). Le principal objectif de cette pratique serait de réduire les pertes de nitrates par lessivage vers les nappes d'eau souterraines (GIROUX, 1988; JOEM et VITOSH, 1995b).

5-2/ Le potassium :

5-2-1/Les différentes sources de fertilisants potassiques :

(WESTERMANN et *al*, 1994b) suggère que la fertilisation potassique peut être appliquée à la pomme de terre d'après les résultats de l'analyse du sol et les besoins de la culture sans tenir en compte la source de potassium.

L'application de KNO_3 est préférée dans des conditions de salinité du sol ou de l'eau d'irrigation.

Pour la pomme de terre de transformation, l'utilisation de K_2SO_4 donne une teneur plus élevée en matière sèche et en amidon que le chlorure de potassium (PERRENOUD, 1993).

5-2-2/Temps d'application de la fertilisation potassique :

La pomme de terre a besoin de potassium dès le début de la croissance de plant à cause de son effet positif sur la croissance des racines, l'application du potassium à la plantation est recommandée (ROBERTS et MC DOLE, 1985).

La déficience en potassium se manifeste surtout à l'initiation des tubercules quand le besoin en potassium est maximal et qui s'étend sur une période de 30 à 40 jours (DAHNKE et NELSON, 1993). Dans les sols sableux, le potassium peut être perdu par lessivage, il est recommandé d'appliquer le potassium en deux temps. Cette pratique peut donner les meilleurs résultats qu'une dose entière appliquée à la plantation (GREWAL et *al* 1991b).

Le rythme d'assimilation du potassium en fonction du temps est d'à peu près parallèle à la formation de matière sèche. Cette absorption est cependant un peu plus rapide en début de végétation, période où la plante semble accumuler ce cation en vue des besoins ultérieurs.

C'est au moment de l'intense activité végétative que le besoin est maximal. Durant cette période, la plante absorbe 80 à 85% du total consommé. Si les besoins de la plante jeune apparaissent relativement plus élevés, la pomme de terre continue à absorber et à utiliser le potassium jusqu'à la période de récolte.

5-2-3/Rôle du potassium dans le processus physiologique de la plante :

Le potassium joue un rôle important dans l'amélioration de l'état d'énergie de la plante, la translocation et le stockage des éléments assimilés et la maintenance de l'état hydrique dans les tissus (MARSCHNER, 1995). Le potassium n'est pas un élément incorporé dans les molécules de la plante à l'opposé de l'azote et le phosphate qui sont les constituants de protéines, d'acides nucléiques, de phospholipides, d'ATP, etc. Le potassium existe en prédominance sous forme d'élément libre ou d'un cation limité absorbé, et peut par conséquent être écarté facilement de la membrane cellulaire même de la plante entière (LINDHAUER, 1985). Cette grande mobilité dans la plante explique les principales caractéristiques physiologiques du potassium: c'est le principal cation impliqué dans la neutralisation des charges et le plus important élément inorganique actif (CLARKSON et HANSON, 1980).

Le potassium joue un rôle important dans l'augmentation du taux de transport des nutriments (surtout saccharose et aminoacide) dans la sève élaborée (HERLIHY, 1989). Ce rôle de potassium est relié à sa fonction dans la synthèse de l'ATP qui fournit l'énergie pour la translocation des produits de la photosynthèse des feuilles aux organes de réserves (MARSCHNER, 1995).

La teneur en potassium dans les feuilles de la pomme de terre augmente avec l'augmentation du niveau de la fertilisation potassique et diminue avec la maturité des plantes (JAMES et *al*, 1970 et MCDOLE, 1978). D'après (CHAPMEN et *al*, 1992), les tubercules secs de pomme de terre contiennent 2 à 3,5% de K_2O, ainsi que les parties aériennes en contiennent
1,6 à 4,7%. (GUNASENA et Harris, 1971) ont démontré que le potassium favorise la photosynthèse. En plus, il est indispensable pour la formation de la chlorophylle.
Le potassium intervient dans différents aspects de la physiologie de la plante (MARSCHNER, 1995), il :

- Active plus que 60 enzymes ;
- Aide à la photosynthèse ;
- Favorise de hauts niveaux d'énergie ;
- Maintien la turgescence des cellules ;
- Régularise l'ouverture des stomates des feuilles ;
- Stimule l'absorption d'eau ;
- Régularise la translocation des éléments nutritifs dans la plante ;
- Favorise le transport et le stockage des carbohydrates ;

- Améliore l'assimilation de l'azote et la synthèse des protéines ;
- Stimule la synthèse d'amidon.

Ces fonctions multiples du potassium dans différents processus métaboliques conduisent à de nombreux effets positifs par un apport adéquat pour la pomme de terre, par conséquent, il :

- Augmente le rendement ;
- Augmente la proportion des tubercules commercialisables ;
- Augmente la taille des tubercules ;
- Diminue le noircissement interne et le cœur creux ;
- Diminue les dommages mécaniques de la pomme de terre ;
- Diminue les pertes de conservation ;
- Améliore la qualité de transport ;
- Étend la durée de vie ;
- Améliore la cuisson et la qualité de transformation industrielle ;
- Améliore la couleur de chips ;
- Améliore la résistance au froid, à la sécheresse et au stress hydrique ;
- Diminue l'incidence des maladies (Phytophtora infestans) ;
- Améliore l'efficience d'utilisation de l'azote.

5-2-4/Les effets de la fertilisation potassique sur le rendement :

Le potassium augmente le rendement utile pour la transformation industrielle.

Des recherches de fertilisation potassique menées sous des conditions idéales montrent que le poids frais des tubercules peut atteindre 100 t/ha (EWING, 1997). Les rendements commerciaux sont certainement plus bas mais peuvent atteindre 42 t/ha dans les Pays-Bas, 40 t/ha en Israël (FAO, 1998) tandis que le rendement est beaucoup moins faible dans les pays en voie de développement.

L'augmentation du rendement est le résultat soit de l'application de nouvelles techniques agricoles, soit de leur amélioration d'où la fertilisation. Une dose non équilibrée en N-P-K, une faible dose de fertilisants et spécifiquement des doses insuffisantes en potassium sont responsables de bas rendements (HALILAT et DOGAR, 1999).

Selon (GREWAL et al, 1991), le rendement des tubercules peut être augmenté de 50% par suite à l'application d'une bonne fertilisation potassique.

Le rendement commercial est fonction de la production totale de la biomasse, de la présence de moisissure dans les tubercules et la proportion des tubercules acceptables sur le marché en terme de taille et l'absence de défection (EWING, 1997). Des bonnes opportunités

existent pour l'augmentation du rendement et de la qualité de la pomme de terre par l'amélioration de la fertilisation.

Comparée à d'autres cultures céréalières, la pomme de terre donne beaucoup plus de matière sèche en un cycle plus court (SINGH et TREHAN, 1998). Cette forte teneur en matière sèche résulte dans la grande exportation du potassium de la pomme de terre par unité de temps, que le sol n'est pas capable de fournir en général. Par conséquent l'application de fertilisants de sources externes devient essentielle. Des rendements élevés peuvent être assurés par l'application des doses optimales de N-P- K dans des proportions équilibrées.

Selon (PERRENOUD, 1993), un rendement de 37 t/ha exporte 113 Kg de N, 45 Kg de P_2O5 et 196 Kg de K_2O par hectare. Pour un rendement élevé, l'exportation des éléments nutritifs est trop élevée, par exemple dans un champ de pomme de terre commercial du cv. Russet Burbank, ayant un rendement de 79 t/ha, l'accumulation dans les tubercules est de 282 Kg/ha

de N, 92 Kg/ha de P_2O5 et 384 Kg/ha de K_2O (Fageria et *al*., 1997).

Certains chercheurs ont trouvé que le rendement en tubercules dépend de la fertilisation potassique dans les sols qui réagissent avec le potassium (ROBERT et *al*, 1984 ; CHAPMAN et *al*, 1992). Toutefois, l'efficacité de la fertilisation potassique et son influence sur le rendement en tubercules peut dépendre de la source de potassium utilisée et l'autre composant du fertilisant potassique tel que le chlore, le soufre, etc,. La fertilisation potassique a aussi une influence sur l'état nutritionnel de la plante et sur la teneur du sol en potassium.

(CHAMBERLAND et SCOTT, 1968) ont montré que le rendement en tubercules de la pomme de terre ne semble pas être affecté par la fertilisation potassique, et par conséquent la réponse est presque nulle de la pomme de terre à cet élément. De même (CURWEN, 1992) n'a trouvé aucune relation entre la fertilisation potassique et la production en poids frais de tubercules.

5-2-5/Les effets de la fertilisation potassique sur la qualité des tubercules de pomme de terre :

Les résultats des expérimentations indiquent que la fertilisation potassique a une influence sur la taille des tubercules, la teneur en matière sèche, la teneur en amidon, la gravité spécifique, la susceptibilité aux taches noires, le noircissement après cuisson, la teneur en sucres réducteurs, la couleur à la friture et la qualité de conservation (PERRENOUD, 1993 ; MARTIN-PREVEL, 1989).

L'importance du potassium dans la production de tubercules de qualité survient dans son rôle dans la synthèse des produits de la photosynthèse et leur transport dans les tubercules et l'amélioration de leur conversion en amidon, protéines et vitamines (MENGEL et KIRBY, 1987).

Une carence en potassium affecte plusieurs processus métaboliques comme le taux de la photosynthèse, le taux de la translocation, le système des enzymes et le taux de la respiration (MARSCHNER, 1995 ; MENGEL, 1997). La conséquence est une réduction de la croissance de la plante et parsuite de la qualité des tubercules. Les influences du potassium sur la qualité peuvent être indirectes comme un résultat de son interaction positive avec les autres éléments (surtout avec l'azote) et les pratiques culturales (USHERWOOD, 1985).

Les plantes exigent du potassium pour la production des molécules de fortes énergies (ATP). Le potassium maintient la balance des charges électriques dans les chloroplastes qui exige la formation de l'ATP. Par conséquent, le potassium améliore le transfert des radiations d'énergie à une énergie chimique sous forme d'ATP (photophosphorylation) et NADPH.

Cette énergie est recommandée pour tous les processus de synthèse de la plante résultant une production de carbohydrates, protéines et lipides qui sont parmi les paramètres indicateurs de la qualité des cultures. Le haut niveau d'énergie dans les plantes fourni par le potassium stimule aussi la synthèse des métabolites secondaires comme la vitamine C (MENGEL, 1997).

Dans ce paragraphe, nous allons aborder l'effet de la fertilisation potassique sur les paramètres de qualité retenus importants pour la pomme de terre au niveau économique, à savoir : le calibre, la teneur en matière sèche, la teneur en amidon, la teneur en sucres réducteurs, la teneur en vitamines, la peau et la chair des fruits, la gravité spécifique, le noircissement interne et le cœur creux, les blessures du gel et l'état sanitaire de la plante.

5-2-5-1/Calibre des tubercules :

Normalement le potassium augmente aussi bien la moyenne du calibre, l'homogénéité de la production et la proportion des tubercules commercialisables.

(ARCHER, 1976) trouve que la proportion des tubercules commercialisables augmente de 84,4 ; 85,6 à 86,6% pour une augmentation de K_2O respectivement de 0 ; 188 et 282 kg/ha.

Le potassium, activateur général du métabolisme des plantes, stimule les mécanismes d'absorption de l'eau, il en résulte des conditions plus favorables à la croissance des tubercules se traduisant par:

- Une meilleure turgescence des cellules (appelée encore gonflement);

- Une élongation et un renforcement des membranes cellulaires facilités.

Une contre verse est née du fait que les travaux de (Varis, 1973), ne mentionnent aucun effet du potassium sur le calibre des tubercules.

5-2-5-2/Teneur en matière sèche :

Le potassium stimule les mécanismes d'absorption de l'eau dans les tubercules, alors il affecte la teneur en eau dans les tubercules. Une concentration élevée en potassium dans les tubercules de plus que 2 % de poids sec peut amener à une teneur normale en eau et une teneur en matière sèche moins faible (BERGMANN, 1992).

Le potassium stimule la photosynthèse et favorise la circulation et le stockage des carbohydrates dans les tubercules. Le potassium accélère le transfert par la sève des métabolites issus de la photosynthèse. L'accumulation et la production de matière sèche seront améliorées (GUNASENA et HARRIS, 1971).

L'application du potassium réduit en général la teneur des tubercules en matière sèche, mais son effet est moins remarquable que celui de l'azote. Les moyennes de matière sèche obtenues à partir de 9 expériences (EKEBERG, 1972) sont de 24,2; 24,0 et 23,9% avec des fertilisations de K_2O de 0 ; 75 et 148 kg/ha.

Une teneur excessive en potassium provoque une augmentation de la teneur en eau et par suite une diminution de la teneur en matière sèche. D'autre part, des concentrations basses en potassium diminue la teneur en matière sèche dans les tubercules par une réduction métabolique de la formation d'amidon et des produits de la photosynthèse nécessaires pour la croissance (WESTERMAN et *al*. 1994b).

5-2-5-3/Teneur en amidon :

Le potassium est le cation le plus efficace dans l'activation de l'enzyme qui catalyse l'incorporation de glucose dans une longue chaîne de molécules aboutissant à la synthèse d'amidon (MENGEL et KIRBY, 1987), tandis que des doses très élevées de potassium peuvent réduire la teneur en amidon tout en augmentant la teneur en eau dans les tubercules (MARTIN-PREVEL, 1989).

5-2-5-4/Teneur en sucres réducteurs :

Dans le but d'obtenir de chips avec une couleur désirable, la teneur en glucose et fructose de la pomme de terre ne doit pas dépasser 0,25 % (PERRENOUD, 1993). La déficience en potassium change le métabolisme des carbohydrates avec des conséquences

négatives comme l'accumulation des carbohydrates solubles et une diminution de la teneur en amidon

(MENGEL et KIRBY, 1987). L'accumulation des sucres réducteurs et la diminution de la teneur en amidon sont la cause d'une couleur sombre indésirable des chips résultant de l'application de faibles doses en potassium (PERRENOUD, 1993 ; USHERWOOD, 1985 et MARTIN-PREVEL, 1989).

5-2-5-5/Teneur en vitamines :

Une concentration forte en potassium conduit habituellement à une augmentation de la concentration en acide organique, possédant aussi un effet bénéfique sur la teneur en acide ascorbique (BERGMANN, 1992). Des expérimentations ont montré une augmentation en vitamine C dans les tubercules suite à une bonne fertilisation potassique.

5-2-5-6/Peau et chair des tubercules :

Le potassium a une action directe sur la peau et la chair des tubercules. Le potassium intervient dans l'édification des parois pecto-cellulosiques dont il augmente la résistance, ainsi la pénétration du mycélium des champignons est donc plus difficile, et la résistance aux maladies est ainsi améliorée.

Le potassium favorise la circulation et le stockage des substances qui contribuent à la coloration et à la constitution de la chair et de la peau des tubercules (KIRALY, 1970).

5-2-5-7/Gravité spécifique des tubercules :

(YUNGEN et *al*, 1958) a noté que la fertilisation potassique n’a pas apporté des effets bénéfiques sur la gravité spécifique.

Il est évident que la fertilisation potassique en général, réduit la gravité spécifique (THERMAN et *al*. 1953 ; CARPENTER et *al*, 1965; SCHIPPERS, 1968 ; MCDOLE, 1978 et LOCACIO et *al*, 1992), surtout si elle est appliquée en excès du besoin de la plante pour cet élément (BERGER et *al*, 1961).

5-2-5-8/Noircissement interne et le coeur creux des tubercules :

Le noircissement interne (noircissement enzymatique, brunissement, ou taches noires) est responsable de pertes significatives après la récolte. Le pigment responsable de la coloration noire est un complexe formé à partir d'un phénol (acide chlorogénique) et du fer contenu dans les tubercules à la suite de l'oxydation par l'oxygène de l'air **(**MARTIN-

PREVEL, 1989). Il est associé habituellement à un excès de la fertilisation en azote et à un sol pauvre en potassium.

Il est évident que le potassium réduit la susceptibilité au noircissement interne (ROBERTS et MCDOLE, 1985).

Le cœur creux consiste en des cavités dans les tubercules avec des tissus bruns nécrotiques (BERGMANN, 1992 ; NELSON, 1970 ; et JACKSON et MCBRIDE, 1986) ont trouvé que l'application potassique réduit l'incidence du cœur creux.

5-2-5-9/Blessures du gel :

Les plantes recevant des quantités inadéquates de potassium sont souvent plus susceptibles aux dommages du gel (MARSCHNER, 1995). La diminution de la sévérité du gel est attribuée à de nombreux facteurs physiologiques et morphologiques comme des racines profondes et sains, de larges vaisseaux de xylème, de teneur élevée en sucres et en carbohydrates, une transpiration et une perte en eau réduite (KEMMLER et KRAUSS, 1989). Le potassium agit positivement sur la majorité de ces facteurs et par la suite il diminue les blessures de l'hiver.

Une dose adéquate en potassium peut augmenter le potentiel osmotique dans les vacuoles des cellules et par conséquent la tolérance au froid. Il est recommandé de garder une dose élevée en potassium dans le sol et dans la plante dans le but d'augmenter la teneur en carbohydrates qui peuvent réduire les dommages des tissus de la plante dans le cas d'une exposition au froid (KAFKAFI, 1990).

(GREWAL et SINGH, 1980) ont trouvé une relation inverse entre la teneur en potassium dans les feuilles et le pourcentage des dommages foliaires causés par le gel dans 14 champs expérimentaux. Une augmentation de l'application de potassium augmente la teneur en cet élément dans les feuilles qui, à son tour, réduit les dommages du gel. Une autre expérimentation montre que l'application de 200 Kg par hectare de K_2O réduit les dommages du gel de 38 % à 7 % (PERRENOUD, 1993).

5-2-5-10/État sanitaire de la plante :

Le rôle du potassium dans l'augmentation de la résistance de la pomme de terre aux maladies causées par les bactéries et les champignons a été revu par (PERRENOUD, 1990). En général, l'application du potassium améliore l'état sanitaire et la vigueur des plantes tout en diminuant les conditions d'infection (PERRENOUD, 1993).

Le potassium favorise dans la plante la synthèse de complexes inhibiteurs de maladies comme les phénols, les auxines…, autour des sites d'infection des plantes résistantes.

L'application des doses insuffisantes de potassium accumule l'azote organique et provoque l'arrêt brusque des phénols qui possèdent des propriétés anti-fongiques (KIRALY, 1976). En plus, la déficience en potassium aboutit à des couches plus minces et une croissance plus lente des tissus de méristème, facilitant la pénétration des parasites aux épidermes.

Dans la pomme de terre, la fertilisation potassique diminue l'incidence des maladies sévères comme le mildiou (Phytophtora infestans), la fusariose (Fusarium ssp.), la galle poudreuse (Spongospora subterranea) et l'alternariose (Alternaria solani) (PERRENOUD, 1993 ; MARSCHNER, 1995).

5-2-6/Les effets de la fertilisation potassique sur la durée de vie :

Le potassium améliore la conservation et la qualité de transport des pommes de terre et étend leur durée de vie (MARTIN-PREVEL, 1989 ; PERRENOUD, 1993). Les effets de potassium sur la durée de vie sont favorables d'une façon dominante, d'une part par le ralentissement de la sénescence et d'autre part à travers la diminution de l'incidence de nombreuses maladies physiologiques (MARTIN-PREVEL, 1989). L'application du potassium réduit les pertes des tubercules conservés, ceci est relié à la réduction de l'activité du catalase et l'enzyme de peroxydase (PERRENOUD, 1993).

En Inde, l'application du potassium tend à réduire graduellement la perte en eau des tubercules de 20% à 16% (GREWAL et *al*, 1991b). Les pertes en matière sèche atteignent 5,6 % avec une dose de 100 Kg par hectare de K_2O tandis qu'elles sont de 20,3 % sans aucune application potassique (PERRENOUD, 1993).

5-3/ Phosphore :

Tout comme l'azote. Il existe une grande variation du contenu en phosphore disponible et total dans les sols. Selon de nombreux auteurs, le peu de considération des producteurs vis-à-vis cet élément a amené une fertilisation excessive dans plusieurs sols agricoles. L'ajout annuel des quantités considérables de phosphore dans les champs ont eu pour effet d'augmenter les réserves en P total et disponible du sol (BERGER et *al*, 1961; LORENZ et VITTUM. 1980; MCCOLLUM, 1978), d'où intérêt d'avoir des recommandations en phosphore tenant compte davantage de la quantité de phosphore disponible et de i'acidité du sol.

5-3-1/Sources de phosphore :

La source de phosphore devient un critère de sélection important pour obtenir une nutrition phosphatée adéquate. A fortes doses, le phosphate biammoniacal (PBA) s'est montré aussi efficace que les superphosphates (GIROUX et *al*, 1984). L'utilisation de PBA a même permis d'atteindre un rendement maximal en utilisant une dose moindre d'engrais comparativement aux superphosphates et aux phosphates monoammoniacals (GIROUX et *al*, 1984).

L'utilisation du PBA favorise une hausse du pH dans la bande d'incorporation durant les quelques jours suivant son application. Cela a pour effet de diminuer la solubilisation de l'aluminium et du fer pour un cours laps de temps (TISDALE et NELSON, 1975). Par contre, la présence d'ammoniac libre en excès pourrait causer une tension de vapeur suffisamment grande pour nuire a l'émergence des plantules de pommes de terre. Cet effet est amplifié par l'utilisation de l'urée avec le PBA (CHANG *et a1* 1984 ; MACLEAN, 1983). Afin d'éviter cette phytotoxicité, il est recommandé de séparer la bande d'engrais de la semence lors de la plantation. (MACLEAN, 1983) n'a observé aucune croissance anormale des plants de pommes de terre lorsque l'engrais se retrouvait à 5 cm sous la semence et a 5 cm à côté de celle-ci.

5-3-2/Besoins en phosphore :

Le phosphore, même s'il est requis en moins grande quantité que l'azote ou le potassium, est nécessaire pour un départ vigoureux des plants en début de saison.

II aurait aussi un effet favorable sur la tubérisation et la maturation des tubercules (DUBETZ et BOLE, 1975; GIROUX. 1993; WESTERMANN, 1993). La fertilisation phosphatée pourrait améliorer l'épaisseur du péridérme des tubercules (GIROUX. 1993) en plus d'augmenter leur calibre (BIRCH et *al*, 1967; LORRENZ et VITTUM, l980). L'utilisation d'azote mus forme ammoniacale s'est avérée très bénéfique pour l'absorption du phosphore dans le maïs (MILLER et al. 1970). SOLTANPOUR (1969b), est parvenu aux mêmes conclusions dans le cas de la pomme de terre. II existe une forte interaction entre N et P. car une déficience en phosphore provoque une sénescence prématurée et diminue l'absorption d'azote (WESTERRNANN et *al*. 1988 et ROBERTS et *al*. 1991).

Les plants de pommes de terre absorberaient prés de 22 kg /ha de phosphore et environ 18 kg P/ ha se retrouvent dans les tubercules à la récolte (USDA, 1974. cité par HARRIS, 1978). Ces résultats confirment ceux de (CARPENTER, 1957 ; MCCOLLUM, 1978 et SOLTANPOUR, 1969a). Même pour une culture aussi exigeante que la pomme de terre, la

quantité de phosphore requise pour maintenir une productivité maximale est relativement modeste, une fois la déficience du début de saison éliminée (MCCOLLUM, 1978).

5-3-4/ Fertilisation et rendements :

Le phosphore a une influence considérable sur les rendements (CHAMBERLAND et CAMPAGNA, 1969; CARPENTER et MURPHY, 1965). Dans toutes les expériences réalisées par (TERMAN et *al*, 1952), la meilleure réponse était atteinte avec les premiers 45 - 90 kg P_2O_5/ ha d'engrais phosphatés. La dose optimale était de 180 - 270 kg P_2O_5 / ha en sol pauvre alors qu'en sol riche, il n'y avait aucune réponse avec plus de 90 - 110 kg P_2O_5/ha (BLACK et CAIMS, 1958) ont remarqué une augmentation des rendements jusqu'à 224 kg P_2O_5/ ha en sol pauvre et aucune réponse en sol riche.

En sols pauvres, contenant moins de 300 kg/ ha de phosphore assimilable, la dose moyenne suggérée pour un rendement maximal est de 215 kg P_2O_5/ha pour un accroissement escompté des rendements de 10%.

En sol moyen ou riche, il y aurait possibilité d'accroître les rendements de 10% mais avec des apports moindres.

6/ Exigences hydriques:

Les exigences de la culture de pomme de terre sont très élevées. Elles sont de l'ordre de 250 a 300 kg d'eau par kilogramme de matière sèche. Par ailleurs, ses besoins sont constants pendants toute la durée de végétation. En période de forte tubérisation c'est jusqu'à 80 m^3 d'eau par hectare et par jour qui peut lui être nécessaires. La durée de végétation étant courte et souvent même très courte (variétés hâtives) il faudra donc veiller à lui préparer une alimentation en eau abondante et régulière par, en particulier, une bonne préparation du sol.

Une sécheresse intense, ou survenant brutalement, peut arrêter la végétation. Lorsque celle-ci repart il y a «repousse»; les tubercules déjà formés émettent des germes au bout desquels peuvent se former de petite tubercules, plus riches en azote et pauvres en sucres, difficiles à conserver ; on dit encore que les premiers tubercules «mérent» : ils sont en partie vides de leur substance et deviennent plus ou moins inconsommables.

L'irrigation peut donc avoir un sérieux intérêt. Mais elle doit bien être conduite. Un excès d'eau peut etre néfaste en diminuant la richesse en fécule et en favorisant le développement du mildiou et de la pourriture**.** (MOULE, 1972).

7/ Mise en place de la culture

7-1/ Préparation du sol :

Le sol doit être uniformément ameubli en profondeur (18 à 20 cm) afin de permettre le développement des radicelles, le grossissement aussi régulier que possible des tubercules, l'exécution du buttage et l'accumulation des réserve d'eau.

La terre doit être sans motte afin de faciliter les opérations d'arrachage mécanique et de triage.

Compte tenu de ces objectifs, la préparation dépendra essentiellement de la nature du sol. Au-dessus d'un pourcentage d'argile (18 à 25 %), les labours d'hiver sont indispensables ; ils doivent être dressés, motteux, pour que le gel puisse descendre profondément. Les labours de printemps conviennent essentiellement aux sols sablonneux ou limoneux. (Anonyme, 1982)

La couche meuble ne doit pas présenter de grosses mottes (supérieures à 20 cm) afin d'obtenir un développement des plantes et un grossissement des tubercules homogènes.

Le chois des outils est fonction du type de sol et de l'état de la surface après labour. D'une manière générale, les cultivateurs à dents vibrantes sont mieux adaptés aux premières reprises de labour. Ils aèrent le sol tout en laissant un léger micro relief (ANONYME, 1993).

7-2/ Fumure :

7-2-1/ Fumure organique:

Elle joue un rôle capital et exerce une action très favorable sur la structure du sol. Elle accroît la capacité de rétention en eau du sol, régularise la nutrition des plantes et aide l'absorption des éléments fertilisants. Le fumier doit être apporté suffisamment tôt afin d'éviter les inconvénients d'une décomposition irrégulière et d'une minéralisation trop tardive de l'azote organique.

Les quantités à épandre varient en fonction de la richesse du sol en matière organique et du précédent cultural :

- Terres riches en matière organique : 20 à 35 t/ha
- Terres normalement pourvues : 25 à 30 t/ha

Les trois éléments N.P.K sont fournis par le fumier, mais en quantité insuffisante. Pratiquement, une tonne de fumier bien décomposé apporte, en moyenne :

- 1 à 2 kg d'azote.
- 2 à 3 kg d'acide phosphorique.
- 3 à 5 kg de potasse (ANONYME, 1982).

7-2-2/ Fumure minérale :

Elle a pour rôle d'assurer à la plante une alimentation correspondante à ses besoins, en tenant compte des quantités d'éléments nutritifs qu'elle peut trouver dans le sol, pour obtenir un rendement maximum en produit de qualité conforme aux exigences des utilisateurs.

Si l'on peut connaître avec une approximation suffisante les besoins de la plante, pratiquement impossible de chiffrer les possibilités de fourniture par le sol, celles-ci dépendant essentiellement de facteurs climatiques très variables dans le temps, qui influent largement sur le rythme de développement et la vitesse de croissance de la plante.

Selon les résultats de l'analyse du sol :

- En sol suffisamment pourvue, il suffit d'apporter une fumure d'entretien comprenant les exportations par la pomme de terre et les pertes prévisibles (lessivage, insolubilisation).
- En terre pauvre, la seule fumure d'entretien est insuffisante. Il est nécessaire de la compléter en tenant compte des conseils donnés par les laboratoires d'analyses de sol.

Dans tous les cas, l'azote qui, en favorisant la croissance du feuillage puis le grossissement des tubercules, a la plus grande influence sur le rendement. (ANONYME, 1982)

Elle doit être raisonnée a partir de la teneur en éléments fertilisants du sol et des besoins de la plante. La fumure type à préconiser est la suivante : 120 U de N, 180 U de P, 180 U de K. Cet engrais peut être apporte de la façon suivante : 3/4 avant la reprise du labour et 1/4 en localisation dans la raie au moment de la plantation. (ANONYME, 1993)

7-3/ Préparation du plant :

Dès réceptions des semences, ne jamais empiler les sacs; mais les disposer ouverts, debout sur un seul rang ou sur 2 rangs en triangle afin que l'aération soit le meilleur possible, dans un local bien éclairé et bien ventiler. Pour la prégermination des plants, particulièrement pour les pommes de terre d'arrière saison, la meilleure façon de l'effectuer consiste en la mise en clayettes de semences, que l'on place dans un endroit couvert, sec, éclaire, aéré et bien ventilé.

Cette méthode permet de :

- Gagner du temps à la levée
- Hâter la végétation
- D'augmenter la précocité d la tubérisation.

La durée de prégermination est en moyenne de 30 à 60 jours. On conseille aussi de traiter les semences de pomme de terre contre les attaques de rhizoctone par le trempage des tubercules dans une bouillie fongicide. (ANONYME, 1993)

7-4/ La plantation :

Elle doit suivre immédiatement les opérations de préparations du sol afin d'éviter le dessèchement du sol par le soleil et son tassement par les pluies.

7-4-1/ Epoque de plantation

Elle est fonction de la zone de production, de la nature des sols, des conditions climatiques et de la variété choisie. Pour la production de pomme de terre d'arrière saison qui intéresse les zones sahariennes, la période de plantation est fin août début septembre (ANONYME, 1993)

Par ailleurs, le chois de la date de plantation est susceptible d'avoir une incidence sur le comportement végétatif de la culture et sur le rythme de tubérisation : les basses températures sont favorables au développement des stolons et à l'initiation des tubercules ; les température élevées agissent à l'inverse en favorisant la croissance du feuillage. (ANONYME, 1982)

7-4-2/ Densité de plantation :

D'une façon générale, on recommande une densité moyenne de 40.000 plants à l'ha, en vue de la mécanisation de cette opération. Les écartements seront :

- 75 cm entre rangs.
- 30 cm entre plants.

7-4-3/ Profondeur de plantation :

Celle-ci est très importante car elle a des répercussions sur la rapidité de la levée, sur la résistance à la sècheresse et à la qualité des tubercules (verdissement), les tubercules doivent être recouvertes de 5 à 10 cm de terre.

7-4-4/ Méthodes de plantation :

On distingue différentes méthodes :

- Plantation à la main
- Plantation à la planteuse semi-automatique
- Plantation à la planteuse automatique

8/ Conduite de la culture

8-1/ Fertilisation d'entretien:

Il est conseillé d'appliquer l'azote suffisamment tôt. Un apport d'engrais azoté sous une forme rapidement assimilable (ammonitrate) en cours de végétation, particulièrement dans les sableuses :

- Soit 150 kg d'ammonitrate lorsque la plante a 5 à 10 cm de hauteur;
- Soit 150 kg d'ammonitrate lorsque la plante est en croissance active (15 à 20 cm de hauteur).

Dans tous les cas, c'est l'azote qui, en favorisant la croissance du feuillage, la formation, puis le grossissement des tubercules a la plus grande influence sur le rendement. (ANONYME, 1982)

8-2/ Buttage:

Le buttage favorise la tubérisation, évite le verdissement des tubercules et facilite leur arrachage. Il limite aussi les risques de contamination des tubercules par le mildiou

Le buttage doit suffisamment précoce pour ne pas perturber la tubérisation et limiter ainsi la précocité ou le rendement, mais suffisamment tardif puisqu'il sera la dernière façon de nettoyage du sol (SOLTNER, 1979).

Le buttage a vu souvent son intérêt contesté. Il avantage de ramener de la terre meuble autour des plants, d'accroître le nombre et la vigueur des racines. Mais on lui reproche de favoriser le dessèchement du sol et de nuire ainsi à une bonne alimentation en eau des plantes. (MOULE, 1972)

8-3/ Irrigation:

La pomme de terre parmi les légumes très sensibles a l'humidité du sol : donc la sécheresse ou l'augmentation et l'irrégularité de l'humidité, provoquent des dégâts sur les plantes (la diminution d'humidité provoque une faible croissance des plantes, des folioles petits.étroits et colorée par le vert foncée et en fin une diminution de production. L'augmentation d'humidité associée avec fortes températures provoque des pourritures des semences juste après la plantation : les fortes humidités influe sur la croissance des racines. L'irrégularité de l'humidité incite des déformations des tubercules au moment de tubérisation)

Il est conseillée toujours d'irriguée les champs de pomme de terre a chaque fois que la capacité au champ est a 50% dans les quinze premier centimètre du sol.

Néanmoins , ou peut toujours irriguer à des taux de 75% de capacité au champ au niveau de cette couche ; sans atteindre qu'elle arrive a 25%, surtout que le déficit en eau a des effets négatifs sur la croissance et la production (SMITH, 1986 in ABD EL MONAIM HASSEN, 1999).

L'approvisionnement régulier de la pomme de terre en eau constitue certainement le facteur le plus important d'amélioration du rendement et de la qualité des tubercules. Pratiquement, on peut distingue, en fonction du développement de la plante, trois périodes:

- De la levée à l'initiation des tubercules: les quantités d'eau à apporter sont peu importantes et un léger déficit peu permettre une meilleur exploration du sol par les racines.
- A l'initiation des tubercules: des arrosages fréquents mais légers augmentent le nombre de tubercules commercialisables.
- Du début de la tubérisation au demi-grossissement des tubercules: c'est la période la plus critique. Afin d'éviter tout accident physiologique, il est nécessaire de renouveler les apports d'eau de telle sorte que la RFU ne soit jamais équipée, sans laisser flétrir les plantes.

En fin de végétation la prolongation des arrosages n'est pas souhaitable car elle peut entraîner un retard de maturité.

La dose ne doit pas excéder le RFU de la couche exploitée par les racines : des excès d'eau peuvent entraîne une diminution de rendement et faciliter le développement de maladies cryptogamiques. (BERNARD LE CLECH, 1999)

8-4/ Le défanage:

Cette technique n'est pas appliquée par les agriculteurs en Algérie.

Le défanage consiste en une destruction des fanes (feuillage et tiges) de pomme de terre, il est utilisé avant la maturation de tubercules, pour stopper le grossissement des tubercules et pour faciliter les travaux des récoltes : il même obligatoire pour culture des pomme de terre de semences

La destruction des fanes, effectuée par pulvérisation de défanants, est obtenue en quelques jours. Le défanant est un produit chimique utilisé sur certaines cultures pour arrêter la végétation. L'acide sulfurique, le chlorate de sodium, le dinosèbe , le D.N.O.C. (Herbicide d'origine française , appartenant au groupe des dérivés du benzène), diaquat, sont des défanants (ANONYME, 1981).

Le défanage a notamment pour objectif de faciliter l'arrachage mécanique, d'arrêter de façon radiale la végétation afin d'empêcher le grossissement des tubercules mais aussi de permettre la formation de liége épidermique afin de renforcer leur résistance l'accumulation de matière sèche et le grossissement exagéré des tubercules.

- Permettre l'épaississement de l'épiderme des tubercules qui se forme d'une phase en terre la date de défanage et la récolte.
- protége la récolte contre des attaques massives de mildiou.
- Détruire un certain nombre d'adventice qui pourrait gêner la récolte.
- réduire les contaminations virales dans le cas d'une culture de plants.

(ANONYME, 1995)

8-5/ Désherbage :

Le désherbage chimique set le moyen le plus efficace pour lutter contre les mauvaises herbes. Il doit être effectué avant la levée ou plus tard au moment de la levée (5 mm de hauteur). Le produit le plus couramment utilisé est le Sencor (Metribusine) à raison de 1 kg dans 500 l d'eau/ha. Il doit être effectué par temps calme. (ANONYME, 1993)

8-6/ Récolte – Rendement :

Il faut récolter tôt dès que la peau des tubercules est formée 10 à 15 jours après le défanage. La récolte peut être manuelle ou mécanique par la conduite des arracheuses dont le réglage doit être effectué par la spécialiste.

Par ailleurs, il faut éviter toute récolte par grande chaleur ; il vant mieux commencer de bonne heure et arrêter la récolte avant la grande chaleur de l'après midi. Les rendements optimum en arrière saison sont de 180 à 200 Qx / ha (ANONYME, 1993).

9- Les principaux ennemis et moyens de lutte :

Diverses maladies peuvent se déclarer. Tout au long du cycle de la pomme de terre, tel que : Les flétrissement, les gales, les champignons et les ravageurs.

(DUVERNAY et PERRICHON)

Les maladies présentent les aspects les plus divers, allant de la nécrose isolée sur feuille au flétrissement généralise du système végétatif, de l'altération superficielle à la pourriture destruction des tubercules. Elles sont provoquées par des agents fongique et bactériens et ravageur très différentes a dissémination aérienne ou tellurique. Pour chaque des principales maladies, l'objectif est de faire le point sur la biologie, les symptômes provoqués, la nuisibilité et les méthodes de lutte (voir le tableau N° 03)

Les agents	Nom de maladie	Organes touchés	Description des dégâts	Moyens de lutte
Les Maladies Fongiques (MOULE, 1972 SOLTNER, 1979 ABD EL MONAIM HASSEN A, 1999) ANONYME, 1998 ANONYME, 1979	Le mildiou *Phytophtora infestans*	**Jeunes pousses** **Feuilles et pétioles** **Bouquets terminaux** **Tige** **Tubercules**	-Sont grêles et couvertes d'un duvet blanchâtre -**Sur la face supérieure** des taches décolorées (vert-clair) d aspect huileux -**sur la face inférieure** le pourtour de la zone nécrosée laisse apparaître, en condition de forte humidité. -un brunissement et un léger recropuevi-llement des feuilles apicales. -une nécrose brune violace s'étendant sur quelques centimètres a partir d'un nœud - a l extérieur des taches violacées, brun-natres, peu enfoncées. Et al intérieur du tubercule se manifestent de tache de couleur rouille, de forme diffuse.	-Assure une protection efficace du feuillage des la levée et jusqu'à destruction complète Des fanes pour minimiser le lessivage de spores vers le sol, surtout en fin de cycle. -utiliser de produit fongicide a fort pouvoir antisprorulant : (fluazinam, fentine, deméthomorphe, propamocarbe.) -S'efforcer d'éliminer au triage, sur table de visite, la totalité des tubercules contaminés. -Valoriser des résistances variétales. -Maintenir des condition de conservation défavorable a la maladie.
	Le rhizoctone brun *Rhizoctonia solani*	**Jeunes pousses** **Stolons** **Tubercules**	-marque ou retarde à la levée (nécroses sur germes). -nécroses sèches et bien délimites sur la partie souterraine des tige ou le stolons. -mycélium blanc visible ou collet - les tubercules son atteint de rhizoctone en peu décrit, est constitue de petite tache brunâtre arrondies d'un diamètre qui dépasse rarement 4 a 5 mm	**Rotation** : - En raison des possibilités de conservation du champignon dans le sol, et afin d'éviter son introduction et son maintien, la pomme de terre ne devait pas être introduite dans la rotation que tous les cinq ans. -Traitement des plans à la plantation avec des produits fongicides efficace (Iota, Monceren, Electer, Rizolex).
	L'alternariose *Alernaria solani* .*Alternaria alternata*	**Feuilles** **Tubercules**	-A la face supérieure des feuilles, on observe des Tache dispersées, très peut délimitées brunes a noires de type nécrotique avec des contours anguleux et de diamètre variables.	-D'éviter les stress nutritionnels -Application de fongicides (mancozèbe, chlorothalonil ou fluazinam).

	La sclérotiniose *Sclérotina sclérotiorum*	**Partie inférieure de la tige a l'aisselle des feuille**	- Les symptômes apparaissent après de longues périodes de plus et se caractérisent par un duvet blanchâtre.	
	La gale poudreuse Spongospora subterrania	**Jeunes tubercules**	- La formation des pustules de couleur claire en forme de verrues sur la peau.	La lutte est uniquement prophylactique
	La gale verrequeuse Synchitirium endobioticum	**Les yeux des tubercules** **Stolons** **Tubercules (en cas de forte attaque)**	- de tumeurs en forme d éponge, de couleur brun pale à brun fonce suivant leur age localisées au niveau des yeux. - transformation en tumeur.	
Les maladies Bactériennes ANONYME, 1998 ANONYME, 1979 MOULE, 1972	La jambe noire et la pouriture molle (lenticellose) -*Erwinia carotovora carotovora.* -*Erwinia carotovora atrosptica.* -*Erwinia chrysanthémi*	**Collet des tiges** **Feuilles** **tubercules**	-jambe noire classique : necroses et coloration noire. - ramollissement des tissus associé ou non a un jaunissement. Un enroulement et un flétrissement des feuilles la tige malade -En conservation : les pourriture molles peuvent entraîner la contamination rapide des tubercules avoisinants et sont souvent associées à d'autre bactéries qui entraîne la liquéfaction des tissus.	-recherche les condition qui défavorable la multiplication et la transmission de la maladie. -une hygiène générale rigoureuse de l'exploitation, de son environnement. -utilisation de plants aussi sains -rotation suffisante, fumure équilibrée sans excès d'azote -évite les excès d'humidité et le blessure : mécanisation aussi douce que possible a tous le stades.
	La pourriture brune et le flétrissement bactérien -*Ralstonia solanacearum* -*clavibacter michiganensis*.	**Tubercules**	-se développer depuis le talon, une étroite zone vitreuse jaune, en partie nettement brune et suivant le tracé de l'anneau vasculaire.Avec le développement de la maladie cette zone jaunâtre à brun s'étend de plus jusqu'à la totalité du tissu se décompose à l'exception de la pleure.	

Les maladies Virales MOUL, 1972 ABD EL MONAIM HASSEN, 1999	Le virus de l'enroulement (PLRV)	**Feuilles** **Tubercules mère** **Tubercules (chez certaines variétés)**	-enroulement et un redressement des feuilles de la partie supérieur de plantes avec une légère décoloration (ou pigmentation pourpre) - Ces symptômes sont plus nets et plus précoces sur des plantes issues de tubercules infectés (infection secondaire) -ce virus peut provoquer des nécroses internes sous forme de taches de rouille éparses ou en réseau dans la chair des tubercules.	
	Le virus du Rattle du tabac (TRV)	**Feuille** **tubercules**	-Le limbe des feuille qui est alors déformé et présente des taches claire a contour diffus. -des tissus morts en forme de cercle, des nécroses annulaire qui s'enfoncent peu a peu, puis se déchirent.	
Les principaux Ravageurs SOLTNER, 1979.	Pucerons Principalement : -*Myzus persicae* -*Macrosiphum euphorbiae*	**Feuilles**	Petites taches, pâle et léger enroulement des feuilles. Le rôle nuisible des pucerons tient surtout à leur rôle de vecteurs (transporteurs) des maladies à virus.	- Cultiver les plants dans les régions peu propices aux pucerons : zones océanique ou d'altitude. -Lutte chimique précoce dès l'installation des premieres colonies, avec un aphicide autorisé à action systémique.
	Tupins (plusieurs espèces D'Agriotes)	**Tubercules**	Galeries étroites de 1 à 2 mm dans les tubercules. Ces attaque sont la porte d'entrée de plusieurs diverses.	Désinfecter le sol à laide d'un insecticide autorisé seulement si le nombre de larves dépasse 30 à 40 au mètre carré.
	Vers Blancs (*Larve duhanneton Melontha Melolontha)*	**Tubercules**	Galeries larges, tapissées de fils soyeux, et renfermant des excréments noirâtres.	Désinfecter le sol à laide d'un insecticide autorisé seulement si le nombre de larves dépasse 4 à 6 au mètre carré.

Chapitre III

La culture de pomme de terre dans la Wilaya d'El-Oued

Chapitre III : la culture de pomme de terre dans la wilaya d'El Oued

La wilaya d'El Oued s'étend sur une superficie importante. La population s'éleve a 626.884 habitants. Elle se compose de 03 régions agricoles.

- La région d'Oued Righ a terrain plat à vocation phoenicicole
- La région du Souf à terrain dunaire pauvre en matière organique a caractère polyculturelle.
- La région de Taleb Larbi à vacation agropastorale.

La superficie agricole totale de la wilaya est de 1.591.869 Ha

La superficie agricole utile est de 51437 Ha

Dont irriguée : 49982 Ha

La superficie pastorale : 1444181 Ha

La superficie forestière : 418 Ha

Les cultures dominantes:

Phoeniciculture : 33535 Ha = 3400000 Palmiers

Maraîchage : 13000 Ha dont 6800 Ha pomme de terre

Céréales : 3395 Ha

Fourrage en vert : 2300 Ha

Cultures industrielle : 1800 Ha

Arboriculture : 1400 Ha

1/ historique et évolution de la culture de pomme de terre :

Il est a rappeler que les premiers essais de la culture de la pomme de terre été lance durant les années 1995-1997 dans la zone du Souf par l'assistance technique de la DSA ont étroite collaboration avec les instituts spécialises (L'ITCMI–ITDAS–INRA) .

Les résultats obtenus ont été encouragent au niveau des rendement (550 a 770 Qx / Ha) et de la qualité.

Le développement réelle de la culture de pomme de terre a débute pendant la compagne 1997-1998 avec une superficie de 640 Ha à connus une extension rapide durant ces quatre dernières années atteignant plus de 6500 Ha.

2/ situation actuel de la filière pomme de terre :

2-1/ Evolution de la superficies cultivée:

A partir de la figure N°08, nous enregistrons une augmentation progressive et remarquable des superficies productive de la pomme de terre durant la période 95 et 2006 et spécialement durant la période 2001 et 2006 avec une évolution plus important.

Nous avons enregistré environ 120 Ha de superficie productive durant la compagne 91 et 92 et aussi une augmentation rapide de superficie productive jusqu'à la compagne 2001 et 2002 qui atteint 1200 Ha et plus rapide jusqu'à la compagne 2005 et 2006 qui arrive au maximum de superficie productive de7880 Ha.

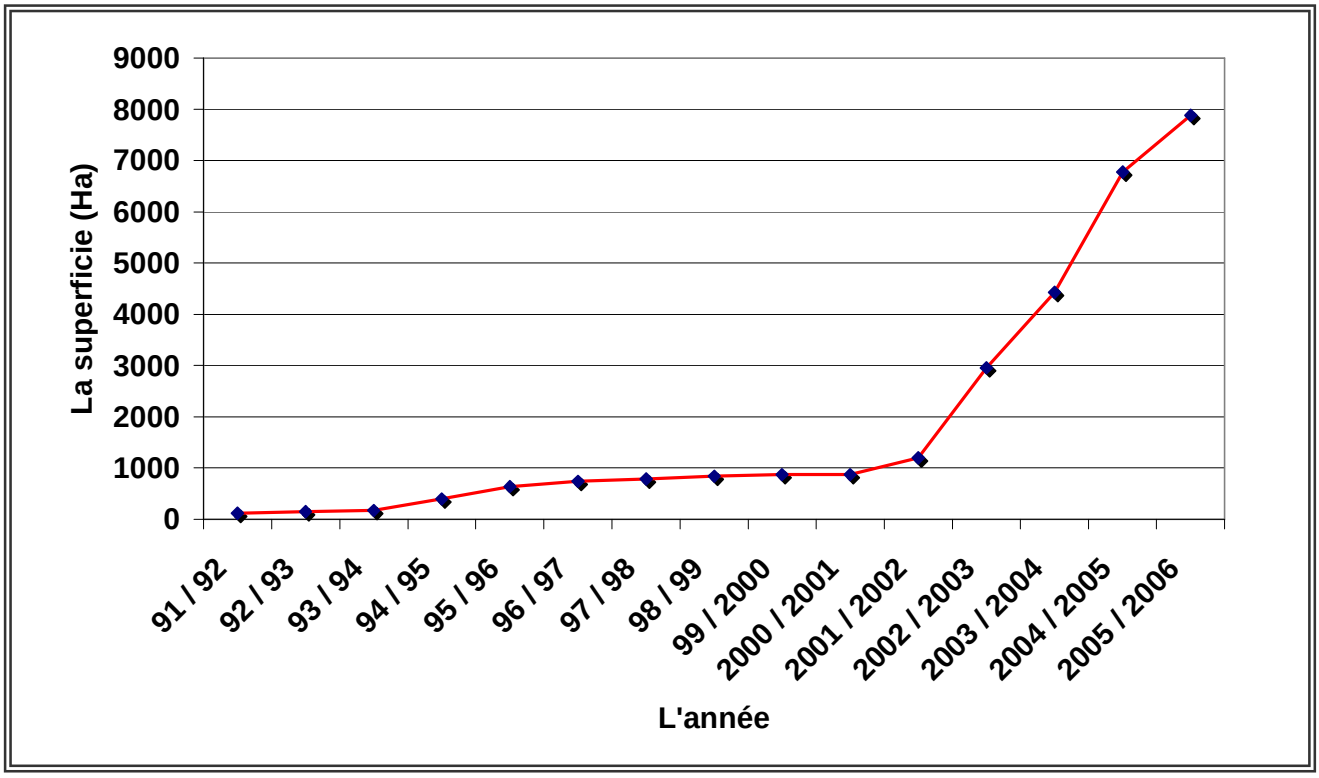


Figure N° 08 : Evolution de la superficie de la culture de pomme de terre dans la région de Souf (1991-2006) (DSA d'EL-OUED, 2006)

2-2/ Evolution de la production :

La figure N°09, montre que la production de la pomme de terre augmente progressivement pour atteindre en année 2005 environ 17770000 Qx. Ce chiffre représente une taux important de la production de pomme de terre en région de Souf par rapport le taux de la production national de la pomme de terre.

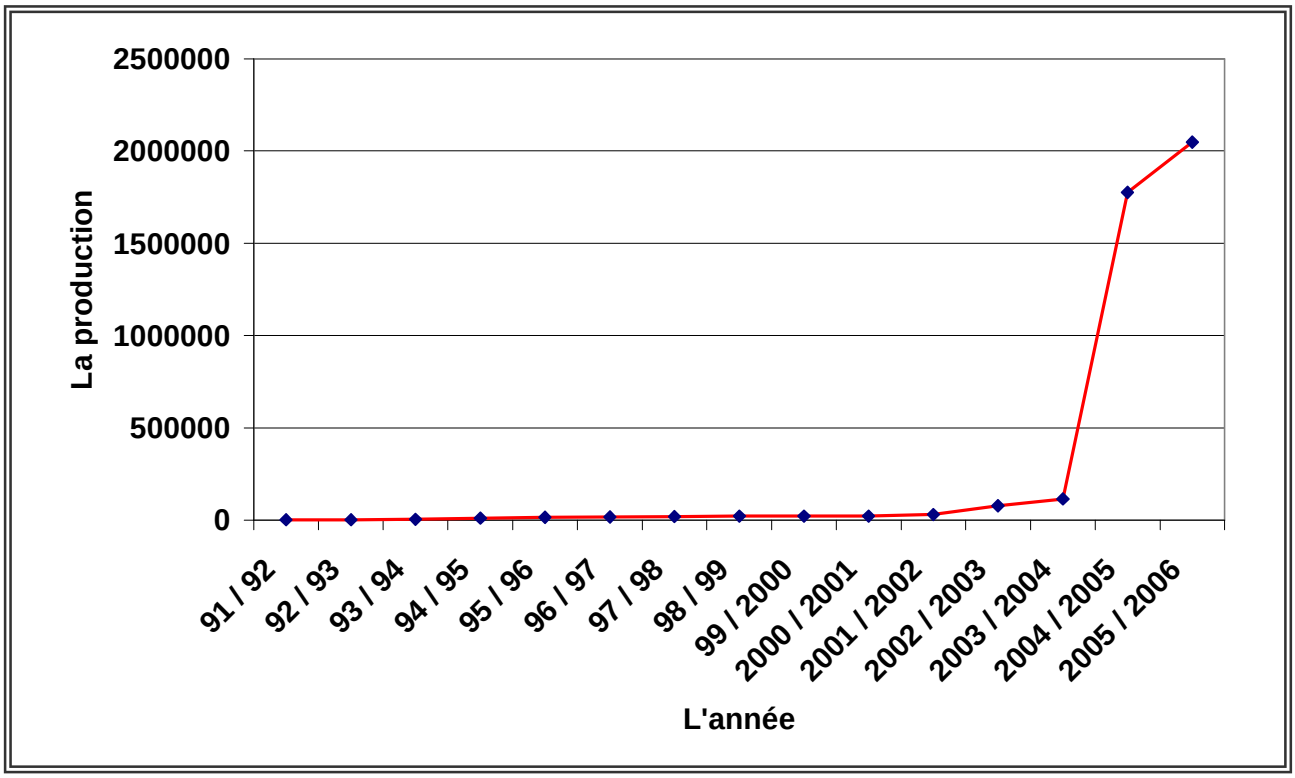


Figure N° 09 : Evolution de la production de pomme de terre dans la région de Souf (1991-2006) (DSA d'EL-OUED, 2006)

2-3/ Evolution de la rendement :

A partir de la figure N°10, nous enregistrons une augmentation progressive de la rendement on, il atteint 260 Qx/ha en 2006.

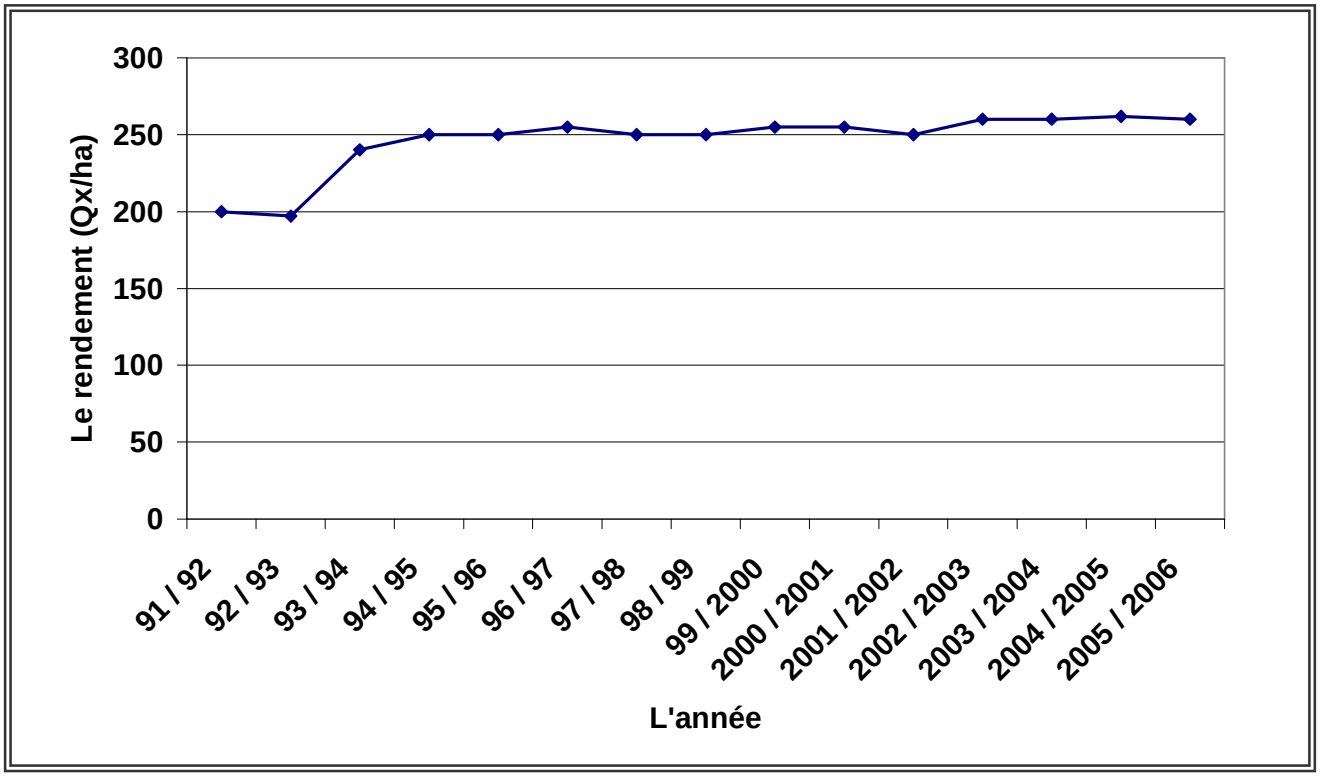


Figure N° 10 : Evolution du rendement de pomme de terre dans la région de Souf (1991-2006) (DSA d'EL-OUED, 2006)

2-4/ Les principaux centres de production de PDT dans la région de Souf:

La figure N°11, représente la répartition de la superficie cultivée par la pomme de terre au Souf durant la compagne 2006

La daïra de Guemar occupe la première place avec une grande surface représente plus de 42 % de cette superficie, avec une superficie de 2856 ha.

La daïra de Debila représente 35 % de la superficie cultivée avec une superficie de 2380 ha.

Dans la daïra Robah, la superficie cultivée par la pomme de terre représente 16 % avec une superficie de 1088 ha.

Dans la daïra d'El-Oued, la superficie cultivée par la pomme de terre représente 5 % avec une superficie de 340 ha.

Dans les autres daïra, la superficie cultivée par la pomme de terre représente 2 % avec une superficie de 136 ha.

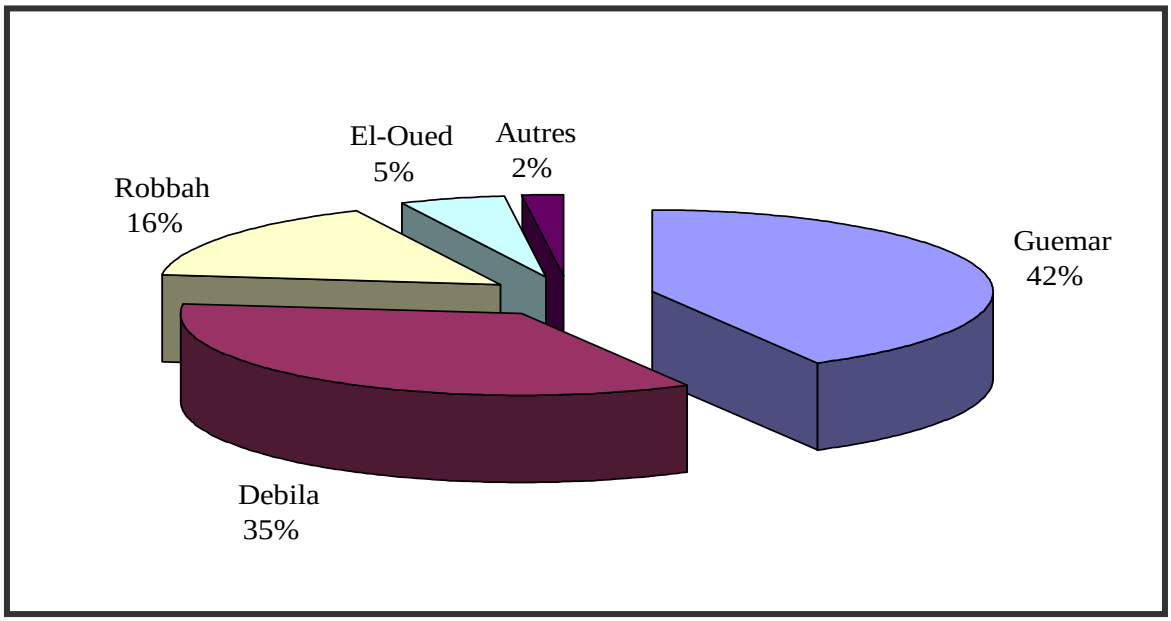


Figure N° 11 : Répartition géographique de la principaux zones productives de la pomme de terre dans la région de Souf (DSA d'EL-OUED, 2006)

2-5/ Principales variétés cultivées:

Spounta–Desire–Condor–Diamant–Bartina–Atlas–Cornado–Escort–Maradona–Lolla–Temate–Amorosa–Lisita

Les variétés plus pratiques (Spounta–Condor–Désire et Bartina)

(DSA d'EL-OUED, 2006)

2-6/ Circuit de commercialisation:

Les prix de gros varient entre 15 et 20 DA/ Kg pour la PDT de saison et entre 20 et 25 DA/Kg pour celle d'arrière saison, la production permet entre autres d'approvisionner plusieurs wilayates du nord notamment par la production d'arrière saison (période propice)

(DSA d'EL-OUED, 2006)

2-7/ Valorisation de la production:

En parallèle à cette évolution des superficies et donc des productions, il a été installé un circuit de conservation par en rapport avec les capacités réelles de production

Aussi les capacités existences de stockage en froid se 57500 m^3 (DSA d'EL-OUED, 2006)

3/ Les facteurs ayant favorisés le développement de la culture de pomme de terre:

3-1/ Nature du sol :

Sol léger sableux favorisation le bon développement de la plante et le lessivage des sols le développement rapide des racines et des tubercules et la facilité des travaux du sol.

(DSA d'EL-OUED, 2006)

3-2/ Réserves hydriques :

Les réserves en eau de la nappe phréatique sont suffisantes allant de 10 à 60 ml dans tout la région du Souf facilement exploitables et à la portée des agriculteurs .Eau moyennement salée (03 à 5 g/l) ne limitant pas le rendement. (DSA d'EL-OUED, 2006)

3-3/ Climat :

Type de climat saharien favorable au développement de la culture de pomme de terre caractérisé par :

- faible pluviométrie annuelle : 80 mm/an
- grand écart d'amplitude journalière et saisonnière variant entre 20 à 30 °C
- Vent dominant SW-NE avec une vitesse de 4 m/s

3-4/ Le faible coût des moyens de production :

La technique d'irrigation par aspersion a donné de bons résultats sur la culture de pomme de terre et a permis l'extension des superficies surtout par l'utilisation du pivot de fabrication locale (0.5 à 4 Ha) . Le système d'irrigation goutte à goutte est en voie de développement à travers le soutien du FNRDA (900 ha attribués dont 500 ha réalisés).

(DSA d'EL-OUED, 2006)

3-5/ Le cycle cultural :

La pomme de terre se caractérise par un cycle cultural court d'une certaine de jours en moyenne cela a permis d'avoir deux productions par an

Les dates de plantation :

- début septembre- fin Décembre (arrière saison)
- début février-Mai (culture de saison) (DSA d'EL-OUED, 2006)

3-6/ Le rendement :

Le rendement moyen actuel de PDT enregistré au niveau des exploitations est de 260 Qx/ha alors que la moyenne des rendements expérimentaux ont atteints des niveaux de 550 à 770 Qx/ha**.** (DSA d'EL-OUED, 2006)

3-7/ Soutien de l'état :

- capacité de stockage par le froid :
  - engagé = 64000 m^3
  - Réalisé = 57500 m^3
- Réseau d'irrigation goutte à goutte :
  - engagé = 900 ha
  - Réalisé =500 ha
- Prime à la production :
  - 2885 Qx semences certifiée primées

(DSA d'EL-OUED, 2006)

4/ Perspectives de développement :

L'importances du développement de la culture de PDT durant les 4 dernière campagnes est jugée encourageant de part le bon rendement (260 Qx/ha en moyenne) et la bon qualité de la production.

L'intérêt particulier porté à cette culture par les agriculteurs de la région motive la mise en place d'un dispositif d'accompagnement permettant :

- d'assurer la production de semence localement à travers l'encouragement des multiplicateurs locaux a cet égard deux producteurs ont été agrées par la CNCC pour une superficie globale de 20 ha.

La superficie plantée (2005) de 10 ha pour une production de 2600 Qx dont 1185 Qx certifiée par la CNCC (variété spounta et condor)

- l'augmentation des capacités de stockage par le froid.
- La mécanisation des opérations culturales.
- l'incitation à l'application des techniques nouvelles.
- l'exportation et la transformation du produit.

Deuxième partie
Matériel et méthodes

Chapitre I

Matériel

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

Chapitre 1 : Matériels d'étude

1/ Présentation du site expérimental

Notre expérimentation à été réalisée au niveau de la ferme de « HAMDI LIMAM » qui siège au niveau du périmètre de concession agricole dans la zone du « Ez Zeggoub » : Commune de HASSANI ABD EL KARIM, Wilaya d' El-Oued.

L'exploitation agricole est située à 3 Km l'Ouest de la Commune de HASSANI ABD EL KARIM (Behima). Elle a été crée au 2003 et couvre une superficie de 04 ha.

2/ Sol du site expérimental

Pour caractériser le sol des parcelles expérimentales, nous avons effectués les analyses du sol au laboratoire du Département des Sciences Agronomiques de l'Université de Ouargla. Les résultats d'analyses (tableau 06), montrent que notre sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH neutre. Vu sa pauvreté en éléments nutritifs les apports d'engrais sont donc nécessaires.

Tableau N° 04 : Caractéristiques physico chimique du sol

Caractéristiques		Profondeur	
		0-20 cm	**20-40 cm**
Granulométrie	Sable fin (%)	52.38	52
	Sable gros (%)	42.28	43.08
pH		7.03	7.12
C.E à 25 C° (mmbo/cm) (1/5)		2.07	2.05
Matière organique (%)		0.83	0.62
Calcaire total (%)		14,06	15,46
Azote assimilable (ppm)		17.63	13.54
Potassium assimilable (ppm)		28.4	27.3

Conclusion

On peut dire que notre site présente un faible taux de matière organique et un pH neutre. Notre sol est insuffisamment pourvu en éléments nutritifs surtout en azote et en potassium.

3/ Le matériel végétal :

La variété de pomme de terre utilise est "Condor" produite dans la région de Mascara. C'est une variété qui a été originaire de hollande et dont les caractéristiques sont les suivantes :

Origine : (PAYS-BAS)

Catégorie : Consommation

Maturité : Demi-précoce.

Tubercule : Oblong long, yeux moyennement enfoncés, peau rouge assez régulière, chair Jaune pâle.

Germe : Rouge violacé foncé, conique, pilosité assez faible.

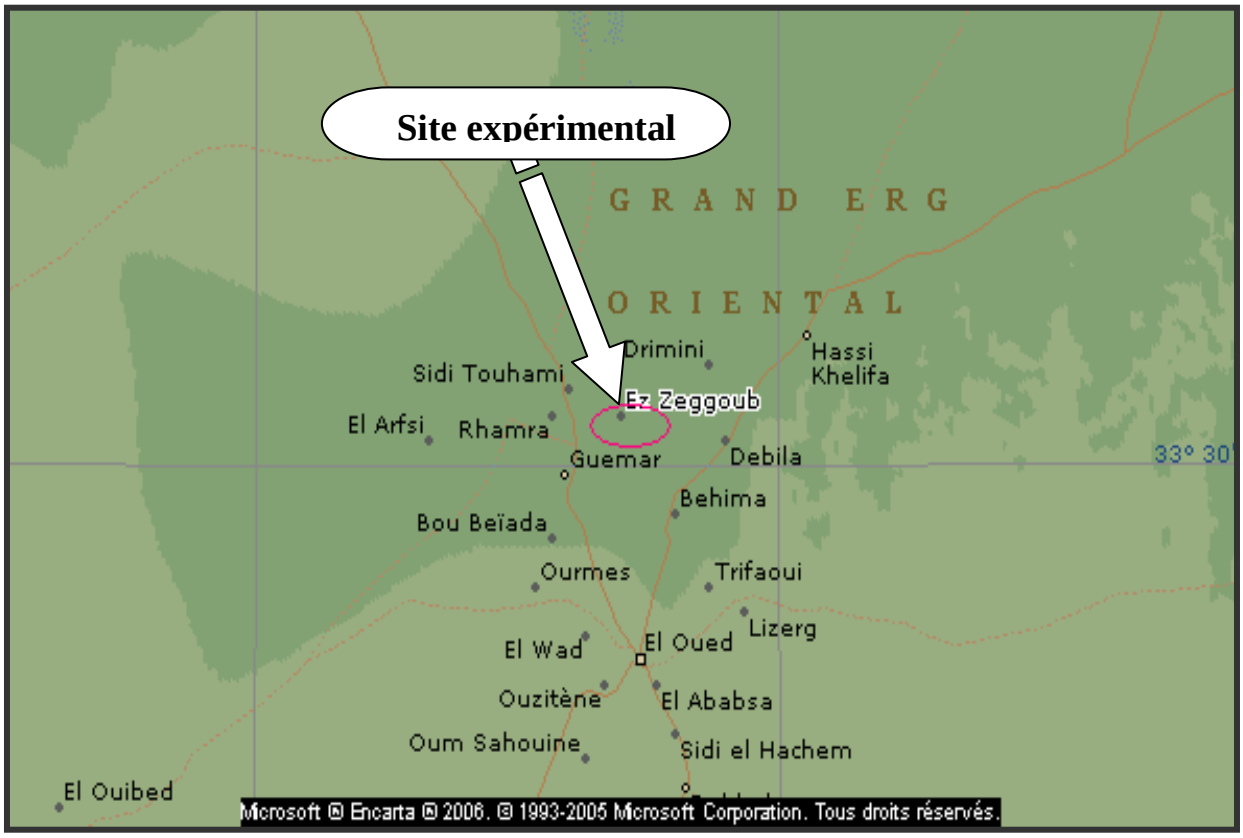
Plante : Taille haute, port dressé.

Tige : Pigmentation forte.

Feuille : Vert foncé ; foliole assez grande, ovale.

Floraison : Assez abondante.

Fleur : Rouge violacé foncé.



Echelle 1/80.000

Carte 02 : Représentation géographique du site expérimental (Ez Zeggoub) dans la Commune de HASSANI ABD EL KARIM

4/ L'eau d'irrigation :

L'exploitation est irriguée par un seul forage (Miopliocène) a profondeur se 60 m et débite 15 l/s. Le système d'irrigation adopté est l'irrigation localisée par tuyaux. La pomme de terre est irriguée sous les asperseurs (pivot par fabrication local). Après l'analyse dans le laboratoire de l'Agence National des Ressources Hydrique (A.N.R.H) Ouargla, les résultats d'analyses de l'eau d'irrigation sont présentée dans le tableau N° 06.

Tableau N° 05 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation

Eléments	Teneurs (mg/l)
Ca^{++}	21.5
Mg^{++}	242.7
Na^{+}	342.5
K^{+}	54.5
Cl^{-}	100.1
SO_4^{-}	1500.25
HCO_3^{-}	244.0
CO_3^{--}	00
NO_3^{-}	8.3
Dureté totale (°F)	97.5
Résidu sec à 110°C (mg/l)	3634
Minéralisation (mg/l)	2046
Conductivité électrique (µs/cm)	3.30
pH	7.48
Turbidité (FTU) EB	00
Turbidité (FTU) ED	00

Conclusion

On peut dire que notre eau d'irrigation est classée en **$C_2.S_4$** présente des caractéristiques suivantes : eau utilisable avec un léger lessivage, le danger d'alcalinisation est très fort.

Chapitre II

Méthodes d'études

Chapitre II : Méthode d'étude

1/ Protocole expérimental :

1-1/ Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est un dispositif de type split-plot, comportant quatre niveaux d'azote N_0, N_1, N_2 et N_3 et quatre niveaux de potassium K_0, K_1, K_2 et K_3 disposés en quatre blocs, chaque bloc comporte 16 parcelles.

L'essai représente au total 64 parcelles élémentaires. Chaque parcelle mesure 5 m de long et 2.5 m de large soit une superficie totale de l'essai de 800 m^2. Les blocs sont espacés de 1 m et les parcelles élémentaires de 0.5 m (figure 12).

Chaque bloc se repartit en quatre unités destinées aux doses d'azote à savoir N_0 (0 U N/ha), N_1 (60 U N/ha), N_2 (120 U N/ha) et N_3 (240 U N/ha). Chaque unité est composée de quatre parcelles élémentaires destinées aux doses de potassium K_0 (0 U K_2O/ha), K_1 (90 U K_2O/ha), K_2 (180 U K_2O/ha) et K_3 (270 U K_2O/ha).

Les traitements utilisés consistent en différentes doses d'azote (N) combinées à différentes doses de potassium. Cette combinaison donne 16 traitements (N0K0, N0K1, N0K2, N0K3, N1K0, N1K1, N1K2, N1K3, N2K0, N2K1, N2K2, N2K3, N3K0, N3K1, N3K2, N3K3,) et quatre répétition (blocs).

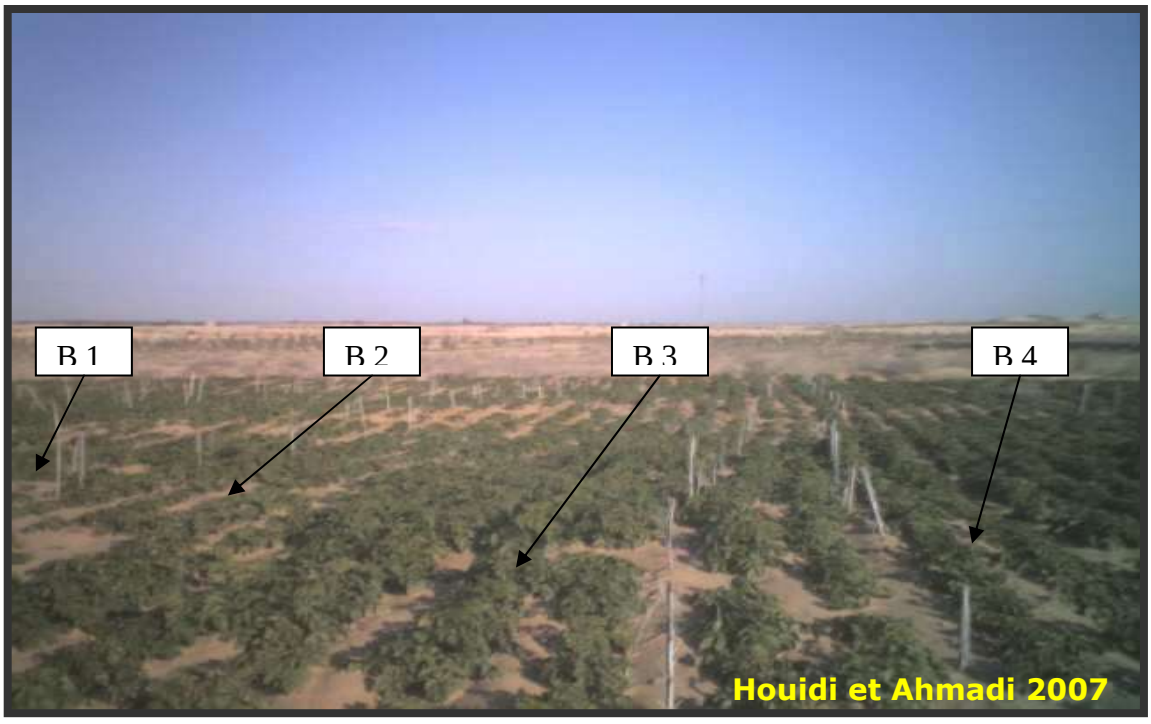


Photo N° 01 : La répartition des blocs expérimentaux

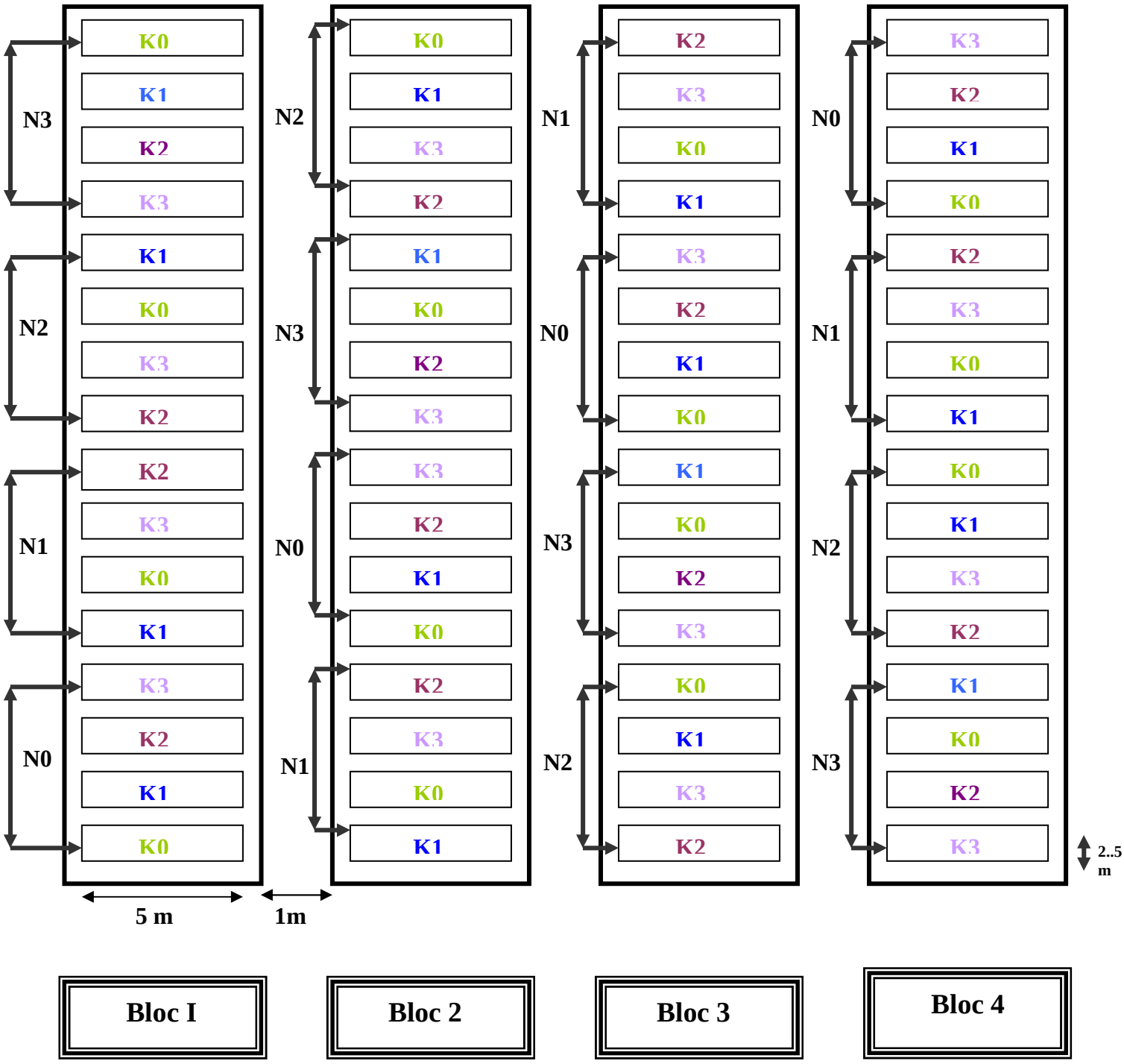


Figure N° 12 : SCHEMA DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL

1-2/ Condition de déroulement de l'essai :

1-2-1/ Le travail du sol :

On a commence le travail du sol par un nivelage du sol par passage d'un niveleuse, cette opération a eu lieu le 02/10/2006 avec un épandage de fumier organique (50 T/ha).
Ensuite, on a réalisé un laboure du sol (superficielle 20 è 30 cm) par passage d'un charrue a soc le 10/10/2006.

1-2-2/ La plantation :

La plantation est réalisée le 10/10/2006. Elle est effectuée manuellement avec une dose de semis équivalent de 25 Qx/ha et pour une densité moyenne de 80.000 plants par hectare. Les écartements seront de : 60 cm entre rangs et 40 cm entre plants, et la profondeur de plantation de 7 à 10 cm.

1-2-2/ La fertilisation :

La fertilisation consiste à apporter les fertilisants aux plantes sous forme d'engrais simples ou composés elle à pour rôle d'assurer à la plante une alimentation correspondante à ses besoins en complétant les fournitures du sol.

1-2-2-1/ La fertilisation azotée :

A/ Engrais azotés utilisés :

L'engrais azoté utilisé est l'Urée 46 % (engrais solide, simple).

C'est une masse blanche finement granulée (2-3 mm) avec une densité très faible. Elle contient 46 % d'N. Engrais azoté le plus concentré, d'où la difficulté de l'épandage uniforme. L'urée est entièrement soluble dans l'eau et, dans un sol biologiquement actif, elle se transforme rapidement en ammoniac et en nitrate (BAEYENS, 1967)

B/ Doses d'azote appliquées :

Quatre doses d'azote ont été apportées au niveau des unités expérimentales.

Première dose (N0) : c'est la dose témoin 0 U N/ha.

Deuxième dose (N1) : c'est la dose de 60 U N/ha.

Troisième dose (N2) : C'est la dose de référence (120 U N/ha), appliquée au niveau de l'exploitation. Pour un objectif de rendement fixé de 25 a 40 tonnes/ha, il faut apporte 120 a 200 Kg N/ha.

Quatrième dose (N3) : c'est la dose de référence (N2) plus 120 unités, soit 240 U N/ha.

Tableau N°06: Dose et date d'apport d'azote

Les doses d'apportée		**Date d'apport**	
N0 0 U N/ha			
N1 60 U N/ha		22 / 11/ 2006	
N2 120 U N/ha	60 U N/ha	1er apport	22 / 11/ 2006
	60 U N/ha	2em apport	30 / 11 / 2006
N3 240 U N/ha	120 U N/ha	1er apport	22 / 11/ 2006
	120 U N/ha	2em apport	30 / 11 / 2006

1-2-2-1/ La fertilisation potassique

A/ Engrais potassique utilisé

L'engrais potassique utilisé dans notre expérimentation est le sulfate de potassium

Le sulfate de potasse est moins soluble dans l'eau que le chlorure de potassium, mais sa potasse est plus avantageuse à prix égal et elle est préférée par les légumineuses, la vigne, les pommes de terre, les betteraves. Cet engrais doit être enterré à l'automne par un labour. (GUEDAN, 2007).

Le sulfate de potasse dose 50 % de potasse pure et 18 % de soufre ; il est obtenu par attaque à chaud (850°) du chlorure de potassium par l'acide sulfurique suivant la réaction

$$2\ KCl + SO_4H_2 \longrightarrow SO_4K_2 + 2\ HCl$$

(COTIGNIES, 1977)

B/ Dose appliquée :

Quatre doses ont été testées dans notre essai à savoir :

Première dose (K0) : on a 0 U K/ha (témoin)

Deuxième dose (K1) : c'est la dose de 90 U K/ha (la dose de référence (K2) moins 90 U K/ha).

Troisième dose (K2) : c'est la dose de référence (180 U K/ha). Pour un objectif de rendement fixé de 25 a 40 tonne/ha, il faut apporte 120 a 200 Kg K/ha.

Quatrième dose (K3) : la dose de 270 U K/ha (la dose de référence plus 90 U K/ha).

Tableau N°07: Dose et date d'apport de potassium.

Les doses d'apportée		**Date d'apport**	
K0 0 U K/ha			
K1 90 U K/ha	45 U K/ha	1er apport	11 / 12 / 2006
	45 U K/ha	2em apport	03 / 01 / 2007
K2 180 U K/ha	90 U K/ha	1er apport	11 / 12 / 2006
	90 U K/ha	2em apport	03 / 01 / 2007
K3 270 U K/ha	90 U K/ha	1er apport	11 / 12 / 2006
	180 U K/ha	2em apport	03 / 01 / 2007

1-2-3/ Les traitements phytosanitaire :

Le cycle biologique de la plante peut se trouver profondément perturbé, d'une part sous l'action pathogène de certains organismes vivants et, d'autre part sous l'effet défavorable d'agents extérieurs. Les maladies d'origine parasitaire sont provoquées par le développement, au sein même des tissus de la plante, de champignon, bactéries, virus et autres agents pathogènes.

Les traitements fongicides en cours de végétation sont surtout dirigés contre le mildiou, exceptionnellement contre l'alternariose.

Les traitements insecticides ont surtout pour de détruire les doryphores et éventuellement les pucerons. Les larves sont facilement tuées, les adultes sont par contre plus résistants.

Pour notre cas on a fait les interventions phytosanitaires suivantes :

– **Armetyle :** herbicides foliaire, a une action systémique, anti-mildiou. Il a été appliquée en 27 / 11 / 2006

– **22.5% Famoxodone + 30% Cymoanil :** herbicides foliaire, antisprorulant. Pour lutte contre le mildiou, il a été appliqué le 15/12/2006.

1-2-3/ La récolte :

La récolte s'effectue manuellement, réalisée le (29/03/2007).

2/ Méthode de prélèvement :

2-1/ Le sol :

Les échantillons du sol sont prélèves trois fois, pour l'analyse on laboratoire est l'observe l'évolution est l'assimilation des élément nutritive a la plante, le première prélèvement au début de cycle, est réalise avec deux profil de 20 cm (0-20), (20-40) en 12/10/2006.

Le deuxième prélèvement au stade de croissance végétative 02/12/2006 s'effectue pour chaque parcelle élémentaire par deux profond m'élonge 0-20 et 20-40 cm. Est le troisième prélèvement au stade de tubérisation en 03/02/2007est réalise à la même méthode pour le deuxième prélèvement.

2-2/ La plante :

Pour chaque parcelle élémentaire, nous avons choisi 5 plantes est pour chaque plante on a prendre 20 feuilles, et tous mélange est forme d'échantillons de cette parcelle pour le dosage de l'azote et du potassium, et s'effectue en différents stades, croissance végétative (10/12/2006), début de tubérisation (floraison) (12/01/2007), à la fin de cycle (02/03/2007).

3/ Les paramètre étudiés :

3-1/ Les paramètre de comportement de la plante :

3-1-1/ Nombre de tige par plant :

Consiste à dénombrer le nombre de tige par plant, ce paramètre a été réalise sur un pourcentage des plantes. Et dans ce paramètre on a mesure le pourcentage du feuillage et la croissance de partie verte pour la plante et leur relation avec le déférente dose d'azote.

3-1-2/ Nombre de feuille par plant :

Vue la difficulté de mesurer la surface foliaire à la masse, on s'est limité à dénombrer les feuilles au niveau des plantes (marquée ou échantillon), et aussi ce paramètre est l'un des indicateurs important pour mesure de la production de masse végétative.

3-1-3/ Longueur des tiges :

Afin de voir la croissance en longueur des plantes, on a mesuré la longueur maximale des tiges située à des plants considérée comme échantillon.

3-1-4/ Poids moyen du tubercule :

Nous avons pris 20% de production pour chaque parcelle au hasard, et on a peser chaque tubercule a part, et on a fait la moyenne.

3-1-5/ Calibre du tubercule :

Pour les mêmes tubercules qu'on a peser, on a fait la mesure de son calibre (longueur et diamètre) a l'aide d'un pied a coulisse et en fin on a fait la moyenne.

3-1-6/ Le rendement total :

Après la récolte de chaque parcelle, on a fait la mesure de rendement pour chaque parcelle tot

3-2/ Les paramètre d'évolution des éléments :

3-2-1/ Dans les feuilles et tubercules :

Pour le deux (feuilles et tubercules), on a fait les dosage d'azote et de potassium total pour connaître la teneur en ces deux éléments et leur variation selon le déférentes doses d'azote et potasse.

3-2-2/ Dans le sol :

Après le prélèvement d'échantillons du sol on a fait le dosage d'azote assimilable (minéral)

Pour connaître l'assimilation d'azote sous forme des ions facilement absorbés par les plantes (NH_4^+ et NO_3^-) et leur variation selon les déférentes doses d'azotes, et aussi pour le potassium assimilable sous forme ionique K^+.

Conclusion

Notre travail a été réalise en partie :

Partie des paramètres des mesure est celle-ci comporte deus phase selon le cycle biologie de la plantes, pour la phase de croissance végétative à l'étude de matérielle végétale proprement dit le taux de feuillage et le développement de la partie aièrenne selon les doses d'azotes applique, et d'autre phase de tubérisation a d'ensembles des paramètres du rendements et leurs variation avec déférentes doses des potassium.

Partie des dosages pour le teneur en azote et en potassium dans les feuilles et tubercules pour connaître l'état d'assimilation et l'absorption de ces deux éléments à la plante.

4/ Méthodes d'analyse :

4-1/ Le sol :

4-1-1/ La granulométrie :

La granulométrie a été déterminée par la méthode de l'hydromètre. C'est une méthode quantitative qui détermine les proportions physiques de trois particules primaires (Argile, Limon et Sable). La mesure est effectuée par une lecture sur un hydromètre.

4-1-2/ le pH du sol :

Mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrode en verre, par la méthode électrométrique avec un rapport **1/2.5**.

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

4-1-3/ la conductivité électrique :

Déterminée par un conductimètre à une température de **25°C** avec un rapport sol/solution de **1/5**. Et en fonction de la concentration de sels dissout dans la solution du sol, et la mesure de la CE très important pour connaître l'adaptation de sol à la culture.

4-1-4/ Le calcaire total :

Le dosage est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate du calcium en contact de l'acide chlorhydrique. Il s'agit de comparer le volume de CO_2 dégagé par l'échantillon du sol avec celui dégagé par le contact d'un acide **HCl** (**6N**) avec un poids de C_aCO_3 pur.

4-1-5/ La matière organique :

Le dosage des matières organiques elle se fait par la méthode Anne, est consiste à la mise l'échantillon du sol **1g** de terre fine et ajouté de **10 ml** de solution aqueuse de bichromate de potassium ($KC_{r2}O_7$) à **8%** et **15 ml** de H_2SO_4 concentré après **30 mm** en ajoute **150 ml** d'eau distillé et quelque goutte de diphénylamine et titré par une solution de sulfate de fer (F_eSO_4) et comparé la couleur de solution avec le témoin (sans sol) normalement passe de bleu foncé au bleu vert.

4-1-6/ L'azote total du sol :

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

4-1-7/ L'azote assimilable :

Le dosage l'azote assimilable se fait par la méthode de **KJELDAHL**. Pour le deux forme d'azote (NH_4^+ **et** NO^-_3), l'extraction a été faite par l'utilisation d'une solution de **5g** du sol + **50 ml** de **KC**l (**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 (M_gO), puis une titrage avec de H_2SO_4 (**N/20**), et le principe de se dosage, les ions NH_4^+, NO^-_3, NO^-_2 sont extrait du sol par **KCl**. Le NO^-_3 et NO^-_2 se transforment en NH_4^+ par réduction avec l'alliage de dewarda et les deux forme de NH_4^+ alors dosées par distillation au Buchi, en présence de M_gO calciné.

4-1-8/ Potassium assimilable :

Il est extrait par l'eau distillée. On ajoute de **10 g** du sol + **50 ml** l'eau distillée (rapport **1/5**), On agite pendant **2** heures et faire une filtration. Le potassium est dosé par le **spectrophotomètre à flamme**.

4-2/ Le plante et les tubercules :

4-2-1/ L'azote :

Le dosage de l'azote du végétal (feuilles, tubercules) est analysé selon la méthode **KJELDAHL.** Cette méthode comporte trois étapes. 1^{ere} étape consiste à attaque la poudre végétale (2g) par 20 ml d'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur ($CaSO_4$ + K_2SO_4) et porté à ébullition pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium $(NH^+_4)_2SO_4$. et le 2eme étape en fait la distillation, on prend 20 ml de distillat et en présence de la soude (NaOH) 33%, et l'indicateurs mixtes (vert bromoseloses, et rouge de méthyle). Et le 3eme étape en fait le titrage avec de $\mathbf{H_2SO_4}$.

4-2-2/ Le potassium :

L'extraction de potassium du végétal (feuilles, tubercules) se fait par la méthode de **Chapman et Pratt 1961**. Cette méthode consiste a peser 1 g de matière végétale (feuilles, tubercules), bien broyée dans un creuset en porcelaine (30-50ml) ensuite mis dans un four à moufle et augmenté la température progressivement vers 550° pendant 5 heures (jusqu'à l'obtention de cendre blanche).

Une fois la calcination terminée, on transfert entièrement les cendres dans un bêcher de 100 ml et ensuite homogénéiser les cendres humides dans 5 ml des l'acide chlorhydrique (HCl, 2N) et mélange avec une tube de verre, après 15-20 mm on complète le volume à 50 ml avec l'eau distillée et en lest la solution de cendre à 30 mm. Ensuite on filtre la suspension dans une fiole de 50 ml. Le dosage se fait par le spectromètre à flamme.

Troisième partie

Résultats et discussion

Chapitre I
Effet de la fertilisation azotée potassique sur le comportement de la plante

1/ Effet de la fertilisation azotée potassique au moment de la croissance végétative

1-1/ Nombre de tige par plant

Les résultats de mesures du nombre de tiges par plant sont présentés dans le tableau N° 08 et illustrés dans la figure N° 13.

Tableau N° 08 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de tiges par plant

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	9.75	8.00	8.00	7.75	8.37 d	Effet N : H.S
N1	10.12	9.00	9.50	10.50	9.78 c	Effet K : N.S
N2	9.87	11.12	12.00	10.75	10.93 b	Effet NxK : N.S
N3	12.12	12.75	12.25	12.25	12.34 a	
Moyenne	10.46	10.21	10.43	10.31	10.35	

Le nombre de tiges par plant est influencé d'une façon hautement significative avec les doses d'engrais azotés. Ce dernier passe de 8.37 obtenu avec la dose N0 à 12.34 obtenu avec la dose N3 (240 U N/ha), soit une augmentation de l'ordre de 32.17 %. Les autres doses d'engrais ont donnés les valeurs suivantes : 9.78 pour la dose N1 (60 U N/ha), et 10.93 pour la dose N2 (120 U N/ha).

L'effet d'azote révèle quatre groupes homogènes (a, b, c, d) présentées par les différentes doses d'azotes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N3 (270 U N/ha) et le groupe (b) par la dose N2 (120 U N/ha) et le groupe (c) par la doses N1 (60 U N/ha) et le groupe (d) par la dose N0 (sans d'engrais).

L'analyse de la variance (tableau N° 08), montre un effet non significatif des doses de potassium sur le nombre des tiges par plant. Celle-ci donne des valeurs plus rapprochées pour les déférentes doses de potassium qui varient entre 10.21 et 10.46 obtenues respectivement avec K1 et K0 (tableau N° 08).

Les résultats de l'interaction (NxK) sur le nombre de tiges par plant ne montrent pas un effet significatif e (tableau N° 08). Ces derniers montrent que le nombre le plus élevé à savoir 12.75 est obtenu avec le traitement N3K1 et le nombre le plus faible se 7.75 est obtenu avec le traitement N0K3.

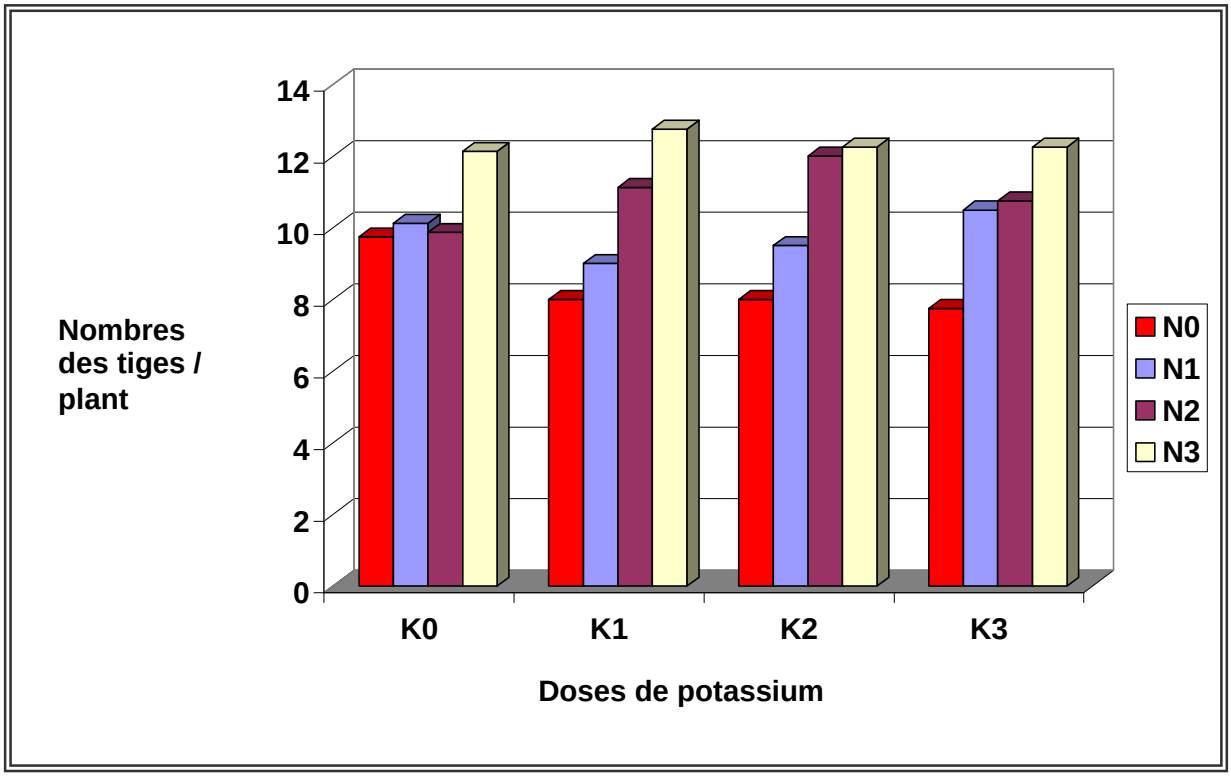


Figure N° 13 : influence de la fertilisation azotée-potassique sur le nombre de tiges par plante

1-2/ Nombre de feuilles par plant

Les résultats de mesures de nombre de feuilles par plant sont présentés dans le tableau N° 09, et illustrés dans la figure N° 14.

Tableau N° 09: Influence de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de feuilles par plant

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	106 bA	84 cB	79 dB	87 cB	89 d	Effet N : H.S
N1	105 bA	103 bcA	106 cA	106 bcA	105 c	Effet K : N.S
N2	121 abA	122 bA	130 bA	120 bA	123 b	Effet NxK : H.S
N3	130 aC	149 aB	179 aA	143 aBC	150 a	
Moyenne	115	114	123	114		

L'analyse de la variance (tableau N° 09) montre un effet hautement significatif de l'azote sur le nombre de feuilles par plant. Ce paramètres passe de 89 feuilles / plant obtenu avec la dose N0 à 150 feuilles / plant obtenu avec la dose N3 (240 U N/ha) soit une augmentation de l'ordre de 40.66 %. Les autres doses d'engrais ont donné les valeurs

suivantes : 105 feuilles / plant pour la dose N1 (60 U N/ha) et 123 feuilles / plant pour la dose N2 (120 U N/ha).

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N3 (240 U N/ha), le groupe (b) par la dose N2 (120 U N/ha), le groupe (c) par la dose N1 (60 U N/ha) et le groupe (d) par la dose N0.

Le nombre de feuilles s'avère relativement élevé avec la quatrième dose d'azote (240 U N/ha). Ceci est dû au nombre important de tiges par plantes de cette même dose d'azote (D4, 240 U N/ha)

La croissance des feuilles a une relation étroite avec la nutrition et la température. ANONYME (1993) indique que l'azote qui, en favorisant la croissance du feuillage, la formation, puis le grossissement des tubercules a la plus grande influence sur le rendement.

En ce qui concerne l'engrais potassique l'analyse de la variance (tableau N° 09), montre un effet non significatif des doses de potassium sur le nombre de feuilles par plant malgré la légère augmentation enregistrée avec la dose K2. Passe de 114 feuilles / plant obtenu avec les doses K1 et K3 à 123 feuilles / plant obtenu avec la dose K2 (180 U K/ha) (tableau N° 09).

L'interaction (NxK) présente aussi un effet hautement significatif de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de feuilles par plant. Le nombres le plus élevés 179 obtenu au niveau de traitement N3K2, par contre le nombres le plus faible 79 obtenu au niveau de traitement N0K2.

La comparaison moyenne a révèlé 10 groupes homogènes (bA, abA, aC, cB, bcA, aB, dB, cA, aA, aBC).

- Le groupe bA est formé par les 5 traitements, N0K0, N1K0, N2K1, N2K2, N2K3.
- Le groupe abA est formé par le traitement N2K0.
- Le groupe aC est formé par le traitement N3K0
- Le groupe cB est formé par le traitement N0K1, N0K3.
- Le groupe bcA est formé par le traitement N1K1, N1K3.
- Le groupe aB est formé par les deux traitements N3K1.
- Le groupe dB est formé par les deus traitements N0K2.

- Le groupe cA est formé par les deus traitements N1K2.
- Le groupe aA est formé par les deus traitements N3K2.
- Le groupe aBC est formépar les deus traitements N3K3.

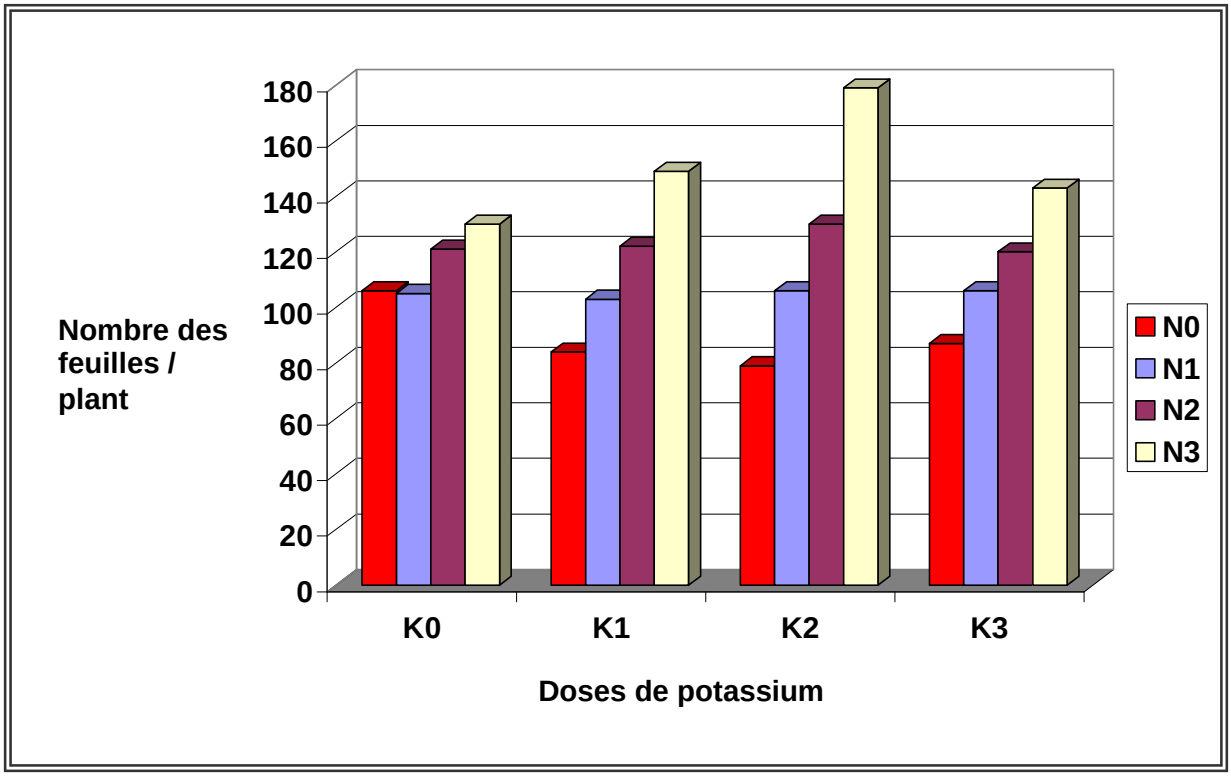


Figure N° 14: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre des feuilles par plant

1-3/ La longueur de tige

Les résultats de mesures de la longueur des tiges sont présentés dans le tableau N° 10, et illustrés dans la figure N° 15.

Tableau N° 10 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la longueur des tiges

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	10.25	12.25	11	9.25	10.68 c	Effet N : H.S
N1	15.75	13	12	13.75	13.68 b	Effet K : N.S
N2	15.25	15	15	14.50	14.93 b	Effet NxK : N.S
N3	18	19	21	18	19.25 a	
Moyenne	14.81	14.93	14.93	13.87	14.63	

Les analyses statistiques montrent un effet hautement significatif des doses d'azote sur la longueur des tiges. La longueur des tiges passe de 10.68 cm obtenu avec la dose N0 à 19.25 cm obtenu avec la quatrième dose N3 (240 U N/ha). Soit une augmentation de l'ordre de 48.05 %. Les autres doses d'engrais à savoir le témoin N1 et la troisième dose d'engrais azoté N2 enregistrent respectivement les longueurs des tiges suivantes: 13.68 et 14.93 cm.

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N3 (240 U N/ha), le groupe (b) par les deux doses N1 (60 U N/ha), N2 (120 U N/ha) et le groupe (c) par la dose N0.

L'analyse de la variance (tableau N° 10), montre un effet non significatif de l'engrais potassique sur la longueur des tiges. Celle-ci passe de 13.87 cm obtenu avec la dose K3 à 14.93 obtenu avec les doses K1 (90 U K/ha) et K2 (180 U K/ha) (tableau N° 10).

L'interaction (NxK) présente aussi un effet non significatif de la fertilisation azotée potassique sur la longueur des tiges. La longueur la plus élevée 21 cm obtenue au niveau de traitement N3K2, par contre la longueur le plus faible 9.25 cm est obtenue avec le traitement N0K3.

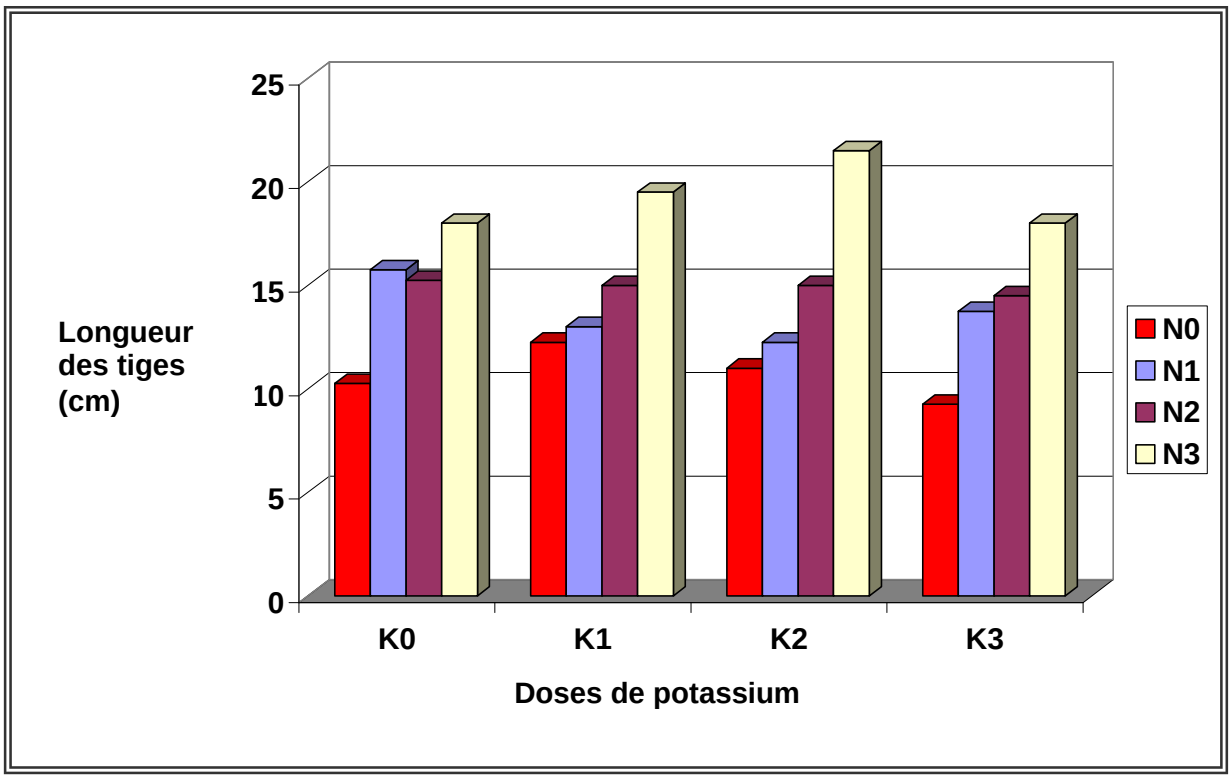


Figure N° 15: Influence de la fertilisation azotée-potassique sur la longueur des tiges (cm)

Conclusion

Les paramètres retenus pour mettre en évidence l'effet des différentes doses d'azote et de potassium sur la réaction de la culture de pomme de terre (nombre de tiges par plant, nombre de feuilles par plant et la longueur des tiges), sont influencé significativement par les différentes doses d'engrais azotées.

Il ressort que la dose N3 (240 U N/ha) enregistrée les meilleures resultats concernant les paramètres étudies à savoir (nombre de tiges par plant, nombre de feuilles par plant et la longueur des tiges) (Tableau N° 11)

Pour cela une bonne nutrition azotée, un climat plus favorable avec des températures basses, favorisent le développement de feuillages et des tiges, et activent la photosynthèse et la production de matière sèche pour la croissance et le grossissement des tubercules.

LENARD (1994), in FENGHOUR (2000) rapportent que le rendement en tubercules dépend, entre autres, de l'importance du développement des organes aériens (surface foliaire) et de la durée pendant laquelle ils fonctionnent.

Tableau N° 11. Analyse de la variance des paramètres de mesure de la partie aérienne

Source de variation	nombre de tiges/plant	nombre de feuilles/plant	longueur de tiges
N	**	**	**
K	NS	NS	NS
NxK	NS	**	NS

** hautement significatif
* significatif
N.S non significatif

Mais il s'avère que les doses de potassium et l'interaction (NxK) n'ont pas un effet significatif sur ses paramètres (nombre de tiges par plant, nombre de feuilles par plant, la longueur de tige) (Tableau N° 10).

2/ Effet de la fertilisation azotée potassique au moment de la tubérisation

2-1/ Poids spécifique du tubercule

Un élément important de la qualité de la pomme de terre est son poids spécifique directement relié au contenu en matière sèche et en amidon des tubercules **(**GIROUX, 1998**)**

Les résultats de mesures de poids des tubercules sont présentés dans le tableau N° 12, et illustrés dans la figure N°16.

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'azote sur le poids spécifique du tubercule. Ce paramètres passe de 118.63 g obtenu avec la dose N0 à 219.41 g obtenu avec la dose N2 (120 U N/ha). Puis ce poids diminu pour atteindre la valeur de 136.83 g obtenu avec la dose N3 (240 U N/ha). Les autres doses d'engrais ont donné les valeurs suivantes : 166.85 g obtenu avec la dose N1 (60 U N/ha) et 136.85 g pour la dose N3 (240 U N/ha) (tableau N° 12).

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N2 (120 U N/ha), le groupe (b) par la dose N1 (60 U N/ha), le groupe (c) par la dose N3 (240 U N/ha) et le groupe (d) par la dose N0 (sans d'engrais).

En général, une application élevée d'azote cause une diminution du poids spécifique des tubercules (CHAMBERLAND et CAMPAGNA 1969; GIROUX 1984; KUNKEL et HOLSTAD 1972; MACLEAN 1984; MURPHY et GOVEN 1959; TERMAN et al 1951; WESTERMANN et al 1994) de même que du pourcentage de matière sèche (CHAMBERLAND et CAMPAGNA 1969; WESTERMANN et al. 1994).

Selon TIMM et al (1963) et KUNKEL et HOLSTAD (1972) une diminution du poids spécifique due à l'azote pourrait signifier que la plante n'avait pas atteint sa maturité à la récolte. À la maturité, les tubercules atteindraient un poids spécifique plus élevé.

Les doses très élevées d'azote, nécessaire au rendement maximum, et la baisse de qualité biologique (poids spécifique) associée nous indiquent que la recherche de hauts rendements par la fertilisation azotée se fait au détriment de la qualité pour le consommateur et qu'un compromis doit être trouvé entre le rendement maximum et la qualité maximum

Tableau N° 12: Influence de la fertilisation azotée potassique sur le poids spécifique des tubercules

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	72.68 bB	96.11 bB	156.11 dA	149.61 cA	118.63 d	Effet N : H.S
N1	122.65 aB	125.45 bB	203.16 cA	216.16 bA	166.85 b	Effet K : H.S
N2	106.70 aC	173.41 aB	315.28 aA	282.25 aA	219.41 a	Effet NxK : H.S
N3	96.46 abB	108.29 bB	246.41 bA	96.257 dB	136.85 c	
Moyenne	99.62 d	125.81 c	230.24 a	186.07 b	160,435	

Aussi l'analyse de la variance a révèlé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur le poids spécifique du tubercule, ceci passe de 99.62 g obtenu avec le témoin K0 à 230.24 g obtenu avec la dose K2 (180 U K/ha).

L'effet de l'engrais potassique révèle quatre groupes homogènes (a, b, c et d). Le premier groupe (a) est formé par la dose K2 (180 U K/ha) avec un poids spécifique équivalent de 230.2 g, le groupe (b) par la dose K3 avec un poids de 186.07, le groupe (c) par la doses K1 avec 125.81g et le groupe (d) par la dose N0 (sans d'engrais) avec 99.62 g.

Tout comme l'azote, le potassium joue un rôle important sur la qualité de la pomme de terre. Une augmentation graduelle de potasse (jusqu'à des doses excessives) diminue le poids spécifique de la pomme de terre. Et par le fait même, son contenu en matière sèche CHAMBERLAND et CAMPAGNA, (1969) et TERRNAN et al, (1953) expliquent la diminution du poids spécifique ainsi que la teneur en matière sèche par un contenu en eau plus élevé dans les tubercules, créant un effet de dilution.

L'interaction (NxK) présente aussi un effet hautement significatif de la fertilisation azotée potassique sur le poids spécifique des tubercules. Le poids le plus élevé 315.28 g obtenu au niveau de traitement N2K2, contre le poids le plus faible 72.68 g obtenu avec le traitement N0K0

La comparaison du moyennes a révèlée 9 groupes homogènes (bB, aB, aC, abB, dA, cA, aA, bA, dB).

- Le groupe bB est formé par les quatre traitements, N0K0, N0K1, N1K1, N3K1
- Le groupe aB est formé par les deux traitements N1K0, N2K1
- Le groupe aC est formépar le traitement N2K0

- Le groupe abB est formé par le traitement N3K0
- Le groupe dA est formé par le traitement N0K2
- Le groupe cA est formé par les deux traitements, N1K2, N0K3
- Le groupe aA est formé par les deus traitements N2K2, N2K3
- Le groupe bA est formé par les deus traitements N3K2, N1K3
- Le groupe dB est formé par le traitement N3K3

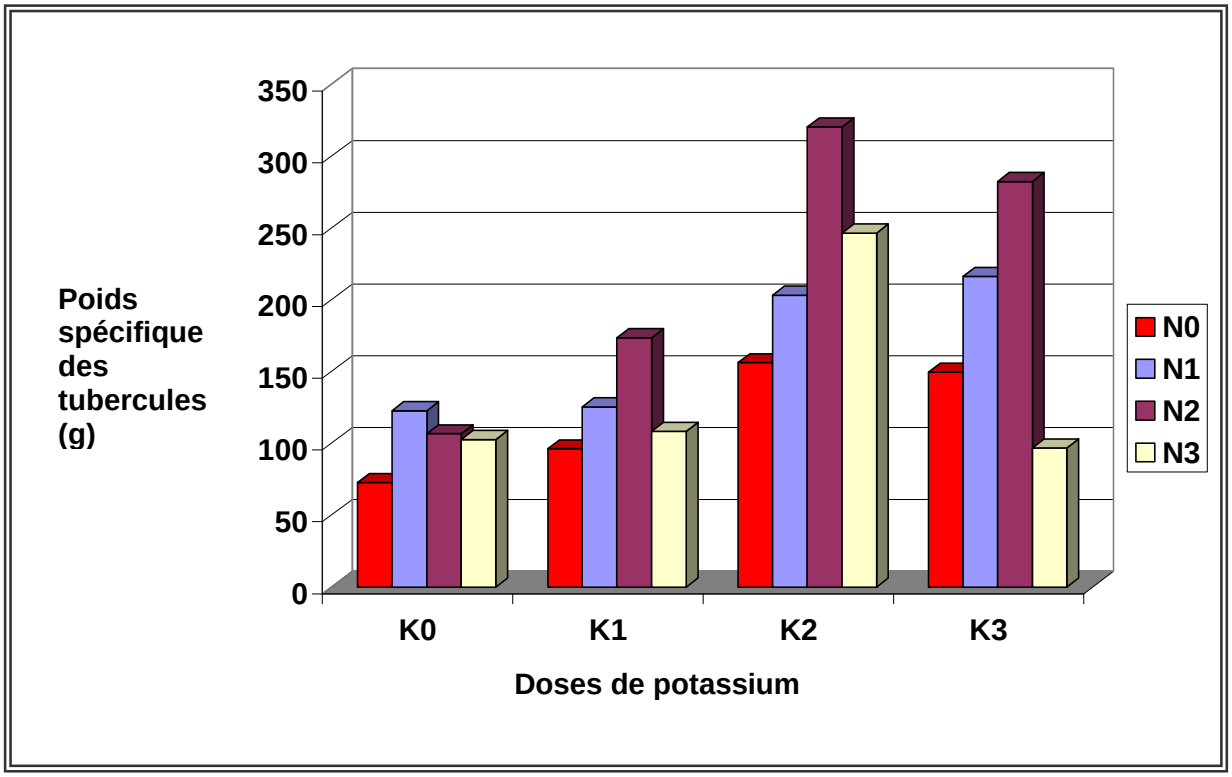


Figure N° 16: Influence de la fertilisation azotée-potassique sur le poids moyen des tubercules (g)

2-2/ Calibre des tubercules

2-2-1/ La longueur des tubercules

Les résultats de mesures de la longueur des tubercules sont présentés dans le tableau N° 13, et illustrés dans la figure N° 17.

Les résultats d'analyse de la variance de la longueur des tubercules, montrent que ces paramètres varie de façon hautement significative en fonction des doses croissantes d'azote. Cette longueur passe de 6.88 cm obtenu avec la dose N0 (témoin sans azote) à 10.67 cm obtenu avec le traitement N2 (120 U N/ha), soit un taux d'augmentation de 35.52 % (tableau N° 13).

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par les deux doses N2 (120 U N/ha) et N3 (240 U N/ha) respectivement avec 10.67 et 8.81 cm, le groupe (b) par la dose N1 (60 U N/ha) avec 8.17 cm et le groupe (c) par la dose N0 avec une longueur de 6.88 cm.

Tableau N° 13 :l'effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur la longueur des tubercules (cm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	7.28 bA	7.34 bcA	6.02 cA	6.87 bcA	6.88 c	Effet N : H.S
N1	7.37 bB	7.07 cB	7.98 cB	10.27 aA	8.17 b	Effet K : S
N2	10.9 aB	9.52 abB	13.47 aA	8.78 abB	10.67 a	Effet NxK : H.S
N3	6.96 bB	11.07 aA	10.65 bA	6.57 cB	8.81 a	
Moyenne	8.13 b	8.75 b	9.53 a	8.12 a		

En ce qui concerne l'engrais potassique, l'analyse de la variance (tableau N°13), montre un effet significatif de la longueur des tubercules en fonction des doses croissantes de K. La longueur la plus élevée est obtenue avec le dose K2 avec 9.53 cm, et la longueur le plus faible est obtenue avec la dose K3 avec 8.12 cm, soit un taux d'augmentation de 14,79 %.

Pour l'interaction NxK l'analyse de la variance montre aussi un effet hautement significatif de l'interaction (NxK) sur la longueur des tubercules. Celle-ci passe de 6.02 cm enregistré avec le traitement N0K2 à 13.47 cm obtenu avec le traitement N2K2 (tableau N° 13).

La comparaison des moyennes a fait ressortir 8 groupes homogènes (bA, bB, aB, bcA, cB, abB, aA, cA,)

– Le groupe bA est formé par le traitement N0K0, N3K2.
– Le groupe bB est formé par les traitements N1K0, N3K0,
– Le groupe aB est formé par le traitement N2K0.
– Le groupe bcA est formé par les traitements N0K1, N0K3.
– Le groupe cB est forme par les traitements N1K2, N1K2, N3K3
– Le groupe abB est formépar les traitements N2K1, N2K3.
– Le groupe aA est formé par les traitements N3K1, N2K2, N1K3.
– Le groupe cA est formé par les traitements N0K2.

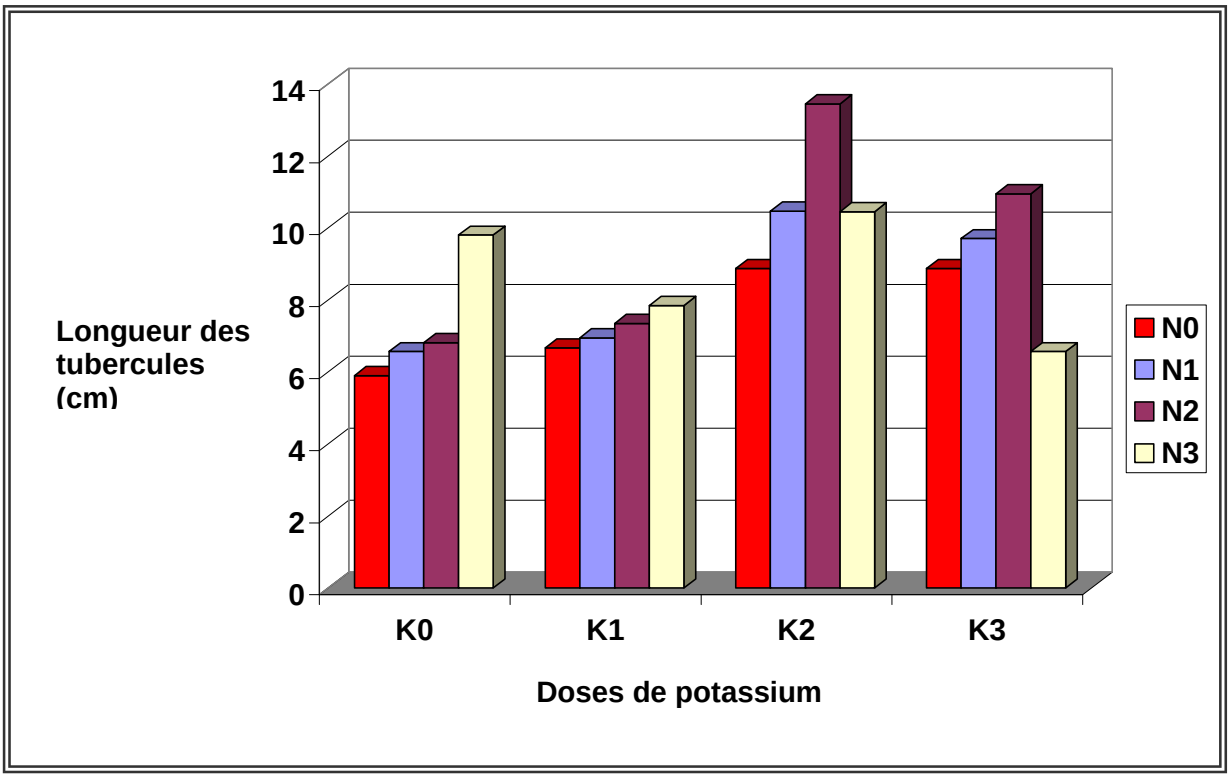


Figure N° 17: Influence de la fertilisation azotée-potassique sur la longueur des tubercules (cm)

2-2-2/ Le diamètre des tubercules

Les résultats de mesures de la longueur des tubercules sont présentés dans le tableau N°14, et illustrés dans la figure N° 18.

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'azote sur le diamètre des tubercules. Ce paramètres passe de 5.31cm obtenu avec la dose N0 à 7.09 cm obtenu avec la dose N2 (120 U N/ha) soit une augmentation de l'ordre de 25.10 % (tableau N°14).
Le test t a fait ressortir deux groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N2 (120 U N/ha) et le groupe (b) par les doses N0, N1 (60 U N/ha) et N3 (240 U N/ha).

Tableau N°14 : **l'effet des différentes doses d'engrais azotés et potassique sur le diamètre des tubercules (cm)**

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	5.09 bcA	5.27 bA	4.98 cA	5.90 abA	5.31 b	Effet N : H.S
N1	4.47 cB	6.52 abA	6.10 bcA	7.05 aA	6.03 b	Effet K : S
N2	6.32 abB	7.00 aAB	8.17 aA	6.87 aAB	7.09 a	Effet NxK : S
N3	6.66 aA	5.60 abAB	6.50 bA	4.67 bB	5.85 b	
Moyenne	5.63 b	6.10 ab	6.44 a	6.12 ab		

L'analyse de la variance (tableau N°14), montre aussi un effet significatif des doses de potassium sur le diamètre des tubercules (cm). Le diamètre le plus élevé est obtenu avec le dose K2 avec 6.44 cm, et le diamètre le plus faible avec K0 avec 5.63 cm de long.

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N2 (120 U N/ha) et le groupe (b) par les doses N0 et le groupe (ab) par les doses N1 (60 U N/ha) et N3 (240 U N/ha).

La fertilisation potassique, est essentielle à la synthèse des sucres simples et de l'amidon, en plus d'être impliqué dans les mécanismes de translocation des hydrates de carbone (HAEDER et a11973; SMITH 1987). Le potassium pourrait même améliorer le calibre des tubercules (TINDALL et WESTERMANN 1995; WARD 1959).

Aussi l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif enregistré au niveau de l'interaction (NxK) sur le diamètre des tubercules. Ceci passe de 4.47 cm enregistré avec le traitement N1K0 à 8.17 cm obtenu par le traitement N2K2 (tableau N°14).

La comparaison des moyennes a fait ressortir 10 groupes homogènes (bcA, cB, abB, aA, bA, abA, aAB, abAB, cA, bB)

– Le groupe bcA est formé par les traitements N0K0, N1K2.
– Le groupe cB est formé par les traitements N1K0.
– Le groupe abB est formé par le traitement N2K0.
– Le groupe aA est formé par les traitements N3K0, N2K2, N1K3
– Le groupe bA est formé par les traitements N0K1, N3K2.
– Le groupe abA est formé par les traitements N1K1, N0K3.
– Le groupe aAB est formé par les traitements N2K1, N2K3.
– Le groupe abAB est formé par les traitements N3K1.
– Le groupe cA est formé par les traitements N0K2.
– Le groupe bB est formé par les traitements N3K3.

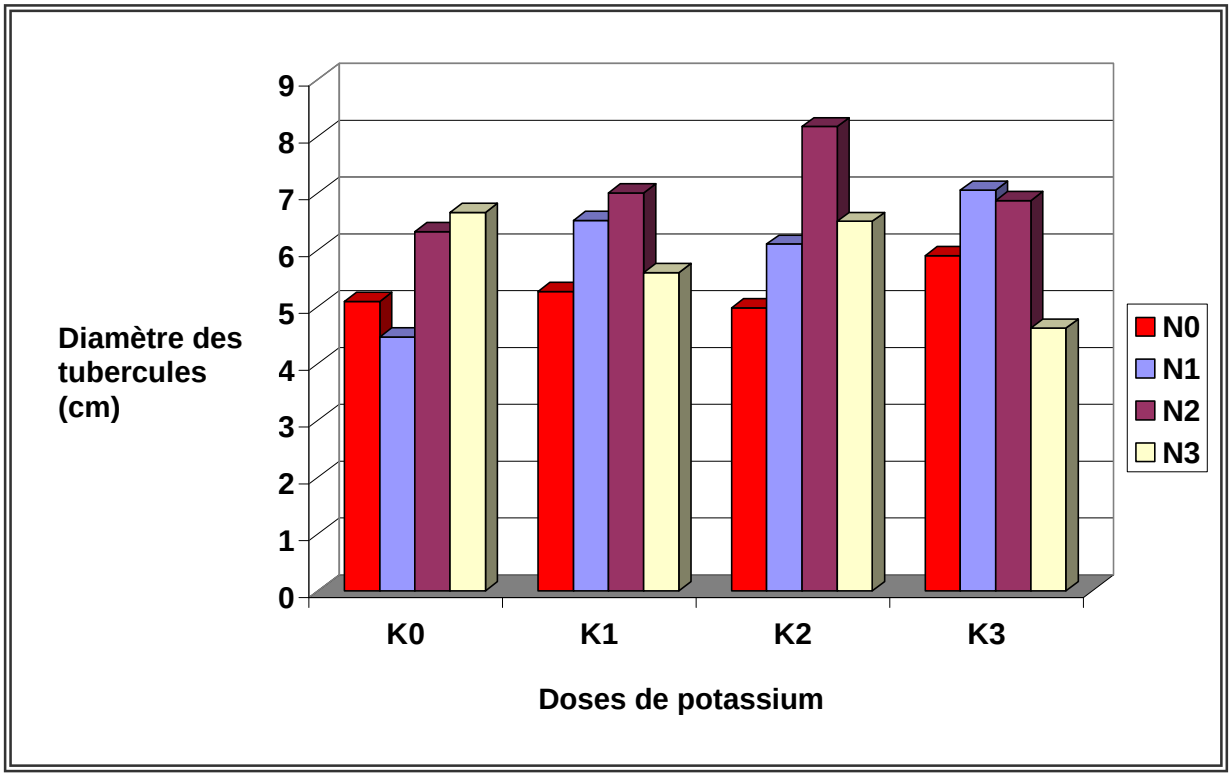


Figure N°18 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur le diamètre des tubercules (cm)

2-3/ Le rendement total

Les résultats du rendement sont présentés dans le tableau N°15, et illustrés dans la figure N°19.

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'azote sur le rendement total. Il passe de 17.77 t/ha obtenu avec la dose N0 à 30.27 t/ha obtenu avec la dose N2 soit un taux d'augmentation de 41.29 %.
Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par les deux doses N2 (120 U N/ha), N3 (240 U N/ha) soit respectivement 30.27 et 28.09 t/ha et le groupe (b) par la dose N1 (60 U N/ha) et le groupe (c) par la dose N0.

On remarque une augmentation de rendement avec l'accroissement des doses d'azote jusqu'à la dose N2 (120 U N/ha). Ensuite on a remarqué une diminution de rendement avec N3 (240 U N/ha) (tableau N° 15). Cela peut être expliqué par un apport excessif d'azote.

Certains travaux ont démontré l'effet négatif d'une fertilisation azotée excessive. L'effet le plus marqué se caractérise par la stimulation du développement des fanes aux dépens des tubercules (REUST, 1986). La maturité des tubercules est alors retardée et la qualité diminue, (GIROUX, 1982a; HARRIS, 1978; KLEINKOPF et WESTERMANN. 1986 et LAUGHLIN. 1971) et parfois même les rendements sont réduits (ROBERTS et al.. 1982 et WESTEMANN et al, 1994).

DUBETZ et BOLE (1975) ont expliqué cette baisse de rendement par une diminution de la taille des tubercules.

Tableau N°15 : **l'effet des différentes doses d'engrais azotés et potassique sur le rendement total (t/ha)**

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	14.97	17.87	20.12	18.12	17.77 c	Effet N : H.S
N1	20.15	22.97	26.42	23.45	23.25 b	Effet K : H S
N2	28.62	29.92	34.02	28.52	30.27 a	Effet NxK : N.S
N3	28.45	28.12	29.47	26.32	28.09 a	
Moyenne	23.05 c	24.72 b	27.51 a	24.10 bc		

L'analyse de la variance (tableau N°15) montre un effet hautement significatif de potassium sur le rendement total. Ceci passe de 23.05 t/ha obtenu avec la dose K0 à 27.51 t/ha obtenu avec la dose K2, avec un taux d'augmentation de 16.21 %.

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose K2 (180 U K/ha), le groupe (b) par la dose K1 (90 U K/ha), le groupe (bc) par la dose K3 (270 U K/ha) et le groupe (c) par la dose K0.

Une connaissance suffisante du sol est nécessaire car une quantité excessive de potassium favorise une consommation supplémentaire sans augmention de rendement ou de qualité (EASTWOOD et WATTS 1956).

L'analyse de la variance (tableau N° 15) ne montre aucune différence significative du rendement en fonction de l'interaction (NxK). Cependant les d'éfférentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur le rendement. Ce paramètre varie de valeur le plus faible 14.97 t/ha obtenu avec le traitement N0K0, à la valeur le plus élevée 34.02 t/ha obtenu avec le traitement N2K2 (figure N°19). Soit avec un taux d'augmentation de 55.99 %.

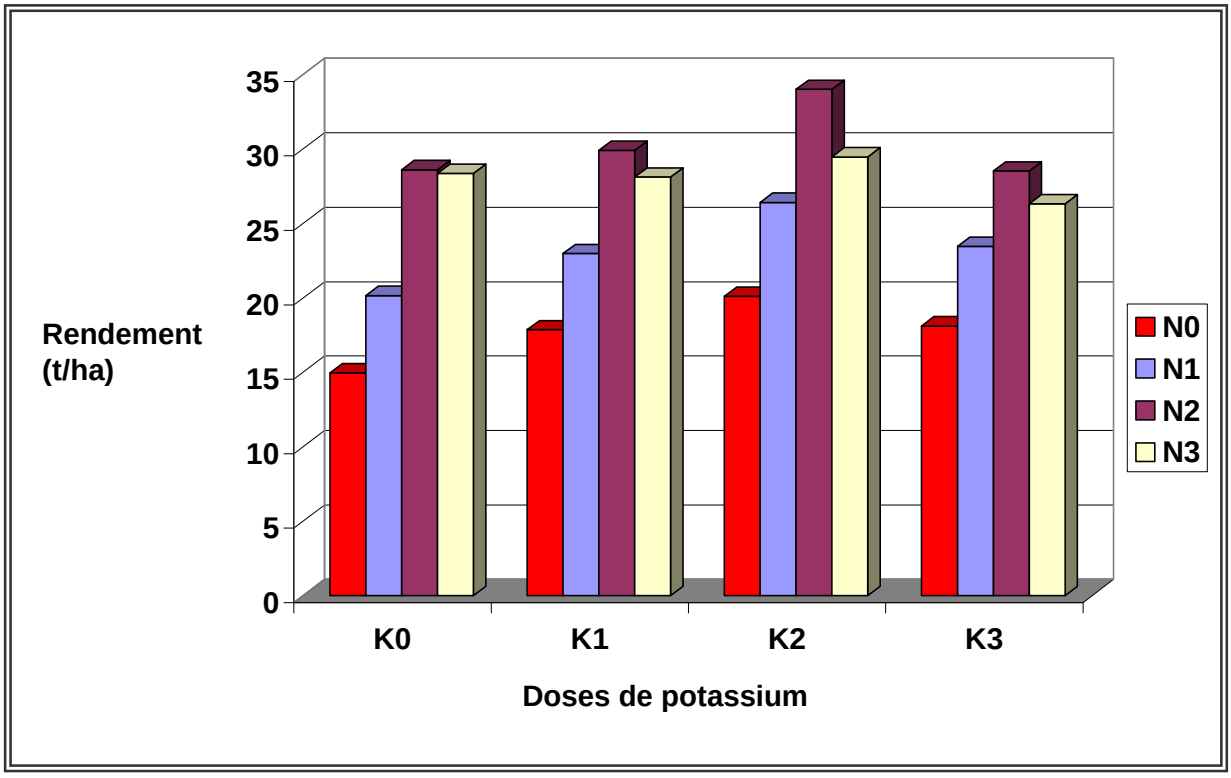


Figure N°19 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur le rendement total (t/ha)

Conclusion

Les paramètres de qualité et de rendement de la pomme de terre, Ils traduisent par différents résultats de signification entre les doses d'engrais azoté et potassique et ces mesures étudiées (poids spécifique du tubercule, la longueur et le diamètre des tubercules, le rendement total).

Tableau N°16. Analyse de la variance des paramètres du comportement de la plante

Source de variation	Poids spécifique du tubercule	Calibre du tubercule		le rendement total
		La longueur	Le diamètre	
N	**	**	**	**
K	**	*	*	**
NxK	**	**	*	NS

** hautement significatif
* significatif
N.S non significatif

L'apport des quantités importante d'azote provoque une diminution de rendement et de calibre des tubercules aussi que leur poids spécifique. Cette diminution de rendement est de 2.18 t/ha (28.09 t/ha pour la dose 240 U/ha par rapport à 30.27 t/ha pour la dose 120 U/ha, Tableau N° 15). Et aussi pour la longueur est 1.86 cm (8.81 cm pour la dose 240 U/ha par rapport à 10.67 cm pour la dose 120 U/ha, Tableau N°13).

Pour le diamètre, et comme la longueur, on a enregistré une différence de 1.24 cm (7.09 cm pour la dose 120 U/ha par rapport à 5.85 cm pour la dose 240 U N/ha, Tableau N°14).

Et baisse de poids spécifique de 219.41 à 136.85 g pour les doses de 120 à 240 U N/ha (Tableaux N°12). Cette diminution est généralement attribuée à l'effet de l'azote sur le cycle physiologique de la pomme de terre, qui retarde la maturité des tubercules et l'élaboration des sucres en amidon (Allard., 1972). Cette perte de la qualité liée à la fertilisation azotée vient nuancer l'effet de l'azote sur le rendement.

Pour le potassium, aussi un effet significatif a été constaté sur le rendement total. Pour cela le potassium est important pour le gonflement et la croissance des tubercules, et favorise la synthèse d'amidon. Contrairement à l'azote, le potassium agit positivement sur la conversion des sucres en amidon (Giroux., 1982). Il est essentiel à la synthèse des sucres simples et de l'amidon, en plus d'être impliqué dans les mécanismes de translocation des

hydrates de carbone (HAEDER et *a1*, 1973 et SMITH, 1987). La quantité de potassium absorbée augmente proportionnellement le rendement.

Tout comme l'effet des doses d'azote, l'accroissement des doses de potassium influe significativement sur l'augmentation de rendement et de calibre des tubercules aussi que leur poids spécifique, sauf la doses K3 ou on a enregistré une diminution des paramètres précèdent. Cette diminution de rendement est de 3.41 t/ha (24.10 t/ha pour la dose 270 U/ha par rapport à 27.51 t/ha pour la dose 180 U/ha, Tableau N°15).

Pour la longueur, on a enregistrer une différence de 1.41cm (8.12 cm pour la dose 270 U/ha par rapport à 9.53 cm pour la dose 180 U/ha, Tableau N°13),

Pour le diamètre, et comme la longueur, on a enregistré une différence de 0.32 cm (6.44cm pour la dose 180 U/ha par rapport à 6.12 cm pour la dose 270 U N/ha, Tableau N°14).

La baisse moyenne de poids spécifique est de 230.24 à 186.07 g lorsque la doses passe de 120 à 240 U N/ha (Tableaux N°12).

Aussi l'interaction n'a pas un effet significatif sur le rendement total. Par contre, il influe significativement sur la longueur des tubercules. On constate que le traitement N2K2 (120 U N/ha, 180 U K_2O/ha) donne un rendement maximal de 34.02 Qx/ha (tableaux N° 15), de meilleur calibre et poids spécifique des tubercules.

Pour cela, nous pouvons conclue que :

- La dose d'azote N2 (120 U N/ha) donne un bon résultat de rendement, de Calibre et de poids spécifique des tubercules.
- La dose de potassium K2 (180 U K_2O/ha) donne aussi un bon résultat de rendement, de calibre et de poids spécifique des tubercules.
- La combinaison N2K2 donne un bon résultat de rendement, de calibre des tubercules et de poids spécifique des tubercules.

Chapitre II

La nutrition minérale de la plante

1- L'alimentation azotée de la pomme de terre

L'azote a été sans aucun doute l'élément le plus étudié dans la fertilisation de la pomme de terre**.** (SMITH, 1987) le considère comme celui auquel les plants de pommes de terre répondent le plus. De nombreuses recherches ont amené une meilleure compréhension de l'influence de la fertilisation azotée sur la physiologie et le comportement de la pomme de terre.

L'augmentation de la dose de la fumure azotée ajoutée au sol engendre une hausse notable des rendements. L'apport d'engrais azoté contribuerait à augmenter les rendements totaux d'environ 50% (MACLEAN, 1983). Des recherches effectuées au Maine par (TEMAN et *al.* 1951) indiquent qu'en présence d'une même quantité de tubercules, des doses croissantes d'azote favorisent la formation des tubercules de plus grandes dimensions.

La gestion de L'azote pour la fertilisation de la pomme de terre tient compte des observations faites par (WESTERMANN et *al.*1988) concernant la physiologie de la nutrition de la pomme de terre. Les grilles de fertilisation développées font appel à la mesure de l'azote minéral du sol au moment de la plantation, et la quantité de fertilisation azotée nécessaire pour atteindre le stade d'initiation des tubercules diminue proportionnellement avec une présence croissante d'azote minéral du sol au moment de la plantation **(**MCDOLE et *al*. 1987).

Les grilles de fertilisation pour différentes cultures sont fonction des teneurs en azote minéral du sol avant d'effectuer la fertilisation tôt au printemps (ANON., 1986 ; NEETESON et ZWETSLOOT, 1989). Les modèles pour la pomme de terre partent de besoins en azote bien établis et soustraient les quantités d'azote du sol disponibles tôt au printemps.

1-1- Evolution de la teneur en azote de la plante

L'évolution de la teneur en azote de la plante aux principaux stades de développement de la culture, permet d'apprécier la nutrition azotée du végétal.

Pour cette étude nous avons déterminé la teneur en azote de la partie aérienne de la plante aux principaux stades végétatifs de la pomme de terre à savoir : la croissance végétative et la tubérisation et la maturité et dans les tubercules.

1-1-1- Teneur en azote des feuilles

A- Stade de croissance végétative

L'analyse de la variance (tableau N°17) montre un effet hautement significatif de l'engrais azoté sur la teneur en azote des feuilles au stade de croissance végétative. Celle-ci passe de 1.57 % N obtenue avec la dose N0 à 2.71 % N obtenue avec la dose N3. Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes N1 de 1.83 % N et N2 de 2.10 % N.

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) representé la dose N3 (240 U N/ha), le groupe (b) la dose N2 (120 U N/ha), le groupe (bc) la dose N1 (60 U N/ha) et le groupe (c) le dose N0.

Tableau N°17 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de croissance végétative)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1,55	1,72	1,15	1,86	1.57 c	Effet N : H.S
N1	2,07	1,95	1,56	1,73	1.83 bc	Effet K : N.S
N2	1,88	2,21	2,04	2,29	2.10 b	Effet NxK : N.S
N3	2,63	2,98	2,65	2,59	2.71 a	
Moyenne	2.03 ab	2.21 a	1.85 b	2.11 ab	2.05	

En ce qui concerne l'engrais potassique, l'analyse de la variance (tableau N°17), montre un effet non significatif du potassium et de l'interaction (NxK) sur la teneur en azote des feuilles. La teneur la plus élevée obtenue avec le dose K1 avec 2.21 % N, et la teneur la plus faible avec K2 avec 1.85 % N.

Les résultats d'évolution de la teneur en azote en fonction de l'interaction (NxK) montrent que la teneur la plus élevée en N (2,98 % N) est obtenue avec le traitement N3K1.

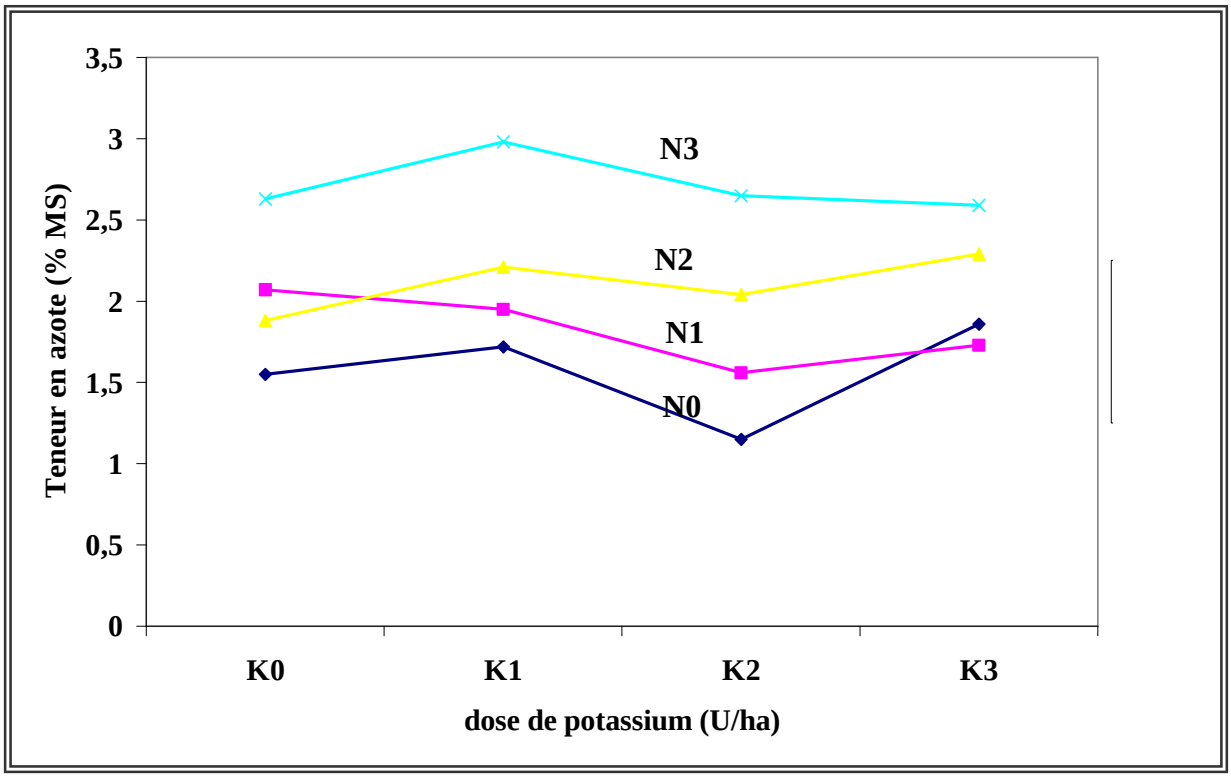


Figure N°20 : Teneur en azote des feuilles (stade de croissance végétative) en % MS

B- Stade de tubérisation

L'analyse de la variance (tableau N°18) montre un effet hautement significatif de l'engrais azoté sur la teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation. Celle-ci passe de 1.04 % N obtenue avec la dose N0 à 2.66 % N obtenue avec la dose N3. Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes N1 de 1.72 % N et N2 de 2.22 %N.

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé la dose N3 (240 U N/ha) et le groupe (b) le dose N2 (120 U N/ha) et le groupe (c) le dose N1 (60 U N/ha) et le groupe (d) le dose N0.

Tableau N°18 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de tubérisation)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0,73	0,89	1,17	1,37	1.04 d	Effet N : H.S
N1	1,61	1,70	1,67	1,91	1.72 c	Effet K : H.S
N2	2,10	2,11	2,32	2,35	2.22 b	Effet NxK : N.S
N3	2,41	2,61	2,81	2,83	2.66 a	
Moyenne	1.71 d	1.83 c	1.99 b	2.11 a	1.91	

La teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation est fortement améliorée par l'augmentation des doses de potassium et présente un effet hautement significatif. Cette teneur passe de 1.71 % N obtenue avec le témoin (K0) à 2.66 % N obtenue avec la dose N3 (270 U K/ha).

Les combinaisons croissantes de l'azote et du potassium impliquent aussi une augmentation de la teneur en N des feuilles au stade de tubérisation (figure N°21).Celle-ci passe de la valeur la plus faible 0,73 % N enregistrée au niveau du témoin N0K0 à la valeur la plus élevée 2,83 % N enregistrée avec le traitement N3K2

Plusieurs études ont montré qu'il existe une bonne corrélation de l'absorption de l'azote en fonction des doses croissantes de potassium LOUE, (1982) et HALILAT, 1993 et, 1999) en tenant compte de l'importance du phénomène de l'interaction (NxK) entre les deux éléments dans le développement.

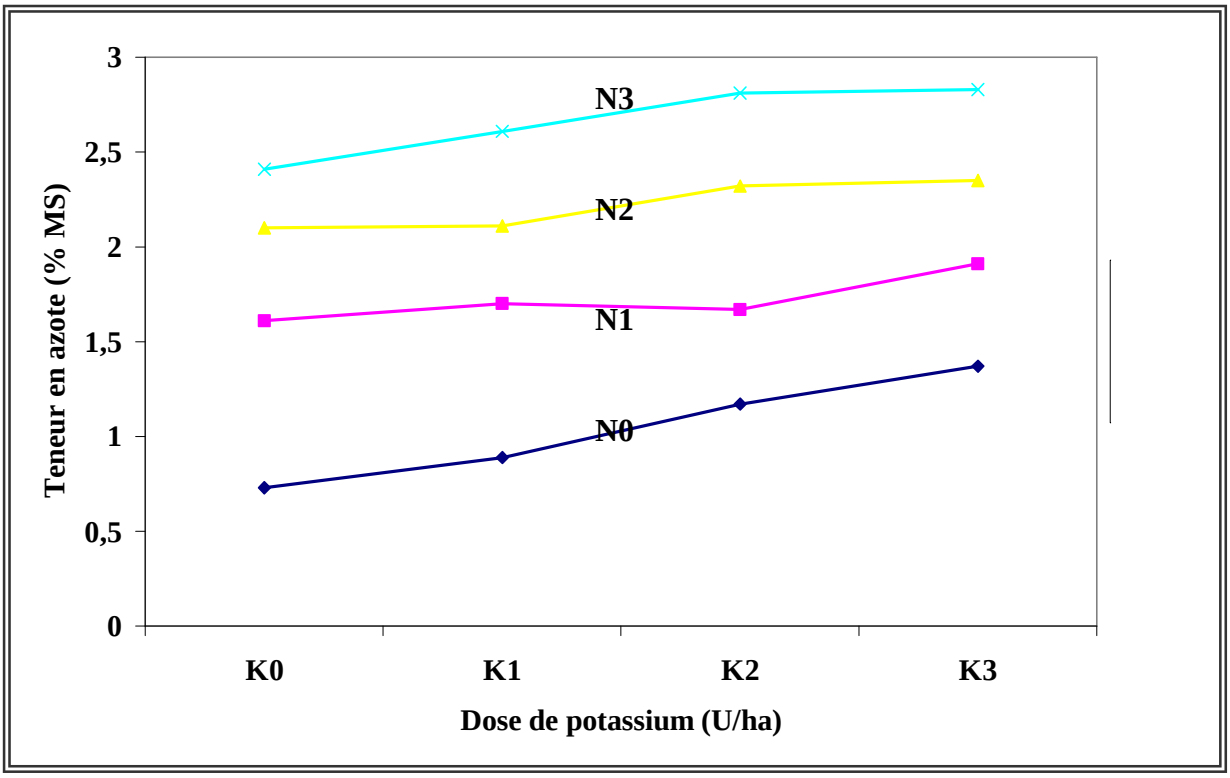


Figure N°21 : Teneur en azote des feuilles (stade de tubérisation) en % MS

C- Stade de maturation

L'analyse de la variance (tableau N°19) montre un effet hautement significatif de l'engrais azoté sur la teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation. Celle-ci passe de 0.87 % N obtenue avec la dose N0 à 1.64 % N obtenue avec la dose N3. Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes N1 de 1.00 % N et N2 de 1.21 % N (Tableau N°19).

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé la dose N3 (240 U N/ha) et le groupe (b) la dose N2 (120 U N/ha) et le groupe (c) les deux doses N0 et N1 (60 U N/ha).

Lorsque la plante est âgée de 95 à 100 jours le feuillage ne contient que 28 % N de l'azote total du plant. Il y a une forte migration d'azote du feuillage vers les tubercules durant le stade de maturation de la plante (TRAN et GIROM 1991).

Tableau N°19 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des feuilles (% de la matière sèche) (stade de maturation)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0,81 cB	0,85 cAB	0,89 cA	0,92 cA	0.87 c	Effet N : H.S
N1	0,96 bcB	0,99 cAB	1,01 cAB	1,06 cA	1.00 c	Effet K : H.S
N2	1,09 bC	1,18 bB	1,25 bAB	1,33 bA	1.21 b	Effet NxK : H.S
N3	1,41 aD	1,49 aC	1,77 aB	1,90 aA	1.64 a	
Moyenne	1.07 d	1.13 c	1.23 b	1.30 a	1.18	

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade de maturation. Celle-ci passe de 1.07 % N obtenue avec le témoin K0 à 1.30 % N obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha). L'effet de potassium révèle quatre groupes homogènes (a, b, c, d) présentées par les différentes doses de potassium. La dose K3 (270 U K/ha), donne le groupe (a), la dose K2 (180 U K/ha) donne le groupe (b), la dose K1 (90 U K/ha), donne le groupe (c), le témoin K0 (sans engrais), donne le groupe (c).

L'interaction (NxK) présente aussi un effet hautement significatif sur ce paramètre en fonction de l'augmentation des doses d'azote et de potassium.

La comparaison des moyennes a révèlé 12 groupes homogènes (cB, bcB, bC, aD, cAB, bB, aC, bAB, aB, cA, bA, aA).

- Le groupe cB est formé par le traitement N0K0
- Le groupe bcB est formé par le traitement N1K0
- Le groupe bC est formé par le traitement N2K0
- Le groupe aD est formé par le traitement N3K0
- Le groupe cAB est formé par les trois traitements N0K1, N1K1, N1K2
- Le groupe bB est formé par le traitement N2K1
- Le groupe aC est formé par le traitement N3K1
- Le groupe bAB est formé par le traitement N2K2
- Le groupe aB est formé par le traitement N3K2
- Le groupe cA est formé par les deux traitements N0K3, N1K3
- Le groupe bA est formé par le traitement N2K3
- Le groupe aA est formé par le traitement N3K3

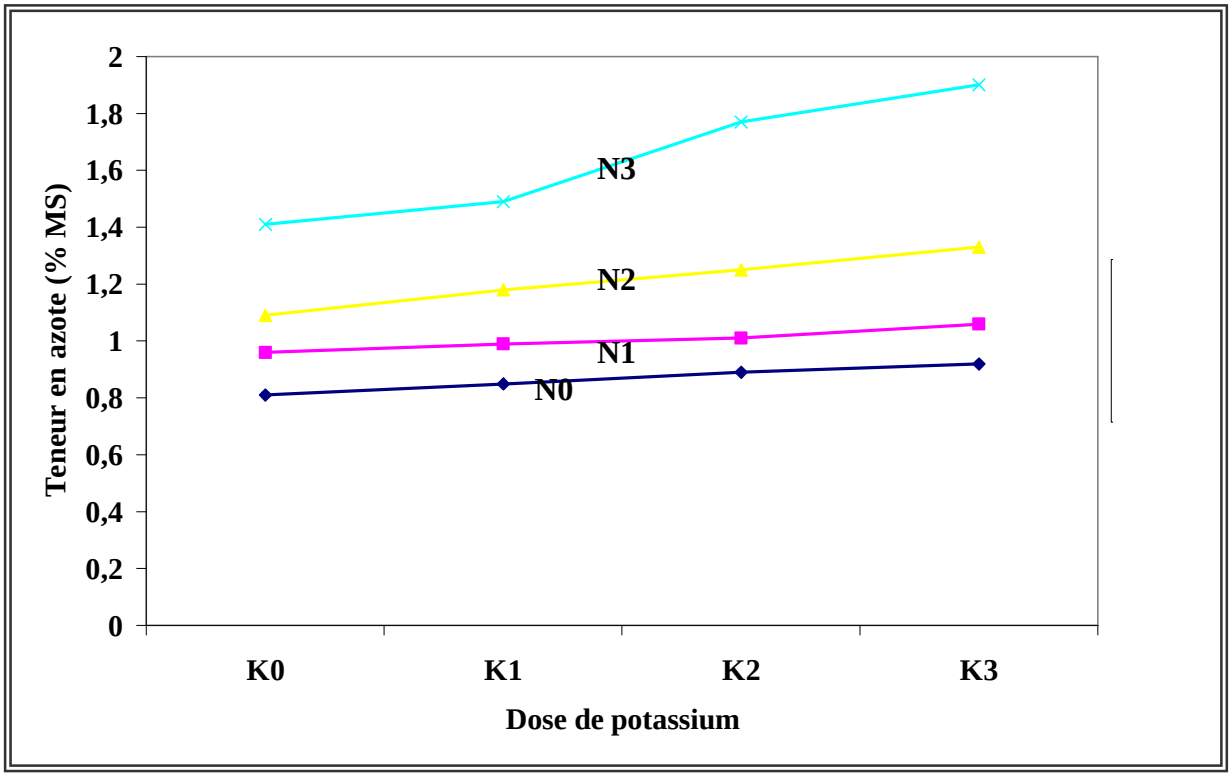


Figure N°22 : Teneur en azote des feuilles (stade de maturation) en % MS

1-1-2- Teneur en azote des tubercules

L'emploi de fertilisant azoté est nécessaire pour obtenir des rendements suffisants dans la production de la pomme de terre (C.P.V.Q, 1992).

La pomme de terre cultivée essentiellement pour ses tubercules. La fertilisation azotée de la pomme de terre est un agent essentiel de l'accroissement du rendement.

Les résultats de l'évolution de la teneur en azote des tubercules sont présentés dans le tableau N° 20. Ils montrent que la teneur en N des tubercules varie de façon hautement significative en fonction des doses croissantes d'azote. Cette teneur passe de 0.63 % N obtenue avec la dose N0 à 1.16 % N obtenue avec le traitement N3 (240 U N/ha), soit un taux d'augmentation de 45.68 % (tableau N°20).

Tableau N°20 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des tubercules (% de la matière sèche)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0.60 bA	0.63 bA	0.63 bA	0.66 bA	0.63 b	Effet N : H.S
N1	0.65 bA	0.72 bA	0.72 bA	0.75 bA	0.71 b	Effet K : H.S
N2	0.78 abA	0.81 abA	0.82 bA	0.89 bA	0.82 b	Effet NxK : H.S
N3	1.00 aC	1.05 aC	1.22 aB	1.39 aA	1.16 a	
Moyenne	0.76 c	0.80 bc	0.85 b	0.92 a	0.83	

Le test t a révélé deux groupes homogènes, le groupe (a) formé la dose N3 (240 U N/ha) et le groupe (b) est forme les trois doses N0 (sans engrais), N1, N2. Qui donnent respectivement 0.63, 0.71 et 0.82 % N.

En ce concerne la fertilisation potassique, l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif du potassium sur la teneur en N des tubercules. Cette teneur passe de 0.76 % N obtenue avec le témoin (K0) sans potasse à 0.92 % N obtenue avec le traitement K3, soit un taux d'augmentation de 17.39 % (Figure N°23).

Quatre groupes homogènes sont formés (a, b, bc, c) sur l'effet de la fertilisation K ; représentés respectivement par les doses K3, K2, K1 et K0.

De même l'interaction (NxK), l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif sur la teneur en azote des tubercules. Cette teneur augmente avec les doses croissantes d'azote et de potassium. Celle-ci passe de 0.60 % N enregistrée avec le traitement N0K0 à 1.39 % N obtenue avec le traitement N3K3 (tableau N°20).

La comparaison des moyennes a fait ressortir 5 groupes homogènes (bA, abA, aC, aB, aA)

– Le groupe bA est formé par les traitements N0K0, N1K0, N0K1, N1K1, N0K2, N1K2, N2K2, N0K3, N1K3, N2K3.

– Le groupe abA est formé par les traitements N2K0, N2K1.

– Le groupe aC est formé par les traitements N3K0, N3K1.

– Le groupe aB est formé par les traitements N3K2.

– Le groupe aA est formé par les traitements N3K

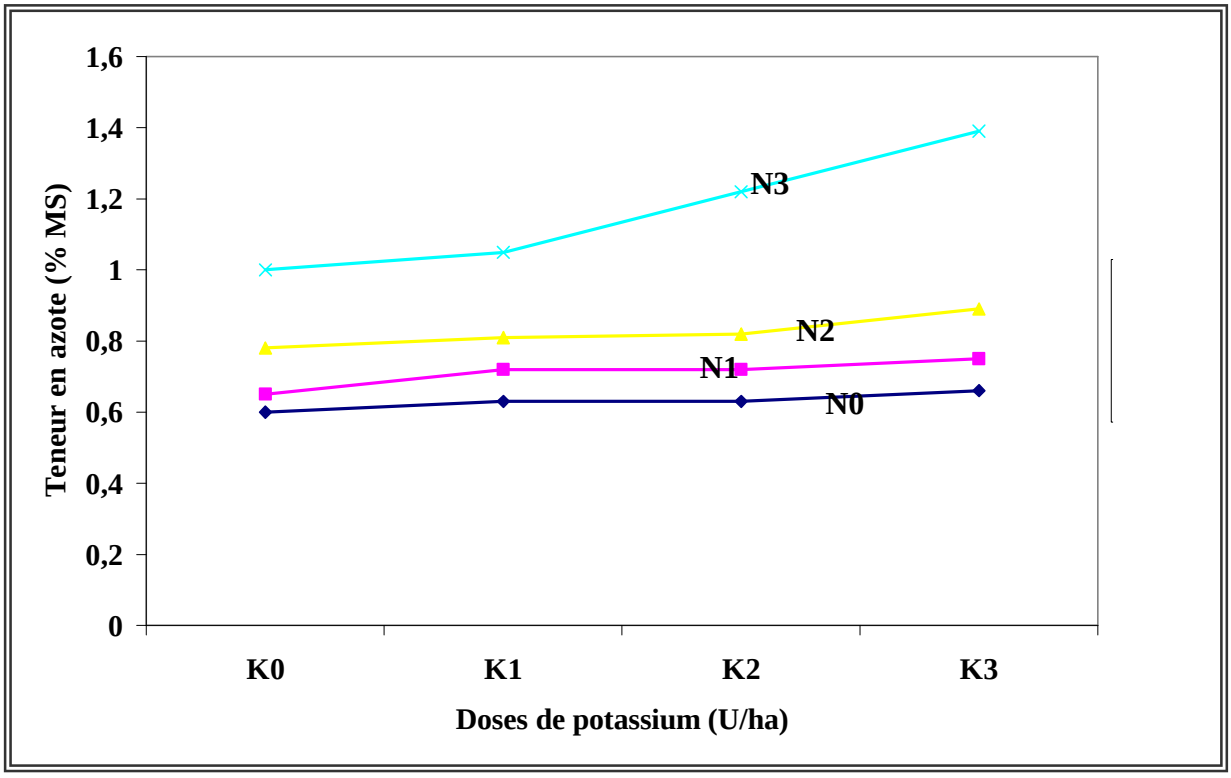


Figure N°23 : Teneur en azote des tubercules en % MS

1-2/ Evolution de la teneur en azote dans la plante au cours du cycle

Une diminution de la teneur en azote dans la plante est constatée en fonction des différents stades de croissance de la plante (Figure N° 24). Cette teneur passe de 2.05 % N obtenue au stade de croissance végétative (tableau N°17) à 1.91 % N obtenue au stade de tubérisation (tableau N°18) à 1.18 % N obtenue au stade de maturation (tableau N°19).

La plante de pomme de terre absorbe l'azote jusqu'à la fin de sa végétation avec des taux différents. Dans le premier temps l'azote sert au développement de l'appareil végétatif, ensuite l'émergence de l'azote absorbe à la feuille vers les constitutions des substances de réserves (tubercules). Pour cela nous avons trouvé que la teneur la plus élevée d'azote des feuilles, dans le premier stade du fort besoin en azote de la plante est ensuite on a une diminution avec les stades de développement (Figure N°24).

REUS (1986), mentionne que la pomme de terre prélève 80 à 90% de ses besoins en azote pendant les 4 à 6 semaines qui suivent la levée (jusqu'au stade bouton, début floraison).

Conclusion

Généralement pour les différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation, maturation), la fertilisation azotée et potassique a une action positive sur la teneur en azote des feuilles en fonction des doses d'azote, de potassium, et de leur interaction (NxK) (Tableau N°21).

Tableau N°21. Analyse de variance de la teneur en azote total des feuilles et des tubercules

Source de variation	Teneur en azote (% MS)			
	croissance végétative	tubérisation	maturation	tubercules
N	**	**	**	**
K	N.S	**	**	**
NxK	N.S	NS	**	**

** hautement significatif
* significatif
N.S non significatif

Au stade de croissance végétative, les doses croissantes d'azote augmentent la teneur en N des feuilles avec un taux de 42,06 % de N0 à N3 (240 U N/ha). Mais l'accroissement de la dose

de potassium n'a pas une action positive sur la teneur en azote des feuilles. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 2.21 % N obtenue avec le traitement K1 (90 U K/ha) à la valeur la plus faible 1.85 % N obtenue avec le traitement K2 (180 U K/ha) soit un taux d'augmentation de 16,28 %. Aussi l'interaction (NxK) entraîne une augmentation de ce paramètre. Ceci peut atteindre une valeur de 2,98 % N obtenue avec la combinaison N3K1. Cette valeur dépasse la valeur la plus faible 1,15 % N obtenu avec la combinaison N0K2 le taux d'augmentation de 61,40 %. (Tableau N°17)

Au stade de tubérisation, les résultats de notre étude montrent, une évolution de la teneur en azote des feuilles, avec un taux d'augmentation de 60,90 % et 18,95 % respectivement obtenues avec les apports d'azote de (N0 à N3), de potassium de (K0 à K3). Mais l'interaction (NxK) n'a pas une action positive sur la teneur en azote des feuilles. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 2,83 % N obtenue avec la dose N3K3 à la valeur la plus faible de 0,73 % N obtenue avec la dose N0K0, soit un taux de 74,20 % (Tableau N°18).

Au stade de maturation les doses croissantes d'engrais azoté augmentent la teneur en N des feuilles avec un taux de 46,95 % de N0 à N3. Et les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 17,69 % de K0 à K3. L'interaction (NxK) aussi augmente la teneur en N de feuilles avec un taux de 57,36 % entre N0K0 à N3K3. Pendant ce stade la teneur en azote des feuilles est faible par rapport aux autres stades à cause de la physiologie de la plante en cette période qui oriente l'azote des feuilles à la synthèse des réserves protéinique pour le remplissage des lieus de réserve (tubercules) (tableau N°19)

Dans tous les stades les doses d'azote et de potassium et leur interaction augmentent la teneur en azote des feuilles. De pour ce la nous avons constaté que :

- La dose d'azote N3 (240 U N/ha) donne la teneur la plus élevée dans tous les stades de développement avec un moyen de 2,33 % N.
- La dose de potassium K3 (270 U K_2O/ha) donne la teneur la plus élevée dans tous les stades de développement avec une moyenne de 1,84 % N.
- La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée dans tous les stades de développement avec un moyen de 2,44 % N.

D'après les résultats de la teneur en azote des tubercules, on constate que l'apport des engrais azoté et potassique et leur interaction est positive. Des augmentations de la teneur en azote des tubercules de 45,68 %, 17,39 % et 56,83 % respectivement avec les apports d'azote (N0 et N3), de potassium (K0 et K3) et l'interaction (N0K0 et N3K3).

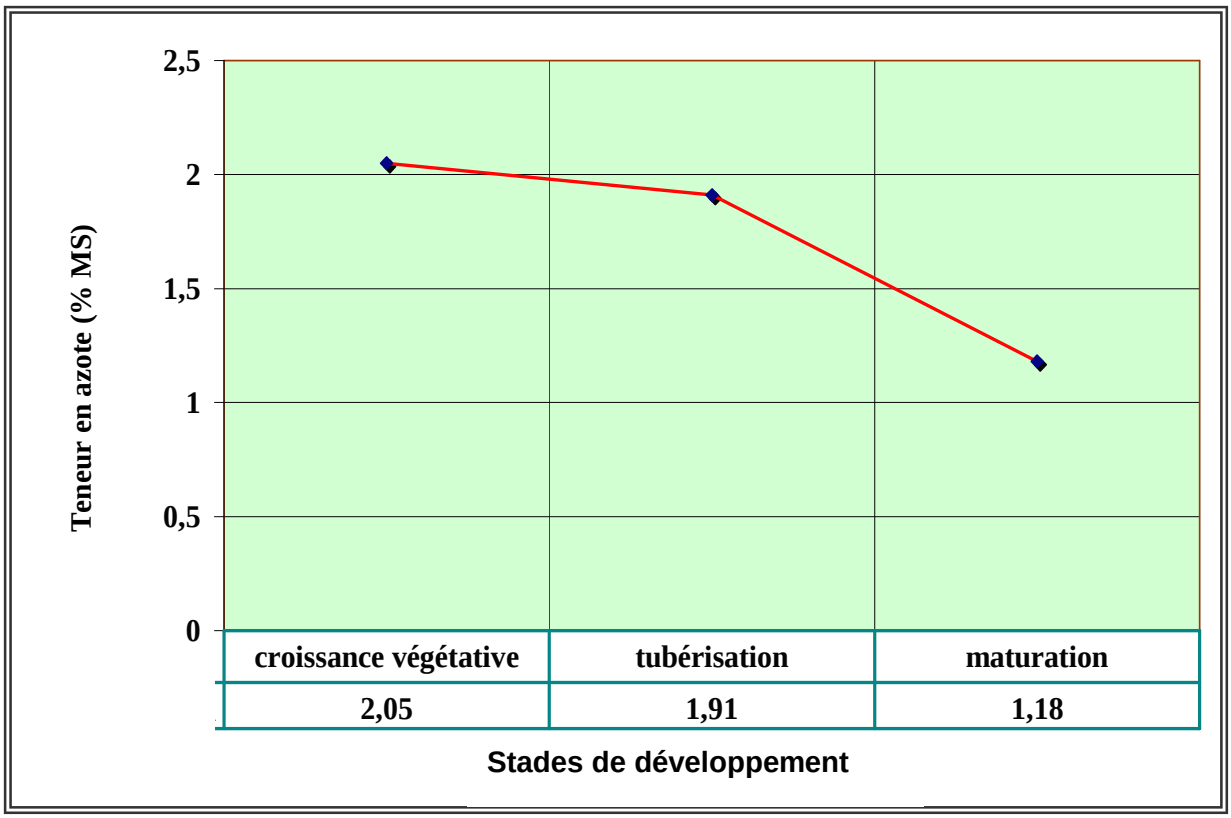


Figure N°24 : Evolution de la teneur en azote des feuilles au cours des différents stades de développement (% MS)

2- L'alimentation potassique de la pomme de terre

Certains chercheurs ont trouvé que le rendement de la pomme de terre en tubercules dépend de la fertilisation potassique des sols (ROBERT *et al*. 1984 ; CHAPMAN *et al*. 1992). Toutefois, l'efficacité de la fertilisation potassique et son influence sur le rendement en tubercules peut dépendre de la source de potassium utilisée et l'autre composant du fertilisant potassique tel que le chlore, le soufre, etc., La fertilisation potassique a aussi une influence sur l'état nutritionnel de la plante et sur la teneur du sol en potassium.

D'un autre côté, la pomme de terre est une culture très exigeante vis-à-vis de la nutrition potassique (COMIFER, 1993),

Cependant la fertilisation potassique de la pomme de terre ne prend pas en considération les apports fertilisants, qui dans la plupart des cas sont surestimés, mais plutôt du temps d'application du fertilisant de façon que la plante puisse profiter au maximum de son apport. Pour ce faire, une connaissance approfondie de la phénologie de la plante ainsi que les besoins en potassium selon les différents stades phénologiques semblent être très importants afin de planifier une stratégie de production de la pomme de terre.

Le potassium joue un rôle important dans l'amélioration de l'état d'énergie de la plante, de la translocation et le stockage des éléments assimilés et de la maintenance de l'état hydrique dans les tissus (MARCSCHNER, 1995)

.

2-1- Evolution de la teneur en potassium de la plante

L'évolution de la teneur en potassium de la plante aux principaux stades de développement de la culture, permet d'apprécier la nutrition potassique de la plante.
Dans cette étude nous avons déterminé la teneur en potassium de la partie aérienne de la plante aux principaux stades végétatifs de la pomme de terre à savoir : la croissance végétative, la tubérisation, la maturité et dans les tubercules.

2-1-1- Teneur en potassium des feuilles

A- Stade de croissance végétative

Les teneurs en potassium des feuilles au stade de croissance végétative, présentent des différences hautement significatives en fonction des doses croissantes de potassium (Tableau N°22). Cette teneur en K passe de 1.52 % K obtenue avec le témoin K0 (sans potassium) à 3.56 % K obtenue avec la dose K3 (270 U K_2O/ha).

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes (a, b, c, d) présentés par les différentes doses de potassium. La dose K3 (270 U K/ha) donne le groupe (a) avec 3.56 % K, la dose K2 (180 U K/ha) donne le groupe (b) avec 2.83 % K, la dose K1 (90 U K/ha), donne le groupe (c) et le témoin K0 (sans engrais) donne le groupe (d) avec 1.52 % K.

Tableau N°22 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative (% de la matière sèche)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.20	1.65	2.23	2.84	1.98 b	Effet N : H.S
N1	1.69	2.16	2.75	3.50	2.52 a	Effet K : H.S
N2	1.66	2.55	3.03	3.83	2.77 a	Effet NxK : N.S
N3	1.55	2.60	3.34	4.08	2.89 a	
Moyenne	1.52 d	2.24 c	2.83 b	3.56 a	2.54	

L'analyse de la variance montre aussi un effet hautement significatif des doses d'azote sur la teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative. Cette teneur passe de 1.98 % K obtenue avec le témoin (N0) sans potasse à 2.89 % K obtenu avec le traitement N3, soit un taux d'augmentation de 17.39 % (figure N°25).

Le test t a fait ressortir deux groupes homogènes (a, b) présentés par les différentes doses d'azote. Les doses N1, N2, N3 donne le groupe (a) respectivement 2.52 %, 2.77 %, 2.89 % K et le témoin N0 (sans engrais) donne le groupe (b) avec 1.98 % K.

L'analyse de la variance (tableau N°22) ne montre aucune différence significative de la teneur en potassium des feuilles en fonction de l'interaction (NxK), cependant les différentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur la teneur en

potassium. Ce paramètre varie de valeur le plus faible de 1.20 % K obtenue avec le traitement N0K0, à la valeur la plus élevée 4.08 % K obtenu avec le traitement N3K3 (figure N°25). Soit un taux d'augmentation de 70.58 %.

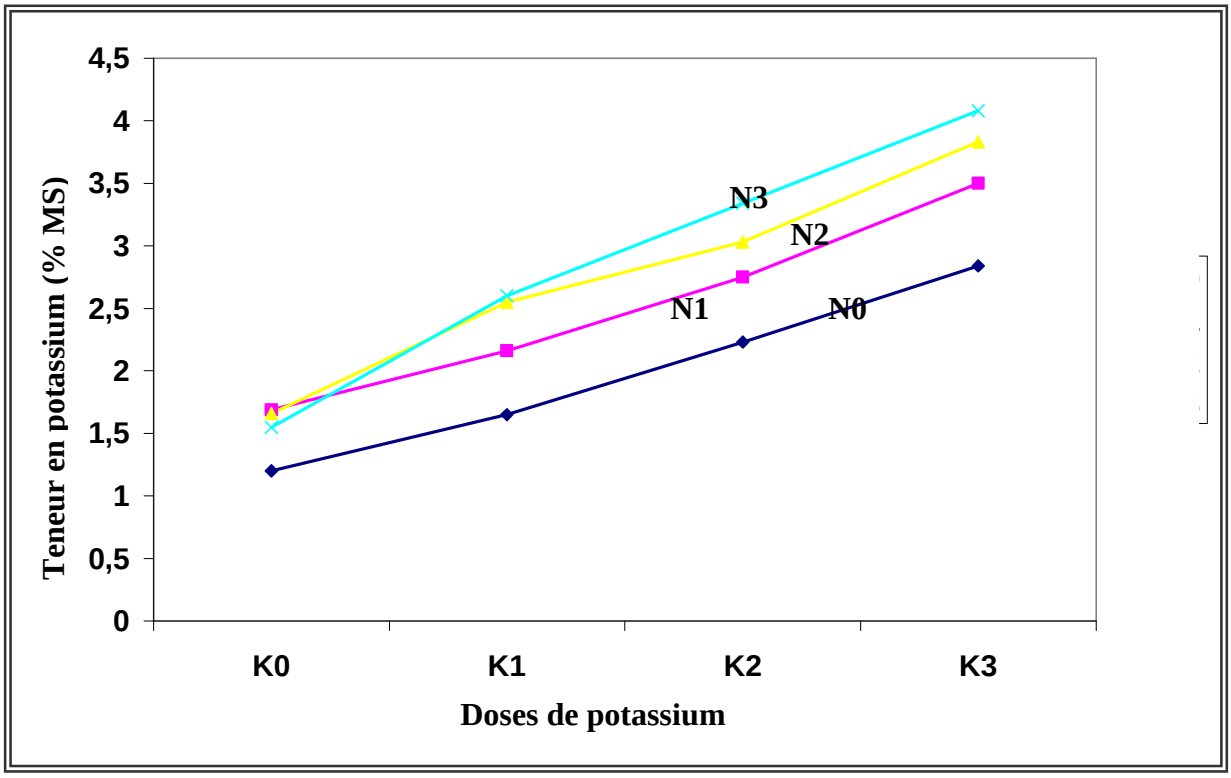


Figure N°25 : Teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative en % MS

B- Stade de tubérisation

L'analyse de la variance (tableau N°23) montre un effet hautement significatif des doses de potassium sur la teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation. Celle-ci passe de 2.32 % K obtenue avec la dose K0 à 3.75 % K obtenue avec la dose K1 à 4.38 % K obtenu avec la dose K2 à 4.71 % K obtenu avec la dose K3 (tableau N°23).

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose K3 (270 U K/ha) et le groupe (b) par la dose K2 (180 U K/ha) et le groupe (c) par la dose K1 (90 U N/ha) et le groupe (d) par la dose K0.

Tableau N°23: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles (% de la matière sèche) (stade de tubérisation)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.82 cC	2.21 cB	2.82 cA	3.18 bA	2.51 c	Effet N : H.S
N1	2.01 bcD	3.38 bC	4.51 bB	4.98 aA	3.72 b	Effet K : H.S
N2	2.55 abC	4.49 aB	4.99 abA	5.21 aA	4.31 a	Effet NxK : H.S
N3	2.90 aC	4.92 aB	5.20 aAB	5.47 aA	4.62 a	
Moyenne	2.32 d	3.75 c	4.38 b	4.71 a	3.79	

La teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation est fortement améliorée par l'augmentation des doses d'azote et présente aussi un effet hautement significatif. Cette teneur passe de 2.51 % K obtenue avec le témoin (N0) à 4.62 % K obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha).

Aussi l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif enregistré au niveau de l'interaction (NxK) sur la teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation. Cette teneur augmente avec les doses croissantes d'azote et de potassium. Celle-ci passe de 1.82 % K enregistrée avec le traitement N0K0 à 5.47 % K obtenue par le traitement N3K3 (tableau N°23).

La comparaison des moyennes a fait ressortir 13 groupes homogènes (cC, bcD, abC, aC, cB, bC, aB, cA, bB, abA, aAB, bA, aA).

– Le groupe cC est formé par le traitement N0K0.
– Le groupe bcD est formé par le traitement N1K0.
– Le groupe abC est formé par le traitement N2K0.
– Le groupe aC est formé par le traitement N3K0.
– Le groupe cB est formé par le traitement N0K1.
– Le groupe bC est formé par le traitement N1K1.
– Le groupe aB est formé par les traitements N2K1, N3K1.
– Le groupe cA est formé par le traitement N0K2.
– Le groupe bB est formé par le traitement N1K2.
– Le groupe abA est formé par le traitement N2K2.
– Le groupe aAB est formé par le traitement N3K2.
– Le groupe bA est formé par le traitement N0K3.
– Le groupe aA est formé par le traitement N1K3, N2K3, N3K3.

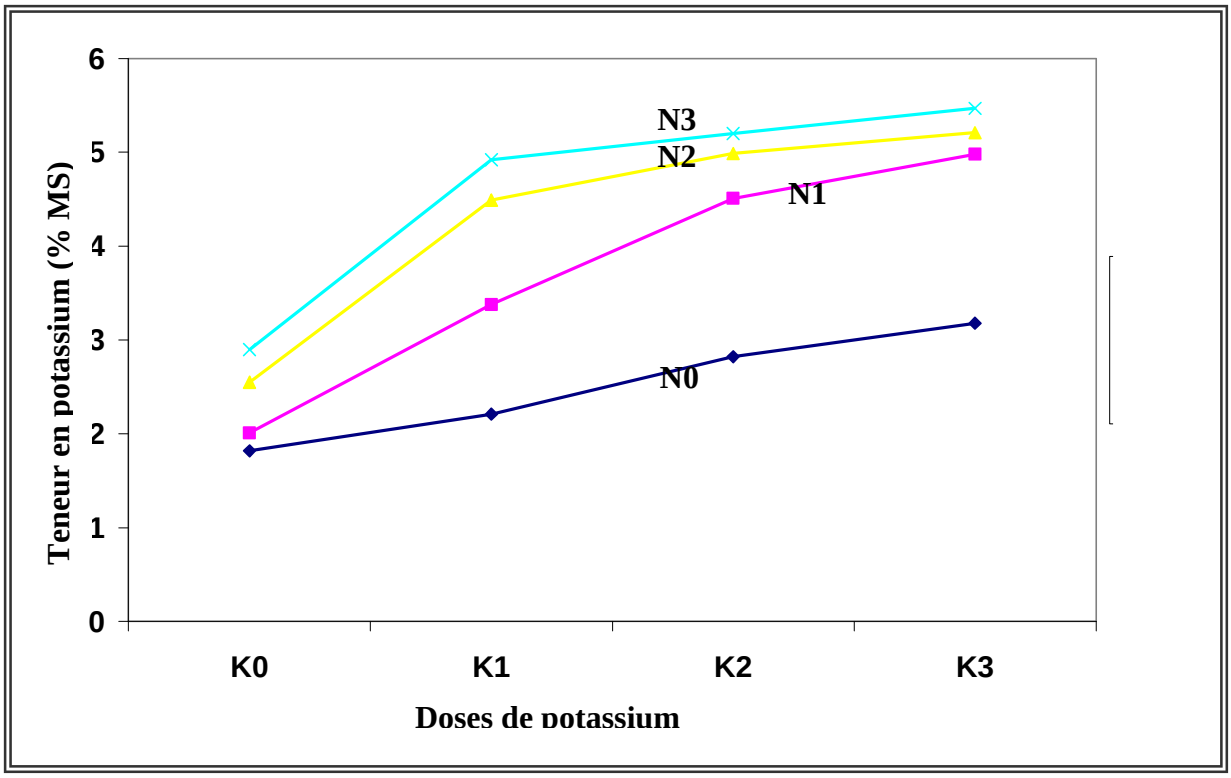


Figure N°26 : Teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation en % MS

C- Stade de maturation

L'analyse de la variance (tableau N°24) montre un effet hautement significatif des doses de potassium sur la teneur en potassium des feuilles au stade de maturation. Celle-ci passe de 1.12 % K obtenue avec la dose K0 à 1.96 % K obtenue avec la dose K1 à 2.21 % K obtenu avec la dose K2 à 2.42 % K obtenu avec la dose K3 (tableau N°24).

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par les doses K3 (240 U K/ha), K2 (180 U K/ha), le groupe (b) par la dose K1 (90 U K/ha) et le groupe (c) par le témoin.

Tableau N°24 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles (% de la matière sèche) (stade de maturation)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.01	1.51	1.64	1.92	1.52 c	Effet N : H.S
N1	1.06	1.72	1.98	2.37	1.78 bc	Effet K : H.S
N2	1.18	2.14	2.49	2.38	2.04 b	Effet NxK : N.S
N3	1.25	2.47	2.75	3.00	2.37 a	
Moyenne	1.12 c	1.96 b	2.21 a	2.42 a	2.02	

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation l'azote sur la teneur en potassium des feuilles au stade de maturation, celle-ci passe de 1.52 % K obtenue avec le témoin N0 à 2.37 % K obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha).

L'effet de potassium révèle quatre groupes homogènes (a, b, c, d) présente par les différentes doses de potassium. La dose N3 (240 U N/ha), donne le groupe (a), la dose N2 (120 U N/ha) donne le groupe (b), la dose N1 (60 U N/ha), donne le groupe (bc), le témoin N0 (sans engrais), donne le groupe (c).

L'analyse de la variance (tableau N°24) ne montre aucune différence significative de la teneur en potassium des feuilles au stade de maturation en fonction de l'interaction (NxK), cependant les différentes doses d'azote et des potassiums influent significativement sur la teneur en potassium. Ce teneur varie de la valeur la plus moins de 1.01 % K obtenue avec le traitement N0K0, et la valeur la plus élevée de 3 % K obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°27). Avec un taux d'augmentation de 66.33 %.

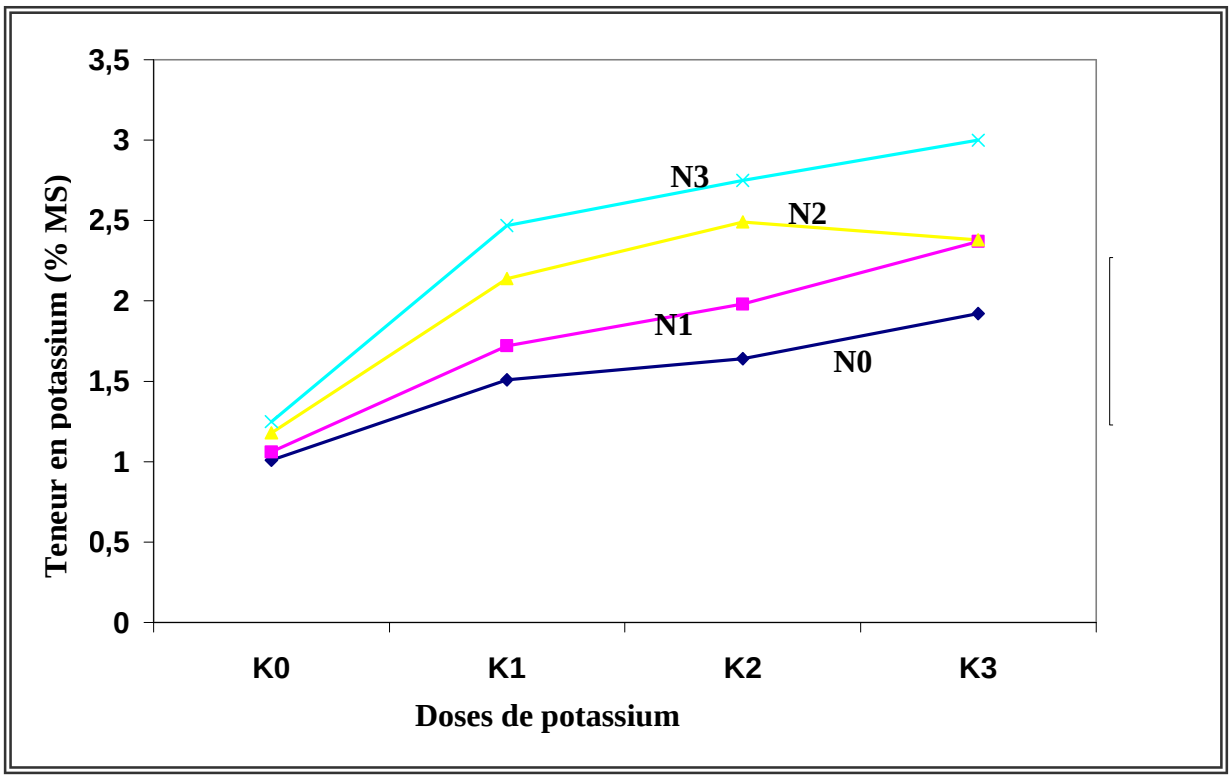


Figure N°27 : Teneur en potassium des feuilles au stade de maturation en % MS

2-1-2-Teneur en potassium des tubercules

L'analyse de la variance (tableau N°25) montre un effet hautement significatif des doses de potassium sur la teneur en K des tubercules. Celle-ci passe de 1.66 % K obtenue avec la dose K0 à 2.49 % K obtenue avec la dose K1 à 2.73 % K obtenue avec la dose K2 à 2.98 % K obtenue avec la dose K3. Avec un taux d'augmentation de 44.29 % (tableau N°25).

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose K3 (270 U K/ha), le groupe (b) par la dose K2 (180 U K/ha), le groupe (c) par la dose K1 (90 U N/ha) et le groupe (d) par la dose K0.

Tableau N°25 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des tubercules (% de la matière sèche)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.50 aC	2.13 cB	2.33 cAB	2.59 cA	2.13 c	Effet N : H.S
N1	1.75 aC	2.31 bcB	2.59 bcAB	2.88 bcA	2.38 b	Effet K : H.S
N2	1.80 aC	2.63 abB	2.85 abAB	3.09 abA	2.59 ab	Effet NxK : S
N3	1.60 aC	2.90 aB	3.15 aAB	3.34 aA	2.74 a	
Moyenne	1.66 d	2.49 c	2.73 b	2.98 a	2.46	

La teneur en potassium des tubercules est fortement améliorée par l'augmentation des doses d'azote et présente un effet hautement significatif. Cette teneur passe de 2.13 % K obtenue avec le témoin (N0) à 2.74 % K obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha). Avec un taux d'augmentation de 22.26 %. Les autres doses ont registrés, 2.38 et 2.59 % K pour les doses des N1 et N2.

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N3 (240 U N/ha), le groupe (b) par la dose N1 (60 U N/ha), le groupe (ab) par la dose K2 (120 U N/ha) et le groupe (c) par la dose K0.

Aussi l'analyse de la variance montre effet significatif enregistré au niveau de l'interaction (NxK) sur la teneur en potassium des tubercules. Cette teneur augmente avec les doses croissantes d'azote et de potassium. Celle-ci passe de 1.5 % K enregistré avec le traitement N0K0 à 3.34 % K obtenue par le traitement N3K3 (tableau N°25).

La comparaison des moyennes a fait ressortir 13 groupes homogènes (aC, cB, bcB, abB, aB, cAB, bcAB, abAB, aAB, cA, bcA, abA, aA)

– Le groupe aC est formé par les traitements N0K0, N1K0, N2K0, N3K0.
– Le groupe cB est formé par le traitement N0K1.
– Le groupe bcB est formé par le traitement N1K1.
– Le groupe abB est formé par le traitement N2K1.
– Le groupe aB est formé par le traitement N3K1.
– Le groupe cAB est formé par le traitement N0K2.
– Le groupe bcAB est formé par les traitements N1K2.
– Le groupe abAB est formé par le traitement N2K2.
– Le groupe aAB est formé par le traitement N3K2.
– Le groupe cA est formé par le traitement N0K3.
– Le groupe bcA est formé par le traitement N1K2.
– Le groupe abA est formé par le traitement N2K3.
– Le groupe aA est formé par le traitement N3K3.

D'après les résultats, la concentration en potassium des tubercules est généralement affectée positivement par les doses d'azote et de potassium ainsi que leur interaction (Tableaux N°25). La concentration moyenne en potassium est de 2,13, 2,38 et 2,59 et 2.74 % K pour les doses 0, 60, 120 et 240 U N/ha. Les doses d'azote ont donc pour effet d'accroître la teneur en potassium des tubercules en présentant un taux de 44.29 % de N0 à N3. Et aussi la concentration en potassium des tubercules varie en moyenne de 1.66, 2.46, 2.73, 2.98 % K respectivement pour les doses de potassium de 0, 90 et 180, 270 U K_2O/ha K. Le potassium est donc un élément très mobile qui migre facilement vers les tubercules. La pomme de terre peut être considérée comme une bonne source de potassium.

L'effet de l'interaction (NxK) est aussi hautement significatif sur la teneur en potassium des tubercules. Celle-ci croit avec l'accroissement des combinaisons (NxK). La teneur la plus élevée (3.34 % K) obtenue avec le traitement N3K3 dépasse la valeur la plus faible (1.50 % K) obtenue avec le traitement N3K3 de 55.08 %.

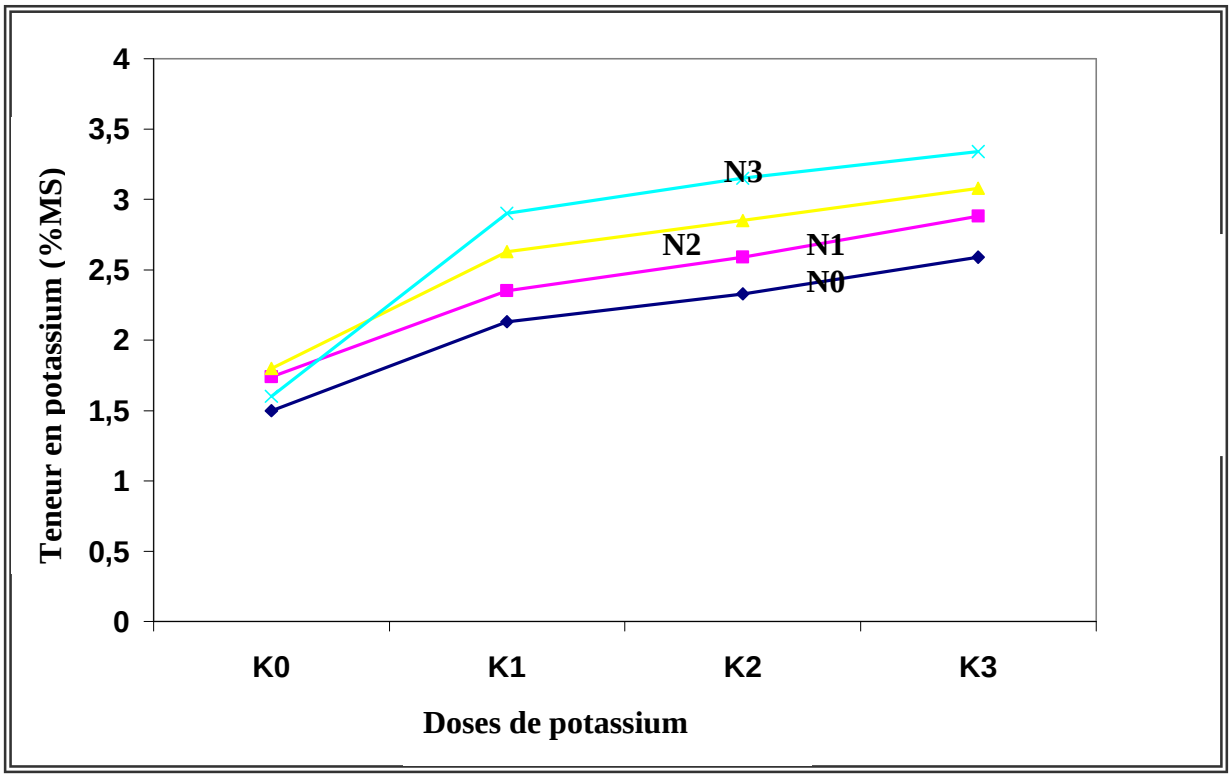


Figure N°28 : Teneur en potassium des tubercules en % MS

2-2/ Evolution de la teneur en potassium dans la plante au cours du cycle

La teneur en potassium dans la plante augmente du stade de croissance végétative de 2.54 % K (tableau N°22) jusqu'au stade de tubérisation avec 3.79 % K (tableau N°23). Ensuite une décroissance a été notée sur la teneur en potassium ou stade de maturation qui diminué pour atteindre 2.02 % K (tableau N°24).

Le potassium est absorbé par la plante jusqu'à la fin de sa végétation avec des taux différent. Le fort besoin d'absorption de potassium de la plante est enregistré au stade début de tubérisation ou floraison, quant la plante commence de formation des tubercules, pour l'émergence du potassium absorbe à la feuille vers les constitutions des substances de réserves (tubercules). Pour cela nous avons trouvé que la teneur le plus élevé de potassium des feuilles a ce stade. Et ensuite la teneur en potassium diminue a la stade de maturation par la migration des tous de potassium des partie aériennes vers les tubercules est la plante arrivent a la maturité. (Figure N°29)

Conclusion

Généralement pour les différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation, maturation), la fertilisation azotée et potassique a une action positive sur la teneur en potassium des feuilles en fonction des doses d'azote, de potassium, et de leur interaction (Tableau N°26).

Tableau N°26. Analyse de variance de la teneur en potassium total des feuilles et des tubercules

Source de variation	Teneur en potassium (% MS)			
	croissance végétative	tubérisation	maturation	tubercules
N	**	**	**	**
K	**	**	**	**
NxK	N.S	**	N.S	*

** hautement significatif
* significatif
N.S non significatif

Au stade de croissance végétative, la teneur en potassium des feuilles s'accroît proportionnellement avec les doses de potassium, le taux d'accroissement est 57.30 % lorsque la doses de K passe de K0 à K3 (270 U K/ha). La teneur en potassium dans les feuilles de la pomme de terre augmente avec l'accroissement du niveau de la fertilisation

potassique et diminue avec la maturité des plantes (JAMES *et al.* 1970 et MCDOLE, 1978). Et l'accroissement des doses d'azote aussi a une action positive sur la teneur en potassium des feuilles. Celle-ci peut atteint du taux de 17.39 % de N0 à N3 (240 U N/ha). Et aussi l'interaction (NxK) entraîne une augmentation de ce paramètre. Ceci peut atteindre une valeur de (2,98 % MS) obtenu avec la combinaison N3K1. Cette valeur dépasse la valeur la plus faible (1,15 % MS) obtenu avec la combinaison N0K2 avec un taux d'augmentation de 61,40 % (Tableau N°23).

Au stade de tubérisation les résultats de notre étude, montrent une évolution de la teneur en potassium des feuilles, avec un taux des augmentations de 50.74 %, 45.67 %, 66.72 % respectivement obtenues avec les apports d'azote (entre K0 et K3), de potassium (entre N0 et N3), et de l'interaction (entre N0K0 et N3K3). Durant ce stade la concentration en potassium est plus importante des autres stades, et plus aussi pour le troisième dose N3 (240 U N/ha) qui arrivent de 4.62 % et le troisième dose K3 (270 U N/ha) qui arrivent de 4.71 et l'interaction entre les deux éléments, qui arrivent de 5.47 % MS obtenu par les traitement N3K3, et dans ce stade de floraison la teneur en potassium des feuilles donnent un aide sur la suffisante de potassium pour la plante. Une concentration de 4,5% est jugée suffisante pour une production maximale (CAMBOURIS 1991). Cette concentration de suffisance est obtenue avec la dose de 180 U K_2O/ha et avec la dose 120 N N/ha (tableau N°24).

Au stade de maturation les doses de potassium augmentent la teneur en potassium des feuilles avec un taux de 53.71 % de K0 à K3. Et les doses d'azote augmentent cette teneur avec un taux de 51.05 % de N0 à N3. L'interaction (NxK) aussi augmentent la teneur en potassium de feuilles avec un taux de 66.33 % entre N0K0 à N3K3. Tous comme l'azote a ce stade la teneur en potassium des feuilles est moins élevée par apport aux autres stades à cause de la physiologie de la plante en cette période qui diminue l'activité photosynthétique et l'absorption des éléments nutritives. Pour l'orientation des ces éléments à la synthèse des réserves protéinique pour le remplissage des tubercules. (Tableau N°25)

Dans tous les stades les doses d'azote et de potassium et leur interaction augmentent la teneur en potassium des feuilles pour cela on a constaté que :

- La dose de potassium K3 (270 U N/ha) donne la teneur la plus élevée en potassium dans tous les stades de développement avec un moyen de 3.56 % MS.

❖ La dose de potassium N3 (240 U K_2O/ha) donne la teneur la plus élevée en potassium dans tous les stades de développement avec un moyen de 3.29 % MS.

❖ La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée en potassium dans tous les stades de développement avec un moyen de 4.18 % MS.

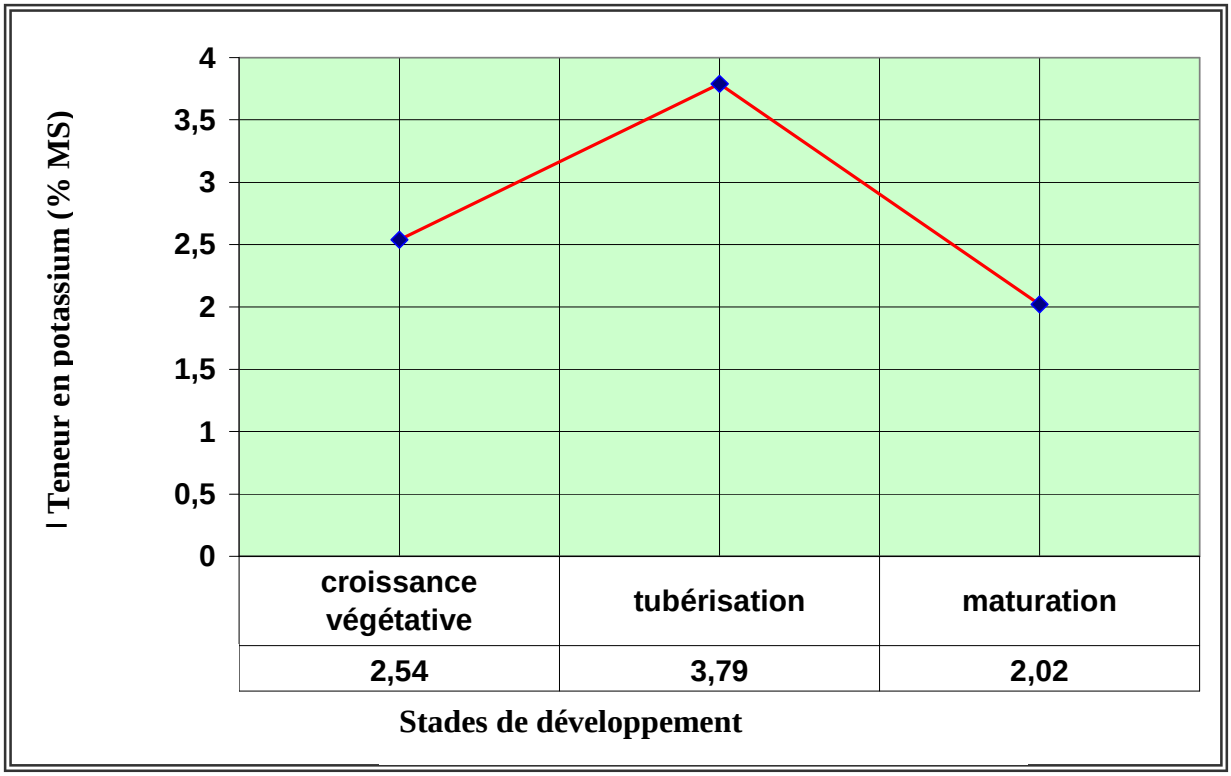


Figure N° 29: Evolution de la teneur en potassium des feuilles au cours des déférentes stades de développement % MS

Chapitre III
Evolution de la teneur en azote et de potassium dans le sol

Chapitre III : Evolution de la teneur en azote et de potassium dans le sol

1- Evolution de la teneur en azote dans le sol

L'évolution de la teneur en azote dans le sol dépend d'un certains nombre de paramètres dont la richesse du sol en matière organique, le taux de sa minéralisation, les exportations par les plantes, les pertes par lixiviation et la texture du sol.

Dans le but de connaître la contribution de la fertilisation azotée et potassique dans l'enrichissement du sol en azote et en potassium assimilable et l'évolution de ces deux éléments au cours de cycle de développement de la plante à savoir les trois stades la croissance végétative et la tubérisation et la maturation, le prélèvement se fait en couches d'enracinement. Celle-ci couvrent des quantités plus prochent et utilisable par la plante de la forme assimilable d'azote et de potassium. Les quantités d'azote jugées nécessaires à la croissance de la pomme de terre N_{0-30} sont l'azote minéral disponible dans la strate 0-30 cm du sol (NEETESON, 1989).

1-1- La teneur en azote du sol au différents stades de développement

1-1-1/ Stade de croissance végétative

L'analyse de la variance (tableau N°27) montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en azote assimilable du sol au stade de croissance végétative. Celle-ci passe de 24.18 ppm obtenue avec la dose N0 à 32.10 ppm obtenue avec la dose N1 à 42.15 ppm obtenu avec la dose N2 à 53.36 ppm obtenu avec la dose N3 (tableau N°27).

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier groupe (a) est formé par la dose N3 (240 U N/ha), le groupe (b) par la dose N2 (120 U N/ha) et le groupe (c) par les deux doses N0 et N1 (60 U N/ha). Plusieurs études ont été axées sur l'effet de la fertilisation azotée sur l'évolution de la teneur en azote assimilables (MEKLICHE, 1983 et BENDJAMA, 1984). Ces travaux montrent que tout apport d'azote entraîne une augmentation de la teneur en azote assimilable dans le sol.

L'apport d'engrais ammoniacaux augmente temporairement les concentrations en ammonium dans le sol (STEVENSON, 1986).

Tableau N°27 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de croissance végétative (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	23.62	24.42	25.87	22.83	24.18 c	Effet N : H.S
N1	21.87	30.40	33.82	42.32	32.10 c	Effet K : N.S
N2	35.87	44.67	43.07	44.97	42.15 b	Effet NxK : N.S
N3	51.62	55.80	51.40	54.62	53.36 a	
Moyenne	33.25	38.82	38.54	41.18	37	

La teneur en azote assimilable du sol, varie de façon non significative sous l'effet des doses de potassium apportées (tableau N°27). Cette teneur passe de la valeur la plus faible 33.25 ppm obtenue avec le témoin K0 à la valeur la plus élevée 41.18 ppm avec le traitement K3 (270 U K/ha).

L'analyse de la variance (tableau N°27) ne montre aucune différence significative entre les traitements en fonction de l'interaction (NxK). Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 15,96 ppm d'azote assimilable obtenu avec le traitement N1K0 à la valeur la plus élevée de 44,43 ppm d'azote assimilable obtenu avec le traitement N3K3 (figure N°30)

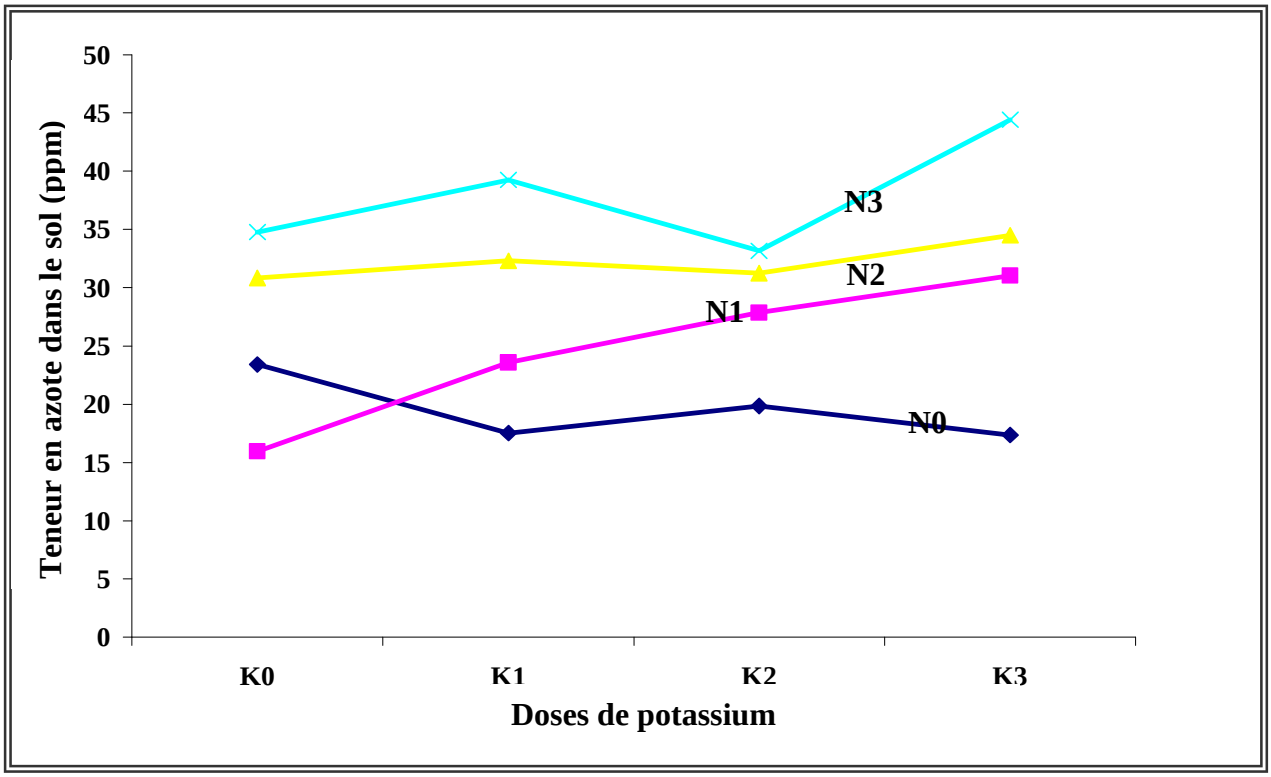


Figure N°30 : Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative

1-1-2/ Stade de tubérisation

L'analyse de la variance (tableau N°28) montre un effet hautement significatif de la dose d'azote sur la teneur en azote assimilable du sol au stade de tubérisation. Cette teneur passe de 13.69 ppm obtenu avec la dose N0 (sans engrais) à 31.07 ppm obtenu avec la dose N3 (240 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes N1 avec de 22.54 ppm et N2 avec de 26.79 ppm (tableau N°28).

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes (a, b, c, d) pour les différentes doses d'engrais azoté. La dose N3 (240 U N/ha) donne le groupe (a), la dose N2 (120 U N/ha) représente le groupe (b), la dose N1 (60 U N/ha) donne le groupe (c), la dose N0 donne le groupe (d).

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol, celle-ci passe de 21.27 ppm d'azote assimilable avec le témoin K0 sans potasse à 25.80 ppm d'azote assimilable avec la dose K3 (270 U K/ha), (figure N°31)

Tableau N°28 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de tubérisation (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	11.26	12.81	14.71	15.99	13.69 d	Effet N : H.S
N1	19.36	21.93	23.12	25.75	22.54 c	Effet K : H.S
N2	25.56	25.42	27.75	28.44	26.79 b	Effet NxK : NS
N3	28.92	30.90	31.44	33.04	31.07 a	
Moyenne	21.27 d	22.76 c	24.26 b	25.80 a	23,52	

L'effet de potassium révèle quatre groupes homogène (a, b, c, d) présentés par les différentes doses de potassium. La dose K3 (270 U K/ha) donne le groupe (a) avec 25.80 ppm, la dose K2 (180 U K/ha) représente le groupe (b) avec 24.26 ppm, la dose K1 (90 U K/ha) donne le groupe (c) avec 22.76 ppm, la dose K0 donne le groupe (d) avec 21.27 ppm.

L'interaction (NxK) ne montre aucune différence significative sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Cependant les différentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur la teneur en azote assimilable du sol. Ce paramètre varie de la valeur le

plus faible de 11.26 ppm d'azote assimilable obtenu avec le traitement N0K0, à la valeur la plus élevée de 33.04 ppm d'azote assimilable obtenu avec le traitement N3K3 (figure N°31).

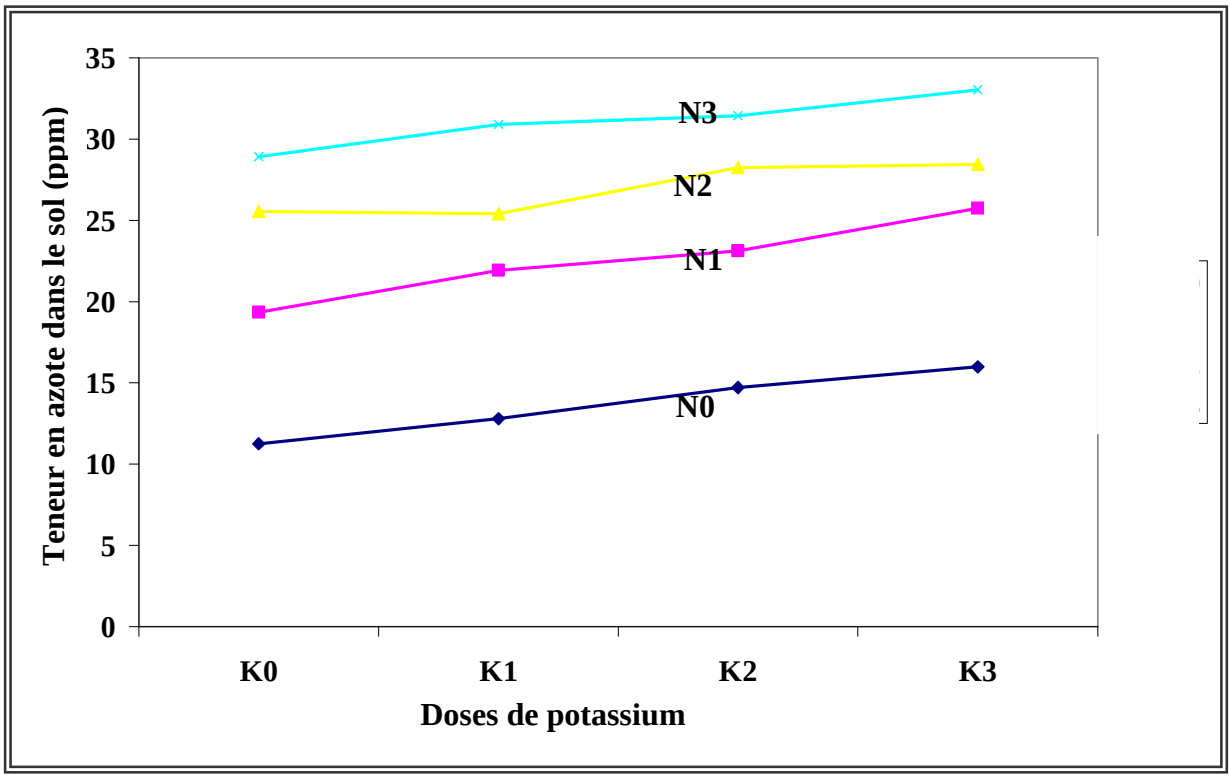


Figure N°31 : Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation

1-1-3/ Stade de maturation

L'analyse de la variance (tableau N°29) montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en azote assimilable du sol au stade de maturation des tubercules. Cette teneur passe de 8.95 ppm obtenue avec la dose N0 (sans engrais) à 18.63 ppm obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivants N1 de 14.48 ppm et N2 avec 16.29 ppm (tableau N°29)

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes (a, b, c, d) pour les différentes doses d'engrais azoté. La dose N3 (240 U N/ha) donne le groupe (a), la dose N2 (120 U N/ha) représente le groupe (b), la dose N1 (60 U N/ha) donne le groupe (c) et la dose N0 donne le groupe (d).

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol, celle-ci passe de 13.79 ppm d'azote assimilable avec le témoin K0 sans potasse à 15.58 ppm d'azote assimilable avec la dose K3 (270 U K/ha), (figure N°32)

Tableau N°29 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de maturation (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	8.26	8.87	8.99	9.65	8.95 d	Effet N : H.S
N1	13.73	14.42	14.72	15.04	14.48 c	Effet K : H.S
N2	15.31	15.92	16.25	17.69	16.29 b	Effet NxK : NS
N3	17.85	18.15	18.59	19.91	18.63 a	
Moyenne	13.79 c	14.34 b	14.64 b	15.58 a	14.58	

L'interaction (NxK) ne montre aucune différence significative sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Cependant les différentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur la teneur en azote assimilable du sol. Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 8.26 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N0K0, à la valeur la plus élevée de 19.91 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°32).

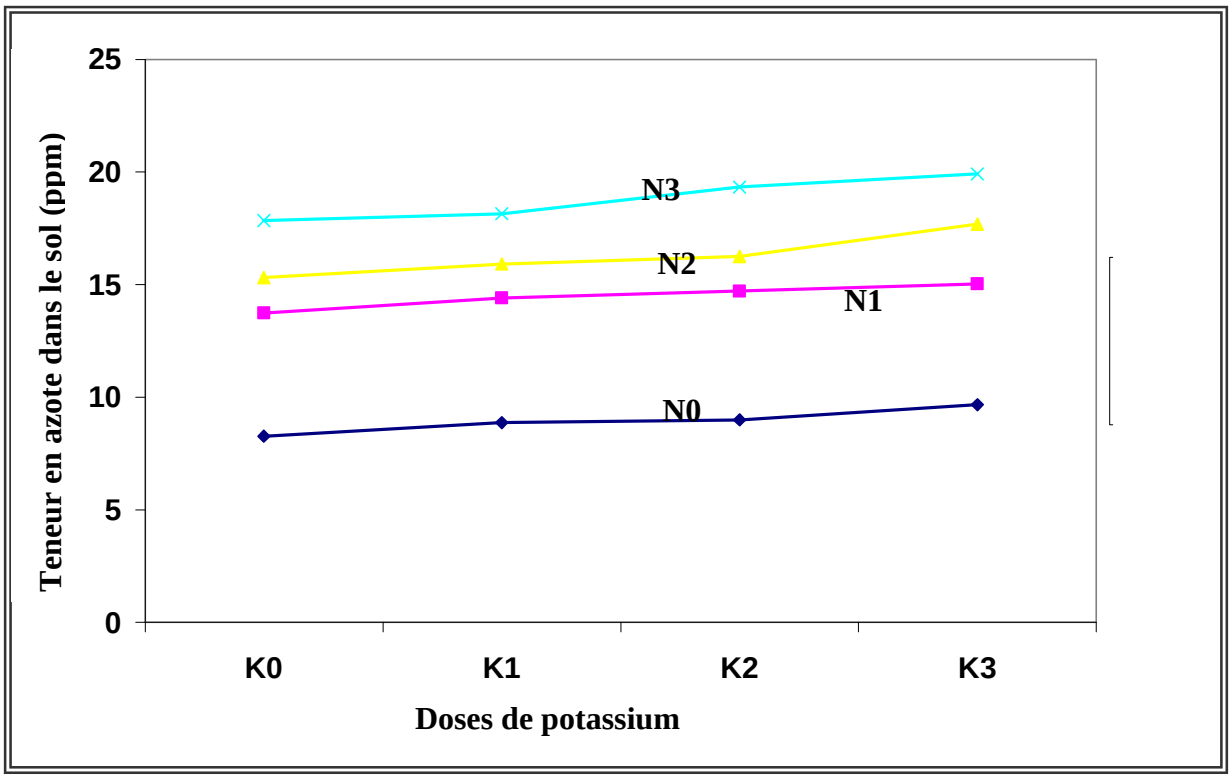


Figure N° 32: Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de maturation

1-2/ Evolution de la teneur en azote assimilable (ppm) du sol au cours du cycle

Une diminution de la teneur en azote assimilable dans le sol est constatée en fonction des différents stades de développement de la culture (Figure N°33). Cette teneur passe de 37,94 ppm obtenue au stade de croissance végétative (tableau N°27) à 23,52 ppm obtenue au stade de tubérisation (tableau N°28) à 14.58 ppm obtenu au stade de maturation (tableau N°29).

Pour les différents stades de développement de la culture (croissance végétative, tubérisation, maturation), la fertilisation azotée et potassique a une action positive sur la teneur en azote assimilable dans le sol en fonction des doses d'azote et de potassium (Tableau N°30).

Tableau N°30. Analyse de variance de la teneur en azote assimilable dans le sol

Source de variation	Teneur en azote dans le sol (ppm)		
	croissance végétative	tubérisation	maturation
N	**	**	**
K	N.S	**	**
NxK	N.S	N.S	N.S

** hautement significatif
* significatif
N.S non significatif

Au stade de croissance végétative les doses d'azote apportées augmentent la teneur en azote assimilable dans le sol avec un taux de 54,68 % lorsque la dose d'azote passe de N0 à N3. Aussi les doses de potassium augmentent la teneur en potassium avec un taux de 19,25 % lorsque la dose de potassium passe de K0 à K3.

Mais l'interaction (NxK) n'a pas une action positive sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée de (44,43 ppm) obtenue avec la dose N3K3 à la valeur la plus faible de (15,96 ppm) obtenue avec la dose N1K0 avec un taux de 64,07 % (Tableau N°27). Plusieurs études qui ont été axées sur l'effet de la fertilisation azotée sur l'évolution de la teneur en azote assimilable (MEKLICHE, 1983 ; BENDJAMA, 1984) montrent que tout apport d'azote entraîne une augmentation de la teneur en azote assimilable dans le sol.

Au stade de tubérisation, les résultats de la teneur en azote assimilable dans le sol, enregistrent des augmentations de 55,93 % lorsque la dose d'azote passe de N0 à N3, et de 17,55 % lorsque la dose de potassium passe de K0 à K3.

Au stade de maturation, La teneur en azote assimilable dans le sol augmente avec l'augmentation des doses d'azote et de potassium. Ils représentent 51.95 % lorsque la dose d'azote passe de N0 à N3, et de 11.48 % lorsque la dose de potassium passe de K0 à K3.

Dans le premier stade de croissance végétative, la teneur en azote total des feuilles est la plus élevés par rapport aux autres stades. A de ce stade, la plante prélève l'azote assimilable du sol pour assurer une bonne croissance et développement de la partie aérienne (feuilles et tiges). Cette utilisation d'azote provoque une diminution de la teneur en azote assimilable dans le sol.

En fin de cycle, la teneur en azote assimilable dans le sol est faible par rapport au stade de croissance végétative. La diminution de cet élément au stade de tubérisation pourrait s'expliquer par des prélèvements de l'azote assimilable par la plante pour le développement et le grossissement des tubercules. Au stade de grossissement des tubercules, les besoins en azote sont les plus importants. Plus de 50 % des besoins en azote sont consommés à ce stade qui dure de 60 à 120 jours (WESTEMTANN et KLEINKOPF 1985). Aussi la diminution d'azote assimilable dans le sol a ce stade peut avoir des transformations d'azote assimilable vers des formes non assimilables ou bien il y'a une perte d'azote par la voie de volatilisation ou par la perte a la lessivage (texture sableuse à forte capacité de lessive d'azote en profondeur). Pour ce point, la fraction d'apport d'azote c'est la meilleure solution.

Dans l'ensemble, le fractionnement des engrais n'améliore pas nécessairement le rendement. sauf en sols graveleux ou sableux à haut risque de lessivage (GIROUX, 1982 ; MACLEAN, 1984 ; PORTER et SISSON, 1993 et REUST, 1986). Le principal objectif de cette pratique serait de réduire les pertes de nitrates par lessivage vers les nappes d'eau souterraines (GIROUX, 1988; JOEM et VITOSH, 1995b).

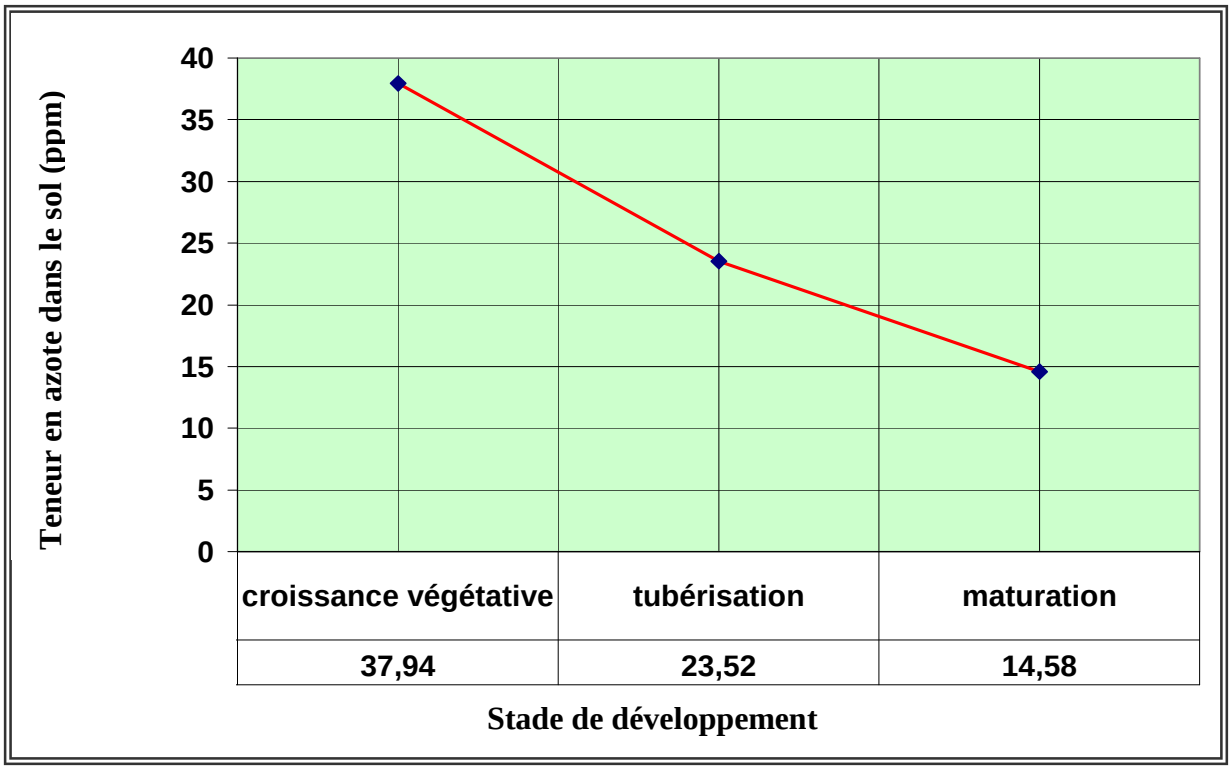


Figure N°33 : Evolution de la teneur en azote assimilable dans le sol au cours des différents stades de développement (ppm)

2- Evolution de la teneur en potassium assimilable dans le sol

Le potassium comme l'azote et le phosphore, est considéré comme un élément important et essentiel pour la production de pomme de terre. Généralement la plupart des différents types de sols contient des quantités de potassium total sous forme non assimilable.

Dans le but de connaître la contribution de la fertilisation potassique dans l'enrichissement du sol et suivre l'évolution de la teneur du potassium dans le sol au cours de cycle végétatif, des prélèvements ont été effectuées dans la couche superficielle (0-20 cm) de sol pour faire le dosage du potassium assimilable au différents stades de développement de le plante, a savoir la croissance végétative, la tubérisation et la maturation.

2-1- La teneur en potassium assimilable (ppm) du sol au différents stades de développement

2-1-1/ Stade de croissance végétative

L'analyse de la variance (tableau N°31) montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative. Cette teneur passe de 38.02 ppm obtenue avec le témoin N0 (0 U N/ha) à 55.36 ppm obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes N1 avec 41.89 ppm et N2 avec 48.73 ppm.

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes (a, ab, bc, d) pour les différentes doses d'engrais azoté. La dose N3 (240 U N/ha) donne le groupe (a), la dose N2 (120 U N/ha) représente le groupe (ab), la dose N1 (60 U N/ha) donne le groupe (bc) et la dose N0 donne le groupe (d).

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium soluble (ppm) dans le sol. Celle-ci passe de 43.91 ppm en potassium obtenue avec le témoin K0 sans potasse à 58.22 ppm en potassium obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha), (figure N°34)

Tableau N°31 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium dans le sol au stade de croissance végétative (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	24.80 aB	25.62 aB	48.72 cA	52.95 cA	38.02 c	Effet N : H.S
N1	24.39 aB	24.89 aB	54.47 bcA	63.79 bcA	41.89 bc	Effet K : H.S
N2	26.09 aB	30.50 aB	65.67 bA	72.67 bA	48.73 ab	Effet NxK : H.S
N3	26.13 aB	28.98 aB	80.44 aA	85.88 aA	55.36 a	
Moyenne	25.35 c	27.50 c	62.32 b	68.80 a	46	

L'effet de potassium révèle trois groupes homogènes (a, b, c) présentés par les différentes doses de potassium. La dose K3 (270 U K/ha) donne le groupe (a), la dose K2 (180 U K/ha) représente le groupe (b) et les doses K1 (90 U K/ha) et K0 donnent le groupe (c).

Aussi l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif enregistré par de l'interaction (NxK) sur la teneur en potassium du sol au stade de croissance végétative. Cette teneur augmente avec les doses croissantes d'azote et de potassium. Celle-ci passe de 24.80 ppm enregistrée avec le traitement N0K0 à 85.88 ppm obtenue avec le traitement N3K3 (tableau N°31).

La comparaison des moyennes a fait ressortir 5 groupes homogènes (aB, cA, bcA, bA, aA,)

– Le groupe aB est formé par les traitements N0K0, N1K0, N2K0, N3K0, N0K1, N1K1, N2K1, N3K1.
– Le groupe cA est formé par les traitements N0K2, N0K3.
– Le groupe bcA est formé par les traitements N1K2, N1K3.
– Le groupe bA est formé par les traitements N2K2, N2K3.
– Le groupe aA est formé par le traitement N3K2, N3K3.

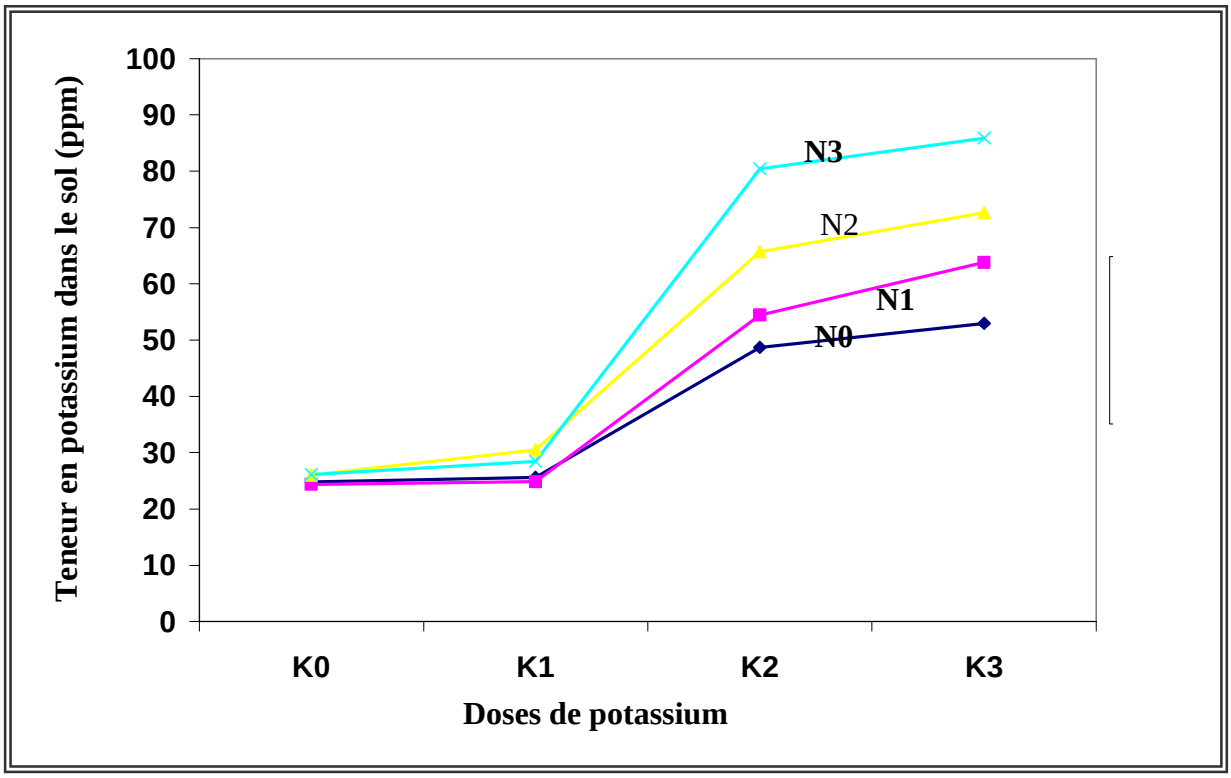


Figure N°34 : Teneur en potassium (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative

2-1-2/ Stade de tubérisation

L'analyse de la variance (tableau N°32) montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation. Cette teneur passe de 12.92 ppm obtenue avec le témoin N0 (0 U N/ha) à 14.95 ppm obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivants N1 avec 13.48 ppm et N2 avec14.22 ppm.

Le test t a fait ressortir quatre groupes homogènes (a, ab, bc et c) pour les doses d'engrais azoté. La dose N3 (240 U N/ha) forme le groupe (a), la dose N2 (120 U N/ha) représente le groupe (ab), la dose N1 (60 U N/ha) forme le groupe (bc) et la dose N0 forme le groupe (c).

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol, celle-ci passe de 9.59 ppm de potassium obtenue avec le témoin K0 sans potasse à 21.49 ppm de potassium obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha), (figure N°35)

Tableau N°32 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium dans le sol au stade de tubérisation (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	9.39	9.51	12.70	20.07	12.92 c	Effet N : H.S
N1	9.25	10.68	13.70	20.28	13.48 bc	Effet K : H.S
N2	9.92	10.59	14.8	21.55	14.22 ab	Effet NxK : N.S
N3	9.79	10.62	15.32	24.08	14.95 a	
Moyenne	9.59 c	10.35 c	14.14 b	21.49 a	13.89	

L'effet de la fertilisation potassique a révélé trois groupes homogènes (a, b et c) représentés par les différentes doses de potassium. La dose K3 (270 U K/ha) forme le groupe (a), la dose K2 (180 U K/ha) représente le groupe (b) et la dose K1 (90 U K/ha) et le témoin K0 forme le groupe (c).

L'interaction (NxK) ne montre aucune différence significative sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol. Cependant les différentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur la teneur en potassium dans le sol. Ce paramètre varie de la valeur le plus faible de 9.25 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement

N1K0, et la valeur la plus élevée de 24.08 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°35).

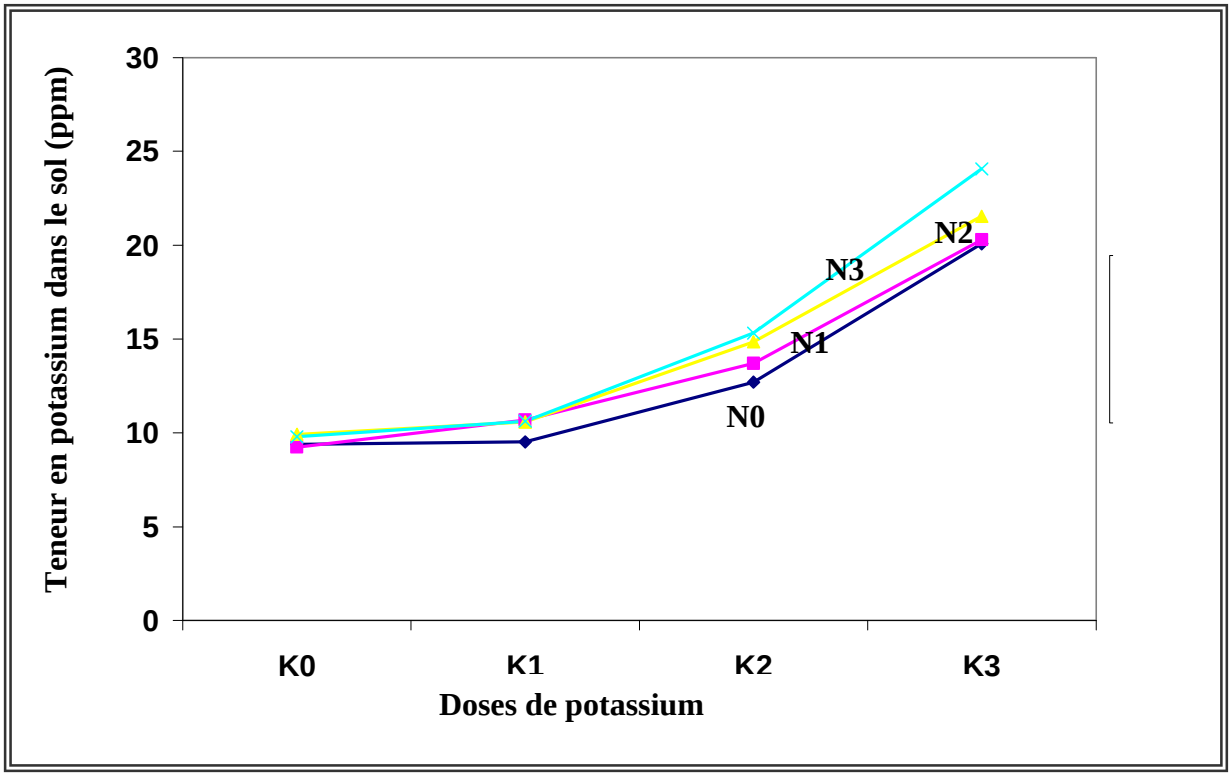


Figure N°35 : Teneur en K (ppm) dans le sol au stade de tubérisation

2-1-3/ Stade de maturation

L'analyse de la variance (tableau N°33) montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en potassium dans le sol au stade de maturation. Cette teneur passe de 9.22 ppm obtenue avec la dose N0 (sans engrais) à 11.38 ppm obtenue avec la dose N3 (240 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivants N1 avec 9.85 ppm et N2 avec 10.35 ppm (tableau N°33).

Le test t a fait ressortir trois groupes homogènes (a, b et ab) pour les doses d'engrais azoté. La dose N3 (240 U N/ha) forme le groupe (a), la dose N2 (120 U N/ha) représente le groupe (ab), la dose N1 (60 U N/ha) et N0 forme le groupe (b).

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium dans le sol. Celle-ci passe de 3.36 ppm de potassium obtenue avec le témoin K0 sans potasse à 14.98 ppm de potassium obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha), (figure N°36)

Tableau N°33 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium dans le sol au stade de maturation (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	3.02	6.61	12.70	14.57	9.22 b	Effet N : H.S
N1	3.25	8.93	12.46	14.78	9.85 b	Effet K : S
N2	3.17	10.59	12.60	15.05	10.35 ab	Effet NxK : N.S
N3	4.01	10.62	15.32	15.58	11.38 a	
Moyenne	3.36 d	9.19 c	13.27 b	14.98 a	10.2	

L'effet de la fertilisation potassique a révélé quatre groupes homogènes (a, b, c et d) représentés par les différentes doses de potassium. La dose K3 (270 U K/ha) forme le groupe (a), la dose K2 (180 U K/ha) représente le groupe (b) et la dose K1 (90 U K/ha) forme le groupe (c) et la dose K0 forme le groupe (d).

L'interaction (NxK) ne montre aucune différence significative sur la teneur en potassium dans le sol. Cependant les différentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur la teneur en potassium du sol. Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 3.02 ppm obtenue avec le traitement N0K0, et la valeur la plus élevée de 15.58 ppm obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°36).

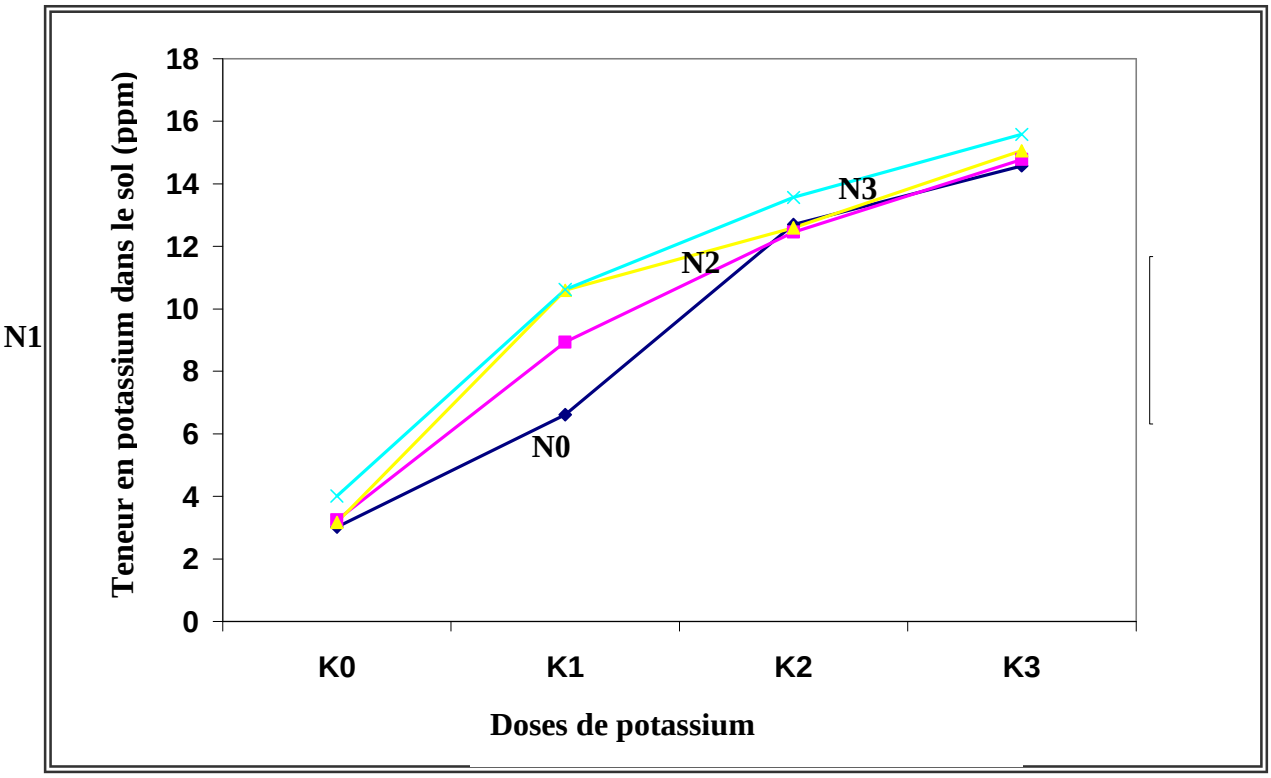


Figure N°36 : Teneur en K (ppm) dans le sol au stade de maturation

2-2/ Evolution de la teneur en potassium assimilable du sol au cours du cycle

D'après nos résultats, nous avons trouvé une diminution de la teneur de potassium dans le sol au cours du cycle végétatif de la plante de stade de croissance végétative au stade de maturation (Figure N°37). Cette teneur passe de 46 ppm obtenue au stade de croissance végétative (tableau N°31) à 13.89 ppm obtenue au stade de tubérisation (tableau N°32) à 10.02 ppm obtenue au stade de maturation (tableau N°33).

Pour les différents stades de développement de la culture (croissance végétative et tubérisation), la fertilisation azotée potassique a une action positive sur la teneur en potassium assimilable dans le sol en fonction des doses d'azote, de potassium, et leur interaction.
(Tableau N°34)

Tableau N°34. Analyse de la variance de la teneur en potassium assimilable dans le sol

Source de variation	Teneur en azote dans le sol (ppm)		
	croissance végétative	tubérisation	maturation
N	**	**	**
K	**	**	*
NxK	**	N.S	N.S

** hautement significatif
* significatif
N.S non significatif

Au stade de croissance végétative les doses d'azote augmentent la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 31.32 % lorsque le dose d'azote de N0 à N3 (240 U N/ha). Aussi les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 63.15 % lorsque le dose de potassium de K0 à K3. L'interaction (NxK) aussi a une action positive sur la teneur en potassium assimilable dans le sol. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée de (85.88 ppm) obtenue avec le dose N3K3 à la valeur la plus faible de (24.8 ppm) obtenue avec la dose N0K0 avec un taux de 71.12 % (tableau N°31). Les apports de potassium ont provoqué un enrichissement du sol en K_2O. Cet enrichissement est lié aux doses apportées (COMIFER., 1997).

Au stade de tubérisation les doses d'azote augmentent la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 13.57 % lorsque le dose d'azote de N0 à N3 (240 U N/ha).

Aussi les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 55.37 % lorsque le dose de potassium de K0 à K3. Mais l'interaction (NxK) n'a pas une action positive sur la teneur en potassium assimilable dans le sol. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée de (24.08 ppm) obtenue avec la dose N3K3 à la valeur la plus faible de (9.25 ppm) obtenue avec la dose N1K0 avec un taux de 61.58 %. (Tableau N°32)

Au stade de maturation, les doses d'azote augmentent la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 18.98 % lorsque le dose d'azote de N0 à N3 (240 U N/ha). Aussi les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 77.75 % lorsque le dose de potassium de K0 à K3. Mais l'interaction (NxK) n'a pas une action positive sur la teneur en potassium assimilable dans le sol. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée de (15.58) obtenu avec le dose N3K3 à la valeur la plus faible de (3.02 ppm) obtenu avec la dose N1K0 avec un taux de 80.61 % (tableau N°33). Selon SEKHON (1983), Les apports de potassium ont provoqué un enrichissement du sol en K_2O. Cet enrichissement est lié aux doses apportées.

Aussi comme l'évolution de la teneur en azote assimilable dans le sol, dans le premier stade de croissance végétative la teneur en potassium assimilable dans le sol sont le plus élevée, et diminue progressivement au stade de tubérisation. A ce stade de tubérisation la plante absorbe le potassium assimilable du sol pour assurer un bon développement et grossissement des tubercules. Cette utilisation de potassium provoque une diminution de la teneur en potassium assimilable dans le sol. L'importance du potassium dans la production de tubercules de qualité survient dans son rôle dans la synthèse des produits de la photosynthèse et leur transport dans les tubercules et l'amélioration de leur conversion en amidon, protéines et vitamines (MENGEL et KIRKBY, 1987).

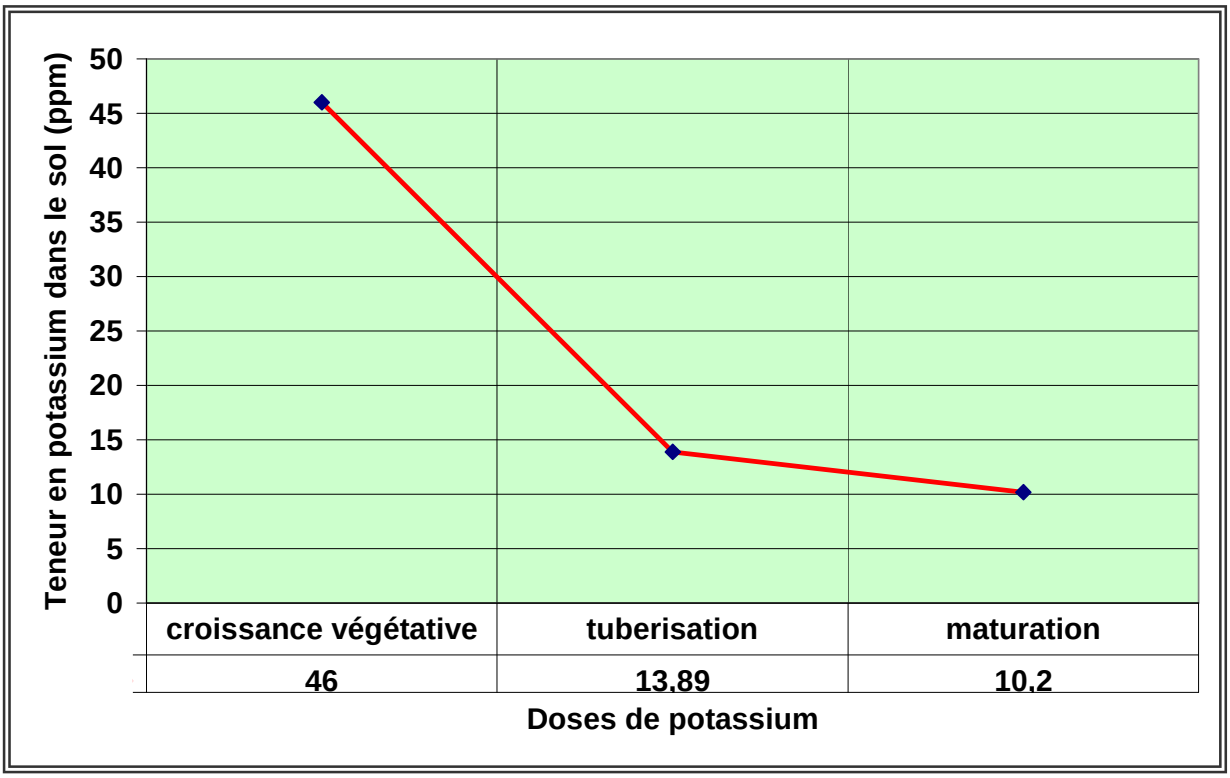


Figure N°37 : Evolution de la teneur en potassium dans le sol au cours des différents stades de développement (ppm)

Conclusion générale

Conclusion générale

A travers ce travail nous avons étudier le comportement d'une variété de pomme de terre " CONDOR" en réponse à la fertilisation azotée-potassique. L'objectif de cette étude a été axé sur l'influence des déférentes doses d'azote et de potassium ainsi que leur interaction (NxK) sur le comportement de la plante et sur l'évolution des teneurs en N et en K dans le végétal et dans le sol.

1- Paramètres de comportement de la plante

- En général, la culture de la pomme de terre a réagi favorablement à un apport d'azote sur les paramètres de mesure de la partie aérienne au moment de la croissance végétative (nombre de tiges / plant, nombre de feuilles / plant, longueur des tiges).
- Les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative des doses croissante de potassium et de l'interaction (NxK) sur ces paramètres de mesures au moment de croissance végétatif.
- Durant cet essai, il a été enregistré que l'effet des apports d'engrais azotées et potassique ainsi que leur interaction (NxK) sur le comportement de la plante au moment de la tubérisation est positif (poids spécifique des tubercules, calibre des tubercules et le rendement), par l'augmentation de tous ces paramètres à la doses de N0, K0 et le traitement N0K0 à la dose N2, K2 et le traitement N2K2 est ce de suite, une diminution de ces paramètres à la dose N3 , K3 et le traitement N3K3.
- Pour le poids spécifique, on a enregistré une augmentation avec les doses N2 et K2. Le meilleur poids spécifique des tubercules est de 315.28g, obtenue avec le traitement (120unités d'azote/ha et 180 unités de potassium/ha).
- Pour le calibre, les tubercules les plus long sont été enregistré avec le traitement (120 unités d'azote/ha et 180 unités de potassium/ha) avec une moyenne de 10.65 cm
- Pour le diamètre, l'analyse statistique montre un effet significatif entre les différentes doses azotée-potassique. Le diamètre le plus important est de 8.17 cm obtenu avec les doses N2 (120 unités d'azote/ha) et K2 (180 unités de potassium/ha).
- Pour le rendement, l'analyse statistique montre un effet hautement significatif entre les différentes doses azotée-potassique. Le rendement le plus important est enregistré avec les doses N2 (120 unités d'azote/ha) et K2 (180 unités de potassium/ha) avec de 34.02 t/ha

2- L’évolution de la teneur en N et de K dans la plante

Dans le but de suivre l’évolution des teneurs en N et en K du végétal au cours du cycle de développement a trois stades repères ont été pris en considération : croissance végétative, tubérisation et maturité.

- La teneur en azote et en potassium des tubercules augmente de façon significative avec les dosés croissants d’azote et de potassium.
- Les meilleurs teneurs en azote et de potassium des feuilles pendant les différents stades de développement de la plante sont enregistrées au niveau des traitements N3 (240 U N/ha), K3 (270 U K/ha) et 240 U N/ha avec 270 U K/ha pour l’interaction.
- En fonction des stades de développement de la culture, des concentrations élevées de l’azote et de potassium sont enregistrées à différentes doses au stade croissance végétative, puis diminuent avec la croissance de la culture où la plante forme des nouveaux tissus qui entraînent la dilution de l’azote et de potassium dans la partie aérienne pour atteindre des concentrations plus faible au stade maturité.

3- L’évolution de la teneur en N et de K dans le sol

- Les études statistiques montrent un effet significatif des engrais azoté et potassique sur la teneur en N et en K assimilable du sol au cours des différents stades de développement de la plante.
- Quelque soit le stade de développement de la culture, la fertilisation azotée-potassique entraîne un enrichissement du sol en N et en K.
- Au cours du cycle de la culture (croissance végétatif, tubérisation et maturité), la teneur en azote et potassium assimilable présente une diminution, celle-ci due certainement aux prélèvements de ces deux éléments par la plante pour le développement est grossissement des tubercules.

En fin, Les recommandations en azote et en potassium doit être se fait en fonction :

1. De la nature physico-chimique du sol.
2. des précédents culturaux.

II serait donc intéressant de poursuivre les études sur la pomme de terre afin de préciser leurs besoins en azote et en potassium.

Références bibliographiques

REFERANCE BIBLIOGRAPHIQUE

1- ABD EL MONAIM HASSEN., 1999 : Production de pomme de terre**.** Maison. Arabe de l'édition et la distribution. 446 p (en arabe).

2- ABDESSALEM F., 1990 : Contribution a l'étude de trois amendements organiques (fumier de fermes, fientes de volailles, compost urbain).

3- ADISCOTT et MICHELL., 1970: Potassium uptake by potatoes j. agri. Scien, vol 74, p.p 495-500.

4- ANONYME., 1970 : Les cultures maraîchères en Algérie quelques propos sur la pomme de terre, p 102-103.

5- ANONYME., 1979 : La pomme de terre : Maladies et Nématode. C.I.P.D.T. Lima-Pérou. 66p.

6- ANONYME, 1981: Larousse agricole. Librairie Larousse p 874. 1207p.

7- ANONYME., 1982 : Guide pratique du plant de PDT - Institue Technique de Pomme de Terre, 1982.

8- ANONYME., 1993 : Fiches techniques de pomme de terre. Recueil des fiche technique. Août. I.T.D.A.S. Biskra.

9- ANONYME., 1998 : Maladies de la pomme de terre. Edition. I.T.C.F. Paris. 48p.

10- ANONYME., 2005 : Annuaire Statistique da la W d'El-Oued, 2005.

11- ANRH., 2005 : Ministère des Ressources en EAU Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Direction Régionale Sud-Ouargla, Janvier 2005.

12- ARCHER., 1976: Fertilizer requirements of potatoes in the vale of eden. *Expl. Husbandry* 31, 72-79.

13- BABI, HALILAT, 2004 : Contribution à l'étude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (Triticum durum L.Var. SIMETO) sous pivot à Hassi Ben Abdallah (Ouargla). Mémoire d'Ingénieur ; U. Ouargla

14- BAEYENS, 1967 : Nutrition des plantes de culture, 392 p

15- BARTON, 1961 : Effects of cement kiln dust on soi1 and potato crop quari. Soumis pour publication.

16- BENDJAMA O., 1984 : Influence de la fertilisation azotée sur l'assimilation de l'azote chez une variété de blé tendre (Triticum aestivum L. var. *Anza*). Thèse Magistère Ina. 101p.

17- BELLABACI, CHERFOUH, 2004 : Séminaire sur la pomme de terre El-Oued, 2004 (développement de la culture de pomme de terre dans les régions sahariennes)

18- BERGER et *al*, 1961. Yield, quality and phosphorus uptake of potatoes as influenced by placement and composition of potassium fertilizers. *Am Potato* J 38:272-285.

18-BERGMANN, 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag, New York.

19-BERNARD LH., 1999 : production végétales grandes cultures 2eme édition synthèse Agricoles 321p.

20-BIRCH et *al,* 1967. Field expriment of the fertilizer requirements of maincrop of potatoes. J. Agric. Sci. Camb. 69: 13-24.

21-BISSATI., 1996 : Optimisation de la cryoconservation d'apex de *Solanum phureja* par enrobage-déshydrataion, en présence de saccharose. Etude sur l'effet de différentes substances cryopotectrices. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes 1. France. 107p

22-BLACK et CAIMS, 1958. The effects of varying levels of nitrogen, phosphorus and potassium and manure on the yield and starch content of potatoes. Can. J. Soil Sci. 38 : 1-7.

23-BOUMLIK., 1995 : Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaire. Ben Aknoun. (Alger) p80.

24-CARPENTER, **1957**: Mineral accumulation in potato plants Maine Agric. Exp. Stn. Bull. 562.

25-CARPENTER ET MURPHY., 1965. Effects of accumulated fertilizer nutrients in a Maine soi1 upon the yield, quality and nutrient content of potato plants. Maine Agr. Exp. Sta. Bull. 634.

26-CARPENTER et *al*; 1965. Effects of accumulated fertilizer nutrients in a Maine soil upon the yield, quality and nutrient content of potato plants. *Maine Agric Exp Stn Bull* 634.

27-CHAMBERLAND et SCOTT., 1968. Nitrogen, phosphorus and potassium experiments with potatoes in the lower St. Lawrence region of Quebec. American Potato Journal. 115:93-102.

28-CHAMBERLAND ET CAMPAGNA., 1969. Effet de différentes doses de N, P et K sur le rendement et la qualité de la pomme de terre. Can. J. Soi1 Sci. 49: 247-256.

29-CHANG *et a1* 1984., Fertilizer injury to potatoes as affected by fertilizer source, rate and placement. Am. Pot. J. 61: 591- 597.

30-CHAPMEN et *al*, **1992.,** Potassium nutrition of Kennebec and Russet Bursank potatoes in Tasmania: Effect of soil and fertilizer potassium on yield, petrole and tuber potassium concentrations, and tuber quality. *Australian J Exp Agric* 32:521-527.

31-CLARKSON ET HANSON 1980., The mineral nutrition of higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 31: 239-298.

32-COMIFER., 1993 : Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et

potassique des grandes cultures, 28 p +annexes.

33-COTTIGNER X., 1977 : Potasse et agriculture. Société commerciale des potasse et de l'azote Mulhouse, p 24.

34-CPVQ., 1996 : Grilles de référence en fertilisation. Agdex 540.2' édition. 91 pages. Québec.

35-CURWEN., 1992 : Influence of potassium and nitrogen management on potato tuber dry matter and bruising.

36-DAHNKE ET NELSON., 1993. Soils and fertilizer, pp 29-34. In. Bissonnette, H.L., *et al.*, (Eds) Potato production and pest management in North Dakota and Minnesota. Minnesota Ext Serv Bull 26. Univ of Minnesota, St. Paul, MN.

37-DARPOUX R., 1967 : Les plantes sarclées Paris : maison rustiques, 399 p

38-DUBETZ ET BOLE., 1975: Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium fertiiiien on yield components and specific gravity of potatoes. Am. Pot. J. 52: 399-405.

39-DUBIEF., 1964: Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium fertiiiien on yield components and specific gravity of potatoes. Am. Pot. J. 52: 399-405.

40-DUVERNAY et PERRICHON., 1975 : Fertilisation requirements for. Potato. Prouction technicol. Information. Bullentin. 14 edit. C.I.P. lima.

41-EASTWOOD et WAHS., 2000 : The effect of potash fertilization upon potato chipping quality (III - Chip color). Am. Pot. J. 33 : 255-257.

42-EGUEDAN, 2007 : Engrais potassiques, page Internet web\Engrais potassiques.htm (Le Jardinier Provençal) 2007.

43-EKEBERG., 1972. Fertilization experiments with n, P and K for potatoes in Hedmark and Oppland. *For skning og Forsok: Landbruket* 23,3,181-201.

44-ELMAR, ALFRED et WALFGANG, 1988 : La fertilisation de la pomme de terre : quelques exemples en provenance des pays tropicaux et subtropicaux, in informations agricoles N°1 Ludwigs, R.F.A

45-ERTS et *al* 1982. Effect of rate and time of fertilization on nitrogen and yield of Russet Burbank potatoes under center pivot irrigation. Am. Pot. J. **59: 77-86.**

46-ERTS et MCDOLE., 1985. Potassium Nutrition of Potatoes. In: Potassium in Agriculture (Ed: R.S. Munson). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 800-818.

47-EWING., 1997 : Potato. In: The Physiology of Vegetable Crops (Ed.: H.C. Wien). CAB International, UK. pp. 295-344.

48-FAGERIA ET *al.*, 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 2 nd Edition. Marcel Dekker Inc., New York.

49- FEKKAR, 1988 : Effet de différentes classes d'engrais sur le comportement et rendement de la pomme de terre variété ostara.

50- FENGHOURO O., 2000 : Contribution à l'étude de la fertilisation minérale (N.P.K) de la pomme de terre (

51- GIROUX M., 1982. Effet de la fertilisation potassique sur le rendement de la pomme de terre en relation avec l'analyse de sol. ***Cm.*** J. son Sci. 62: 259-266.

52- GIROUX M., 1984 : Effets d'application d'urée au sol et au feuillage sur le rendement, le poids spécifque et la nutrition azotée de la pomme de terre. Naturaliste can. 11 1: 157-166.

53- GIROUX M et *al*, 1984. Effet de la fertilisation phosphatée sur la pomme de terre en relation avec l'analyse du sol et la source de phosphore utilisée. Can. J. Soi1 Sci. 64: 369-381.

54- GIROUX M., 1988. La pollution diffuse par les nitrates. Agrosol l (1) : 35-39.

55- GIROUX M., 1993 : Rôle et gestion des fertilisants: azote, phosphore et potassium en relation avec le rendement et la qualité de la pomme de terre. p. 57-76. Dans: Colloque sur la pomme de terre: une pomme de terre au coeur sensible. CPVQ. Québec.

56- GREWAL et *al* 1991b. Phosphorus and potassium nutrition of potato. Technical Bulletin No. 31. Central Potato Research Institute, Shimla, India.

57- GUNASEMA ET HARRIS,1969. The effect of CCC and nitrogen on the growth and yleld of the second early potato variety Craig's Royal. J. Agric. Sci. Camb. 73: 245- 299.

58- GUNASENA ET HARRIS, 1971. the effect of CCC, nitrogen and potassium on the growth and yield of two varieties of potatoes. J. Agric. Sci. Camb. 76,33-52.

59- HAEDER., 1973: The effect of potassium on translocation of photosynthates and yiel pattenr of potato plants. J. Sci Fd. Agric. 1479-1487

60- HALILAT M.T., 1993: Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire de magister. I.N.E.S. Batna. 130 p

61- HALILAT M.T. et DOGAR M.A., 1999: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le comportement du blé en zones Sahariennes. Annales INA, El Harrach. 1-2 (20), 18-28p

62- HALILAT, DOGAR et BADRAOUI., 2000: Effet de l'azote, du potassium et de leur interaction sur la nutrition du blé sur sol sableux du désert algérien. Homme, Terre et Eau. ANAFID; Maroc. 115 (30), 32-39p

63- HARRIS., 1978: Minerai nutrition. p.195-243. Dans: Roberts, E.H. (Ed.) The potato crop. London Chapman et Hall. New York.

64- HERERT Dj, in CROSNIER J.C, 1975 : Techniques agricoles encyclopédie Permanents Paris Ed. Technique

65- HERLIHY, 1989. Effect of potassium on sugar accumulation in storage tissue. In: Proceedings of the IPI 21 st Colloquium on: Methods of K Research in Plants, held at Louvain-la-Neuve, Belgium, 19-21 June 1989. International Potash Institute, Bern, Switzerland. pp. 259-270.

64-INUINOR. C 1970 : Production and chemical composition of potatoes related to placement and rate of nitrogen. Am. Pot. J. 48: **1-15.**

65-ISNART H., 1972 : Rapport d'homologation des variétés de pomme de terre I.T.C.M.I staoueli.

66-I T P T, 1985 : (Nouvelles technique en agronomie PDT.La fumure de la pomme de terre – fiche D'information - N° 32, 1985)

67-JACKSON et MCBRIDE., 1986. Yield and quality of potatoes improved with potassium and chloride fertilization. In: Special Bulletin on Chloride and Crop Production No. 2. (Ed.: T. L. Jackson). Potash & Phosphate Institute, Atlanta, Georgia. pp. 73-83.

68-JAMES et *al,* 1970. Chloride uptake by potatoes and the effects of potassium chloride, nitrogen and phosphorus fertilization. *Soil Sci* 109:48-52.

69-JOEM et VITOSH., 1995b. Influence of applied nitrogen on potato part II: Recovery and parüüoning of applied nitrogen. Am. Pot. J. 72: 73-84.

70-KAFKAFI., 1990: The functions of plant K in overcoming environmental stress situations. In: Proceedings of the IPI 22nd Colloquium on: Development of K Fertilizer Recommendations, held at Soligorsk, USSR, 18-23 June 1990. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

71-KEMMLER et KRAUSS., 1989. Potassium and stress tolerance. In: Proceedings of the Workshop on: The Role of Potassium in Improving. Fertilizer Use Efficiency, held at Islamabad, Pakistan, 21-22 March, 1987. National Fertilizer Development Center, Islamabad, Pakistan. pp. 187-202.

72-KENNETH S., 1966 : Plants de pomme de terre, sources d'approvisionnement et traitement edit. I.C.N.P.D.T la haye.

73-KHEINE BACHIR, 1987 : Etude d'une technique de contrôle de l'alimentation minérale de la pomme de terre (solanum tuberosum) THESE ING. I.N.A El Harrache, p.p 56.

74-KIRALY., 1970. IPI Research Topics N 3/ Potassium and Plant Health 1977.

75-KIRALY., 1976. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: Proceedings of the IPI 12 th Colloquium on: Fertilizer Use and Plant Health, held at Izmir, Turkey, 1976. International Potash Institute, Bern, Switzerland. pp. 33-46.

76-KLEINKOPF G.E., 1983: Potato in crop-Water relation. TEARE ID : 287-305.

77-KLEINKOPF et WESTERMANN., 1986 : Scheduling nitrogen applications for Russet Burbank potatoes. Coop Ext. Ser. Agr. Exp. Sta. C.I.S. no. **637.**

78-KOFER, 1958 : Les besoins du secteur de la croustille. p. 33 à 46. Dans: Cahier des conférences du colloque sur la pomme de terre - Mieux penser sa production en fonction de son marché. CPVQ. Québec.

79-KUNKEL et HOLSTAD., 1972 : Potato chip color, specific gravity and ferülization of potatoes with N-P-K. Am. Pot. J. **49: 43-62.**

80-KLEINKOPF *et al*, 1981**.** Dry matter production and nitrogen utilkation by six potato cultivars. Agron. J. **799- 802.**

81-LAUGHLIN., 1971 : Production and chemical composition of potatoes related to placement and rate of nitrogen. Am. Pot. J. 48: **1-15.**

82-LINDHAUER., 1985. The role of potassium in the plant with emphasis on stress conditions (water, temperature, salinity). In: Proceedings of the Potassium Symposium. Pretoria, October 1985. Department of Agriculture and Water Supply, International Potash Institute and Fertilizer Society of South Africa. pp. 95-113.

83-LOCACIO et *al*, 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida: 1. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentrations. *Am Potato* J 69:95-104.

84-LORENZ et VITTUM. 1980. Phosphorus nutrition of vegetable crops and sugar beets. Dans : The role of phosphorus in agriculture. (Ed.) Khasawneh, F.E. ASA. CSSA et SSSA. Madison, Wisconsin. p. **737-762.**

85-LOUE A, 1977 : fertilisation et nutrition minérale de la pomme de terre Mulhouse : S.C.P.A (direction technique) p147.

86-MACLEAN., 1983. Sources of feftilizer nitrogen and phosphorus for potatoes in Atlantic Canada. Am. Pot. J. 60: 913 -918.

87-MACLEAN., 1984. Time of application of ferüliuer nitrogen for potatoes in Atlantic Canada. Am. Pot. J. 61: 23-29.

88-MADEC et PERENNEC en 1962: Les relations entre l'induction de la tuberisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann. Physio. Veg pp 05-83.

89-MADEC P, 1966 : Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Bull. soc. Fr. Plysio. Veg (12) .pp 159-173.

90-M.A.D.R, 2006 : Minestaire d'agriculture, Direction de statistique de système d'information (D.S.A). Minestaire d'Agriculture et Développement Rural.

91-MARSCHNER., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 nd Ed. Academic Press,
London.

92-MARTIN-PREVEL, 1989. Physiological processes related to handling and storage quality of crops. In: Proceedings of the 21 st IPI Colloquium on: Methods of K Research in Plants, held at Louvain-la-Neuve, Belgium, 19-21 June 1989. International Potash Institute, Bern, Switzerland. pp. 219-248.

93-MCCOLLUM., 1978. Analysis of potato growth under differing P regimes (II. Time by P-status interactions for growth and leaf efficiency). Agron. J. 70: 58-67.

94-MCDOLE., 1978. Potassium fertilizer trials with potatoes on coarse-textured soils in southeastern Idaho. *Am Potato* J 55:161-170.

95-MCDOLE et *al*., 1987: Potassium fertilizer trials with potatoes on coarse textured soi1 in southern Idaho. Am. Pot. J. 55: 161-170.

96-MEKLICHE A., 1983 : Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans la haut chélif. Mémoire de magister. I.N.A. Alger. 81 p

97-MENGEL et KIRKBY., 1987. Principles of Plant Nutrition. 4 th Edition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

98-MENGEL, 1997. Impact of potassium on crop yield and quality with regard to economical and ecological aspects. In: Proceedings of the IPI Regional Workshop on: Food Security in the WANA Region, the Essential Need for Balanced Fertilization, held at Bornova, Izmir, Turkey, 26-30 May 1997. International Potash Institute, Bern, Switzerland. pp. 157-174.

99-MILK HORPE .F.L, 1966: The growth of the potato in 3eme conference tri-annuelle de E.T.c.M.I p.p 22

100-MILLER et al., 1970. Ammonium effects on phosphorus absorption through pH changes and phosphorus precipitaüon at the soil-root interface. Agron. J. 62: 524- 527.

101-MOULE C, 1972 : Plantes sarclées et déverses. J-B. Balliére et Fils, Editeur, Paris. 246 p.

102-MURPHY et CROVEN., 1959 : Factors affecting the specific gravity of the white potato in Maine. Maine agric. Exp. Stn. Bull. 583.

103-NAJAH, 1971 : Le Souf des oasis. Edition Maison De livre. Alger. 174 p.

104-NEETESON ET ZWETSLOOT., 1989: The nitrogen response of potato in the field: Nitrogen and yield, h a ~ e s t index and nitrogen concentration. Potato Research 40: 237-248.

105-NELSON., 1970., Effect of planting date, spacing and potassium on hollow heart in Norgold Russet potatoes. Am. Potato J. 47: 130-135.

106-d'Ojala *et al*, 1990. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Am. Pot. J. 67: 29-43.

107-O.N.M.d'EL-Oued., 2007 : Office rationale de météorologie de la région du Souf.

108-O.N.R.G.M., 1999 : Livret des substances utiles non métallique de l'Algérie

109-PERENNEC P et MADEC P., 1980 : Age physiologique du plant de pomme de terre. Incidence sur la germination et répercussion sur le comportement des plantes. Potato Res., 23,183-199.

110-PERRENOUD., 1993. Fertilizing for High Yield Potato. IPI Bulletin 8. 2nd Edition. International Potash Institute, Basel, Switzerland.

111-PORTER et SISSON., 1993. Yield, market quality and petiole nitrate concentration of non-irriaated Russet Burbank and Shepody potatoes in response to sidedressed nitmgen. Am. Pot J. **70: 101-i15.**

112-REUST W., 1986 : Essais de fumure azotée sur différentes nouvelles variétés de pommes de terre de consommation, industrielle et fourragères. Revue suisse Agric. 18(2): 81 - 85.

113-RT et *al*, **1984.** " Slow release" nitrogen evaluations and phosphorus and potassium requirements for potatoes on sandy soil. College of Agric and Home Econ Res Ctr Bull XB0943. Washington State Univ, Pullman, WA.

114-RTS et *al*, **1991.,** Potato uptake recovery of nitrogen-15 enriched ammonium nitrate from periodic applications. Agron. J. 83: **378-381.**

115-PPERS., 1968. The influence of rates of nitrogen and potassium application on the yield and specific gravity of four potato varieties. *European Potato* J 11:23-33.

116-SMITH., 1987. Effect of cultural and environmental conditions on potatoes for procesçing. p **73-146.** Dans: Talburt, W.F. et O. Smith (ed.). Potato processing (fourth edition). Van Nostrand Reinhold Company, New-yok

117-SINGH et TREHAN., 1998. Balanced fertilization to increase the yield of potato. In: Proceedings of the IPI-PRII-PAU Workshop on: Balanced Fertilization in Punjab Agriculture, held at Punjab Agricultural University, Ludhiana, India, 15-16 December 1997. pp. 129-139.

118-SOLTANPOUR., 1969b: Accumulation of dry matter and N, P, **K,** by Russet Burbank, Oromonte and Red McClure potatoes. Am. Pot. J. **46: 11 1-1 19.**

119-SOLTANPOUR., 1969a. Effect of nitrogen, phosphorus and zinc placement on yield and composition of potatoes. Agron. J. **61: 288- 289.**

120-SOLTNER., 1979 : Les grandes production végétales phytotechnie spéciale. 10^{émé}. Edition. 427 p.

121-SOLTNER, 1988 : Les grandes productions végétales la pomme de terre Tomme II col. scien et tech Agri, p.p 240-247.

122-SOLTNER, 2003 : Les bases de la production végétales Ed. Coll. Scien. Tech. Agri. 16eme Ed.566 p.

123-TERMAN et *al*, **1951.** Rate, placement and source of nitrosen for potatoes in Maine. The Maine Agric. Exp. Sta. Bull. **490.**

124-TERMAN et *al.*, 1952. Rate, placement, and source of phophorus ferülizers for potatoes in Maine. The Maine Agric. Exp. Sta. Bull. 506.

125-TERMAN et *al*. 1953. Relation of soil and fertilizer potassium to dry matter content and yield of potatoes. *Soil Sci* 75:449-458

126-TIMM et *al.*, **1963:** Growth, yield, and quality of white rose potatoes as affected by plant population and level of nitrogen. Am. Pot. J. 40: 182-192.

127-TINDALL. et WESTEMANN., 1995: Potatoes and potassium for irrigated southern Idaho soils Better Crops 4: 8-11.

128-TISDALE et NELSON., 1975. Soil and fertiiiier phosphorus. p. 189- 242. Dans Tisdale et Nelson (ed.). Soil fertility and fertilizers. 3rd editions. Macmillan publishing Co., Inc. New-York

129-TRAN et GIROUX., 1991 : Fertilisation azotée **(15N)** de la pomme de terre de primeur (solarium tuberosum **L)** selon les dates de récoltes. Agrosol IV(1): 20-29.

130-TYLER., 1983. Efficiency of nitrogen uptake by potatoes. Am. Pot. J. 60: 261-269.

131-USHERWOOD., 1985. The role of potassium in crop quality. In: Potassium in Agriculture (Ed: R.S. Munson). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 489-513.

132-VARIS., 1973. The effects of increasing NPK rates on the yield and quality of the Pita Potato.I. Tuber yield, starch content and starch yield. *Acta Agralia Fennica* 128, 1, 20 p.

133-WARD., 1959 : Potassium in plant metabolism (II). Can. J. Plant Sci. 39: 246-252.

134-WESTERMANN et KLEINKOPF., 1985 : Nitrogen requirements of potatoes. Agron. J. ***77:*** 61 6-621.

135-WESTERMANN et *al*, **1988**. Nitrogen fertilizer eificiencies on potatoes. Am. Pot J. 65: 377-386.

136-WESTENNANN., 1993. Ferülity management p. ïï-86. Dans: Potato health management Rowe, R.C. (Ed.). P.A.A., A.P.S. Minnesota, U.S.A.

137-WESTERMANN *et* al, 1994b. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. *Am Potato* J 71:417-432.

138-YAHIA-MESSAOUD., 1992 : Aptitude a la microtuberisation et à la collogenese "in Vitro" de la variété de pomme de terre " DIAMANT". Mémoire d'Ingénieur agronome, I.N.A. (Alger). 83 p.

139-YUNGEN et *al*, 1958: The influence of fertilizer treatments on the yield, grade and specific gravity of potatoes in Eastern Oregon. American Potato Journal. 35: 386-395.

Photo N° 02 : Système d'irrigation sous pivot avec fabrication local

Photo N° 03 : Les plantes de pomme de terre en pleine croissance

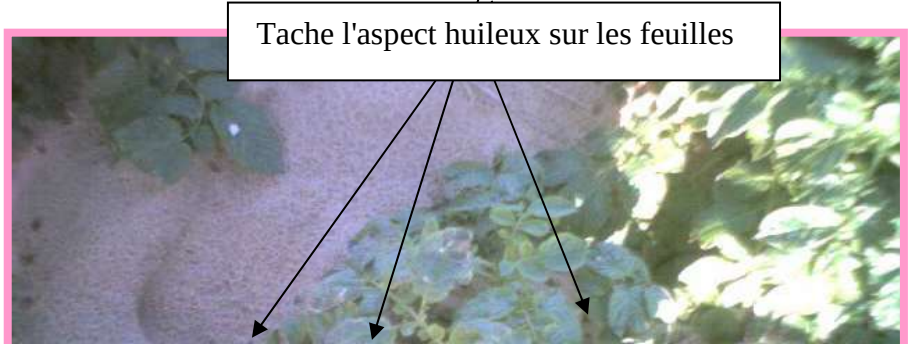


Photo N° 04 : apparition de maladie de mildiou sur les feuilles

Photo N° 05 : Dessèchement des plantes de pomme de terre

Photo N° 06 : La récolte manuelle de production des déférentes parcelles expérimentales

Houidi et Ahmadi 2007

Photo N° 08 : La remplissage de production et mesure le rendement pour chaque parcelle

ANNEXE 1

Tableau N°01. La datte de différentes opérations culturales

Stade de développement	L'opération	Date d'opération
Croissance végétative	Travail du sol 1- nivelage du sol **2-** laboure du sol	 02/10/2006 10/10/2006
	La plantation	10/10/2006
	Fertilisation 1- l'Azote 1ere apport 2eme apport	 22/11/2006 30/11/2006
Tubérisation	2- Le potassium 1ere apport	11/12/2006
	Traitement phytosanitaire	15/12/2006
	2eme apport de potassium	03/01/2007
Maturation	Récolte	29/03/2007

Tableau N°02. La valeur nutritionnelle de la pomme de terre crue (avec peau)

Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g	
Eau	**77 g**
Valeur calorique	**70 kcal**
Protides	**2 g**
Glucides	**19 g**
Lipides	**0,1 g**
Provitamine A	**5 mg**
Vitamine B1	**0,11 mg**
Vitamine B2	**0,04 mg**
Vitamine B6	**0,25 mg**
Vitamine C	**19,5 mg**
Vitamine PP	**1,2 mg**
Fer	**1,8 mg**
Calcium	**9 mg**
Magnésium	**10 mg**
Phosphore	**26 mg**
Potassium	**255 mg**
Sodium	**2,4 mg**
Fibres	**1,4 g**

Source de : page web\Pomme de terre - Wikipédia.fr

ANNEXE 2

Tableau N°01. Le nombre des tiges par plant

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	7.39062	2.46354	1.4524 ns	BSMB = 1.04064
Trea-a(Ta)	3	136.70312	45.56771	26.8649 **	SMD-a = 1.04064
Error-a	9	15.26562	1.69618		SMD-b = 0.85363
Parcels	15	159.35938			OA = 10.35938
Trea-b(Tb)	3	0.64062	0.21354	0.1505 ns	VC%-a = 12.57195
Int. TaxTb	9	25.14062	2.79340	1.9682 ns	VC%-b = 11.50003
Error-b	36	51.09375	1.41927		
Total	63	236.23438			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 1.4524 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 26.8649 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(5%) = .0712 F = .1505 p > .10000
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.9682 p = .07281

Tableau N°02. Le nombre des feuilles par plant

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	3793.62500	1264.54167	3.7726 ns	BSMB = 14.62891
Trea-a(Ta)	3	33189.37500	11063.12500	33.0051 **	SMD-a = 14.62891
Error-a	9	3016.75000	335.19444		SMD-b = 9.12557
Parcels	15	39999.75000			OA = 116.93750
Trea-b(Tb)	3	932.62500	310.87500	1.9166 ns	VC%-a = 15.65650
Int. TaxTb	9	6150.25000	683.36111	4.2131 **	VC%-b = 10.89103
Error-b	36	5839.12500	162.19792		
Total	63	52921.75000			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 3.7726 p = .05286
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 33.0051 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(5%) = 2.8663 F = 1.9166 p > .10000
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 4.2131 p < .00100

Tableau N°03. La longueur des tiges

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	41.04688	13.68229	4.3954 *	BSMB = 1.40975
Trea-a(Ta)	3	605.92188	201.97396	64.8840 **	SMD-a = 1.40975
Error-a	9	28.01562	3.11285		SMD-b = 1.35736
Parcels	15	674.98438			OA = 14.64062
Trea-b(Tb)	3	12.67188	4.22396	1.1771 ns	VC%-a = 12.05089
Int. TaxTb	9	67.89062	7.54340	2.1021 ns	VC%-b = 12.93896
Error-b	36	129.18750	3.58854		
Total	63	884.73438			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 4.3954 p = .03643
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 64.884 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(5%) = 2.8663 F = 1.1771 p > .10000
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 2.1021 p = .05543

Tableau N°04. Poids spécifique des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	1396.53768	465.51256	1.8175 ns	SMD B = 12.78782
Trea-a(Ta)	3	93167.77002	31055.92334	121.2491 **	
Error-a	9	2305.19853	256.13317		SMD-a = 12.78782
Parcels	15	96869.50622			SMD-b = 18.45695
Trea-b(Tb)	3	166825.22225	55608.40742	83.8099 **	
Int. TaxTb	9	59010.37000	6556.70778	9.8819 **	
Error-b	36	23886.24162	663.50671		OA = 160.43984
Total	63	346591.34010			VC%-a = 9.97518
					VC%-b = 16.05500

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 1.8175 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 121.2491 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 83.8099 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 9.8819 p < .00100

Tableau N°05. La longueur des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					BSMB = 1.19489
Blocks	3	2.16195	0.72065	0.3223 ns	SMD-a = 1.19489
Trea-a(Ta)	3	119.38493	39.79498	17.7949 **	SMD-b = 1.12365
Error-a	9	20.12678	2.23631		
Parcels	15	141.67366			OA = 8.63703
					VC%-a = 17.31416
Trea-b(Tb)	3	21.41277	7.13759	2.9024 *	VC%-b = 18.15638
Int. TaxTb	9	127.21496	14.13500	5.7479 **	
Error-b	36	88.52994	2.45917		
Total	63	378.83134			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = .0691 F = .3223 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 17.7949 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(5%) = 2.8663 F = 2.9024 p = .04805
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 5.7479 p < .00100

Tableau N°06. Le diamètre des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					BSMB = 0.73984
Blocks	3	9.23213	3.07738	3.5894 ns	SMD-a = 0.73984
Trea-a(Ta)	3	22.18273	7.39424	8.6246 **	
Error-a	9	7.71608	0.85734		
					SMD-b = 0.75142
Parcels	15	39.13094			OA = 6.19781
					VC%-a = 14.93959
Trea-b(Tb)	3	13.50382	4.50127	4.0930 *	VC%-b = 16.9202
Int. TaxTb	9	8.58739	0.95415	0.8676 ns	
Error-b	36	39.59054	1.09974		
Total	63	100.81269			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 3.5894 p = .05932
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 8.6246 p = .00518
DF: 3, 36 F-krit(5%) = 2.8663 F = 4.093 p = .01342
DF: 9, 36 F-krit(5%) = .2838 F = .8676 p > .10000

Tableau N°07. Le rendement total

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					BSMB = 4.35914
Blocks	3	146.85547	48.95182	1.6447 ns	SMD-a = 4.35914
Trea-a(Ta)	3	1481.09047	493.69682	16.5876 **	SMD-b = 1.43975
Error-a	9	267.86641	29.76293		
Parcels	15	1895.81234			OA = 24.84844
					VC%-a = 21.95527
Trea-b(Tb)	3	174.36297	58.12099	14.3957 **	VC%-b = 8.08631
Int. TaxTb	9	59.37891	6.59766	1.6341 ns	
Error-b	36	145.34562	4.03738		
Total	63	2274.89984			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 1.6447 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 16.5876 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 14.3957 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.6341 p > .10000

Tableau N°08.Teneur en azote des feuilles au stade de croissance végétative

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					SMD = 0.28395
Blocks	3	0.84315	0.28105	2.2254 ns	
Trea-a(Ta)	3	11.42994	3.80998	30.1684 **	SMD-a = 0.28395
Error-a	9	1.13661	0.12629		
					SMD-b = 0.29282
Parcels	15	13.40971			
Trea-b(Tb)	3	1.13935	0.37978	2.2741 ns	
Int. TaxTb	9	1.43086	0.15898	0.9520 ns	
Error-b	36	6.01206	0.16700		OA = 2.05547
					VC%-a = 17.28918
Total	63	21.99199			VC%-b = 19.88151

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 2.2254 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 30.1684 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(5%) = 2.8663 F = 2.2741 p = .09653
DF: 9, 36 F-krit(5%) = .2838 F = .952 p > .10000

Tableau N°09. Teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					SMD B= 0.19684
Blocks	3	0.40244	0.13415	2.2103 ns	
Trea-a(Ta)	3	23.21048	7.73682	127.4805 **	SMD-a = 0.19684
Error-a	9	0.54621	0.06069		
					SMD-b = 0.09869
Parcels	15	24.15912			
Trea-b(Tb)	3	1.51425	0.50475	26.6086 **	
Int. TaxTb	9	0.34310	0.03812	2.0097 ns	
Error-b	36	0.68290	0.01897		OA = 1.91562
					VC%-a = 12.86024
Total	63	26.69938			VC%-b = 7.18980

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 2.2103 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 127.4805 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 26.6086 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 2.0097 p = .06692

Tableau N°10. Teneur en azote des feuilles au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					SMD B= 0.14695
Blocks	3	0.28224	0.09408	2.7816 ns	
Trea-a(Ta)	3	5.45766	1.81922	53.7877 **	SMD-a = 0.14695
Error-a	9	0.30440	0.03382		
					SMD-b = 0.03829
Parcels	15	6.04430			
Trea-b(Tb)	3	0.52385	0.17462	61.1424 **	
Int. TaxTb	9	0.28544	0.03172	11.1052 **	
Error-b	36	0.10281	0.00286		OA = 1.18500
					VC%-a = 15.51968
Total	63	6.95640			VC%-b = 4.50976

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 2.7816 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 53.7877 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 61.1424 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 11.1052 p < .00100

Tableau N°11. Teneur en azote des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					SMD B= 0.26801
Blocks	3	1.35913	0.45304	4.0267 *	
Trea-a(Ta)	3	2.64899	0.88300	7.8483 **	SMD-a = 0.26801
Error-a	9	1.01258	0.11251		
					SMD-b = 0.05571
Parcels	15	5.02070			
Trea-b(Tb)	3	0.24594	0.08198	13.5618 **	
Int. TaxTb	9	0.20201	0.02245	3.7132 **	OA = 0.83641
Error-b	36	0.21762	0.00604		VC%-a = 40.10287
					VC%-b = 9.29565
Total	63	5.68627			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 4.0267 p = .04525
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 7.8483 p = .007
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 13.5618 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 3.7132 p = .00224

Tableau N°12.Teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					BSMB = 0.42385
Blocks	3	16.14241	5.38080	19.1225 **	SMD-a = 0.42385
Trea-a(Ta)	3	7.82996	2.60999	9.2755 **	SMD-b = 0.21776
Error-a	9	2.53248	0.28139		
Parcels	15	26.50485			OA = 2.54375
					VC%-a = 20.85340
Trea-b(Tb)	3	36.00311	12.00104	129.9414 **	VC%-b = 11.94706
Int. TaxTb	9	1.22388	0.13599	1.4724 ns	
Error-b	36	3.32486	0.09236		
Total	63	67.05670			

DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 19.1225 p < .00100
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 9.2755 p = .00408
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 129.9414 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.4724 p > .10000

Tableau N°13. Teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F		
Blocks	3	17.26890	5.75630	14.4447 **	BSMB =	0.50441
Trea-a(Ta)	3	41.83625	13.94542	34.9943 **	SMD-a =	0.50441
Error-a	9	3.58655	0.39851		SMD-b =	0.19280
Parcels	15	62.69171			OA =	3.79297
					VC%-a =	16.64325
Trea-b(Tb)	3	53.76062	17.92021	247.5149 **	VC%-b =	7.09401
Int. TaxTb	9	5.76319	0.64035	8.8446 **		
Error-b	36	2.60642	0.07240			
Total	63	124.82194				

DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 14.4447 p < .00100
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 34.9943 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 247.5149 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 8.8446 p < .

Tableau N°14. Teneur en potassium des feuilles au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F		
					BSMD =	0.30507
Blocks	3	9.16969	3.05656	20.9681 **	SMD-a =	0.30507
Trea-a(Ta)	3	6.29481	2.09827	14.3942 **	SMD-b =	0.22069
Error-a	9	1.31195	0.14577			
Parcels	15	16.77645			OA =	1.93250
					VC%-a =	19.7568
					VC%-b =	15.93757
Trea-b(Tb)	3	15.44236	5.14745	54.2637 **		
Int. TaxTb	9	1.39003	0.15445	1.6282 ns		
Error-b	36	3.41496	0.09486			
Total	63	37.02380				

DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 20.9681 p < .00100
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 14.3942 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 54.2637 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.6282 p > .10000

Tableau N°15. Teneur en potassium des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					BSMB = 0.24226
Blocks	3	0.73429	0.24476	2.6626 ns	SMD-a = 0.2422
Trea-a(Ta)	3	3.36991	1.12330	12.2198 **	SMD-b = 0.15590
Error-a	9	0.82733	0.09193		
Parcels	15	4.93152			OA = 2.46812
					VC%-a = 12.28428
Trea-b(Tb)	3	15.65696	5.21899	110.2514 **	VC%-b = 8.81524
Int. TaxTb	9	0.97455	0.10828	2.2875 *	
Error-b	36	1.70414	0.04734		
Total	63	23.26717			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 2.6626 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 12.2198 p = .00159
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 110.2514 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 2.2875 p = .03796

Tableau N°16. Teneur en azote assimilable dans le sol au stade de croissance végétative

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	1183.84042	394.61347	3.5962 ns	SMD B= 8.37004
Trea-a(Ta)	3	7659.30492	2553.10164	23.2670 **	
Error-a	9	987.57702	109.73078		SMD-a = 8.37004
Parcels	15	9830.72237			SMD-b = 7.76523
Trea-b (Tb)	3	539.16242	179.72081	1.5303 ns	
Int. TaxTb	9	616.93003	68.54778	0.5837 ns	OA = 37.95188
Error-b	36	4228.01535	117.44487		VC%-a = 27.60139
					VC%-b = 28.55511
Total	63	15214.83018			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 3.5962 p = .05906
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 23.267 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(5%) = 2.8663 F = 1.5303 p > .10000
DF: 9, 36 F-krit(5%) = .2838 F = .5837 p > .10000

Tableau N°17. Teneur en azote assimilable dans le sol au stade de tubérisation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	895.13996	298.37999	18.7342 **	SMD B= 3.18882
Trea-a(Ta)	3	2644.01766	881.33922	55.3362 **	
Error-a	9	143.34287	15.92699		SMD-a = 3.18882
Parcels	15	3682.50050			SMD-b = 1.35396
Trea-b(Tb)	3	182.12131	60.70710	17.0020 **	
Int. TaxTb	9	17.43412	1.93712	0.5425 ns	OA = 23.52875
Error-b	36	128.54116	3.57059		VC%-a =16.96164
Total	63	4010.59710			VC%-b = 8.03103

DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 18.7342 p < .00100
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 55.3362 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 17.002 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = .2838 F = .5425 p > .10000

Tableau N°18. Teneur en azote dans le sol au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	9.76266	3.25422	0.7865 ns	BSMB = 1.62532 SMD-a = 1.62532 SMD-b = 0.39824
Trea-a(Ta)	3	816.18813	272.06271	65.7531 **	
Error-a	9	37.23879	4.13764		
Parcels	15	863.18958			OA = 14.59062
Trea-b(Tb)	3	26.95521	8.98507	29.0872 **	VC%-a = 13.94128 VC%-b = 3.80922
Int. TaxTb	9	2.99914	0.33324	1.0788 ns	
Error-b	36	11.12045	0.30890		
Total	63	904.26438			

DF: 3, 9 F-krit(5%) = .0691 F = .7865 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 65.7531 p < .00100
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 29.0872 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.0788 p > .10000

Tableau N°19. Teneur en potassium dans le sol au stade de croissance végétative

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
					SMD-a = 7.54913
Trea-a(Ta)	3	2808.84124	936.28041	9.7597 **	SMD-b = 5.58976
Error-a	12	1151.20406	95.93367		
Parcels	15	3960.04530			OA = 46.00375
					VC%-a = 21.29082
Trea-b(Tb)	3	24893.97706	8297.99235	136.3521 **	VC%-b = 16.95752
Int. TaxTb	9	1962.81530	218.09059	3.5837 **	
Error-b	36	2190.85584	60.85711		
Total	63	33007.69350			

DF: 3, 12 F-krit(1%) = 5.9525 F = 9.7597 p = .00153
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 136.3521 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(1%) = 2.9461 F = 3.5837 p = .0028

Tableau N°20. Teneur en potassium dans le sol au stade de tubérisation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	3.60216	1.20072	1.2307 ns	
Trea-a(Ta)	3	37.68194	12.56065	12.8742 **	BSMB = 0.78924
Error-a	9	8.78082	0.97565		SMD-a = 0.78924
Parcels	15	50.06492			SMD-b = 1.04514
Trea-b(Tb)	3	1423.12156	474.37385	222.9683 **	
Int. TaxTb	9	24.73448	2.74828	1.2918 ns	
Error-b	36	76.59141	2.12754		
Total	63	1574.51238			OA = 13.89688
					VC%-b = 10.49595
					VC%-b = 10.49595

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 1.2307 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(1%) = 6.9919 F = 12.8742 p = .00132
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 222.9683 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.2918 p > .10000

Tableau N°21. Teneur en potassium dans le sol au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F		
Blocks	3	10.90706	3.63569	1.5899 ns		
Trea-a(Ta)	3	39.97143	13.32381	5.8265 *	BSMD =	1.20830
Error-a	9	20.58101	2.28678		SMD-a =	1.20830
Parcels	15	71.45949			SMD-b =	1.10106
Trea-b(Tb)	3	1283.05391	427.68464	181.1231 **		
Int. TaxTb	9	30.16936	3.35215	1.4196 ns		
Error-b	36	85.00654	2.36129			
Total	63	1469.68929	OA =		10.20781	
					VC%-a =	14.81424
					VC%-b =	15.05366

DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 1.5899 p > .10000
DF: 3, 9 F-krit(5%) = 3.8625 F = 5.8265 p = .01709
DF: 3, 36 F-krit(1%) = 4.3771 F = 181.1231 p < .00100
DF: 9, 36 F-krit(5%) = 2.1526 F = 1.4196 p > .10000

** Significative at a level of 1% of probability (p < .01)
* Significative at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)
ns Non-significative (p >= .05)