REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR

DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE

****

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en sciences Agronomiques

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : Production Végétale

THÈME

Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation azotée-potassique sur la culture de pomme de terre (var Spunta) dans la région du Oued Souf

Présenté par :

M^er^ KHEDIR Hamza

M^er^ LETOUFA Saad

Composition du jury :

Président	**: M. CHAABENA A.**	**M.A. Université K.M. Ouargla.**
Promoteur	**: M. HALILAT M. T**	**Pr C.U.Ghardaïa**
Examinateurs	**: Mme DERAOUI N.**	**M.A. UNIV. K.M. Ouargla.**
	: Melle SALHI N.	**M.A. UNIV. K.M. Ouargla.**

Année Universitaire 2007/2008

Dédicace

Je dédie ce modeste travaille à :

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 la profonde reconnaissance.

Mon père et Ma mère

A tout mes chers frères et mes chères sœurs :(Ismaïl- Samira), (Lazhar-Chahra), Bachir, Meriem, Zinab, Ferdaos, Alaa-Eddine, Abderafiea, Douaa, Fatima Azahraa.

A mes chers grands pères et mes grandes mères

A mes chères collègues et amis sans exceptions de section agronomie 2003/2008.

A mes chers amis (Abderrahmane B Abdelkani A, Larbi L, Ali, S).

Hamza

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère et mon père qui m'ont permis, par leurs encouragements et leur soutien, de gravir toutes ces étapes

Mes chers frères : Larbi, Abdelhakim

A mes chères sœurs : Afafe, Asma, Safia

Tous mes chers oncles et tantes

Tous les étudiants de La 20me promotion d'agronomie.

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

Saad

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions dieu tout puissant de nous avoir accordé la volonté, le courage, la patience et les moyens pour suivre nos études et pour la réalisation de ce travail.

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude le professeur HALILAT M. T, Directeur du centre universitaire de Ghardaïa pour nous avoir encadrés, dirigé ses orientations, sa patience et sa correction sérieuse de ce travail.

Comme nous remercions également :

Mr. M. CHAABENA A, Maître Assistante à l'université de Kasdi Merbah, d'avoir accepté de présider le jury.

Mme DERAOUI N., Maître Assistante à l'université de Kasdi Merbah et Melle SALHI N., Maître Assistante à l'université de Kasdi Merbah, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mr GOUSM*I D*. Directeur de l'I.T.D.A.S.

A tous le personnel du laboratoire du département d'agronomie saharienne : EL AICHE, Mme Saida, Noura, Ouafa et Halima

Nous tenant également à exprimer nos remerciements :

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

En fin, nous remercions les amis et en particulier ceux de la 20eme promotion, ainsi à tous ce qui ont contribué de prés ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

HAMZA et SAAD

Résumé

Notre travail a pour objectif d'étudier l'effet combiné de quatre doses d'azote (0, 60,120 et 180 UN/ha) avec quatre doses de potassium (0, 90, 180,270 UK_2O/ha) sur la culture de pomme de terre (***Solanum tuberosum L***), variété (Spunta) en trois stades (stade de croissance végétatif, stade de tubérisation et stade de maturation) conduite sous système pivot dans la région de Oued souf.

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

La fertilisation azotée-potassique a réagit significativement sur les paramètres de rendement (Poids moyen et calibre de tubercules et le rendement). Le meilleur rendement est de 301Qx/ha obtenu avec le traitement 180UN/ha et 180 UK_2O /ha.

Suite a nos essais, nous avons constaté que la teneur en N et K dans la partie aérienne et souterraine est améliorée par l'apport d'engrais azotée-potassique.

La fertilisation azotée-potassique a provoquée ainsi 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 180U/ha) with four potassium amounts (0, 90, 180,270 UK_2O /ha) on the potato culture (Spunta variety) in three stages (vegetative stage of growth, stage of tuberization and stage of maturation) control under system pivot in the area of Oued ouf.

The results obtained show that the effect of nitrogen is positive on the parameters of the air part (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 (average Weight of the tubers; gauge of the tubers and the output). The best output of 301Qx/ha is obtained with the treatment 180U/ha and 180 UK_2O/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.

الـمـلخـص

تهدف دراستنا إلى معرفة تأثير تشارك أربعة مقادير من السماد الآزوتي (0 و 60 و 120 و 180 وحدة أزوت / هكتار) و أربعة مقادير من السماد البوتاسي (0 و 90 و 180 و 270 وحدة بوتاس / هكتار) على نبات البطاطس (صنف سبونتا) في ثلاث مراحل (مرحلة النمو الخضري و مرحلة التدرن ومرحلة النضج) في نظام الرش المحوري بمنطقة وادي سوف.

النتائج المتحصل عليها تبين بأن:

السماد الازوتي ايجابي على المعايير المقاسة في(الجزء الهوائي) (عدد الأوراق في النبتة وطول السيقان). ولكن لا يوجد تأثير ايجابي للبوتاسيوم على هذه المعايير.

التخصيب الآزوتي-البوتاسي كان إيجابيا على معايير الإنتاج (الجزء الترابي) (حجم ووزن الدرنات و المردود) أحسن مردود كان 301 قنطار/هكتار تحصلنا عليه مع تشارك 180 وحدة من الآزوت و 180 وحدة من البوتاسيوم.

ومن خلال دراستنا أيضا تحصلنا على أن نسبة الآزوت و البوتاسيوم في الجزء الهوائي وفي الجزء الترابي تتحسن بإضافة السماد الازوتي و البوتاسي.

و التسميد الازوتي و البوتاسي زاد نسبة الآزوت و البوتاسيوم في الجزء السطحي للتربة (0-20 سم).

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

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
01	Données climatiques de la région du Souf (2002-2007)	05
02	Caractéristiques physico-chimiques du sol	08
03	Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation	28
04	Dose et date d'apport d'azote	33
05	Dose et date d'apport de potassium	34
06	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre des feuilles par plants	40
07	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre des tiges par plant	42
08	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la longueur des tiges (mm)	44
09	Analyse de variance des paramètres de la mesure de partie aérienne	46
10	Effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur le rendement total (Qx/ha)	48
11	Effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur le diamètre des tubercules (mm)	51
12	Effet des différentes doses d'engrais azotes potassique sur la longueur des tubercules (mm)	53
13	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le poids spécifique des tubercules (g)	56
14	Analyse de variance des paramètres de mesure de la partie souterraine	58
15	Effet de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% MS) (stade de croissance végétative)	61
16	Effet de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% MS) (stade de tubérisation)	64
17	Effet de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en azote des feuilles (% MS) (stade de maturation)	66
18	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des tubercules (% MS)	68
19	Analyse de variance de la teneur en azote total des feuilles et des tubercules	72
20	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative (% MS)	74
21	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des feuilles (% MS) (stade de tubérisation)	77
22	Effet de la fertilisation azotée potassique sue la teneur en potassium des feuilles (% MS) (stade de maturation)	79
23	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des tubercules (% MS)	81
24	Analyse de variance de la teneur en potassium total des feuilles et des	84

	tubercules	
25	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de croissance végétative (ppm)	**86**
26	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de tubérisation (ppm)	**89**
27	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de maturation (ppm)	**91**
28	Analyse de variance de la teneur en azote assimilable dans le sol	**95**
29	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium assimilable dans le sol au stade de croissance végétative (ppm)	**97**
30	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium assimilable dans le sol au stade de tubérisation (ppm)	**100**
31	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium assimilable dans le sol au stade de maturation (ppm)	**101**
32	Analyse de variance de la teneur en potassium assimilable dans le sol	**106**

Listes des figures

Figures	Titre	Page
1	Diagramme ombrothermique de "Gaussen" de la région du Souf (2002-2007)	07
2	Le système aérien de la PDT	10
3	Le système souterrain de PDT	10
4	Cycle de vie de la pomme de terre	13
5	Les principales variétés de pomme de terre	14
6	PDT variété Spunta	15
7	Schéma du dispositif expérimenta	31
8	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre des feuilles par plante	41
9	Influence des déférentes doses d'azote sur le nombre des tiges par plante	43
10	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la longueur des tiges (mm)	45
11	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement total (Qx/ha)	50
12	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le diamètre des tubercules (mm)	52
13	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la longueur des tubercules (mm)	55
14	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le poids moyen des tubercules (g)	57
15	Teneur en azote des feuilles (stade de croissance végétative) en % MS	63
16	Teneur en azote des feuilles (stade de tubérisation) en % MS	65
17	Teneur en azote des feuilles (stade de maturation) en % MS	67
18	Teneur en azote des tubercules en % MS	69
19	Évolution de la teneur en azote des feuilles au cours des déférents stades de développement % MS	71
20	Teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative en % MS	76
21	Teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation en % MS	78
22	Teneur en potassium des feuilles au stade de maturation en % MS	80
23	Teneur en potassium des tubercules en % MS	82
24	Évolution de la teneur en potassium des feuilles au cours des déférents stades de développement % MS	83
25	Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative	88
26	Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation	90
27	Teneur en azote assimilable (ppm) dans le sol au stade de maturation	92
28	Évolution de la teneur en azote assimilable dans le sol au cours des déférents stades de développement (ppm)	94
29	Teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative	99
30	Teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation	101
31	Teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol au stade de maturation	103
32	Évolution de la teneur en potassium dans le sol au cours des déférents stades de développement (ppm)	105

Liste des photos

Photo	Titre	Page
1	Les plantes de pomme de terre au stade de croissance végétative	**115**
2	Les plantes de pomme de terre en pleine croissance	**115**
3	Prélèvement des échantillons du plant	**116**
4	La récolte manuelle de production des déférentes parcelles expérimentales	**116**
5	Le grand calibre de variété spunta	**117**

Listes des cartes

Cartes	Titre	Page
1	Présentation géographique de la région de Souf	**04**

Liste des abréviations

A.N.R.H	: Agence Nationale des Ressource Hydriques,
D.P.A.T	: Direction de planification et d'aménagement de Territoire.
DSA	: La Direction d'Agronomie Saharienne.
E.N.A.G.E.O	: Entreprise nationale de géophysique.
FAO	: Food and Agrivulture Oranization
H S	: hautement significatif
M.A.D.R	: Minestaire d'Agriculture et Développement Rural
MS	: Matière sèche
N S	: Non significatif
O.N.M.	: Office nationale de météorologie d'Ouargla
O.N.R.G.M	: Office national de recherche géologique et minière
S	: Significatif
VC%	: Variation coefficient in percentage
V.S	: Variation souce

Tables des matières

Introduction	01
PREMIERE PARTIE : MATERIEL ET METHODE	
Chapitre 1: MATERIEL D'ETUDE	
I) présentation du site expérimental	03
1-1) Les facteurs climatiques	05
1-1-1) La température	06
1-1-2) La pluviométrie	06
1-1-3) L'humidité relative de l'air	06
1-1-4) L'évaporation	06
1-1-5) L'insolation	07
1-1-6) Les vents	07
II) Sol du site expérimental	08
III) Le matériel végétal	09
1/ Présentation et origine de la pomme de terre	09
2/ Caractéristiques de la plante	09
2-1/ Taxonomie	09
2-2/ La morphologie	09
2-2-1) le système aérien	10
2-2-2) le système souterrain	10
2-3) le cycle de développement de la pomme de terre	11
2-3-1) Le repos végétatif	11
2-3-2) La germination	11
2-3-3) La croissance	11
2-3-4) La tubérisation	12
2-3-5) La maturation des tubercules	12
3) Variété de pomme de terre	14
4/ Exigences écologiques de la plante de pomme de terre	16
4-1/ Exigences climatiques	16
4-2/ Exigences édaphiques	16
4-3/Exigence en éléments minéraux	17
4-4/ Exigences hydriques	18
VI) La fertilisation	18
4-1/ L'azote	19
4-2/ Le potassium	20
4-3/ Le phosphore	25
V) L'eau d'irrigation	27
Chapitre II : Méthodes d'étude	
1-Protocole expérimental	30
2-Méthodes de prélèvement	35
3-Les paramètres étudiés	35
4-Méthodes d'analyse	37
DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DUSCUSSION	
Chapitre I : Effet de la fertilisation azotée-potassique sur le comportement de la culture	
1) Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la partie aérienne	40
1-1/ Nombre de feuille par plant	40
1-2/ Nombre de tige par plant	42

1-3/ Longueur de tige	44
Conclusion	46
2) Effet de la fertilisation azotée- potassique sur la partie souterraine	48
2-1- Le rendement	48
2-2- diamètre du tubercule	51
2-3-longueur du tubercule	53
2-1-Poids spécifique du tubercule	56
Conclusion	58
Chapitre II : La nutrition minérale de la plante	
1- Évolution de la teneur en azote de la plante	61
1-1 Teneur en azote des feuilles	61
A- Au stade de croissance végétative	61
B- Au stade de tubérisation	64
C- Au stade de maturation	66
1-2- Teneur en azote des tubercules	68
2-3- Évolution de la teneur en azote dans la plante au cours du cycle de végétation	70
Conclusion	72
2- Évolution de la teneur en potassium de la plante	74
2-1- Teneur en potassium des feuilles	74
A- Au stade de croissance végétative	74
B- Au stade de tubérisation	77
C- Au stade de maturation	79
2-2- Teneur en potassium des tubercules	81
2-3- Évolution de la teneur en potassium dans la plante au cours du cycle de végétation	83
Conclusion	84
Chapitre III : Évolution de la teneur en azote et de potassium dans le sol	
1- Évolution de la teneur en azote du sol	86
1-1- Évolution de la teneur en N dans le sol aux différents stades de Développement	86
1-1-1- Au stade de croissance végétative	86
1-1-2- Au stade de tubérisation	89
1-1-3- Au stade de maturation	91
1-2) Évolution de la teneur en N assimilable (ppm) du sol au cours du cycle de végétation	93
Conclusion	95
2- Évolution de la teneur en potassium du sol	97
2-1- la teneur en K dans le sol aux différents stades de développement	97
2-1-1- Au stade de croissance végétative	97
2-1-2- Au stade de tubérisation	100
2-1-3- Au stade de maturation	102
2-2- Évolution de la teneur en potassium du sol au cours du cycle de végétation	104
Conclusion	106
Conclusion générale	108
Références bibliographiques	110
Blanches des photos	117
Annexes	120

INTRODUCTION

Introduction générale

La pomme de terre (***Solanum tuberosum L***) est la quatrième culture vivrière par son importance au monde après le riz, le maïs et le blé. Actuellement, la production mondiale de la pomme de terre est d'environ 320.71 millions de tonnes **(FAO, 2008)**. elle est fournie principalement par la Chine, Russie, Inde et Ukraine qui sont les principaux pays producteurs avec respectivement 72 x 10^6, 35.71 x 10^6, 26.28 x 10^6, et 19.10 x 10^6 t **(FAO, 2008).** La région méditerranéenne produit 12% de la production mondiale de la pomme de terre **(FAO, 2000).**

En Algérie, la pomme de terre considérée parmi les principales cultures maraîchères. D'après les données du **Ministère de l'Agriculture (2006**) la surface cultivée en pomme de terre en Algérie occupe environ 38 % de la superficie cultivée en culture maraîchère et 30% de la production totale.
Selon **FAOSTAT (2008)** la production totale de pomme de terre est de 1 900 000 t répartis sur 90 000 hectares soit un rendement de 211 Qx/Ha **(FAO, 2008)**.

Par rapport à la wilaya d'El Oued, les premiers essais de la culture de pomme de terre été lance durant les années 1995-1997 dans la zone du Souf par l'assistance technique de la DSA.

D'après les données de la **DSA d'EL-OUED (2007)** la surface cultivée en pomme de terre dans la wilaya d'El Oued est d'environ 8000 ha, assurant une production de 177162.6 t.

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

La fertilisation minérale, 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 nécessaires à la plante en périodes de forte consommation **(HALILAT et DOGAR, 1999).**

D'un autre côté, la pomme de terre est une culture très exigeante vis-à-vis de la nutrition azotée-potassique **(COMIFER, 1993),** mais une contrainte s'oppose aux agriculteurs, se manifestant au coût élevé des fertilisants. D'où l'utilisation raisonnée de ces fertilisants doit être mise en relief d'une part pour éviter les pertes économiques et diminuer le coût de production et d'autre part pour atteindre les exigences nécessaires de la pomme de terre.

Bien que l'azote soit l'un des éléments indispensables pendant toute la végétation de la plante jusqu'à la maturité surtout pour les légumes, aussi le potassium a également une influence spécifique dans l'utilisation de l'azote dans le sol. De nombreuses recherches montrent une interaction étroite entre ces deux éléments (N et K) **(KOLEV, 1982).**

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 différentes doses sur le comportement, le développement de la partie aérienne et souterraine d'une culture de pomme de terre. Aussi l'effet de la fertilisation azotée- potassique sur l'évolution, les teneurs d'azote et de potassium dans les deux parties (aérienne et souterraine) de la plante (nutrition minérale) ainsi l'évolution des teneurs en azote et en potassium dans le sol.

Les objectifs de cette étude peuvent être résumés comme suit:

1. Mettre en évidence l'influence de différentes doses de fertilisation azotée- potassique ainsi que leur interaction (N x K) sur la production et le comportement de la plante de la pomme de terre (variété spunta) dans la région du souf.
2. Déterminer les doses d'engrais azotée-potassique permettant un rendement optimal et une bonne qualité de tubercules.

Ce travail peut être divisé en trois chapitres :

Chapitre I : Effet de la fertilisation azotée-potassique sur le comportement de la culture.

Chapitre II : La nutrition minérale de la plante.

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

Première partie

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Chapitre I

MATÉRIEL D'ÉTUDE

Première partie : Matériel et méthodes

Chapitre I : Matériel d'étude

I) Présentation du site expérimental

Notre expérimentation à été réalisée au niveau de la ferme de ((KHEDIR Mohammed Saïd)) qui se localise au niveau du périmètre agricole de la commune de Robbah (Wilaya d' El-Oued).

Géographiquement, le site expérimental est limité par les coordonnées suivantes :

* X1 = 06°30' et X2 = 07° Est

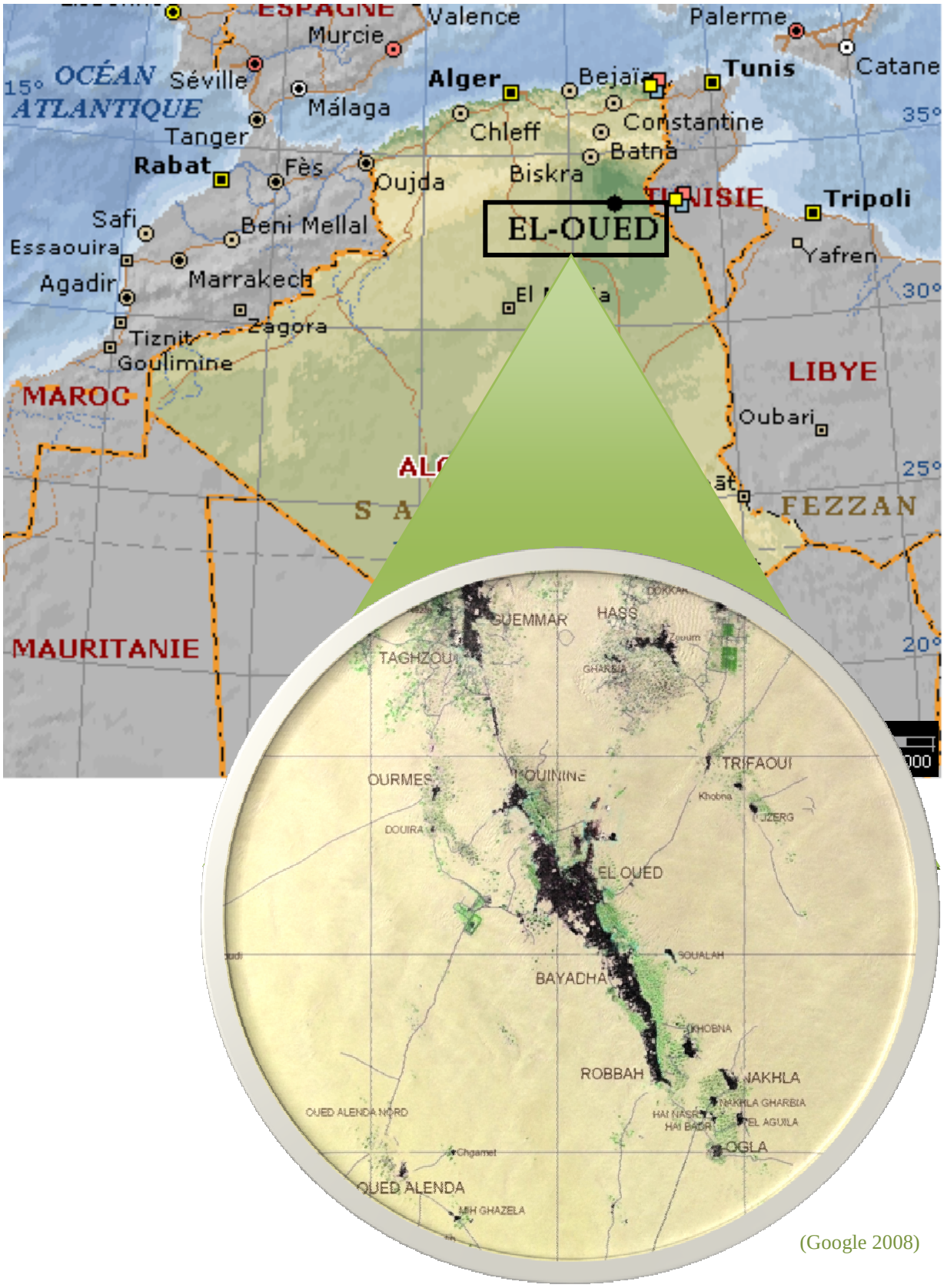
* Y1 = 33 et Y2 = 33°33' Nord

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 (carte 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).**



(Google 2008)

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

1-1) Les facteurs climatiques

La connaissance de caractéristiques climatiques est fondamentale, pour permettre une meilleure évaluation des besoins en eau des cultures, et une détermination des facteurs qui ont un effet néfaste sur la production et le rendement **(BNEDER, 1992).**

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).**

L'analyse des données climatiques enregistrées durant 5 ans, (2002 à 2007), donne les résultats suivants :

Tableau N° 01 : Données climatiques de la région du Souf (2002-2007)

Paramètres climatiques **Mois**	Température moy. (^{0}C)	Précipitation en mm.	Humidité Relative%	Évaporation en (mm).	Insolation par mois (h/mois)	Vitesse de Vent (m/s).
Janvier	12.2	24.35	63	18.98	251	01.1
Février	15.1	03.81	51	23.01	233	02.6
Mars	16.5	10.75	42	42.71	286	03.6
Avril	20.5	08.76	52	47.83	231	05
Mai	26.4	09.53	36	62.16	325	03.3
Juin	32.5	0.15	28	81.75	323	04.1
Juillet	32.6	0.64	30	78.23	369	03.1
Août	33.8	06.38	32	72.78	311	03
Septembre	30	04.01	41	44.58	263	03.3
Octobre	23.6	04.48	51	42.33	255	02.8
Novembre	15.2	07.06	49	13.58	265	01.3
Décembre	11.1	08.88	58	20.62	204	01.6
Moyenne annuelle	22.45 (cumule)	08.01	43.58	45.76	284.6	2.9
Total	269.4	96.16	522.96	549.14	3415.6	34.8

(O.N.M, 2008)

1-1-1) La température

La température est un paramètre important pour la détermination et la caractérisation d'un climat d'une région donnée. Les données climatiques enregistrées dans le tableau ci-dessus montrent :

- Une température cumule annuelle de l'ordre 22.45° C.
- Le mois le plus chaud est Août avec 33.8° C.
- Le mois le plus froid est Décembre avec 11.1° C.
- Une période froide s'étalant de Novembre à Avril avec une moyenne de 15.1° C.
- Une période chaude s'étalant de Mai à Octobre avec une moyenne de 25.31° C.

1-1-2) La pluviométrie

La pluviométrie constitue une donnée fondamentale pour caractériser le climat d'une région. Notre région d'étude est caractérisée par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace. En effet, des précipitations annuelles moyennes (2002-2007) 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).

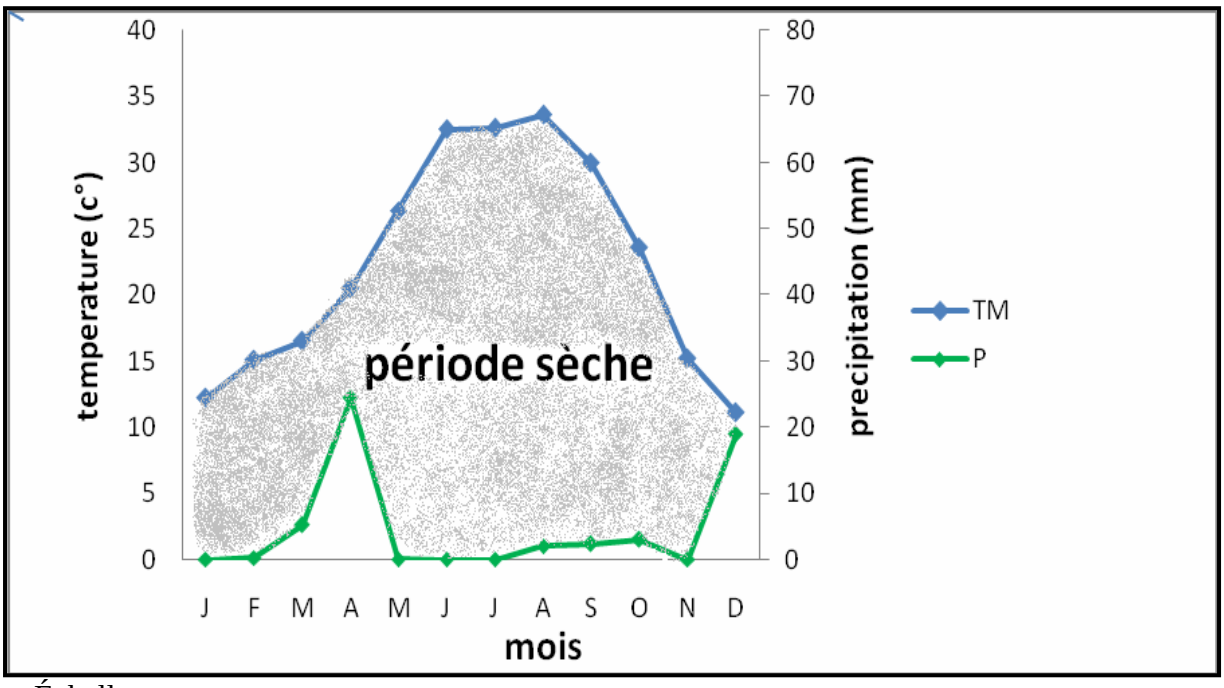
1-1-3) L'humidité relative de l'air

La région du Souf se caractérise par un air sec. Avec une humidité moyenne annuelle de 43.58 % (2002-2007). 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 58 % et la valeur de l'humidité moyenne minimale dans cette région est enregistrée pendant le mois de Juin avec 28 % (Tableau N° 01) **(O.N.M, 2008).**

1-1-4) 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, 2008).**



Échelle :

5 °C 10 mm

Mois

Figure N°01 : Diagramme ombrothermique de "Gaussen" de la région du Souf (2002-2007)

1-1-5) 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 369 heures. La moyenne annuelle est de 284.6 heures / mois. (Tableau N° 01) **(O.N.M, 2008).**

1-1-6) 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 Libyque **(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. Tandis que les vents du sirocco ou (chihili) apparaissent pendant la période estivale à une direction Sud-Nord et Sud -Ouest, il se manifeste par des chaleurs excessives. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 2.90 m/s. (Tableau N° 01) **(O.N.M, 2008).**

II) Sol du site expérimental :

En général le sol du Souf prend deux aspects :

1- Le plus dominant est l'ensemble dunaire. Ce sont de grandes accumulations sableuses.

2- 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 **(NAJAH, 1971).**

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 02), 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° 02 : Caractéristiques physico-chimiques du sol

Caractéristiques		Profondeur	
		0-20 cm	20-40 cm
Granulométrie	Sable fin (%)	54.18	52
	Sable gros (%)	45.30	43.10
pH		7.36	7.36
C.E à 25 C° (mm ho/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

On peut dire que le sol de notre site est caractérisé par un sol de type sableux et présente un pH neutre et un faible taux de matière organique.

Le sol du Souf est un sol saharien pauvre en élément minéraux surtout en azote et en potassium, et squelettique. La fertilisation minérale à l'heure actuelle reste le moyen le plus efficace pour l'obtention de rendements acceptables

III) Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est la 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 indienne date des temps immémoriaux. Elle fut introduite en Europe, vers les deuxièmes moitiés du 16^{éme} siècle par les navigateurs ou 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 éloigné pour toujours la famine qui sévissait périodiquement (**GRISON, 1983)**

2) Caractéristiques de la plante

2 -1) Taxonomie:

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

Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Gamopétales

Ordre : Polémoniales

Famille : Solanacées

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum L*

2- 2) La morphologie:

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).**

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).**

2- 2-1) Le système aérien:

Le système aérien est annuel

- Les tiges sont 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 **(SOLTNER, 1979).**

Figure 02: le système aérien de la PDT

2- 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'il est suffisamment meuble.
- Les tiges souterraines ou rhizomes, ou stolons, sont courtes et leurs extrémités se renflent en tubercules (Figure N° 03).
- Ces tubercules sont les organes de conservation qui permet de classer la pomme de

Figure 03:le système souterrain de PDT

terre parmi les plantes vivaces à multiplication végétative **(SOLTNER, 1979).**

2 - 3) Cycle de développement de la pomme de terre

Le cycle de développement de la pomme de terre est annuel et comprend 05 phases :

2-3-1) 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.

2-3-2) La germination:

A la fin du repos végétatif, le germe entre 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 04).

2-3-3) La croissance :

A partir des germes produits par le tubercule, se forment des tiges feuillées puis des stolons et des rameaux (Figure N° 04) **(BISSATI, 1996).**

2-3-4) 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 04) **(SOLTNER, 1979).**

La croissance des tubercules est très lente pendant la première phase, s'accélère à partir des 55 et 65^{éme} jours et atteint une vitesse plus importante que celle de la partie verte **(HAMADI, 1971).**

La tubérisation est 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)**.

2-3-5) La maturation des tubercules:

Elle se caractérise par la sénescence de la plante, par la chute des feuilles ainsi que l'affaiblissement du système racinaire et les tubercules atteignent leur maximum de développement **(PERENNEC et MADEC, 1980).**

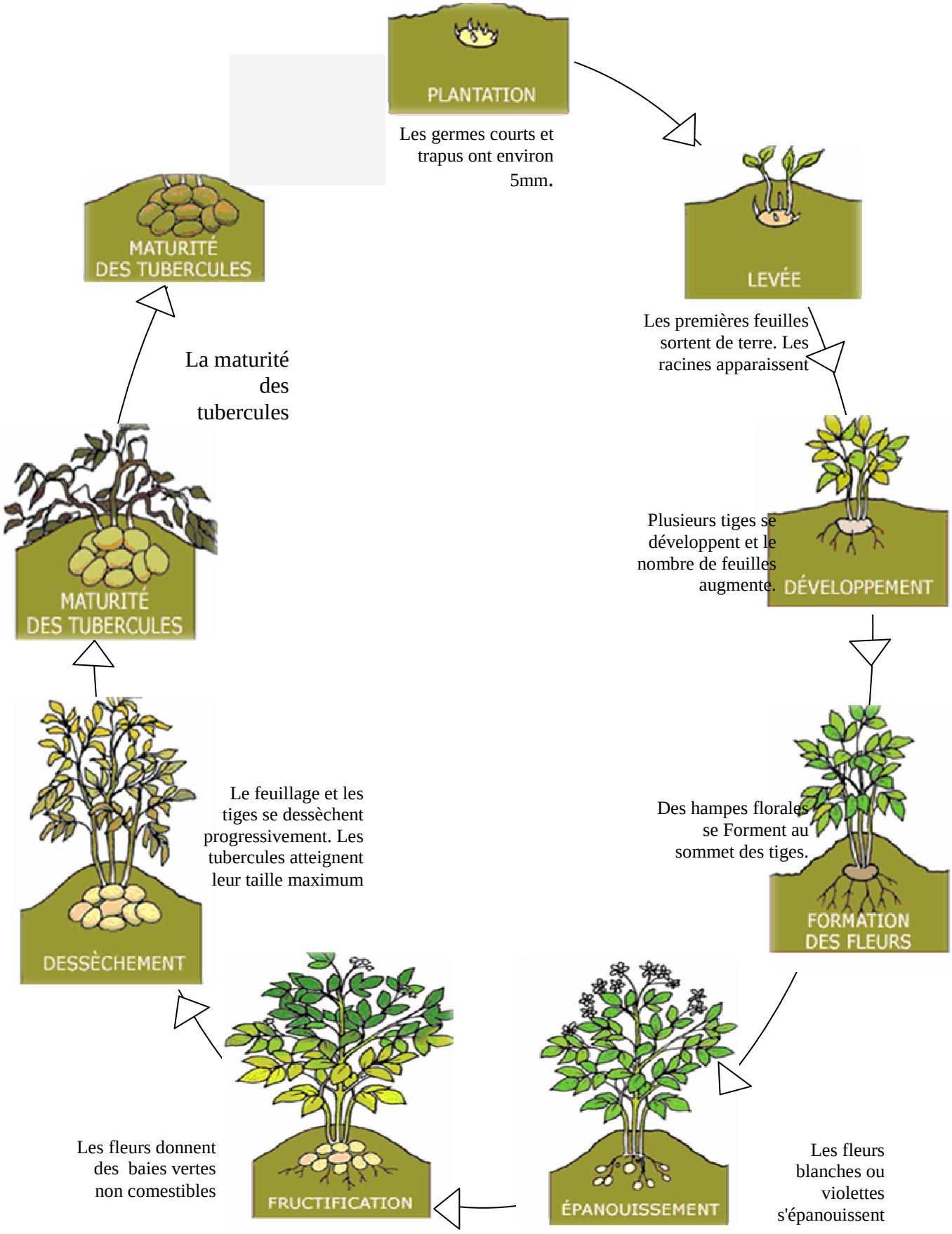


Figure N°04: Cycle de vie de la pomme de terre

3) Variétés de pomme de terre

Il existe des milliers de variétés, qui sont très différents de par leur taille, leur forme, leur couleur, leur usage culinaire et leur goût. Voici un aperçu :

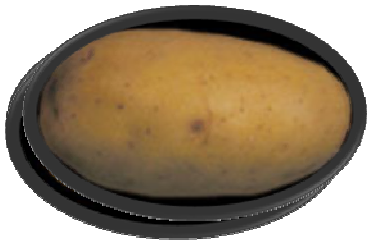
3-4) Mondial Variété hollandaise à la peau lisse. A consommer **3-1) Condor** Variété hollandaise, convient pour bouillir et rôtir, peau rouge assez régulière bouillie ou en purée	
3-2) Désirée Peau rouge, chair jaune, saveur caractéristique	
3-3) Nicola Variété hollandaise courante, savoureuse bouillie ou en salade	

Figure 05 : les principales variétés de pomme de terre

La variété de pomme de terre utilise dans notre expérimentation est "Spunta". C'est une variété qui est originaire de hollande et dont les caractéristiques sont les suivantes :

Catégorie : consommation

Maturité : Demi-précoce

Tubercule : Oblong allongé, régulier, yeux très superficiels, peau jaune, chair jaune.

Germe : Violet, conique, pilosité moyenne.

Plante : Taille haute, port dressé, type rameux.

Tige : pigmentation forte.

Feuille : Vert franc, peu divisée, mi-ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondi, limbe cloqué.

Floraison : Assez abondante.

Fleur : Blanche bouton floral légèrement pigmenté.

Figure 06 : PDT variété Spunta

Fructification : Très rare.

Calibrage : Proportion de gros tubercules : très forte.

Sensibilité aux maladies :

Mildiou du feuillage : moyennement sensible.

Mildiou du tubercule : moyennement sensible.

Galle verruqueuse : non attaquée.

Gale commune : assez sensible.

Repos végétatif : Moyen.

Qualité culinaire : Bonne tenue à la cuisson, groupe culinaire B, très léger noircissement après cuisson, coloration à la friture.

Teneur en matière sèche : Très faible.

Aptitude à la conservation : Assez faible.

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 importants 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 rendements surtout aux stades croissance et tubérisation. (**ABD EL MONAIM, 1999**).

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-argileuses, au sous-sol profond (**ABD EL MONAIM, 1999**).

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.

4-3) 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** et **CROSNIER (1975),** les besoins en éléments nutritifs du point de vue organique minéral, sont élevés et sensiblement proportionnels aux rendements notamment pour le potassium, le phosphore et l'azote. 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 exportations 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.

4-4) 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).**

VI) La fertilisation

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Ces éléments peuvent être de deux types: Les engrais et les amendements**.**

Les facteurs **(FENGOUR, 2000)** qui influencent la fertilisation sont :

- Le niveau des réserves du sol en éléments fertilisants
- La composition physique du sol.
- Le climat.
- Le type de production choisi et de rendement escompté.
- La densité de plantation.

Les objectifs finaux de la fertilisation sont d'obtenir le meilleur rendement possible compte tenu des autres facteurs qui y concourent (qualité du sol, climat, apports en eau, potentiel génétique des cultures, moyens d'exploitation) ainsi que la meilleure qualité, et ce au moindre coût **(WIKIPEDIA, 2008).**

1) L'azote :

Bien que l'atmosphère contienne environ 80% d'azote, seules quelques espèces de procaryotes, des bactéries et des cyanobactéries, sont capables d'utiliser directement l'azote gazeux **(HOPKINS, 2003).**

L'azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. C'est le constituant numéro un des protéines, composant essentiel de la matière vivante. Il s'agit donc d'un facteur de croissance, mais aussi de qualité. L'azote est un élément essentiel de la photosynthèse qui permet la transformation de la matière minérale en tissu végétal **(WIKIPEDIA, 2008).**

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.

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 **(CHARPENTER, 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 **(CHARPENTER, 1957, 1963)** et **(OJALA, 1990)** ont démontré une très faible exigence en azote au cours du premier mois. **(KLEINKOPF, 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 **(OJALA, 1990)**. Les engrais minéraux

azotés se sont avéré 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, 1995)**. En général, les nitrates seraient absorbés en plus grande quantité que l'azote ammoniacal **(ROBERTS, 1991).**

1-2) Fertilisation et rendements :

L'augmentation de la dose de fumures azotée ajoutées 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 par **(TEMAN, 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.

1-3) 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** et **WESTERMANN, 1988)**. Le fractionnement pourrait augmenter ce coefficient de 10 à 15 % **(ROBERTS, 1991** et **WESTERMANN, 1988).** D'autres recherches **(ROBERTS, 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).**

2) Le potassium :

Le potassium n'est pas très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante.

C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sècheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilas vers les organes de réserve (bulbes et tubercules) **(WIKIPEDIA, 2008).**

2-1) Les différentes sources de fertilisants potassiques :

(WESTERMANN, 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).**

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 **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, 1991).**

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.

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, 1970 et MCDOLE, 1978).** D'après **CHAPMEN (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.
- 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 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.

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, **(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.

Selon **GREWAL (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 termes 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, 1997).**

Certains chercheurs ont trouvé que le rendement en tubercules dépend de la fertilisation potassique dans les sols qui réagissent avec le potassium **(ROBERT, 1984 ; CHAPMAN, 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.

2-5) 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, 1991).** 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).**

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, 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 l'acidité du sol.

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, 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, 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, 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.

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, 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, 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, 1988 et ROBERTS, 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 **(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).**

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, 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.

V) L'eau d'irrigation

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 :

1) La nappe du Complexe Terminal

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m de profondeur, 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.

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.

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 présentés dans le tableau N° 03.

Tableau N° 03 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation (ANRH 2008)

Eléments	Teneurs (mg/l)
Ca^{++}	236
Mg^{++}	559
Na^{+}	312
K^{+}	43
Cl^{-}	341
Somme des cations	72,43
SO_4^{-}	2008
HCO_3^{-}	160
CO_3^{--}	00
NO_3^{-}	111
Somme des anions	74,31
Somme des ions	3770
Résidu sec à 110°C (mg/l)	5386
Minéralisation (mg/l)	2983
Conductivité électrique (µs/cm)	3,93
pH	7.60
TH (°F)	289
SAR	2,53

Du point de vue irrigation, cette eau présente la classe **C_4-S_1** de la classification de " Reversid". Soit un taux de salinité très fort et une faible teneur en sodium. Cette eau est impropre à l'irrigation dans les conditions ordinaires, mais elle peut être utilisée lorsque les soles sont perméables avec un drainage adéquat**.(A.N.R.H**, **2008).**

Chapitre II

MÉTHODE D'ÉTUDE

Chapitre II : Méthode d'étude

1) Protocole expérimental

1-1) Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un dispositif de type split-plot, comportant quatre doses d'azote N_0, N_1, N_2 et N_3 et quatre doses 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.

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: (180 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 répétitions (blocs).

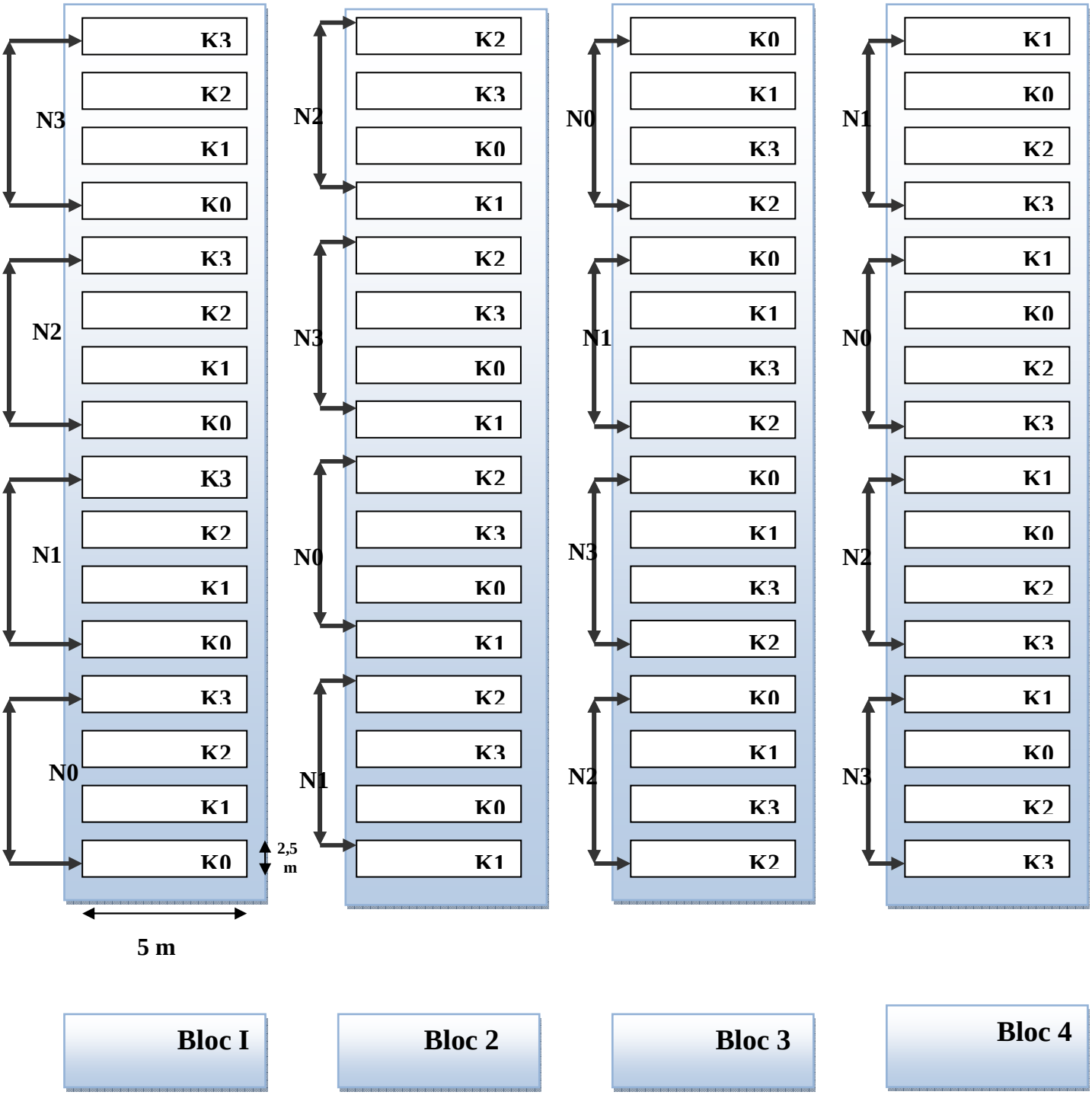


Figure 07: SCHEMA DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL

1-2) Conditions de déroulement de l'essai

1-2-1) Préparation du sol

On a commencé le travail du sol par un labour du sol (superficielle 20 è 30 cm) par passage d'un charrue a soc le 06/09/2007.

1-2-2) La plantation

La plantation est réalisée avec le laboure le 06/09/2007. Elle est effectuée manuellement avec une dose de semis équivalent de 30 Qx/ha et pour une densité moyenne de 80.000 plants par hectare. Les écartements seront de : 60 cm entre rangs et 35 cm entre plants, et la profondeur de plantation de 7 à 10 cm.

1-2-3) Épandage de la fumure

L'épandage de la fumure de fond est réalisée le 17/10/2007 à raison de 20 tonnes de fumier des volailles /ha

1-2-4) La fertilisation

La fertilisation minérale 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.

1-2-4-1) 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 appliqué

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 120 U N/ha.

Quatrième dose (N3) : c'est la dose 180 U N/ha.

Tableau N°04: Dose et date d'apport d'azote

Les doses d'apportée		Date d'apport	
N0 0 U N/ha			
N1 60 U N/ha	30 U N/ha	1er apport	**22 / 10/ 2007**
	30 U N/ha	2em apport	**31/10/2007**
N2 120 U N/ha	60 U N/ha	1er apport	**22/10/2007**
	60 U N/ha	2em apport	**31/10/2007**
N3 180 U N/ha	90 U N/ha	1er apport	**22 / 10/ 2007**
	90 U N/ha	2emapport	**31/10/2007**

1-2-4-2) La fertilisation potassique

A) Engrais potassique utilisés

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, la pomme de terre, la betterave. 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

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

attaque à chaud (850°) du chlorure de potassium par l'acide sulfurique suivant la réaction

$\longrightarrow$

(COTIGNIES, 1977)

B) Doses de potassium appliqué

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.

Troisième dose (K2) : c'est la dose de 180 U K/ha.

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

Tableau N°05: Dose et date d'apport de potassium

Les doses d'apportée		Date d'apport	
K0 0 U K/ha			
K1 90 U K/ha	27 U K/ha	1er apport	**22/10/2007**
	63 U K/ha	2em apport	**13/11/2007**
K2 180 U K/ha	54 U K/ha	1er apport	**22/10/2007**
	126 U K/ha	2em apport	**13/11/2007**
K3 270 U K/ha	81 U K/ha	1er apport	**22/10/2007**
	189 U K/ha	2em apport	**13/11/2007**

1-2-5) La récolte

La récolte s'effectue manuellement le 15/01/2008.

2) Méthode de prélèvement

2-1) Le sol

Les échantillons du sol sont prélèves quatre fois, pour l'analyse on laboratoire est l'observe l'évolution est l'assimilation des éléments nutritive a la plante, le première prélèvement au début de cycle, est réalise avec deux profil de 20 cm (0-20), (20-40) en 05/09/2007

Le deuxième prélèvement au stade de croissance végétative 31/10/2007 **s**'effectue pour chaque parcelle élémentaire un profond de 0-20 cm. Et le troisième prélèvement au stade de tubérisation en 29/11/2007 et le quatrième prélèvement au stade de maturation en 01/01/2008 est réalise à la même méthode pour le deuxième prélèvement.

2-2) La plante

Pour chaque parcelle élémentaire, nous avons choisi 20 plantes est pour chaque plante on a prendre 05 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, début de tubérisation (floraison), à la fin de cycle.

3) Les paramètres étudiés

3-1) Les paramètres de comportement de la plante

3-1-1) 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

3-1-2) 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.

3-1-3) 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) Le rendement total

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

3-1-5) Poids moyen du tubercule

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

3-1-6) Calibre du tubercule

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

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 dosages d'azote et de potassium total pour connaître la teneur en ces deux éléments et leur variation selon les 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 deux 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 aérienne 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 particule de 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 dissous 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) 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.

4-1-5) 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.

4-1-6) 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 KCl (2 molaires), après une extraction on ajoute au filtra 0.2 g de alliage de DEWARDA et 0.2 g de l'oxyde de magnésium (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 formes de NH_4^+ alors dosées par distillation au Buchi, en présence de M_gO calciné.

4-1-7) 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) La 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. 1ere étape consiste à attaque la poudre végétale (2g) par 20 ml d'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur ($CuSO_4$ + K_2SO_4) et porté à ébullition pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium $(NH^+_4)_2SO_4$. Et la 2^{éme} étape en fait la distillation, on prend 20 ml de distillat et en présence de

la soude (NaOH) 33 %, et l'indicateurs mixtes (vert bromocresoles, et rouge de méthyle). Et la 3^{éme} étape en fait le titrage avec de 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 à 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.

Deuxième partie

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Chapitre I

EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE ET POTASSIQUE SUR LE COMPORTEMENT DE LA CULTURE

1) Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la partie aérienne:

1-1) Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles par plant :

Les résultats du nombre de feuilles par plant de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°06 et illustrés dans la figure N°08.

Tableau N° 06 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles par plant.

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	10.87 c	10.41 d	09.00 d	10.12 d	**10.10 d**	**Effet N : H.S**
N1	11.08 c	11.87 c	11.28 c	10.87 c	**11.27 c**	**Effet K : N.S**
N2	12.37 b	12.91 b	12.37 b	13.06 b	**12.68 b**	**Effet N x K : H.S**
N3	15.37 a	14.62 a	16.37 a	16.04 a	**15.60 a**	
Moyenne	**12.42 a**	**12.45 a**	**12.25 a**	**12.52 a**		

Le nombre de feuilles par plant est influencé d'une façon hautement significative avec les doses d'engrais azotés apportés. Ce nombre varie de 10,10 feuilles / plant obtenu avec le témoin N0 (sans azote) à 15,60 feuilles / plant obtenu avec la dose N3 (180 U N/ha), soit une augmentation de l'ordre de 35 %. Les autres doses ont donnes les valeurs suivantes : 11.27 feuilles / plant obtenue avec la dose N1 (60 U N/ha) et 12.68 feuilles / plant obtenue avec la dose N2 (120 U N/ha). Le Coefficient de variation est de 4 %.

L'effet d'azote révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Groupe (a) présenté par la dose N3 (180U/ha) avec 15.60 feuilles / plant.
- Groupe (b) présenté par la dose N2 (120U/ha) avec 12.68 feuilles / plant.
- Groupe (c) présenté par la dose N1 (60U/ha) avec 11.27 feuilles / plant.
- Groupe (d) présenté par la dose N0 (0U/ha) avec 10.10 feuilles / plant.

La croissance des feuilles a une relation étroite avec la nutrition et la température. L'azote qui, favorisant la croissance du feuillage, la formation, puis le grossissement des tubercules a la plus grande influence sur le rendement **(ABD EL MONAIM, 1999).**

Concernant le potassium l'analyse de la variance (tableau N°06), montre un effet non significatif des doses de K sur le nombre des feuilles par plant. Ceci donne des valeurs plus rapprochées pour les doses de potassium qui varient entre 12.25 et 12.52 feuilles / plant obtenues respectivement avec K2 et K3 (tableau N°06). Le Coefficient de variation est de 4%.

Pour l'interaction (N x K), l'analyse de la variance présente un effet hautement significatif de l'interaction (N x K) sur le nombre de feuilles par plant. Ceci passe de 9.00 feuilles /plant enregistré avec le traitement N0K2 à 16.37 feuilles / plant obtenu avec le traitement N3K2 (tableau N° 06).

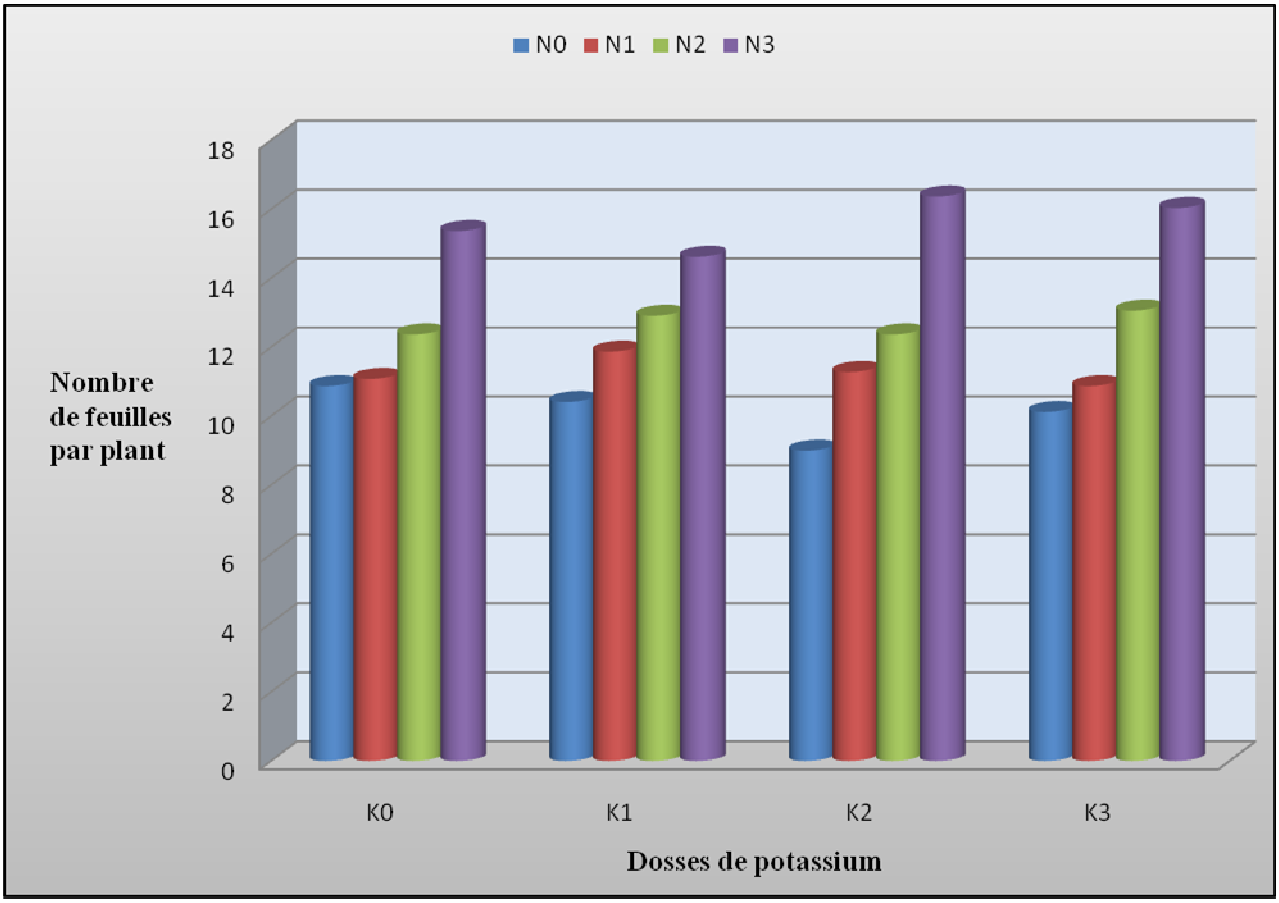


Figure N°08 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles par plant

1-2) Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de tige par plant :

Les résultats du nombre de tige par plant de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°07 et illustrés dans la figure N°09.

Tableau N°07 : Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de tiges par plant

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	3.16	2.99	2.84	3.05	**3.01 a**	**Effet N : N.S**
N1	3.22	3.01	3.56	3.37	**3.29 a**	**Effet K : N.S**
N2	3.24	3.58	3.41	3.20	**3.36 a**	**Effet N x K : N.S**
N3	3.68	3.75	3.40	2.70	**3.38 a**	
Moyenne	**3.33 a**	**3.33 a**	**3.30 a**	**3.08 a**		

L'analyse de la variance (tableau N°07) montre un effet non significatif de l'azote sur le nombre de tige par plant. Ceci passe de 3.01 tiges / plant obtenu avec la dose N0 (sans apport) à 3.38 tiges / plant obtenu avec la dose N3 (180 U N/ha). Le Coefficient de variation est de 10 %.

Aussi l'analyse de la variance (tableau N°07), ne montre aucune différence significative des doses de potassium sur le nombre de tige par plant. Ceci passe de 3.33 tiges / plant obtenu avec la dose K0 (sans apport) et K2 (180 U K/ha) à 3.08 tiges / plant obtenu avec la dose K3 (tableau N°07). Le Coefficient de variation est de 6 %.

Aussi l'interaction (N x K) présente un effet non significatif sur le nombre de tige par plant. Le nombre le plus élevé 3.75 tiges / plant obtenu avec le traitement N3K1, par contre le nombre le plus faible 2.70 tiges / plant est obtenu avec le traitement N3K3.

Selon **ABD EL MONAIM (1999**), le nombre de tige par plant est lié essentiellement avec le nombre de germes par tubercule et ce nombre de germes est influencé par différents facteurs :

- La variété de pomme de terre.
- L'âge physiologique de semence.
- La température de stockage de semence.
- La destruction des germes au moment de plantation automatique.

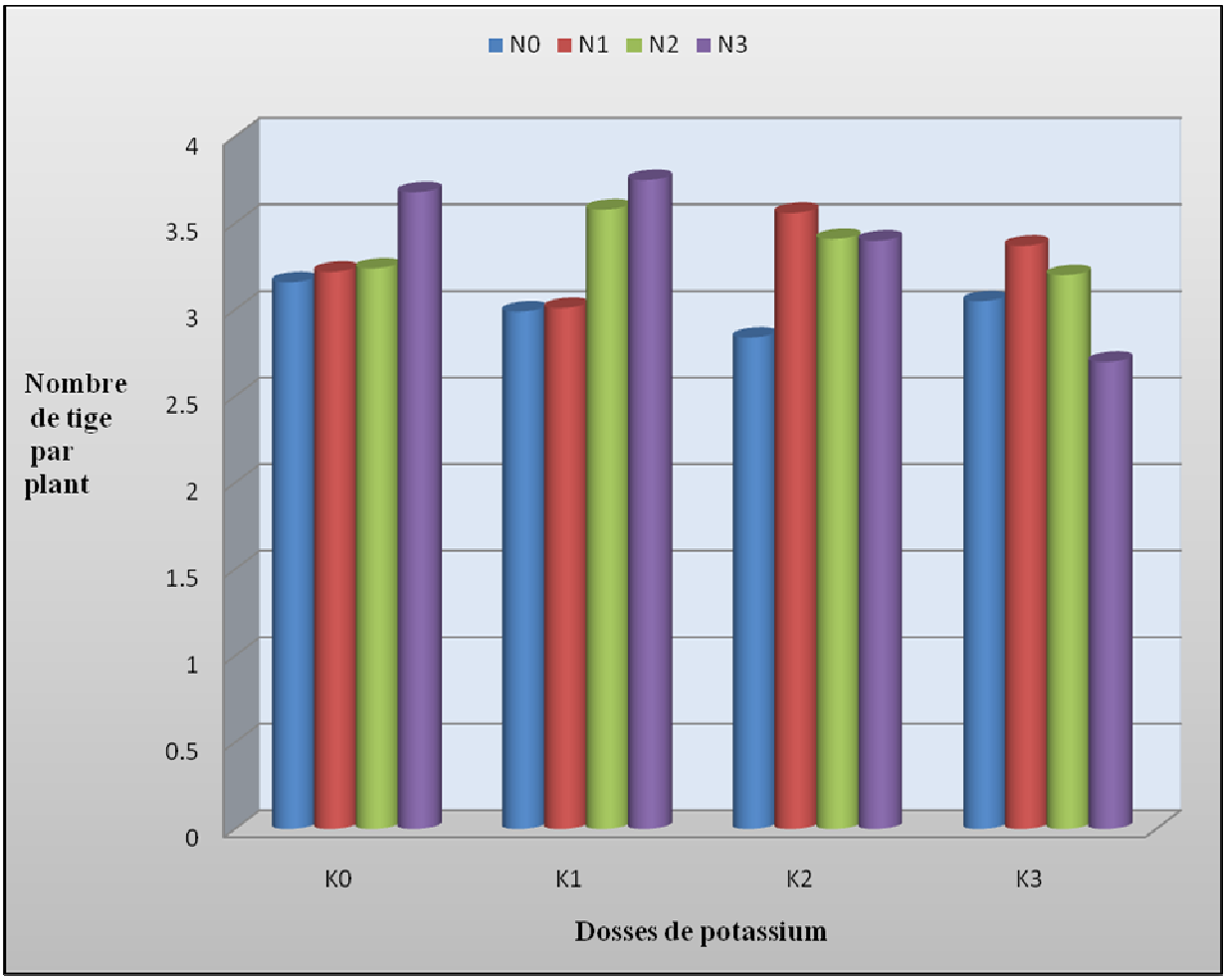


Figure N°09 : influence de la fertilisation azotée-potassique sur le nombre de tiges par plante

1-3) Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la longueur de tige

Les résultats de mesures de la longueur des tiges sont présentés dans le tableau N°08, et illustrés dans la figure N°10.

Tableau N°08 : Effet de la fertilisation azotée potassique sur la longueur des tiges (mm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	402.5 c	383.3 d	301.2 d	369.9 c	**364.2 d**	**Effet N : H.S**
N1	400.0 c	415.0 c	381.6 c	410.4 b	**401.7 c**	**Effet K : N.S**
N2	429.9 b	513.7 b	447.5 b	485.0 a	**469.0 b**	**Effet N x K : H.S**
N3	547.5 a	596.2 a	515.0 a	493.7 a	**538.1 a**	
Moyenne	**444.9**	**477.0**	**411.3**	**439.7**		

La longueur de la tige est influencée de façon hautement significative avec les apports des engrais azotés. La longueur passe de 364.2 mm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 538.1 mm obtenue avec la dose N3 (180 U/ha) soit une augmentation de l'ordre de 51.41 % (tableau N°8). Le Coefficient de variation est de 17 %.

L'analyse de la variance révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 538.1 mm.
- Groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 469.0 mm.
- Groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U/ha) avec 401.7 mm.
- Groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 364.2 mm.

En ce qui concerne l'engrais potassique, l'analyse de la variance (tableau N° 08), montre un effet non significatif des doses de potassium sur la longueur de la tige par plant. Celle-ci passe de 411.3 mm obtenue avec la dose K2 (180U K/ha) à 477.0 mm obtenue avec la dose K1 (90 K/ha) (tableau N°8). Le Coefficient de variation est de 16 %.

L'analyse de la variance (tableau N° 08) montre un effet hautement significatif de la longueur de la tige par plant en fonction de l'interaction (N x K). Ce paramètre varie de la valeur le plus faible 301.2 mm obtenue avec le traitement N0K2, à la valeur la plus élevée 596.2 mm obtenue avec le traitement N3K1 (figure N°10), soit un taux d'augmentation de 49%.

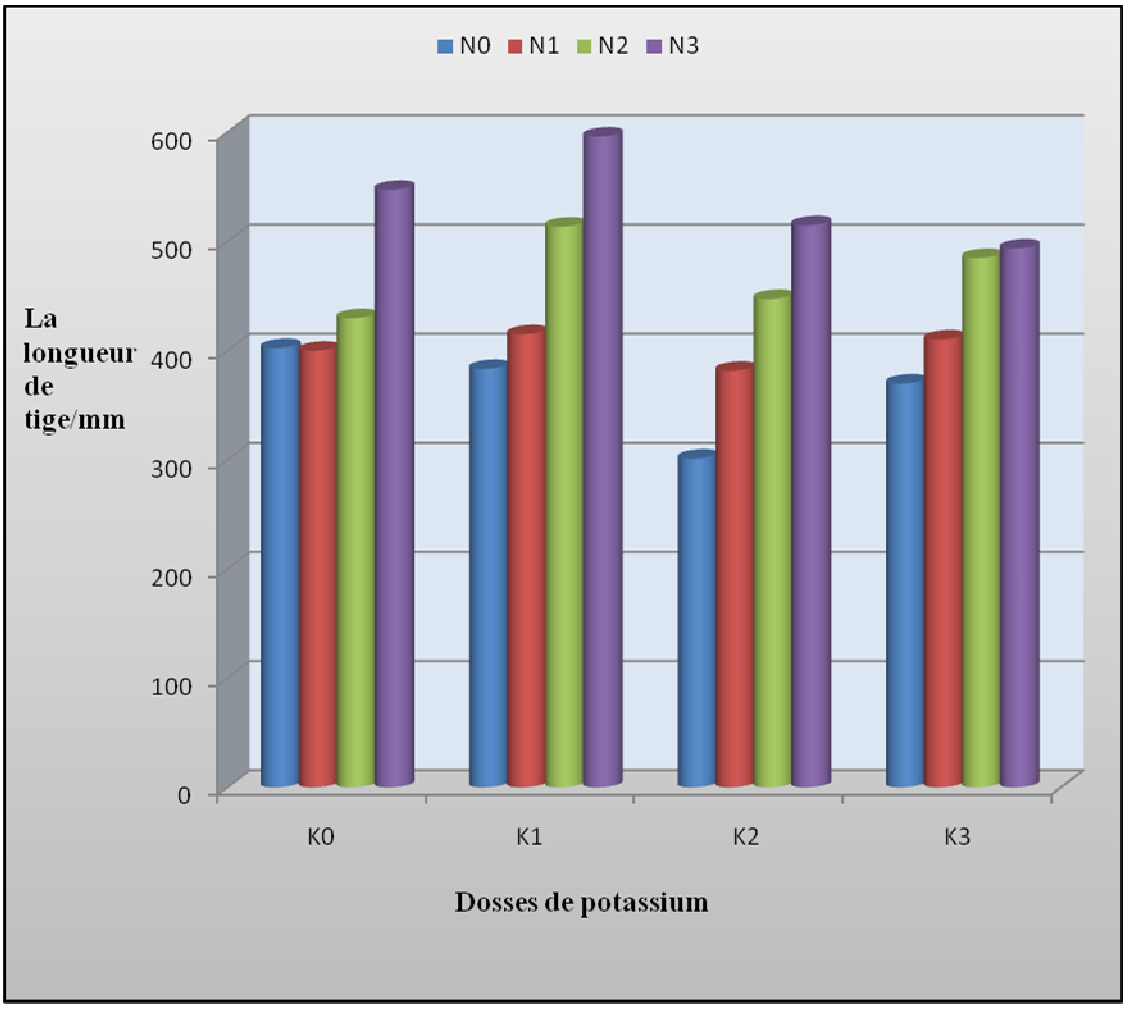


Figure N°10 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur la longueur des tiges (mm)

Conclusion

L'étude de l'effet de la fertilisation azotée potassique sur les paramètres morphologiques (le nombre de feuilles par plant et la longueur des tiges) sont influencés significativement par les différentes doses d'engrais azotées.

Il ressort que la dose N3 (180 U/ha) enregistre les meilleurs résultats concernant les paramètres morphologiques étudiés à savoir (nombre de feuilles par plant et longueur des tiges) (Tableau N° : 06 - 08)

L'azote joue un rôle important pendant la croissance végétative **(HALILAT et al., 2000)** et la tubérisation. L'azote supplémentaire devrait être appliqué, selon les analyses foliaires et les échantillons du sol, afin d'optimiser les rendements **(ABD EL MONAIM, 1999).**

.

Pour cela une bonne nutrition azotée et 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.

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° 09. Analyse de la variance des paramètres de mesure de la partie aérienne

Source de variation	nombre de feuilles/plant	nombre de tiges/plant	longueur de tiges
N	**H.S**	**N.S**	**H.S**
K	**N.S**	**N.S**	**N.S**
N x K	**H.S**	**N.S**	**H.S**

Le nombre de tige par plant est influencé de façon non significative avec la fertilisation azotée potassique.

Le nombre de tiges est en relation directe avec le nombre de germes dans le tubercule de semence **(ABD EL MONAIM, 1999).**

Aussi les doses de potassium apportes n'ont pas un effet significatif sur ses paramètres morphologique (le nombre de feuilles par plant, le nombre de tiges par plant et la longueur de la tige) (Tableau N° 09).

Pour cela, nous pouvons conclure que :

- La dose d'azote N3 (180 U N/ha) donne un bon résultat concernant le nombre de feuilles par plant et la longueur des tiges
- Les différentes doses de potassium n'ont pas d'effet significatif sur tous les paramètres morphologiques (le nombre de feuilles par plant et le nombre des tiges et la longueur des tiges).

2) Effet de la fertilisation azotée potassique sur la partie souterraine

2-1) Effet de la fertilisation azotée potassique sur le rendement total

Les résultats du rendement sont présentés dans le tableau N°10, et illustrés dans la figure N°11.

Tableau N°10 : **Effet des différentes doses d'engrais azotés et potassiques sur le rendement total (qx/ha)**

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	214.00 c	220.00 c	248.50b	223.50 c	226.50 c	**Effet N : H.S**
N1	224.00c	216.00 c	252.00b	215.25 c	226.50 c	**Effet K : H.S**
N2	230.00 bc	246.00 b	278.50 a	258.75 b	253.31 b	**Effet N x K : S**
N3	242.00b	268.00 a	301.70a	273.50 a	271.31 a	
Moyenne	**227.500 c**	**237.50 b c**	**270.18 a**	**242.75 b**		

La fertilisation azotée influence de façon hautement significative sur le rendement total. Les rendements varient de 226 qx/ha obtenus avec le témoin sans azote (N0) à 271 qx/ha obtenu avec la dose N3 (180 U/ha) soit un taux d'augmentation de 16.60 %. Le Coefficient de variation est 8 %.

Le test t a fait ressortir trois ainsi (03) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 271.31 qx/ha.
- Groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 253.31qx/ha.
- Groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) et N1 (60U/ha) avec 226.50 qx/ha.

L'augmentation de la dose de fumure azotée ajoutée au sol engendre une hausse notable des rendements. L'apport d'engrais azotés contribuerait à augmenter les rendements totaux d'environ 50% **(MACLEAN, 1983).** Des recherches effectuées par **TERMAN (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.

L'analyse de la variance (tableau N°10) montre un effet hautement significatif de potassium sur le rendement total. Ceci passe de 227.50 qx/ha obtenu avec la dose K0 à 270.18 qx/ha obtenu avec la dose K2, avec un taux d'augmentation de 16 %. Le Coefficient de variation est 8 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 270.18 qx/ha.
- Groupe (b) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 242.75 qx/ha.
- Groupe (b c) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 237.50 qx/ha.
- Groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec227.50 qx/ha.

Selon **GREWAL (1992),** le rendement de tubercules peut être augmenté de 50 % par suite à l'application d'une bonne fertilisation potassique.

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, 1973**, **SMITH, 1987).**

On remarque une augmentation de rendement avec l'accroissement des doses de potassium jusqu'à la dose K2 (180 U N/ha). Ensuite on a remarqué une diminution de rendement avec K3 (270 U N/ha) (tableau N° 10). Cela peut être expliqué par un apport excessif de potassium.

L'analyse de la variance (tableau N° 10) montre un effet significatif du rendement en fonction de l'interaction (N x K). Cependant les différentes doses d'azote et de potassium influent significativement sur le rendement. Ce paramètre varie de la valeur la plus faible 214

qx/ha obtenue avec le traitement N0K0, à la valeur le plus élevée 301.70 qx/ha obtenue avec le traitement N3K2 (figure N°11). Soit avec un taux d'augmentation de 29 %.

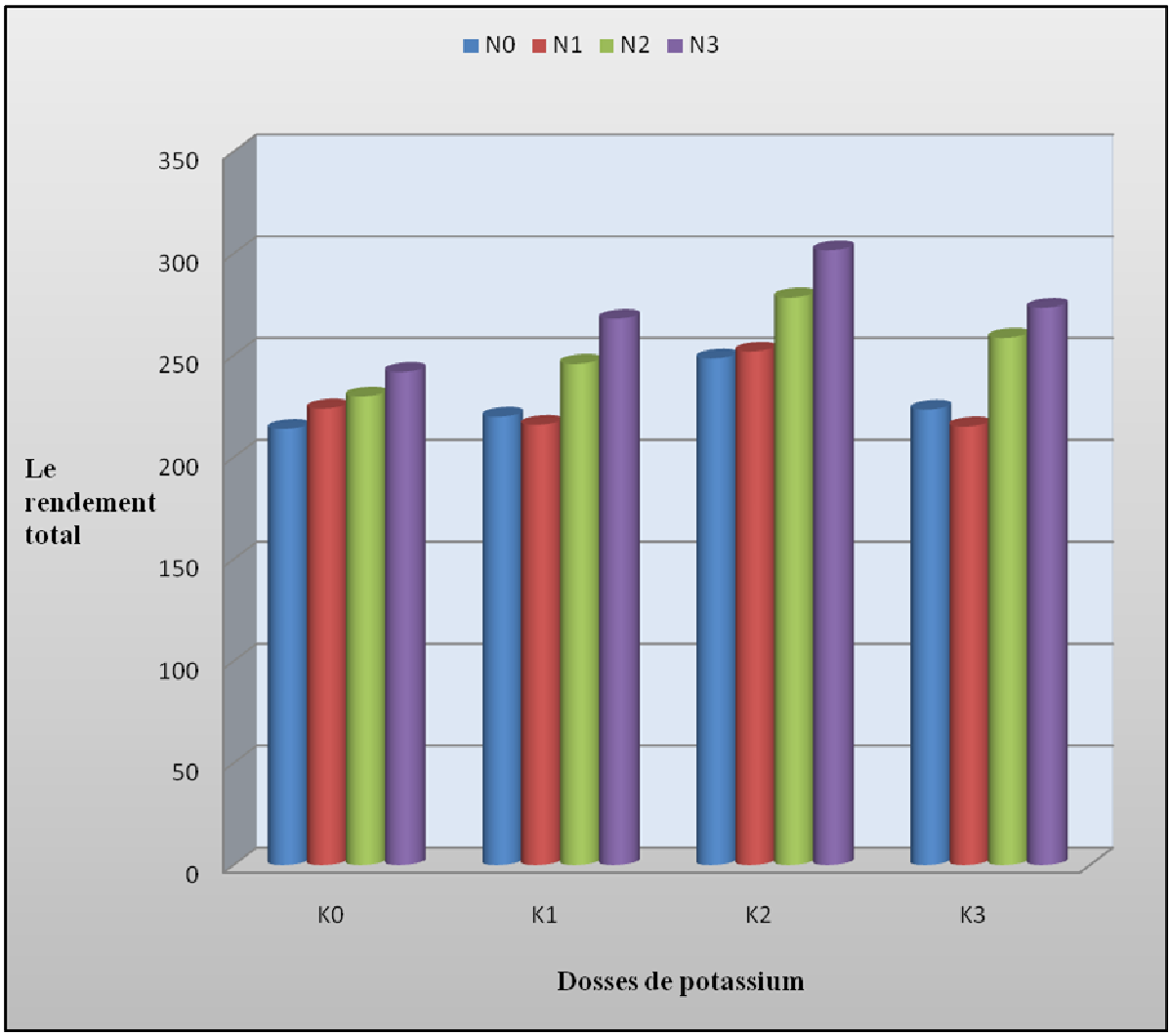


Figure N°11 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur le rendement total (qx/ha)

2-2) Effet de la fertilisation azotée potassique sur le calibre des tubercules

2-2-1) Effet de la fertilisation azotée potassique sur le diamètre des tubercules

Les résultats de mesures du diamètre des tubercules sont présentés dans le tableau N°11 et illustrés dans la figure N°12.

Tableau N°11 : **Effet des différentes doses d'engrais azotés et potassiques sur le diamètre des tubercules (mm)**

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	47.25 c	48.75 c	56.75 d	49.50 c	**50.56 d**	**Effet N : H.S**
N1	48.00 c	59.25 b	67.25 c	61.75 b	**59.06 c**	**Effet K : H.S**
N2	55.75 b	69.00a	77.75 b	69.50 a	**68.00 b**	**Effet N x K : S**
N3	67.25 a	70.75 a	84.75 a	71.75 a	**73.62 a**	
Moyenne	**54.56 c**	**61.937 b**	**71.625 a**	**63.125 b**		

La fertilisation azotée influence de façon hautement significative sur le diamètre des tubercules. Ce paramètre passe de 50.56 mm obtenu avec la dose N0 à 73.62 mm obtenu avec la dose N3 (180 U N/ha) soit une augmentation de l'ordre de 31 % (tableau N°11). Le Coefficient de variation est de 8 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes.

- Groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 73.62 mm.
- Groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 68. mm.
- Groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U/ha) avec 59.06 mm.
- Groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 50.52 mm.

L'analyse de la variance (tableau N°11) montre aussi un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur le diamètre des tubercules (mm). Le diamètre le plus élevé est obtenu avec la dose K2 avec 71.62 mm et le diamètre le plus faible avec K0 avec 54.56 mm. Le Coefficient de variation est de 6 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 71.62 mm.
- Groupe (b) est représenté par les deux doses K1 (90 U/ha) et K3 (270U/ha) respectivement avec 61.93 mm et 63.12 mm.
- Groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 54.56 mm.

La potasse facilite la synthèse des glucides dans les feuilles, ainsi que leur migration et leur accumulation dans les tubercules. On admet généralement qu'elle est responsable de la formation de gros calibre **(HOJMARK, 1977).**

Pour l'interaction N x K l'analyse de la variance montre aussi un effet significatif de l'interaction (N x K) sur le diamètre des tubercules. Ceci passe de 47.25 mm enregistré avec le traitement N0K0 à 84.75 mm obtenu avec le traitement N3K2 (tableau N°11).

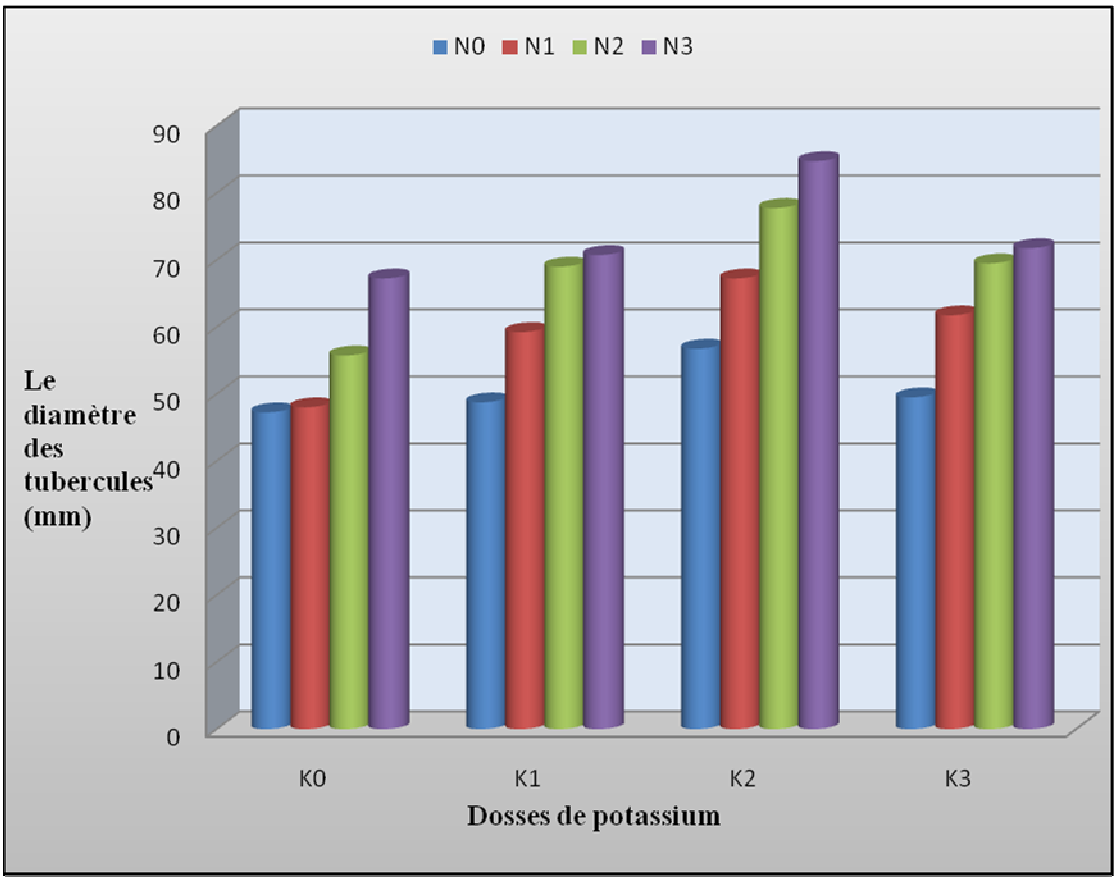


Figure N°12: Influence de la fertilisation azotée-potassique sur

le diamètre des tubercules (mm)

2-2-2) Effet de la fertilisation azotée potassique sur la longueur des tubercules

Les résultats de mesures de la longueur des tubercules sont présentés dans le tableau N°12 et illustrés dans la figure N°13.

Tableau N°12:Effet des différentes doses d'engrais azotes potassiques sur la longueur des tubercules (mm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	73.25 c	75.00b	100.00 d	74.00 c	**80.56 c**	**Effet N : H.S**
N1	83.75ab	95.50 a	111.00 c	97.25 b	**96.87 b**	**Effet K : H.S**
N2	92.00 a	101.25 a	124.25 b	106.75 a	**106.06 a**	**Effet N x K : H.S**
N3	77.00 b c	80.00 b	138.75 a	104.25ab	**100.00 b**	
Moyenne	**81.50 d**	**87.93 c**	**118.50a**	**95.56 b**		

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'azote sur la longueur des tubercules. Ce paramètre passe de 80.56 mm obtenu avec la dose N0 à 106 mm obtenu avec la dose N2 (120 U N/ha) soit une augmentation de l'ordre de 25 % (tableau N°12). Le Coefficient de variation est de 8 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 106.06 mm.
- Groupe (b) est représenté par les deux doses N1 (60 U/ha) et N3 (180U/ha) respectivement avec 96.87 mm et 100 mm.
- Groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 80.56 mm.

En général, une application élevée d'azote cause une diminution du calibre et du poids spécifique des tubercules **(CHAMBERLAND** et **CAMPAGNA, 1969).**

Aussi l'analyse de la variance a révélée un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la longueur des tubercules. Celle-ci passe de 81.50 mm obtenue avec le témoin K0 à 118.50 mm obtenue avec la dose K2 (180 U K/ha) (tableau N°12). Le Coefficient de variation est de 7 %.

L'effet de l'engrais potassique révèle quatre (04) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 118.50 mm.
- Groupe (b) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 95.56 mm.
- Groupe (c) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 87.93mm.
- Groupe (d) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 81.50mm.

Pour l'interaction (N x K) l'analyse de la variance montre aussi un effet hautement significatif de l'interaction (N x K) sur la longueur des tubercules. Celle-ci passe de 73.25 mm enregistré avec le traitement N0K0 à 138.75 mm obtenue avec le traitement N3K2 (tableau N° 12).

Selon **GIROUX (1982),** 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.

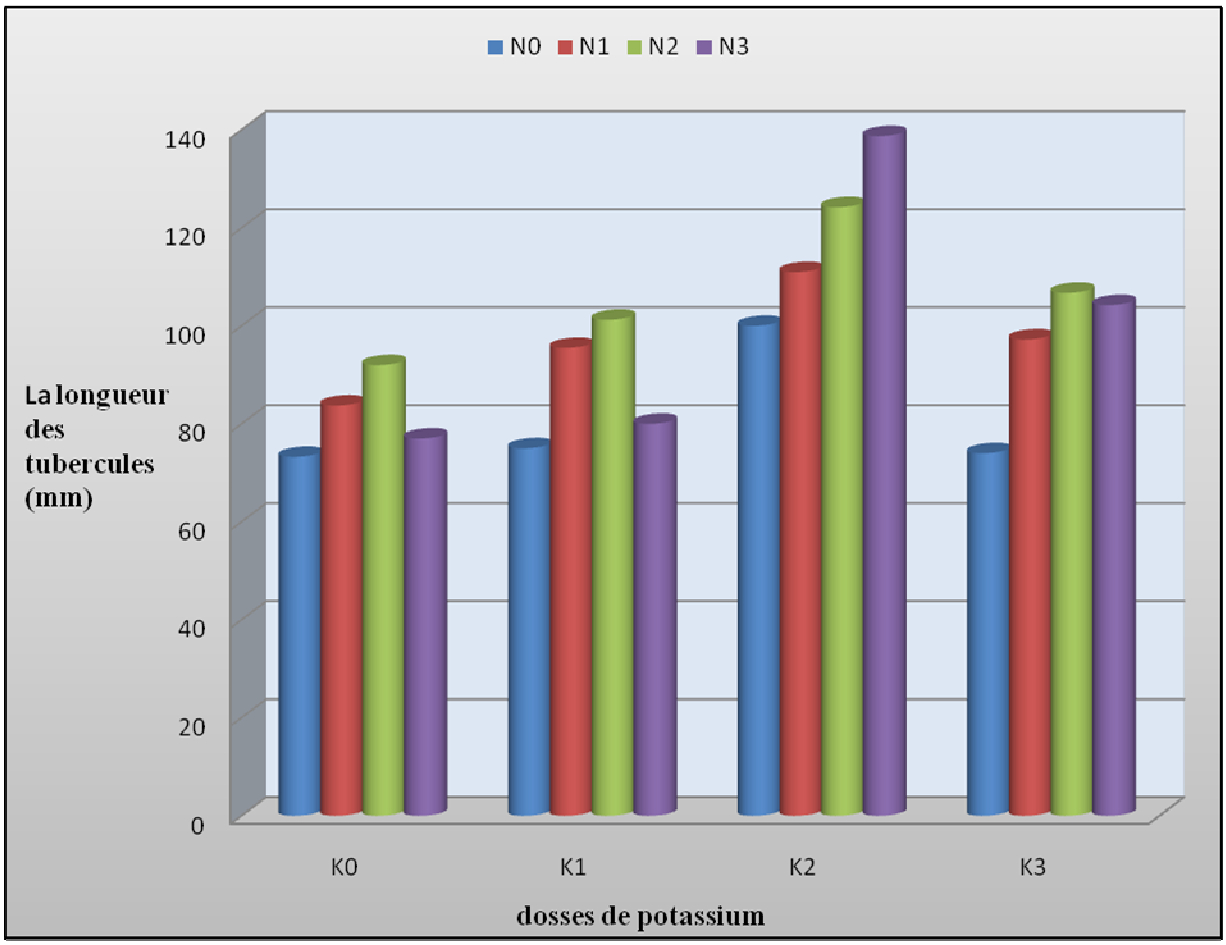


Figure N°13 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur la longueur des tubercules (mm).

2-2-3) Effet de la fertilisation azotée potassique sur le poids spécifique du tubercule :

Les résultats de mesures de poids spécifique des tubercules sont présentés dans le tableau N°13, et illustrés dans la figure N°14.

Tableau N°13 : Effet de la fertilisation azotée potassique sur le poids spécifique des tubercules (g)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	76.25 c	82.50 c	117.00 d	86.25 c	90.50 c	**Effet N : H.S**
N1	138.75 b	188.75 b	228.75 c	205.00 b	190.31 b	**Effet K : H.S**
N2	167.50 a	216.25ab	336.25 b	222.50ab	235.62a	**Effet N x K : H.S**
N3	132.50b	232.50a	401.25a	241.25a	251.87 a	
Moyenne	**128.75 c**	**180.00 b**	**270.81a**	**188.75b**		

Le poids spécifique des tubercules est influencé d'une façon hautement significative avec les doses d'engrais azotés. Ce poids varie de 90.50 g obtenu avec le témoin (sans azote) N0 à 251.87 g obtenu avec la dose N3 (180 U N/ha). Soit une augmentation de l'ordre de 64 %. Les autres doses d'engrais ont donnes les valeurs suivantes : 190.31 g pour la dose N1 (60 U N/ha) et 235.62 g pour la dose N2 (120 U N/ha) (tableau N°13). Le Coefficient de variation est 13 %.

L'analyse de variance révèle ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par les deux doses N2 (120 U/ha) et N3 (180U/ha) respectivement avec 235.62 g et N3 (180 U/ha) avec 251.87 g.
- Groupe (b) est représenté par la dose N1 (60 U/ha) avec190.31 g.
- Groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 90.50 g.

En ce qui concerne l'engrais potassique, l'analyse de la variance (tableau N°13), montre un effet hautement significatif du poids spécifique des tubercules en fonction des doses croissantes de K. Le poids le plus élevé est obtenu avec la dose K2 avec 270.81 g et le

poids le plus faible est obtenu avec la dose K0 avec 128.75 g. Soit un taux d'augmentation de 52 %. Le Coefficient de variation est de 10 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 270.81 g.
- Groupe (b) est représenté par les deux doses K1 (90 U/ha) et K3 (270U/ha) respectivement avec 180 g et 188.75 g.
- Groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 128.75 g.

Les résultats des expérimentations indiquent que la fertilisation potassique a une influence sur la taille des tubercules, la teneur en matière sèche et la teneur en amidon **(PERRENOUD, 1993** et **MARTIN-PREVEL, 1989**).

L'interaction (N×K) a réagit d'une façon hautement significatif sur le poids spécifique des tubercules. Selon le tableau N°13 le poids le plus élevé 401.25 g est obtenu au niveau du traitement N3K2, contre le poids le plus faible 76.25 g qui est obtenu avec le traitement N0K0 (tableau N°13).

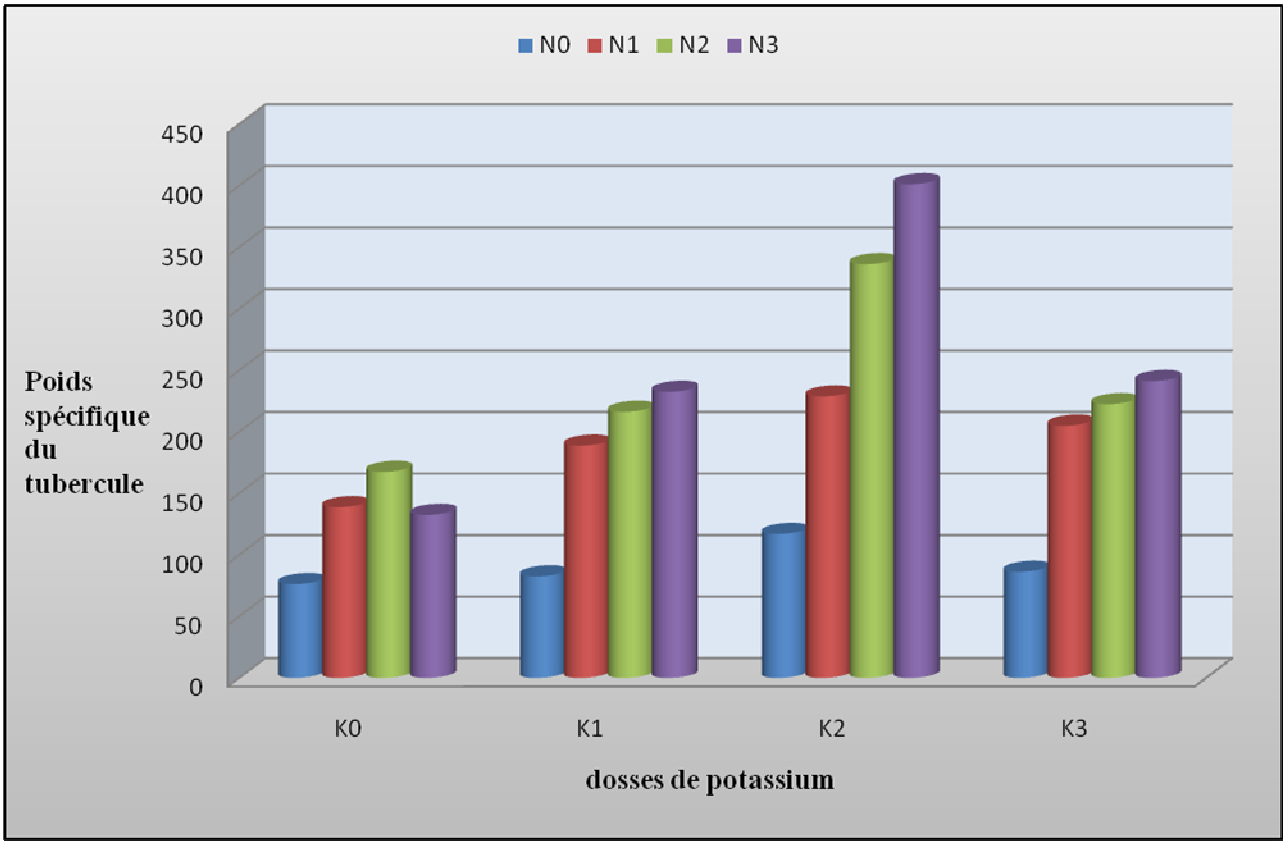


Figure N°14 : Influence de la fertilisation azotée-potassique sur le poids moyen des tubercules (g)

Conclusion

Les paramètres retenus pour mettre en évidence l'effet de la fertilisation azotée et potassique sur la qualité et le rendement de la pomme de terre (le rendement total, la longueur et le diamètre des tubercules, poids spécifique du tubercule), sont influencés significativement par les différentes doses d'engrais azotées et potassiques.

Tableau N°14. Analyse de la variance des paramètres de mesure de la partie souterraine

Source de variation	le rendement	Calibre du tubercule		Poids spécifique du tubercule
		longueur	diamètre	
N	**H.S**	**H.S**	**H.S**	**H.S**
K	**H.S**	**H.S**	**H.S**	**H.S**
N x K	**S**	**H.S**	**S**	**H.S**

Le fractionnement des applications d'azote a un impact positif principalement sur le rendement et l'augmentation du calibre des tubercules.

L'apport croissant des doses d'azote provoque une augmentation de rendement et de calibre des tubercules ainsi que leur poids spécifique.

En ce qui concerne le rendement, le taux d'augmentation est de 16 % (226.50 qx/ha pour la dose N0 (sans apport) par rapport à 271 qx/ha pour la dose N3 (180 U/ha), (Tableau N°10).

Aussi pour la longueur des tubercules le taux d'augmentation est de 19 % (80.56 mm pour la dose N0 (sans apport) par rapport à 100 mm pour la dose N3 (180 U/ha), (Tableau N°12).

En ce qui concerne le diamètre des tubercules, l'augmentation est de l'ordre de 32 % (50.56 mm pour la dose N0 (sans apport) par rapport à 73.62 mm pour la dose N2 (180 U/ha), (Tableau N°11).

Pour le poids spécifique des tubercules, la fertilisation azotée a influencée significativement ce paramètre, l'augmentation est de l'ordre de 64 % (90.50 mm pour la dose N0 (sans apport) par rapport à 251.87 mm pour la dose N3 (180 U/ha) (Tableau N°13).

La culture de la pomme de terre a réagie favorablement à un apport de potassium par une amélioration de rendement et calibre des tubercules.

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).**

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 précédents. Cette diminution de rendement est de l'ordre de 27.43 qx/ha (270.18 qx/ha pour la dose 180 U/ha par rapport à 242.75 qx/ha pour la dose 270 U/ha) (Tableau N°10).

Les résultats du l'effet de la fertilisation potassique sur le calibre des tubercules sont présents dans le tableau 11et 12. D'après ces résultats, on voit nettement que la fertilisation potassique a favorise a production en tubercules du grand calibre.

En ce qui concerne le calibre des tubercules nous avons enregistré une diminution des calibres avec les doses K3. Cette diminution est de l'ordre de 12 % pour le diamètre (71,62 mm pour la dose 180 U/ha par rapport à 63.12 mm pour la dose 270 U/ha), et 19 % pour la longueur (118.50 mm pour la dose 180 U N/ha, par rapport à 95.56 mm pour la dose 270 U/ha Tableau N°12).

La dose élevée de potassium (270U/ha), à influencée négativement sur le poids spécifique de tubercules avec un taux de diminution de 30 % (270.81 g pour la dose 180 U N/ha par rapport à 188.75 g pour la dose 270 U/ha) (Tableau N°13).

TERRNAN (1953) explique la diminution du poids spécifique (ainsi que de la teneur en matière sèche) par un contenu en eau plus élevé dans le tubercule, créant ainsi un effet de dilution.

Selon **ABD EL MONAIM (1999),** la fertilisation potassique excessive favorise une augmentation d'adsorption de potassium par rapport au calcium et au magnésium. Ce déséquilibre diminue le rendement total, ainsi que la teneur en matière sèche de tubercule.

Aussi l'interaction influe significativement sur le rendement total, le diamètre des tubercules, ainsi que la longueur et le poids spécifique de tubercule.

On constate que le traitement N3K2 (180 U N/ha, 180 U K_2O/ha) donne un rendement maximal de 301.71 qx/ha (tableaux N° 10), de meilleur calibre et poids spécifique des tubercules.

Pour cela, nous pouvons conclure que :

- La dose d'azote N3 (180 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 N3K2 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) Évolution de la teneur en azote de la plante

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 la qualité de la pomme de terre **(REUST, 1986).**

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, la tubérisation, la maturité et dans les tubercules.

1-1) Teneur en azote des feuilles

A- Teneur en N des feuilles au stade de la croissance végétative

Les résultats de la teneur en azote des feuilles durant le stade de croissance végétative de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°15 et illustrés dans la figure N°15.

Tableau N°15 : Effet de la fertilisation azotée-potassique sur la teneur en N des feuilles (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.49	1.60	1.77	1.90	**1.69 c**	**Effet N : H.S**
N1	1.80	1.89	1.95	2.02	**1.91 bc**	**Effet K : H.S**
N2	1.89	2.08	2.15	2.26	**2.09 b**	**Effet N x K : N. S**
N3	2.10	2.38	2.41	2.49	**2.34 a**	
Moyenne	**1.82 b**	**1.99 ab**	**2.07 a**	**2.16 a**	**2.00**	

L'analyse de la variance (tableau N°15) montre un effet hautement significatif de l'engrais azoté apporté sur la teneur en azote des feuilles au stade de croissance végétative. Celle-ci passe de 1.69 % N obtenue avec la dose N0 à 2.34 % N obtenue avec la dose N3. Soit une augmentation de 28 %. Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes 1.91 %N avec N1 et 2.09 % N avec N2. Le coefficient de variation est de15 %.

Le test t a fait ressortir quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 2.34 % N.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 2.09 % N.
- Le groupe (bc) est représenté par la dose N1 (60 U/ha) avec 1.91 % N.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 1.69 % N.

L'analyse de la variance a révéle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade de croissance végétative. Celle-ci passe de 1.82 % N obtenue avec le témoin K0 à 2.16 % N obtenue avec la dose K3 (270 U /ha) avec un taux d'augmentation de 16 %. Le coefficient de variation est de 13 %.

L'effet de potassium révèle trois (03) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par les deux doses K3 (270U/ha) avec 2.16 % N et K2 (180U/ha) avec 2.07 % N.
- Groupe (ab) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 1.99 % N.
- Groupe (b) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 1.82 % N.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques ne montrent pas un effet significatif, la teneur la plus élevée en N (2,49 % N) est obtenue avec le traitement N3K3. Soit une augmentation de 40 % par rapport à la valeur la plus faible qui est de 1.49 %N est obtenue avec le traitement N0K0.

Selon **BAEYENS (1967),** une plante jeune est plus riche en azote qu'une plante vieille qui elle est plus riche en hydrate de C.

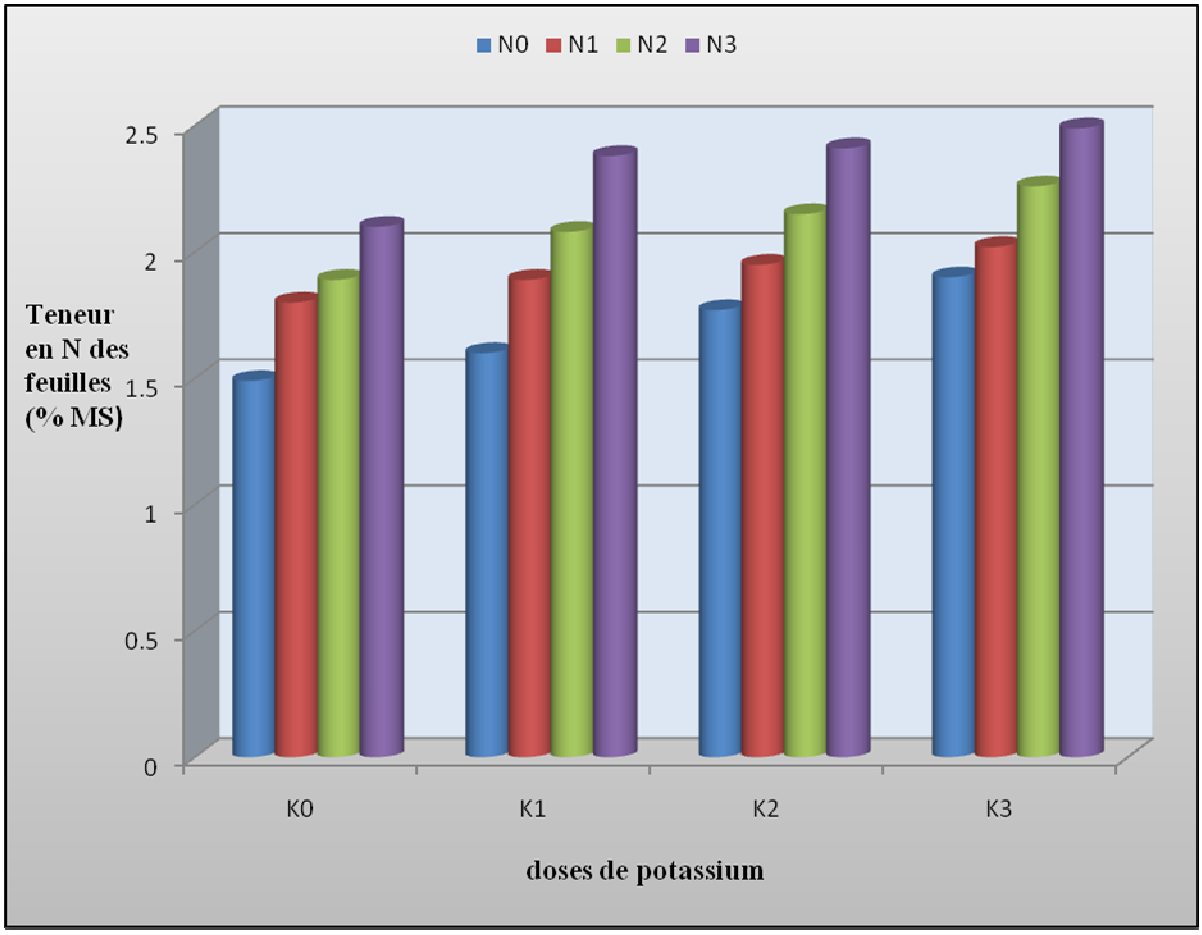


Figure N°15 : Teneur en N des feuilles au stade de croissance végétative (% MS)

B- Teneur en N des feuilles au stade de tubérisation

Les résultats de mesures de la teneur en azote des feuilles durant le stade de tubérisation sont présentés dans le tableau N°16, et illustrés dans la figure N°16.

Tableau N°16 : Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en N des feuilles (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0.68	0.84	1.12	1.24	**0.97 d**	**Effet N : H.S**
N1	1.48	1.65	1.65	1.86	**1.66 c**	**Effet K : H.S**
N2	1.95	1.75	2.24	2.22	**2.04 b**	**Effet N x K : N.S**
N3	2.23	2.42	2.47	2.43	**2.41 a**	
Moyenne	**1.58 b**	**1.67 b**	**1.87 a**	**1.96 a**	**1.77**	

L'analyse de la variance (tableau N°16) montre un effet hautement significatif de l'engrais azoté apporté sur la teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation. Celle-ci passe de 0.97 % N obtenue avec la dose N0 à 2.41 % N obtenue avec la dose N3. Soit une augmentation de 60 %. Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes 1.66 % N avec N1 et avec N2. Le coefficient de variation est de 15 %.

L'analyse de variance révèle quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 2.41 %N.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 2.04 %N.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U/ha) avec 1.66 %N.
- Le groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 0.97 %N.

Aussi l'analyse de la variance a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade de maturation. Celle-ci passe de 1.58 % N obtenue avec le témoin K0 à 1.96 % N obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha). Soit un taux d'augmentation de19 %. Le coefficient de variation est de 9 %.

Le test t a fait ressortir deux (02) groupes homogènes :

- Groupe (a) est représenté par les deux doses K3 (270U/ha) avec 1.96 % N et K2 (180U/ha) avec 1.87 % N.
- Groupe (b) est représenté par les deux doses K1 (90 U/ha) avec 1.67 % N et K0 (sans apport) avec 1.58 % N.

L'analyse de la variance (tableau N°16) ne montre aucune différence significative de la teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation en fonction de l'interaction (N x K). La teneur la plus élevée en N (2,47%) est obtenue avec le traitement N3K2. Soit une augmentation de 72 % par rapport à la valeur la plus faible qui est 0.68% est obtenue avec le traitement N0K0.

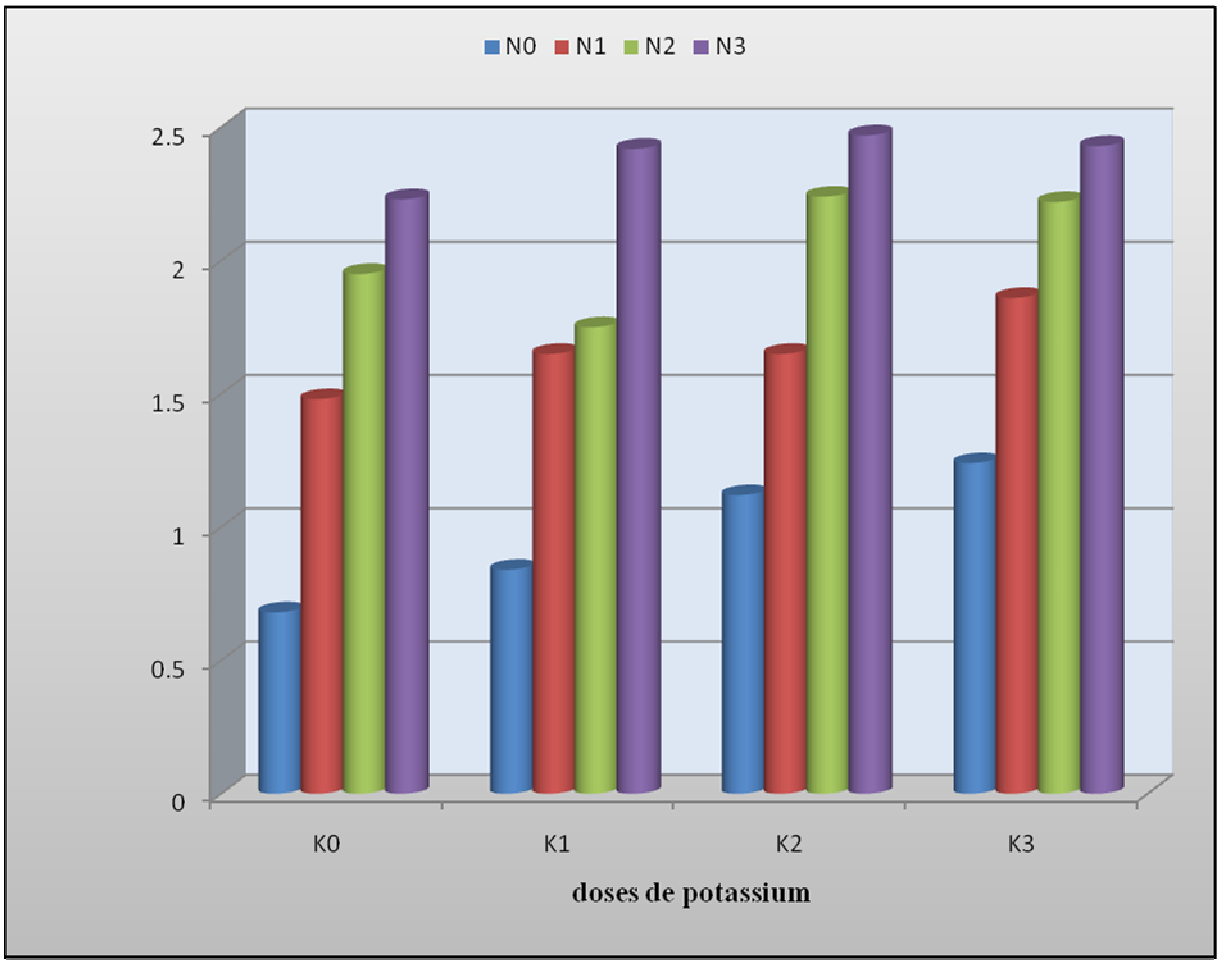


Figure N°16 : Teneur N des feuilles au stade de tubérisation (% MS)

C- Teneur en N des feuilles au stade de maturation

Les résultats de la teneur en azote des feuilles durant le stade de maturation de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°17 et illustrés dans la figure N°17.

Tableau N°17 : Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en N des feuilles (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0.66 c	0.70 d	0.74 d	0.82 c	**0.73 d**	**Effet N : H.S**
N1	0.84 c	0.90 c	0.96 c	0.99 c	**0.92 c**	**Effet K : H.S**
N2	1.09 b	1.13 b	1.19 b	1.29 b	**1.18 b**	**Effet N x K : H.S**
N3	1.35 a	1.41 a	1.65 a	1.76 a	**1.54 a**	
Moyenne	**0.99 d**	**1.04 c**	**1.13 b**	**1.22 a**	**1.09**	

L'analyse de la variance (tableau N°17) montre un effet hautement significatif de l'engrais azoté apporté sur la teneur en azote des feuilles au stade de maturation. Celle-ci passe de 0.73 % N obtenue avec la dose N0 à 1.54 % N obtenue avec la dose N3. Soit une augmentation de 53 %. Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes 0.92 % N avec N1 et 1.18 % N avec N2 (Tableau N°17). Le coefficient de variation est de 21 %.

Le test t a fait ressortir quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 1.54 %.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 1.18 %.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U/ha) avec 0.92 %.
- Le groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 0.73 %.

En ce qui concerne l'engrais potassique, l'analyse de la variance (tableau N°17), montre un effet hautement significatif du potassium. Celle-ci passe de 0.99 % N obtenue avec la dose K0 à 1.22 % N obtenue avec la dose K3 avec un taux d'augmentation de19 %.

Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes 1.04% N avec K1 et 1.13 % N avec K2 (Tableau N°17). Le coefficient de variation est de 7 %.

Le test t a fait ressortir quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 1.22 %N.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 1.13 %N.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 1.04 %N.
- Le groupe (d) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 0.99 %N.

L'interaction (N x K) présente aussi un effet hautement significatif sur ce paramètre en fonction de l'augmentation des doses d'azote et de potassium. La teneur la plus élevée obtenue avec le doseN3K3 avec 1.76 %, et la teneur la plus faible avec N0K0 avec 0.66 %.

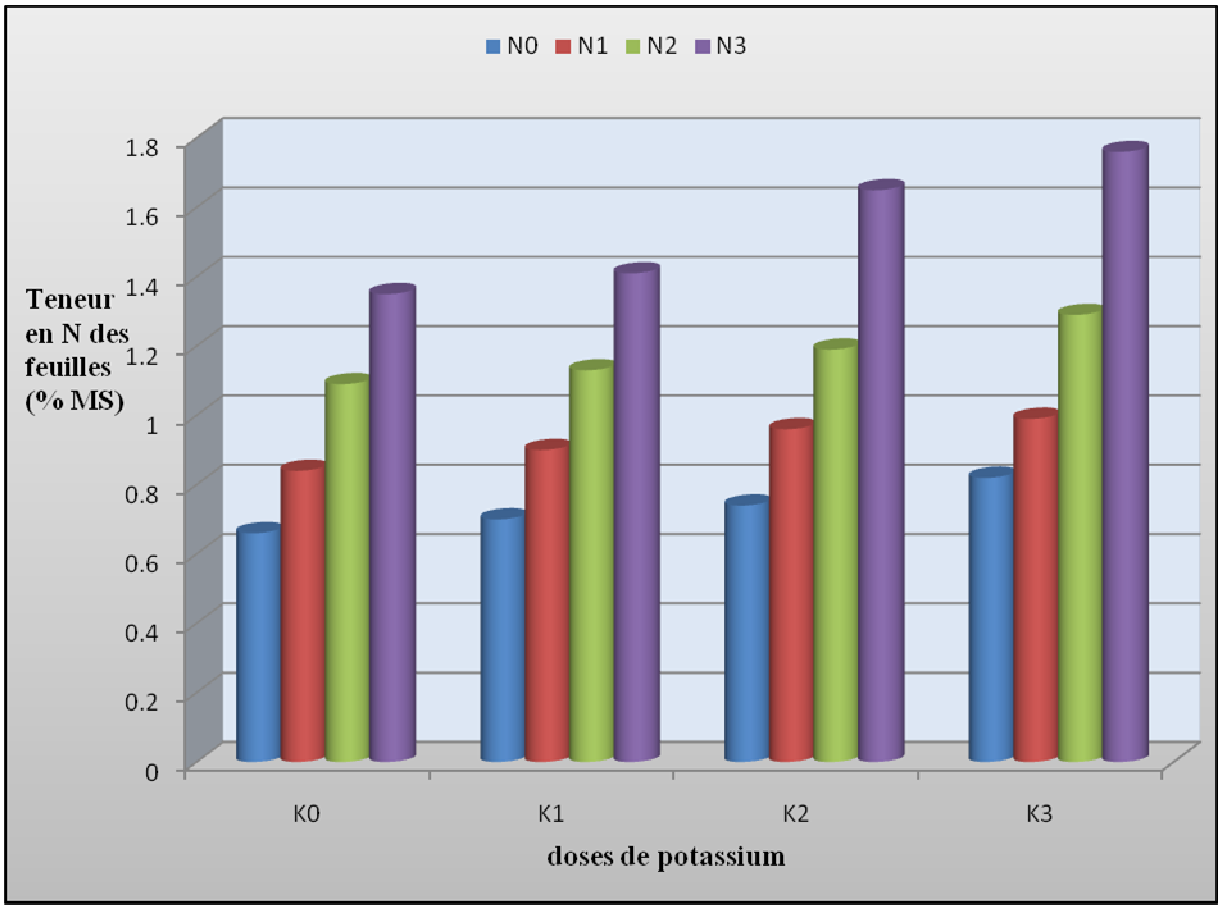


Figure N°17 : Teneur en N des feuilles au stade de maturation (% MS)

1-2) Teneur en N des tubercules

Les résultats de la teneur en azote des tubercules de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°18 et illustrés dans la figure N°18.

Tableau N°18 : Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en N des tubercules (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0.57 b	0.60 b	0.62 b	0.63 b	**0.60 b**	**Effet N : H.S**
N1	0.62 b	0.72 b	0.73 b	0.75 b	**0.70 b**	**Effet K : H.S**
N2	0.77 ab	0.83 ab	0.84 b	0.89 b	**0.83 b**	**Effet N x K : S**
N3	1.01 a	1.07 a	1.26 a	1.35 a	**1.17 a**	
Moyenne	**0.74 c**	**0.80 b**	**0.86 ab**	**0.90 a**	**0.82**	

La teneur en azote des tubercules est influencée d'une façon hautement significative avec les doses d'engrais azotées apportées. Celle-ci passe de 0.60 % obtenue avec le témoin sans azote N0 à 1.17 % obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha). Soit une augmentation de l'ordre de 49 %. Les autres doses d'engrais ont données les valeurs suivantes : 0.70 % pour la dose N1 (60 U N/ha) et 0.83 % pour la dose N2 (120 U N/ha). Le coefficient de variation est de 41 %.

Le test t a fait ressortir deux (02) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180U/ha) avec 1.17 %.
- Le groupe (b) est représenté par les trois doses N2 (120 U/ha) avec 0.83 % et N1 (60 U/ha) avec 0.70 % et N0 (sans apport) avec 0.60 %.

En ce qui concerne l'effet de potassium a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote des tubercules. Celle-ci passe de 0.74 % N obtenue avec le témoin K0 à 0.90 % N obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha). Avec un taux d'augmentation de 49 %. Le coefficient de variation est 10 %.

Le test t a fait ressortir quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 0.90 %N.
- Le groupe (ab) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 0.86 %N.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 0.80 %N.

- Le groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 0.74 %N.

De même l'interaction (N x K), l'analyse de la variance montre un effet significatif sur la teneur en azote des tubercules. Cette teneur augmente avec les doses croissantes d'azote et de potassium. Celle-ci passe de 0.57 % N enregistrée avec le traitement N0K0 à 1.35 % N obtenue avec le traitement N3K3 avec un taux d'augmentation de18 %, (tableau N°18).

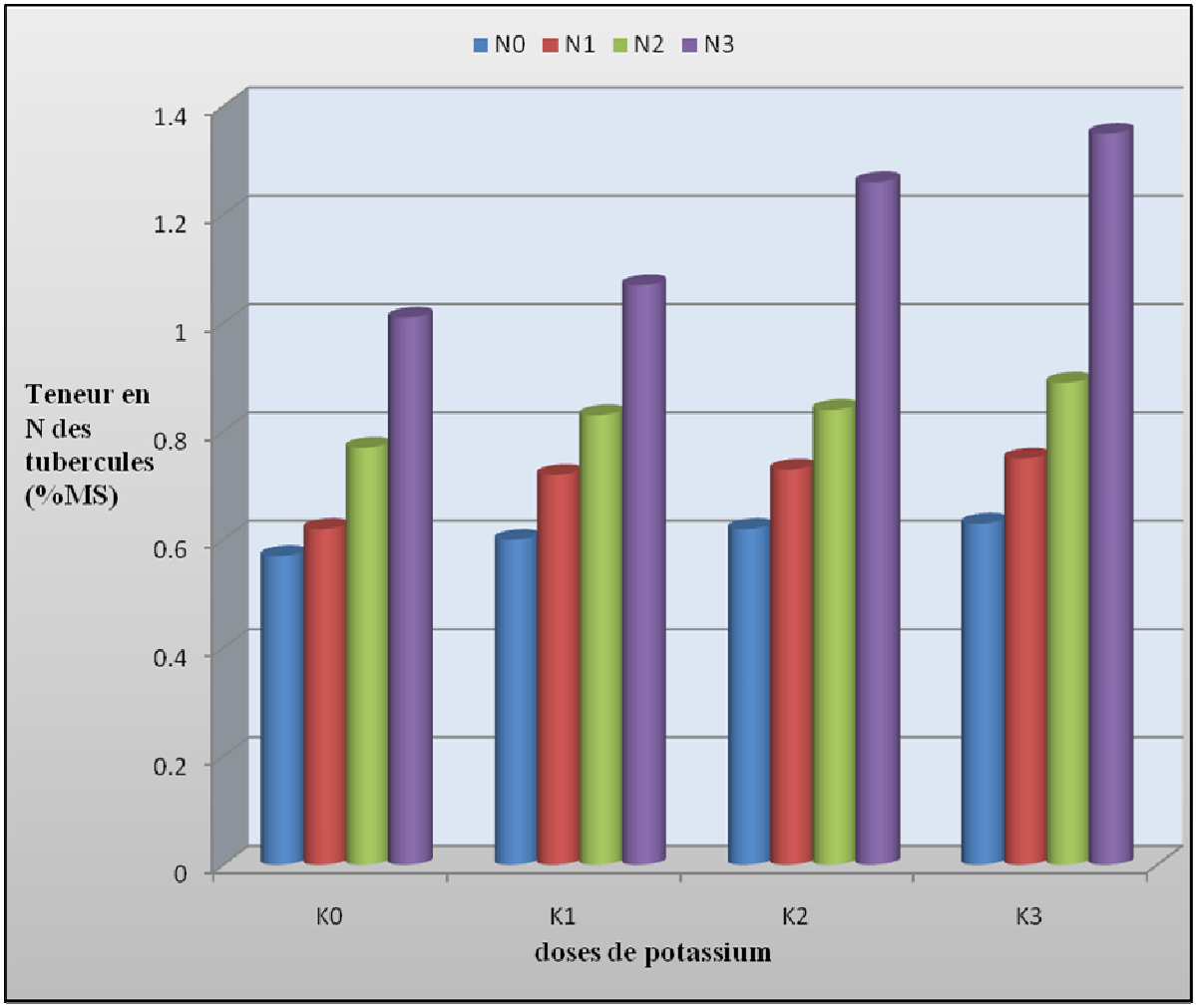


Figure N°18 : Teneur en N des tubercules (% MS)

2) Évolution de la teneur en N dans la plante au cours du cycle de végétation

La figure N° 19 montre que la teneur en azote dans les feuilles diminue graduellement avec l'avancement du cycle de végétation de la pomme de terre. Cette teneur passe de 2 % N obtenue au stade de croissance végétative (tableau N°15) à 1.77 % N obtenue au stade de tubérisation (tableau N°16) à 1.09 % N obtenue au stade de maturation (tableau N°17).

Dans le premier stade de croissance végétative plusieurs chercheurs notamment **HAVERKORT** et **MACKERRON (2000)** ont montre que la concentration maximale d'azote total dans les feuilles est atteinte chez les plants très jeunes.

Au stade de tubérisation **REUST (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).

Lorsque la plante est âgée de 95 à 100 jours, le feuillage ne contient que 28 % N de I' 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).**

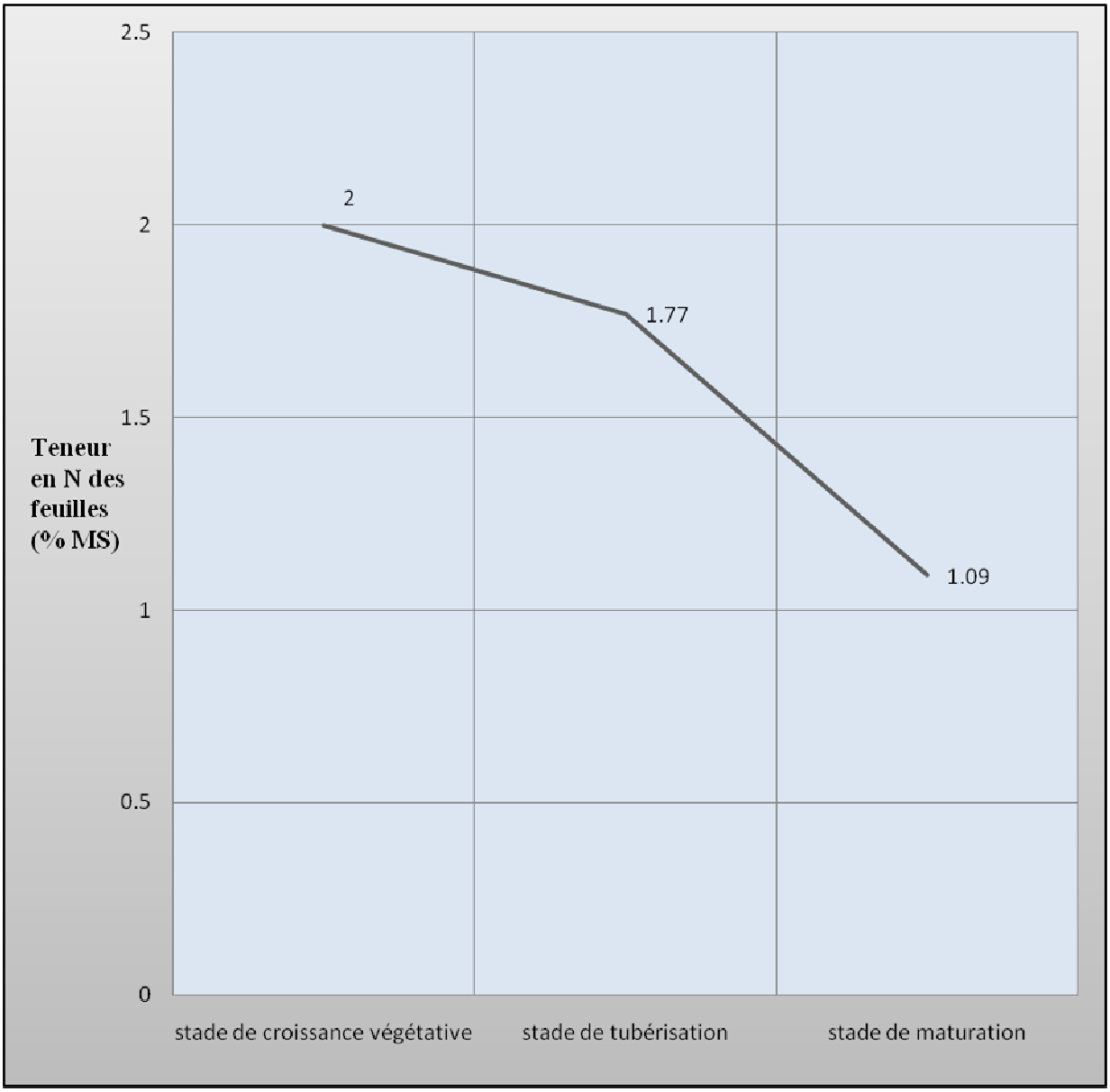


Figure N°19 : Évolution de la teneur en N des feuilles au cours des différents stades de développement (% MS)

Conclusion :

D'après les résultats obtenus, la fertilisation azotée et potassique a une action significative sur la teneur en azote des feuilles aux différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation et maturation), en fonction des doses d'azote, de potassium, et de leur interaction (N x K) (Tableau N°19).

Tableau N°19 : Analyse de variance de la teneur en N total des feuilles et des tubercules

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

Au stade de croissance végétative, la teneur en azote total des feuilles s'accroît avec les doses de N (Tableau N°15) .La teneur en N passe de 1.69 % N obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 2.34 %N obtenue avec la dose N3 (180 U/ha) soit une augmentation de l'ordre de 28 % (tableau N°15). Et les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 15.70 % de (K0 à K3). Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 2.16 % N obtenue avec le traitement K3 (270 U K/ha) à la valeur la plus faible 1.82 % N obtenue avec le traitement K0 (sans apport). Mais l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en azote des feuilles. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 2.49 % N obtenue avec la dose N3K3 à la valeur la plus faible de 1.49 % N obtenue avec la dose N0K0, soit un taux de 36 % (Tableau N°15).

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 % et 19.38 % respectivement obtenues avec les apports d'azote de (N0 à N3) et de potassium de (K0 à K3).

Mais aussi l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en azote des feuilles. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 2,43 % N obtenue avec la dose N3K3 à la valeur la plus faible de 0,68 % N obtenue avec la dose N0K0, soit un taux de 73 % (Tableau N°16).

Au stade de maturation, les résultats obtenus présentent une évolution de la teneur en l'azote dans les feuilles, avec un taux d'augmentation de 52 % et 19 % et 63 % respectivement obtenues avec les apports d'azote de (N0 à N3), de potassium de (K0 à K3) et l'interaction N× K (N0K0 à N3K3).

Concernant les tubercules, la teneur en azote est influencée d'une façon significative avec les doses d'azote, de potassium et l'interaction (N×K). Des augmentations de la teneur en azote des tubercules de 49 %, 18 % et 58 % respectivement avec les apports d'azote (N0 et N3), de potassium (K0 et K3) et l'interaction N× K (N0K0 à N3K3).

Dans un travail similaire réalisé par **HOUIDI** et **AHMADI (2007)** sur la pomme de terre, la teneur en azote total des feuilles s'accroît avec les doses de N aux différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation et maturation).

Pour cela, nous pouvons conclure que :

- La dose d'azote N3 (180 U N/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 2,33, 2.41 et 1.54 % N.
- La dose de potassium K3 (270 U K_2O/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 2.16, 1.96 et 1,22 % N.
- La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 2,49, 2.43 et 1.76 % N.

2) Évolution de la teneur en potassium de la plante

La culture de la pomme de terre est très exigeante en potassium. Parmi les trois éléments majeurs, le potassium est celui qui est requis en plus grande quantité par la plante (**ROBERT, 1985).**

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) Teneur en potassium des feuilles

A- Teneur en K des feuilles au stade de croissance végétative

Les résultats de la teneur en potassium des feuilles durant le stade de croissance végétative de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°20 et illustrés dans la figure N°20.

Tableau N°20 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	0.86	1.60	1.71	2.15	**1.58 c**	**Effet N : H.S**
N1	1.85	1.91	2.09	2.64	**2.12 b**	**Effet K : H.S**
N2	2.08	2.31	2.48	2.69	**2.39 b**	**Effet N x K : N.S**
N3	2.75	2.85	3.25	3.88	**3.18 a**	
Moyenne	**1.88 c**	**2.17 bc**	**2.38 b**	**2.84 a**	**2.31**	

L'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation azotée sur la teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative, celle-ci passe de 1.58 % K obtenue avec le témoin N0 (sans apport) à 3.18 % K obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha) avec un taux d'augmentation de 50 %. Le coefficient de variation est de 20 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois(03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 3.18 % K.
- Le groupe (b) est représenté par les deux dose N2 (120 U/ha) avec 2.39 % K et N1 (60 U/ha) avec 2.12 % K.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 1.58 % K.

Aussi 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°20). Cette teneur en K passe de 1.88 % K obtenue avec le témoin K0 (sans potassium) à 2.84 % K obtenue avec la dose K3 (270 U K_2O/ha) avec un taux d'augmentation de 34 %. Le coefficient de variation est de 22 %.

L'analyse de variance révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 2.84 % K.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 2.38 % K.
- Le groupe (bc) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 2.17 % K.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 1.88 % K.

L'analyse de la variance (tableau N°20) ne montre aucune différence significative de la teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative en fonction de l'interaction (N x K). Ce teneur varie de la valeur la plus moins de 0.86 % K obtenue avec le traitement N0K0, et la valeur la plus élevée de 3.88 % K obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°20). Avec un taux d'augmentation de 78 %.

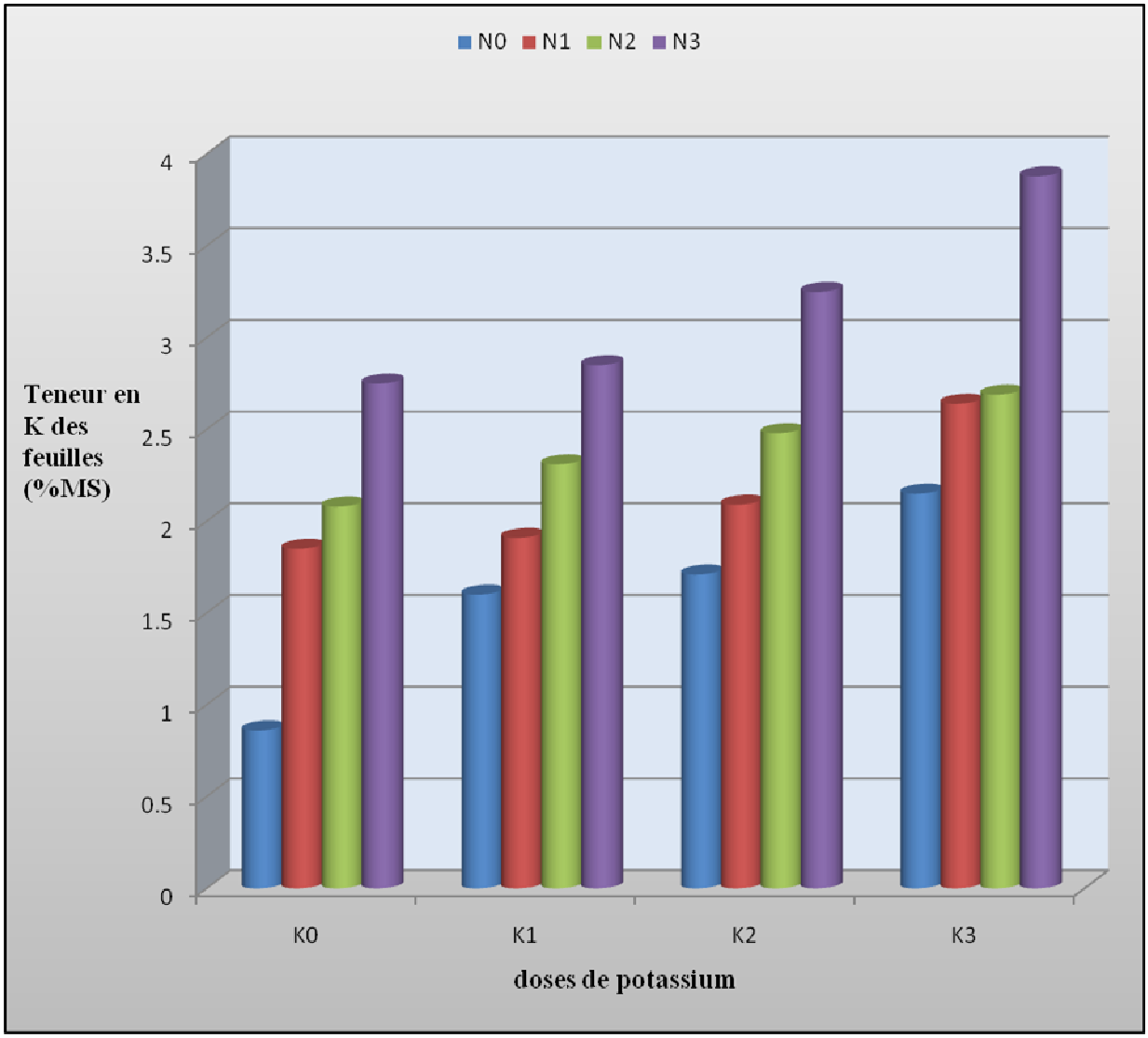


Figure N°20 : Teneur en K des feuilles au stade de croissance végétative (% MS)

B- Teneur en k des feuilles au stade de tubérisation

Les résultats de mesures de la teneur en potassium des feuilles durant le stade de tubérisation sont présentés dans le tableau N°21 et illustrés dans la figure N°21.

Tableau N°21: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.76	2.14	2.76	2.91	**2.39 d**	**Effet N : H.S**
N1	2.09	2.17	3.36	4.32	**2.99 c**	**Effet K : H.S**
N2	2.75	2.83	4.45	4.88	**3.73 b**	**Effet N x K : N.S**
N3	2.97	3.42	5.06	5.39	**4.21 a**	
Moyenne	**2.39 c**	**2.64 c**	**3.91 b**	**4.37 a**	**3.33**	

L'analyse de la variance (tableau N°21) montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation. Ce dernier passe de 2.39 % K obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 4.21 % K obtenue avec N3 (180U/ha) avec un taux d'augmentation de 43 %. Le coefficient de variation est de 18 %.

L'analyse de variance révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 4.21 % K.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 3.73 % K
- Le groupe (c) est représenté par la dose N1 (60 U/ha) avec 2.99 % K
- Le groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 2.39 % K.

La teneur en potassium des feuilles au stade de tubérisation, présente des différences hautement significatives en fonction des doses croissantes de potassium. Celle-ci passe de 2.39 % K obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 4.37 % K obtenu avec la dose K3 (270U/ha) avec un taux d'augmentation de 43 %. Le coefficient de variation est de 15 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 4.37% K.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 3.91% K.
- Le groupe (c) est représenté par les deux dose K1 (90U/ha) avec 2.64 % K et K0 (sans apport) avec 2.39 % K.

À ce point, plusieurs chercheurs, notamment **DAHNKE** et **NELSON (1993)** ont montré que les cinétiques d'absorption du potassium montrent une absorption intense à partir de l'initiation des tubercules et sur une période de 30 à 40 jours.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent un effet non significatif. Cette dernière montre que la teneur la plus élevée en potassium est 5.39 % K obtenue avec le traitement N3K3, et la teneur la plus faible se 1.76 est obtenue avec le traitement N0K0 soit une augmentation de 45 %.

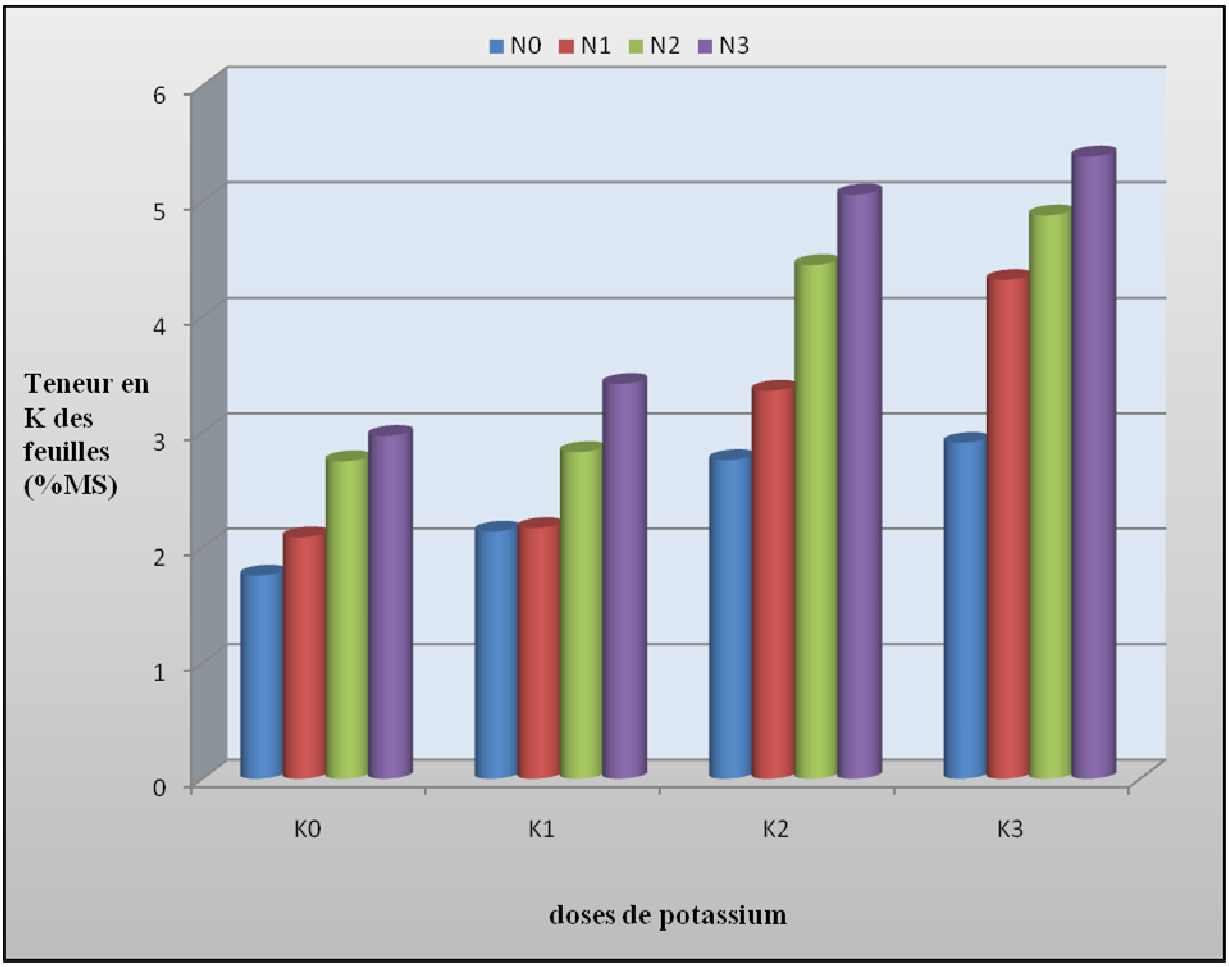


Figure N°21 : Teneur en K des feuilles au stade de tubérisation (% MS)

C- Teneur en k des feuilles au stade de maturation

Les résultats de la teneur en potassium des feuilles durant le stade de maturation de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°22 et illustrés dans la figure N°22.

Tableau N°22 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.04	1.55	1.68	1.84	**1.53 b**	**Effet N : H.S**
N1	1.08	1.72	1.96	2.39	**1.79 b**	**Effet K : H.S**
N2	1.18	2.12	2.46	2.80	**2.14 a**	**Effet N x K : N.S**
N3	1.27	2.41	2.76	2.98	**2.35 a**	
Moyenne	**1.14 d**	**1.95 c**	**2.22 b**	**2.50 a**	**1.95**	

La teneur en potassium des feuilles au stade de maturation est influencée d'une façon hautement significative par les doses de l'azote. Cette teneur passe de 1.53 % K obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 2.35 % K obtenue avec la dose N3 (180 U/ha) (tableau N°22). Soit une augmentation de 35 % .Le coefficient de variation est de 18 %.

Le test t a fait ressortir ainsi deux (02) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par les deux dose N3 (180 U/ha) avec 2.35% K, et N2 (120 U/ha) avec 2.14 % K
- Le groupe (b) est représenté par les deux dose N1 (60 U/ha) avec 1.79 % K et N0 (sans apport) avec 1.53 % K.

Aussi l'analyse de la variance (tableau N°22) montre un effet hautement significatif des doses de potassium sur la teneur en potassium des feuilles au stade de maturation. Celle-ci passe de 54.4 % K obtenue avec la dose K0 à 2.50 % K obtenu avec la dose K3 (tableau N°22) soit une augmentation de 11 %. Le coefficient de variation est de 15 %.

L'analyse de variance révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 2.50 % K.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 2.22 % K.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 1.95 % K.

- Le groupe (d) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 1.14 % K.

L'analyse de la variance (tableau N°22) ne montre aucune différence significative de la teneur en potassium des feuilles au stade de maturation en fonction de l'interaction (N x K). Ce teneur varie de la valeur la plus moins de 1.04 % K obtenue avec le traitement N0K0, et la valeur la plus élevée de 2.98 % K obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°22) avec un taux d'augmentation de 65 %.

Dans un travail similaire réalisé par **HOUIDI** et **AHMADI (2007)** sur la pomme de terre, la teneur en K des feuilles s'accroît avec les doses de K aux différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation et maturation).

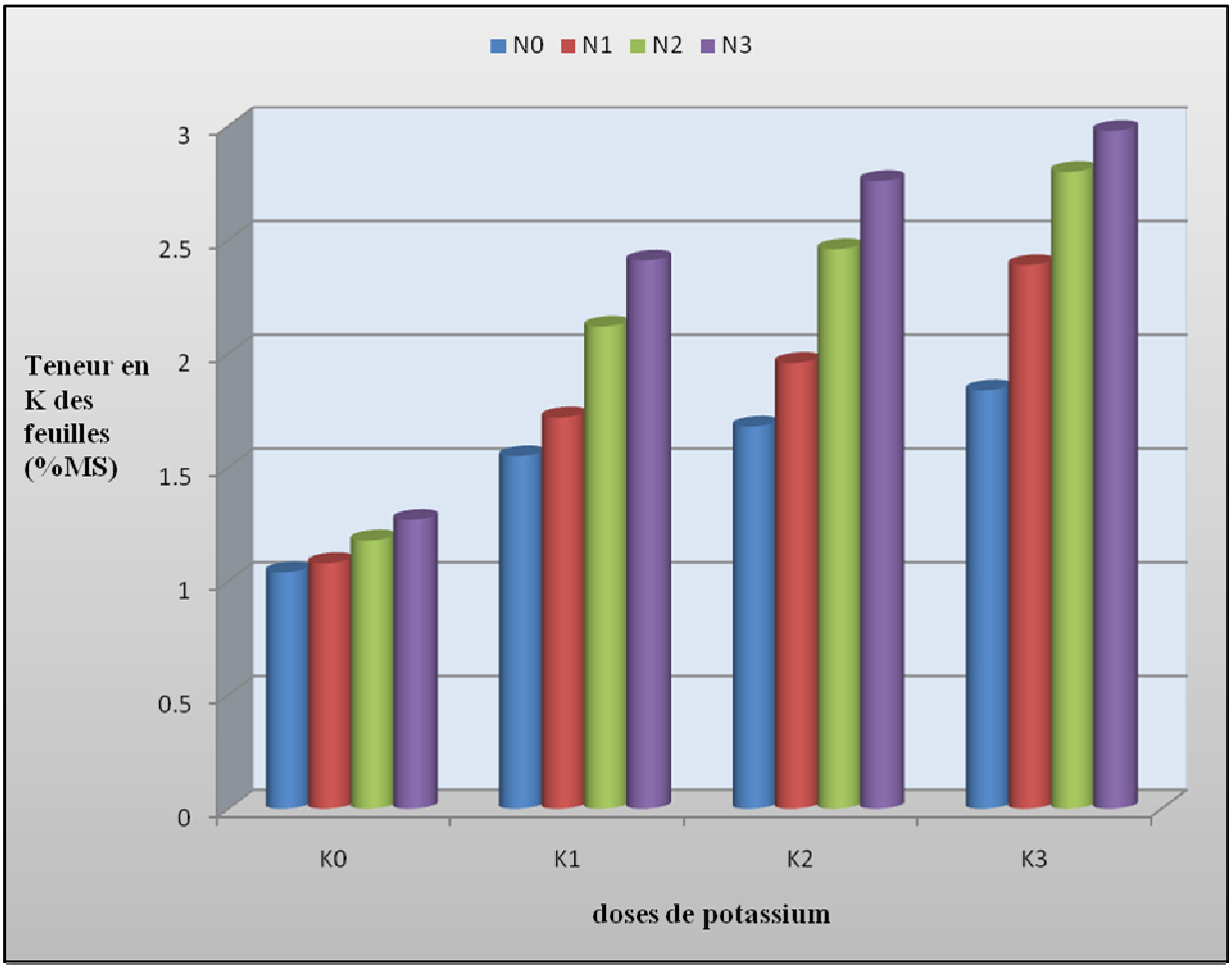


Figure N°22 : Teneur en K des feuilles au stade de maturation (% MS)

2-2) Teneur en K des tubercules

Les résultats de la teneur en potassium des tubercules de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°23 et illustrés dans la figure N°23.

Tableau N°23 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des tubercules (% MS)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	1.49	2.15	2.34	2.62	**2.15 c**	**Effet N : H.S**
N1	1.75	2.32	2.73	2.91	**2.43 b**	**Effet K : H.S**
N2	1.84	2.65	2.86	2.94	**2.57 ab**	**Effet N x K : N.S**
N3	1.86	2.90	3.16	3.37	**2.82 a**	
Moyenne	**1.73 c**	**2.50 b**	**2.77 a**	**2.96 a**	**2.49**	

La teneur en potassium des tubercules est influencée d'une façon hautement significative avec les doses d'engrais azotés apporté. Cette teneur varie de 2.15 % K obtenue avec le témoin sans azote N0 à 2.82 % K obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha). Les autres doses d'engrais ont donnes les valeurs suivantes : 2.43 % K pour la dose N1 (60 U N/ha), et 2.57 % K pour la dose N2 (120 U N/ha) avec un taux d'augmentation de 24 %. Le coefficient de variation est de 13 %.

L'analyse de variance révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 2.82 % K.
- Le groupe (ab) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 2.57 %K
- Le groupe (b) est représenté par la dose N1 (60 U/ha) avec 2.43 % K
- Le groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 2.15 % K.

La teneur en potassium des tubercules est fortement améliorée par l'augmentation des doses de potassium et présente un effet hautement significatif. Cette teneur passe de 1.73 % K obtenue avec le témoin (K0) à 2.96 % K obtenue avec la dose K3 (270 U N/ha). Les autres doses ont registrés, 2.50 et 2.77 % K respectivement pour les doses des K1 et K2, soit une augmentation de 42 %. Le coefficient de variation est de 12 %.

Ces taux d'accumulation du potassium dans les tubercules ne diffèrent pas beaucoup de ceux trouvés par d'autres auteurs **(PANIQUE, 1997)** dans différents endroits.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par les deux dose K3 (270 U/ha) et K2 (180 U/ha) respectivement avec 2.96 et 2.77 % K.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 2.50 % K.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 1.73 % K.

L'interaction (N x K) présente un effet non significatif de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des tubercules. La teneur la plus élevés 3.37% K obtenue au niveau de traitement N3K3, par contre la teneur la plus faible 1.49 % K obtenue au niveau de traitement N0K0 avec un taux d'augmentation de 56 %.

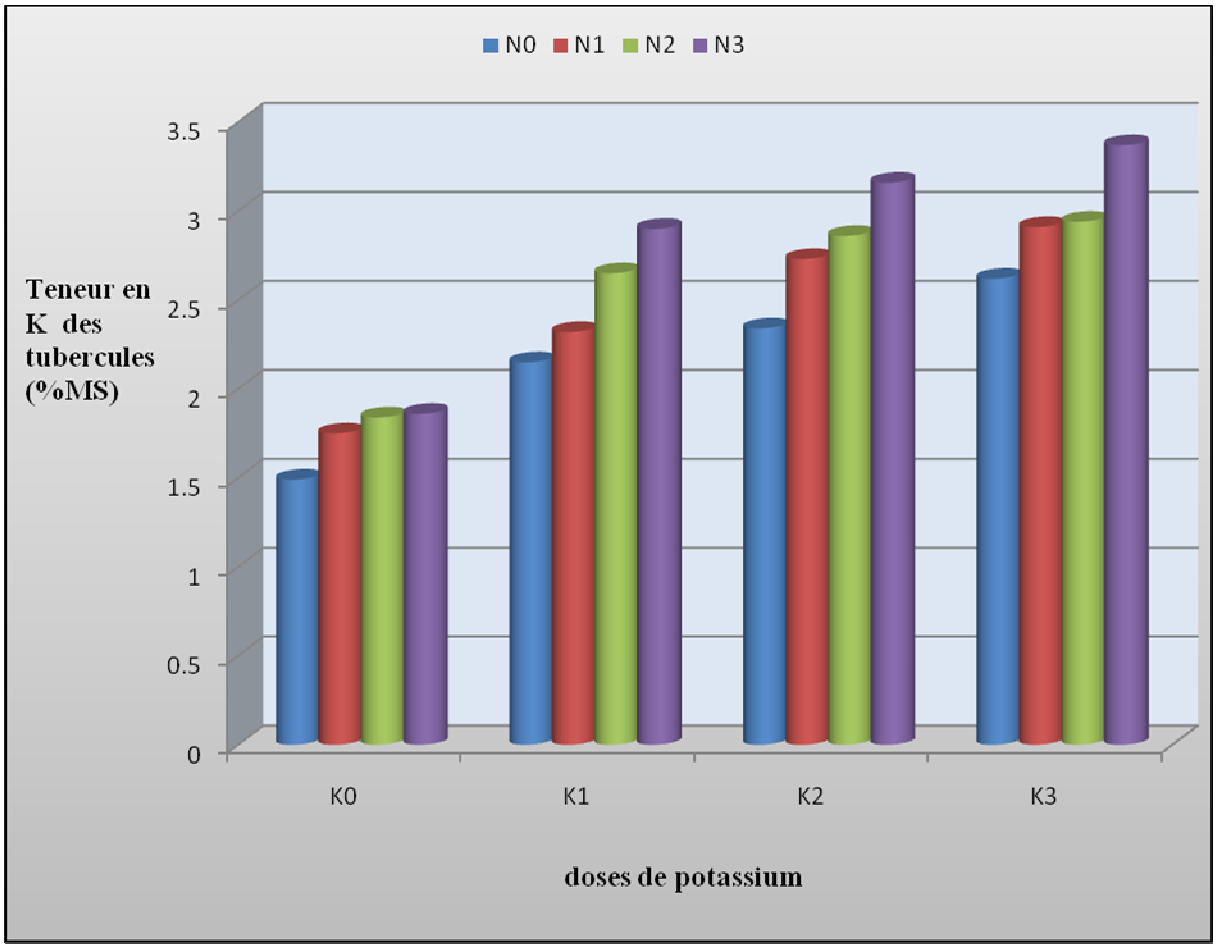


Figure N°23 : Teneur en K des tubercules (% MS)

2-3) Évolution de la teneur en K dans la plante au cours du cycle de végétation

La figure N° 24 montre que la teneur en potassium dans les feuilles augmente du stade de croissance végétative de 2.31 % K (tableau N°20) jusqu'au stade de tubérisation avec 3.33 % K (tableau N°21). Ensuite diminue graduellement avec l'avancement du cycle de végétation (stade de maturation) qui diminué pour atteindre 1.95 % K (tableau N°22).

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.

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).**

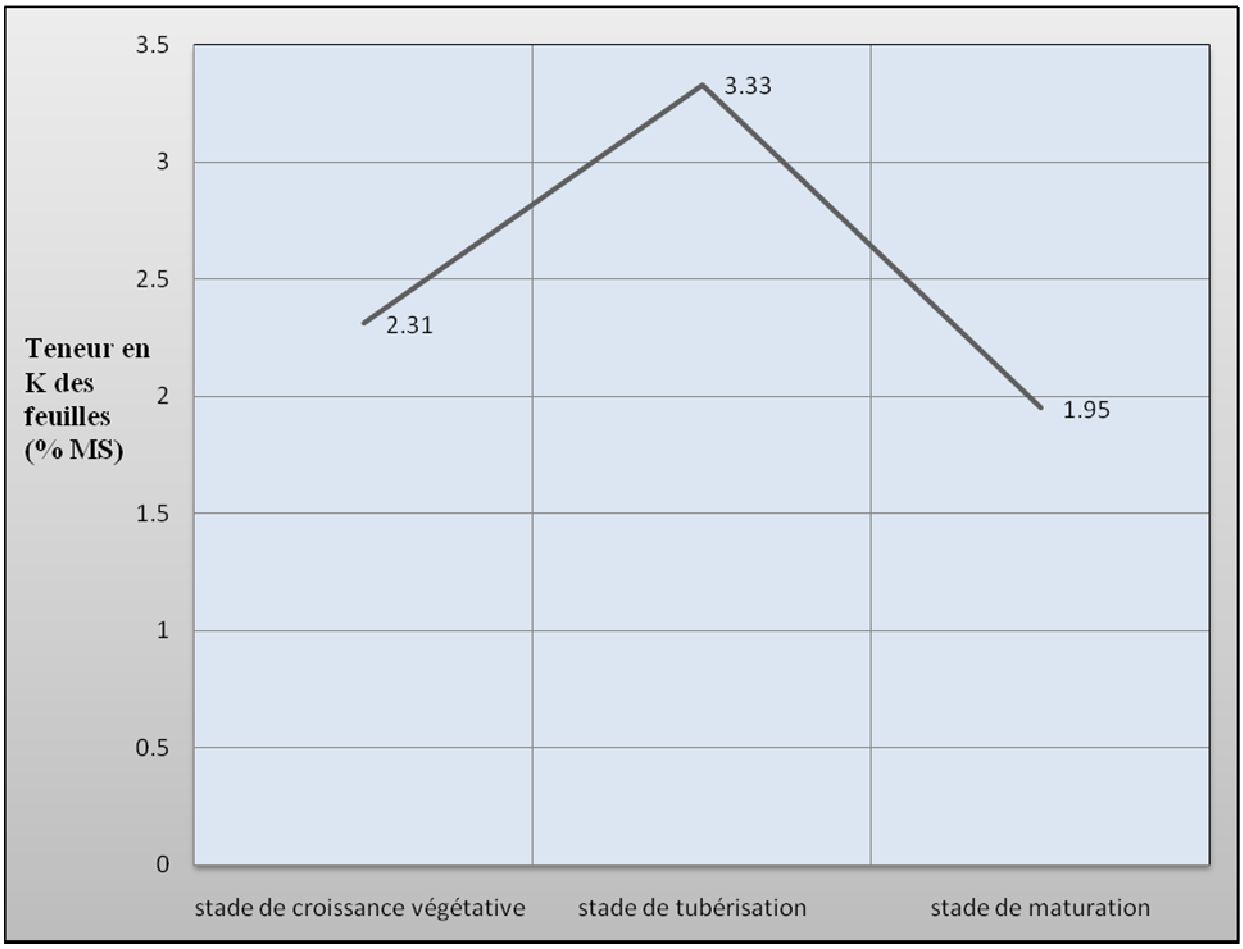


Figure N° 24: Évolution de la teneur en K des feuilles au cours des déférents stades de développement % MS

Conclusion

D'après les résultats obtenus, la fertilisation azotée et potassique a une action significative sur la teneur en potassium des feuilles aux différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation et maturation), en fonction des doses d'azote et de potassium, (Tableau N°24). Mais l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur ce paramètre.

Tableau N°24. 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	**H.S**	**H.S**	**H.S**	**H.S**
K	**H.S**	**H.S**	**H.S**	**H.S**
N x K	**N.S**	**N.S**	**N.S**	**N.S**

Au stade de croissance végétative, La teneur en potassium des feuilles s'accroît avec les doses de N (Tableau N°20) .La teneur en K passe de 1.58 % K obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 3.18 % K obtenue avec la dose N3 (180 U/ha) soit une augmentation de l'ordre de 50 % (tableau N°15). Et les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 34 % de (K0 à K3). Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 2.84 % K obtenue avec le traitement K3 (270 U K/ha) à la valeur la plus faible 1.88 % K obtenue avec le traitement K0 (sans apport). Mais l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en azote des feuilles. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 3.88 % K obtenue avec la dose N3K3 à la valeur la plus faible de 0.86 % K obtenue avec la dose N0K0, soit un taux de 78 % (Tableau N°20).

Au stade de tubérisation, l'accroissement des doses d'azote a une action significative sur la teneur en potassium des feuilles. Celle-ci peut atteint du taux de 43 % de N0 à N3 (240 U N/ha). Et les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 45 % de (K0 à K3).Mais aussi l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en potassium des feuilles. Celle-ci passe de la valeur la plus élevée 5.39 % K obtenue avec la

dose N3K3 à la valeur la plus faible de 1.76 % K obtenue avec la dose N0K0, soit un taux de 67 % (Tableau N°21).

Plusieurs chercheurs, notamment **DAHNKE** et **NELSON (1993)** ont montré que les cinétiques d'absorption du potassium montrent une absorption intense à partir de l'initiation des tubercules et sur une période de 30 à 40 jours.

Au stade de maturation, les résultats obtenus présentent une évolution de la teneur en potassium dans les feuilles, avec un taux d'augmentation de 35 % et 54 % et 65 % respectivement obtenues avec les apports d'azote de (N0 à N3), de potassium de (K0 à K3) et l'interaction N× K (N0K0 à N3K3). .

Tous comme l'azote a ce stade, la teneur en potassium des feuilles est moins élevée par apport aux autres stades. Selon **(JAMES, 1970 et MCDOLE, 1978)**, 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.

Concernant les tubercules, la teneur en potassium est influencée d'une façon significative avec les doses d'azote et de potassium. Des augmentations de la teneur en potassium des tubercules de 24 %, 42 % respectivement avec les apports d'azote (N0 à N3), et de potassium (K0 à K3), mais l'interaction N× K n'a pas une action significative sur la teneur en potassium des tubercules, soit une augmentation de 56 % (N0K0 à N3K3).

Pour cela, nous pouvons conclure que :

- La dose d'azote N3 (180 U N/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 3.18, 4.21 et 2.35 % K.
- La dose de potassium K3 (270 U K_2O/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 2.84, 3.91 et 2.50 % K.
- La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée dans durant les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 3.88, 5.39 et 2.98 % K.

Chapitre III

ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN AZOTE ET DE POTASSIUM DANS LE SOL

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

1) Évolution 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

1-1) La teneur en N du sol aux différents stades de développement

1-1-1) La teneur en N du sol au stade de la croissance végétative

Les résultats de la teneur en azote assimilable du sol durant le stade de croissance végétative de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°25 et illustrés dans la figure N°25.

Tableau N°25 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en N assimilable dans le sol (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	22.60	25.25	26.50	27.30	**25.41 c**	**Effet N : H.S**
N1	21.37	31.00	34.75	42.75	**32.46 bc**	**Effet K : S**
N2	35.12	41.75	43.12	45.25	**41.31 b**	**Effet N x K : N.S**
N3	47.83	53.00	54.12	56.44	**52.85 a**	
Moyenne	**31.73 b**	**37.75 ab**	**39.62 a**	**42.93 a**	**38.00**	

La teneur en azote assimilable du sol au stade de la croissance végétative est influencée d'une façon hautement significative avec les doses d'engrais azotés apporté. Cette teneure varie de 25.41 ppm obtenue avec le témoin N0 (sans apport) à 52.85 ppm obtenu avec la dose N3 (180 U N/ha), soit une augmentation de l'ordre de 52 %. Les autres doses d'engrais ont donnes les valeurs suivantes : 32.46 ppm pour la dose N1 (60 U N/ha), et 41.31 ppm pour la dose N2 (120 U N/ha) (tableau N°25) avec un taux d'augmentation de 52 % .Le coefficient de variation est de 29 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U N/ha) avec 52.85 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U N/ha) avec 41.31 ppm.
- Le groupe (bc) est représenté par la dose N1 (60 U N/ha) avec 32.46 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 25.41ppm.

Cette teneur en azote assimilable du sol ne diffèrent pas beaucoup de ceux trouvés par d'autres auteurs dans un autre endroit **(MEKLICHE, 1983 ; BENDJAMA, 1984**) ont montrent que tout apport d'azote entraîne une augmentation de la teneur en azote assimilable dans le sol.

En ce qui concerne l'effet de potassium (tableau N°25) a révélé un effet significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote assimilable du sol au stade de la croissance végétative. Celle-ci passe de 31.73 ppm obtenue avec le témoin K0 (sans apport) à 42.93 ppm obtenue avec la dose K3 (270 U K /ha) avec un taux d'augmentation de 26 %.Le coefficient de variation est de 28 %.

L'effet de potassium révèle ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par les deux doses K3 (270 U K/ha) avec 42.93 ppm et K2 (180U K/ha) avec 39.62 ppm.
- Le groupe (ab) est représenté par la dose K1 (90U K/ha) avec 37.75 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 31.73 ppm.

L'analyse de la variance (tableau N°25) ne montre aucune différence significative entre les traitements en fonction de l'interaction (N x K). Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 21.37 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N1K0 à la valeur la plus élevée de 56.44 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°25)

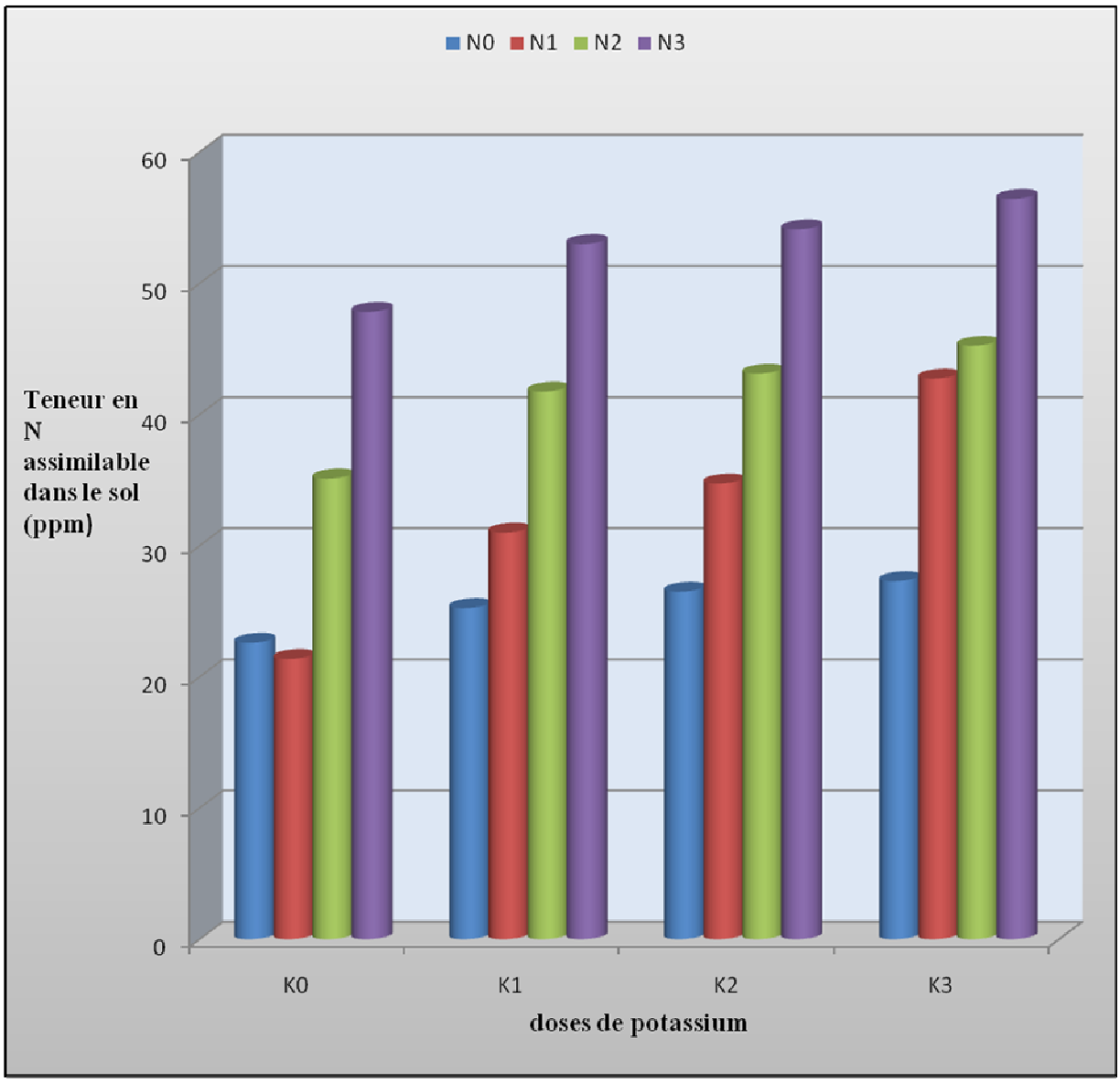


Figure N°25 : Teneur en N assimilable (ppm) dans le sol au stade de la croissance végétative

1-1-2) La teneur en N du sol au stade de tubérisation

Les résultats de mesures de la teneur en azote assimilable du sol durant le stade de tubérisation sont présentés dans le tableau N°26 et illustrés dans la figure N°26.

Tableau N°26 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en N assimilable dans le sol (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	11.12	13.25	15.56	16.30	**14.06 d**	**Effet N : H.S**
N1	19.49	21.75	24.50	26.50	**23.06 c**	**Effet K : H.S**
N2	26.75	26.94	28.50	28.62	**27.70 b**	**Effet N x K : N.S**
N3	29.00	31.00	32.50	33.95	**31.61 a**	
Moyenne	**21.59 c**	**23.23 b**	**25.26 a**	**26.34 a**	**24.10**	

L'analyse de la variance (tableau N°26) a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation azotée sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de tubérisation. Celle-ci passe de 14.06 ppm d'azote assimilable avec le témoin N0 (sans azote) à 31.61 ppm d'azote assimilable avec la dose N3 (180 U N/ha) (figure N°26) avec un taux d'augmentation de 56 %. Le coefficient de variation est de 18 %.

À ce point, plusieurs chercheurs, notamment **STEVENSON (1986)** qui montré que l'apport d'engrais ammoniacaux augmente temporairement les concentrations en ammonium dans le sol.

L'analyse de variance révèle ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U N/ha) avec 31.61 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U N/ha) avec 27.70 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U N/ha) avec 23.06 ppm.
- Le groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 14.06 ppm.

En ce qui concerne l'engrais potassique, l'analyse de la variance (tableau N°26), montre un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol au stade de tubérisation. Celle-ci passe de 21.59 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 26.34 ppm obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha). Les autres doses

ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes K1 (90 U K/ha) de 23.23 ppm et K2 (180U K/ha) de 25.26 ppm (Tableau N°26) avec un taux d'augmentation de 18 % .Le coefficient de variation est de 8 %.

L'effet de potassium révèle ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par les deux doses K3 (270U K/ha) avec 26.34 ppm et K2 (180U K/ha) avec 25.26 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K1 (90U K/ha) avec 23.23 ppm.
- Le groupe (C) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 21.59 ppm.

L'interaction (N x K) ne montre aucune différence significative sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 11.12 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N0K0, à la valeur la plus élevée de 33.95 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°26).

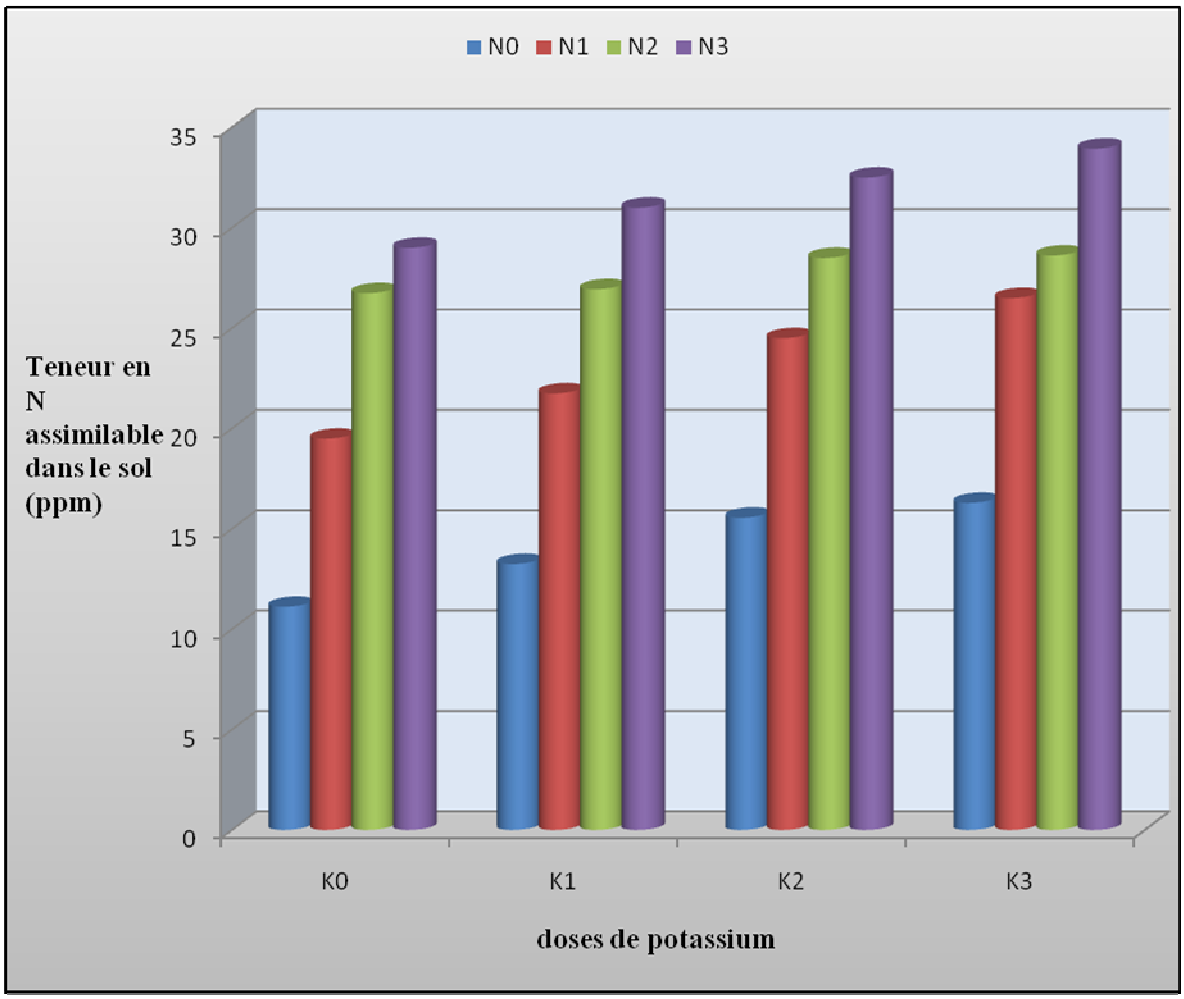


Figure N°26 : Teneur en N assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation

1-1-3) La teneur en N assimilable du sol au stade de maturation

Les résultats de la teneur en azote assimilable du sol au stade de maturation de la pomme de terre sont présentés dans le tableau N°27 et illustrés dans la figure N°27.

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

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	8.21 c	9.25 c	9.37 c	9.80 d	**9.15 d**	**Effet N : H.S**
N1	14.10 b	14.66 b	15.02 b	15.62 c	**14.85 c**	**Effet K : H.S**
N2	15.87 b	17.25 a	17.37 a	18.10 b	**17.15 b**	**Effet N x K : S**
N3	18.47 a	19.00 a	19.45 a	20.75 a	**19.41 a**	
Moyenne	**14.16 c**	**15.04 b**	**15.30 ab**	**16.06 a**	**15.14**	

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 maturation des tubercules. Cette teneur passe de 9.15 ppm obtenue avec la dose N0 (sans engrais) à 19.41 ppm obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivants N1 (60 U N/ha) de 14.85 ppm et N2 (120 U N/ha) de 17.15 ppm (tableau N°27) avec un taux d'augmentation de 53 %. Le coefficient de variation est de 14 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U N/ha) avec 19.41 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U N/ha) avec 17.15 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U N/ha) avec 14.85 ppm.
- Le groupe (d) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 9.15 ppm.

Aussi l'analyse de la variance a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Celle-ci passe de 14.16 ppm d'azote assimilable avec le témoin K0 (sans potasse) à 16.06 ppm d'azote assimilable avec la dose K3 (270 U K/ha) (tableau N°27) avec un taux d'augmentation de 12 %. Le coefficient de variation est de 7 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U K/ha) avec 16.06 ppm.
- Le groupe (ab) est représenté par la dose K2 (180 U K/ha) avec 15.30 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K1 (90U K/ha) avec 15.04 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 14.16 ppm.

L'interaction (N x K) ne montre un effet significatif sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 8.21 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N0K0, à la valeur la plus élevée de 20.75 ppm d'azote assimilable obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°27).

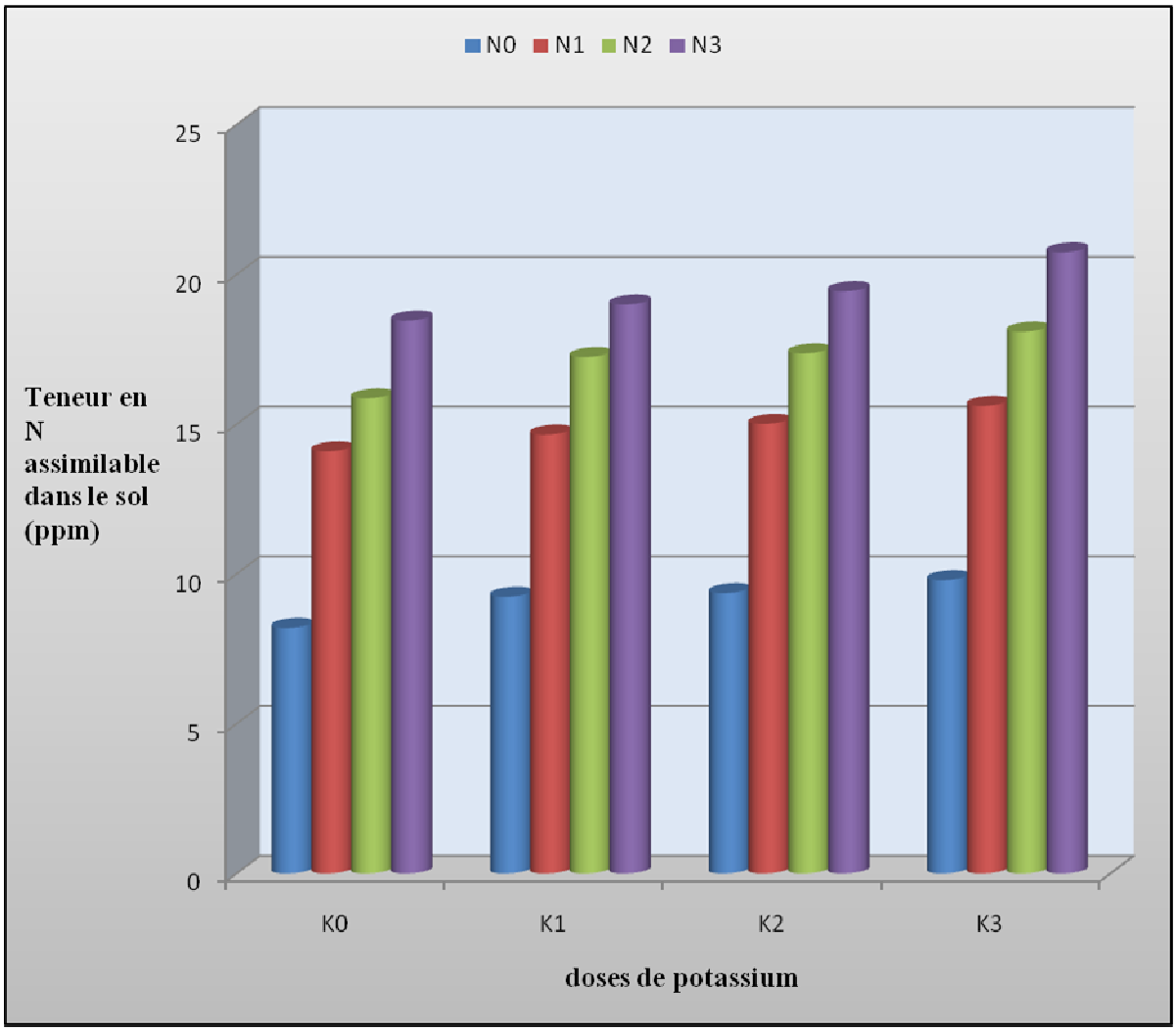


Figure N° 27: Teneur en N assimilable (ppm) dans le sol au stade de maturation

1-2) Évolution de la teneur en N assimilable (ppm) du sol au cours du cycle de végétation

D'après le figure N°28 on observée une diminution de la teneur en N assimilable dans le sol en fonction des différents stades de développement de la culture. Cette teneur passe de 38 ppm obtenue au stade de croissance végétative (tableau N°25) à 24.10 ppm obtenue au stade de tubérisation (tableau N°26) à 15.14 ppm obtenu au stade de maturation (tableau N°27).

Dans le premier stade de croissance végétative, 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 **(GIROUX, 1984)**.

Selon **GIROUX (1993),** la diminution de l'azote assimilable 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 au 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.

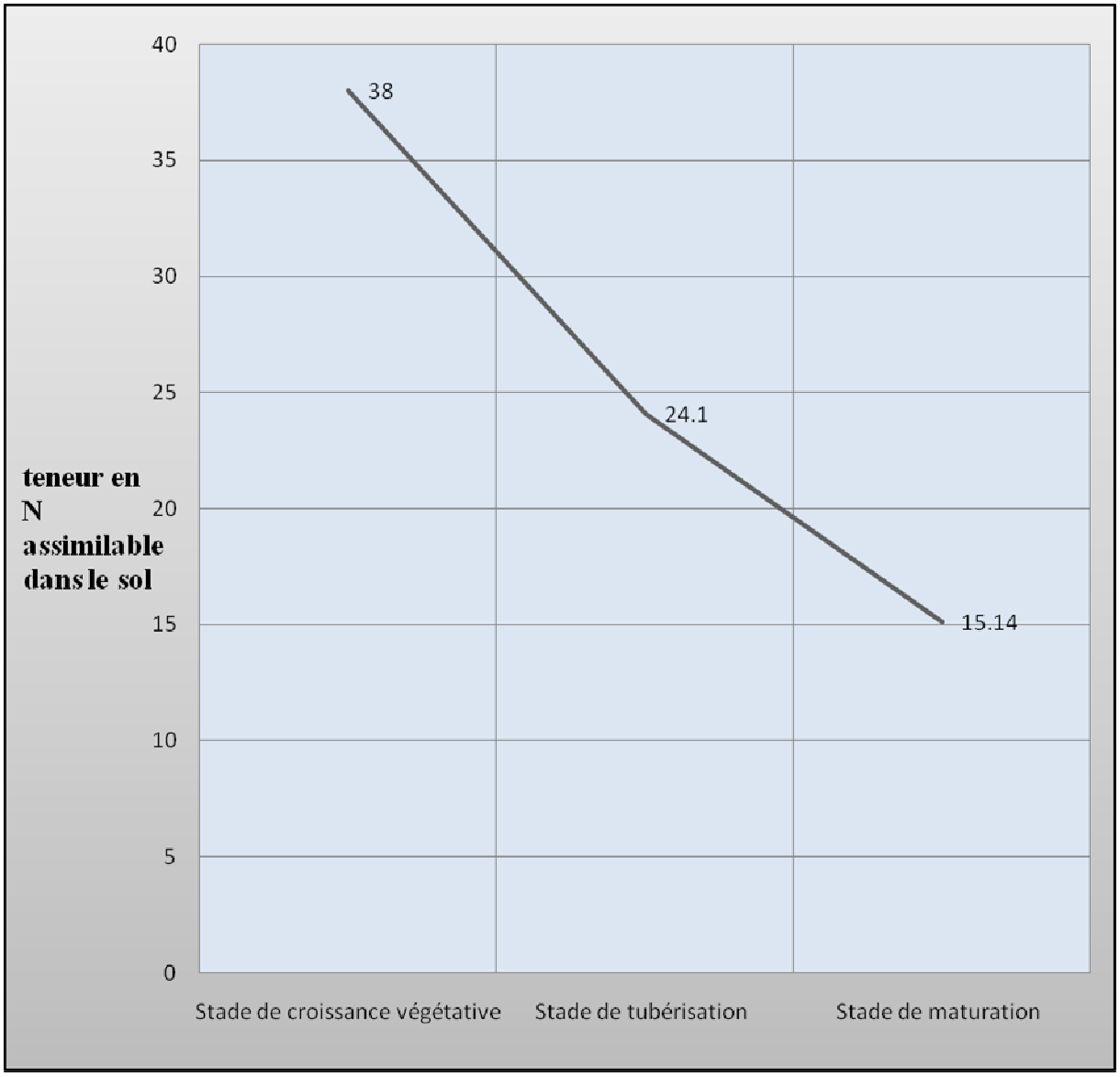


Figure N°28 : Évolution de la teneur en N assimilable dans le sol au cours des différents stades de développement de pomme de terre (ppm)

Conclusion :

D'après les résultats obtenus, la fertilisation azotée et potassique a une action significative sur la teneur en azote assimilable dans le sol aux différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation et maturation), en fonction des doses d'azote, de potassium, et de leur interaction (N x K) (Tableau N°28).

Tableau N°28: Analyse de variance de la teneur en azote assimilable dans le sol

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

Au stade de croissance végétative, la teneur en azote assimilable dans le sol s'accroît avec les doses de N apportées (Tableau N°25) .La teneur en N passe aussi de 25.41 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 52.85 ppm obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha) soit une augmentation de l'ordre de 52 % (tableau N°25).

Les doses de potassium augmentent aussi cette teneur avec un taux de 26 % (K0 à K3). Celle-ci passe de la valeur la plus faible 31.73 ppm obtenue avec le traitement K0 (sans apport) à la valeur la plus élevée 42.93 ppm obtenue avec le traitement K3 (270 U K/ha).

L'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Celle-ci passe de la valeur la plus faible de 22.60 ppm obtenue avec la dose N0K0à la valeur la plus élevée 56.44 ppm obtenue avec la dose N3K3, soit un taux de 60 % (Tableau N°25).

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

Au stade de tubérisation, les résultats de notre étude montrent une évolution de la teneur en N assimilable dans le sol avec les doses de N apportées, avec un taux d'augmentation de 55 % (N0 à N3), aussi les doses de potassium augmentent cette teneur avec un taux de 18 % (K0 à K3).

L'interaction (N x K) n'a pas une influence significative sur la teneur en azote assimilable dans le sol. Celle-ci passe de la valeur la plus faible de 11.12 ppm obtenue avec la dose N0K0 à la valeur la plus élevée 33.95 ppm obtenue avec la dose N3K3, soit un taux d'augmentation de 67 % (Tableau N°26).

Au stade de maturation, les résultats obtenus présentent une évolution de la teneur en azote assimilable dans le sol avec les doses de N et K apportées, avec un taux d'augmentation de 53 % et 12 % et 60 % respectivement obtenues avec les apports d'azote de (N0 à N3), de potassium de (K0 à K3) et de l'interaction N× K (N0K0 à N3K3).

Pour cela, nous pouvons conclure que :

- La dose d'azote N3 (180 U N/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 52.85, 31.61 et 19.41 ppm.
- La dose de potassium K3 (270 U K/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 42.93, 26.34 et 16.06 ppm.
- La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 56.44, 33.95 et 20.75 ppm.

2) Évolution de la teneur en potassium assimilable dans le sol

L'évolution de la teneur en potassium dans le sol 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 dans le sol aux principaux stades végétatifs de la pomme de terre à savoir : la croissance végétative, la tubérisation, la maturité et dans les tubercules.

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

2-1-1) La teneur en K assimilable du sol au stade de la croissance végétative

Les résultats de la teneur en potassium assimilable (ppm) du sol au stade de croissance végétative sont présentés dans le tableau N°29 et illustrés dans la figure N°29.

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

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	24.43 a	24.90 a	49.60 c	52.91 c	**37.96 c**	**Effet N : H.S**
N1	25.29 a	25.43 a	52.41 c	65.29 b	**42.10 bc**	**Effet K : H.S**
N2	26.57 a	31.10 a	66.29 b	74.12 ab	**49.52 ab**	**Effet N x K : H.S**
N3	26.67 a	29.41 a	79.29 a	84.04 a	**54.85 a**	
Moyenne	**25.74 c**	**27.71 c**	**61.90 b**	**69.09 a**	**46.10**	

L'analyse de la variance (tableau N°29) 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 37.96 ppm obtenue avec le témoin N0 (sans apport) à 54.85 ppm obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivantes 42.10 ppm pour N1 (60 U N/ha) et 49.52 ppm pour N2 (120 U N/ha, avec un taux d'augmentation de 31 %. Le coefficient de variation est de 20 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U N/ha) avec 54.85 ppm.
- Le groupe (ab) est représenté par la dose N2 (120 U N/ha) avec 49.52 ppm.
- Le groupe (bc) est représenté par la dose N1 (60 U N/ha) avec 42.10 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 37.96 ppm.

Aussi l'analyse de la variance a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol. Celle-ci passe de 25.74 ppm en K obtenue avec le témoin K0 (sans potasse) à 69.09 ppm en K obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha) (tableau N°29) avec un taux d'augmentation de 63 %. Le coefficient de variation est de 18 %.

L'effet de potassium révèle ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par les deux doses K3 (270U N/ha) avec 69.09 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180U N/ha) avec 61.90 ppm.
- Le groupe (C) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 25.74 ppm et K1 (90 U N/ha) avec 27.71ppm

Aussi l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif enregistré par de l'interaction (N x K) 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 24.43 ppm enregistrée avec le traitement N0K0 à 84.04 ppm obtenue avec le traitement N3K3 (tableau N°29).

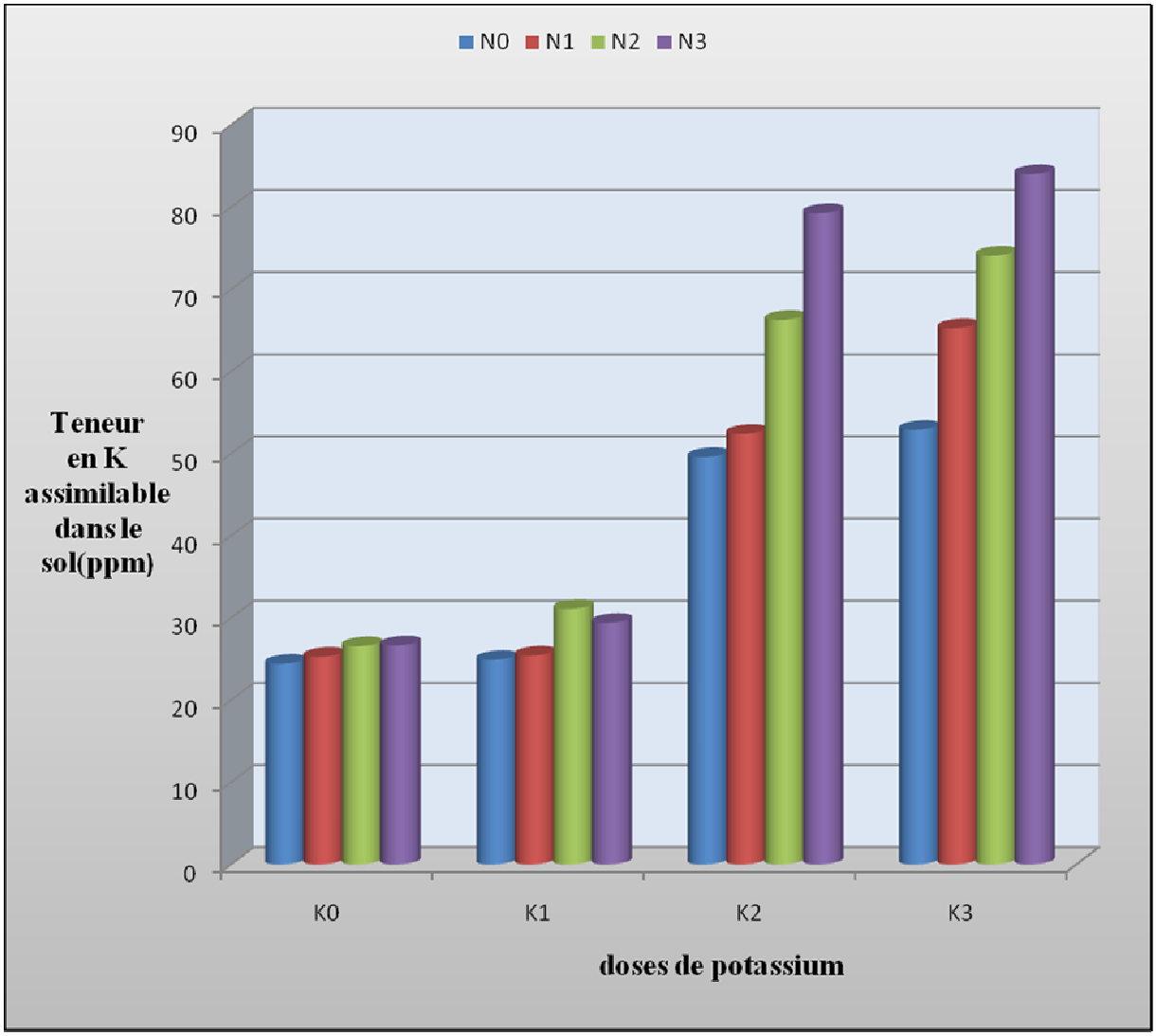


Figure N°29 : Teneur en K assimilable (ppm) dans le sol au stade de croissance végétative

2-1-2) La teneur en K assimilable du sol au stade de tubérisation

Les résultats de la teneur en potassium assimilable (ppm) du sol au stade de tubérisation sont présentés dans le tableau N°30 et illustrés dans la figure N°30.

Tableau N°30 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en K assimilable dans le sol (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	9.52	10.37	13.25	20.36	**13.37 c**	**Effet N : H.S**
N1	9.71	11.43	14.12	20.25	**13.88 c**	**Effet K : H.S**
N2	10.75	11.25	15.58	20.96	**14.63 b**	**Effet N x K : N.S**
N3	11.00	11.26	15.83	24.88	**15.74 a**	
Moyenne	**10.24 c**	**11.08 c**	**14.69 b**	**21.61 a**	**14.40**	

L'analyse de la variance (tableau N°30) 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 13.37 ppm obtenue avec le témoin N0 (0 U N/ha) à 15.74 ppm obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivants 13.88 ppm pour N1 et 14.63 ppm pour N2 avec un taux d'augmentation de 15 %. Le coefficient de variation est de 6 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 15.74 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 14.63 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose N1 (60U/ha) avec 13.88 ppm et la dose N0 (sans apport) avec 13.37 ppm

Aussi l'analyse de la variance a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol. Celle-ci passe de 10.24

ppm de potassium obtenue avec le témoin K0 (sans potasse) à 21.61 ppm de potassium obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha) (tableau N°30) avec un taux d'augmentation de 53 %. Le coefficient de variation est de 12 %.

Le même résultat trouvé avec **COMIFER (1997)** qui montré les apports de potassium ont provoqué un enrichissement du sol en K. Cet enrichissement est lié aux doses apportées.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270U/ha) avec 21.61 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180U/ha) avec 14.69 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 11.08 ppm et la dose K0 (sans apport) avec 10.24 ppm

L'interaction (N x K) ne montre aucune différence significative sur la teneur en potassium assimilable (ppm) dans le sol. Ce paramètre varie de la valeur le plus faible de 9.52 ppm obtenue avec le traitement N0K0, et la valeur la plus élevée de 24.88 ppm obtenue avec le traitement N3K3 (figure N°30).

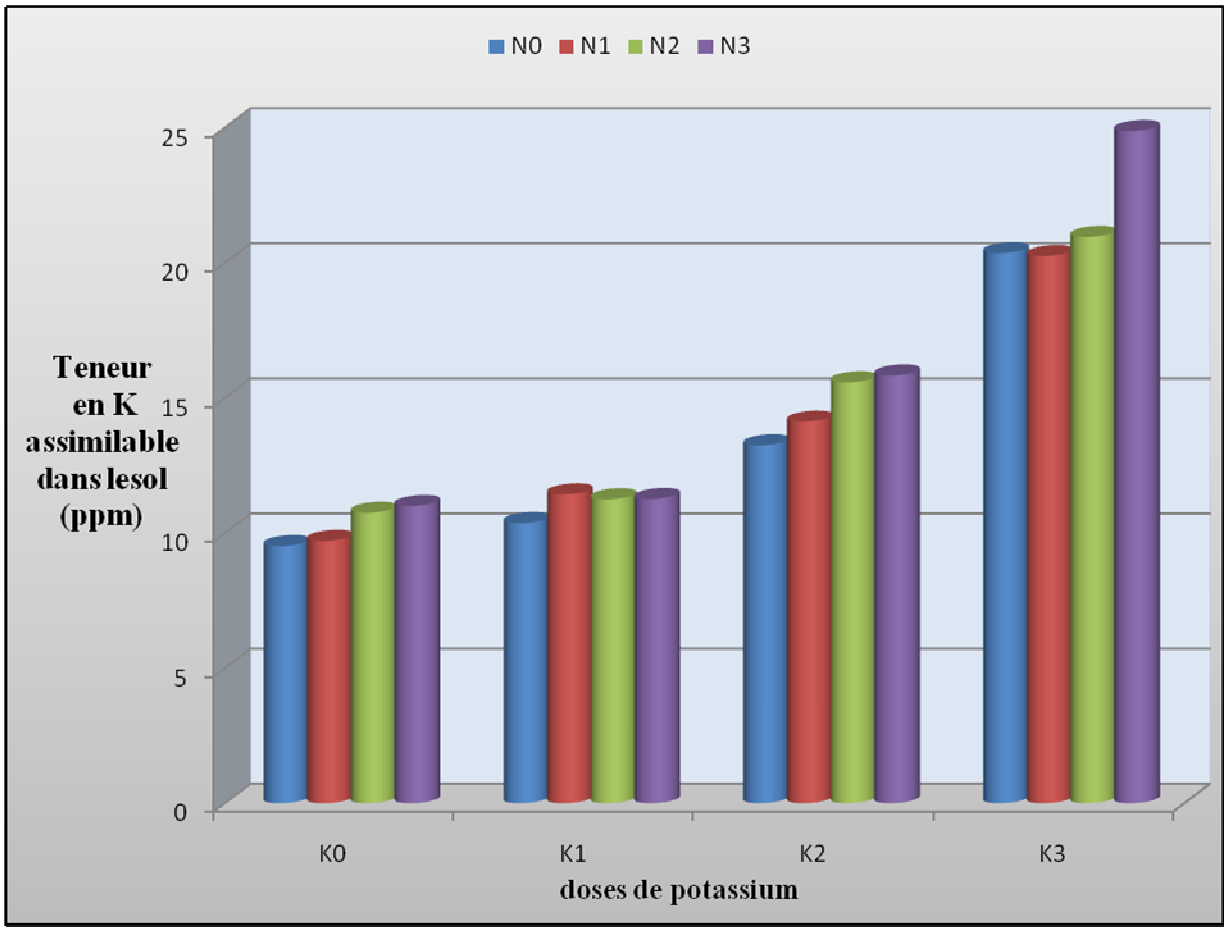


Figure N°30 : Teneur en en K assimilable (ppm) dans le sol au stade de tubérisation

2-1-3) La teneur en K assimilable du sol au stade de maturation

Les résultats de la teneur en potassium assimilable (ppm) du sol au stade de maturation sont présentés dans le tableau N°31 et illustrés dans la figure N°31.

Tableau N°31 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en K assimilable dans le sol (ppm)

N x K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	Signification
N0	3.22	6.69	13.23	14.90	**9.51 b**	**Effet N : S**
N1	3.46	8.95	12.58	14.93	**9.98 b**	**Effet K : H.S**
N2	3.68	10.86	12.58	14.96	**10.52 ab**	**Effet N x K : N.S**
N3	4.33	10.88	13.76	15.63	**11.15 a**	
Moyenne	**3.67 d**	**9.34 c**	**13.04 b**	**15.10 a**	**10.29**	

L'analyse de la variance (tableau N°31) montre un effet significatif de l'azote sur la teneur en potassium dans le sol au stade de maturation. Cette teneur passe de 9.51 ppm obtenue avec la dose N0 (sans engrais) à 11.15 ppm obtenue avec la dose N3 (180 U N/ha). Les autres doses ont enregistrées respectivement les teneurs suivants 9.98 ppm pour N1 et 10.52 ppm pour N2 (tableau N°31) avec un taux d'augmentation de 15 %. Le coefficient de variation est de 12 %.

Le test t a fait ressortir ainsi trois (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N3 (180 U/ha) avec 11.15 ppm.
- Le groupe (ab) est représenté par la dose N2 (120 U/ha) avec 10.52 ppm
- Le groupe (b) est représenté par les deux doses N0 (sans apport) et N1 (60 U/ha) respectivement avec 9.51 ppm et 9.98 ppm.

Aussi l'analyse de la variance a révèle un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium dans le sol. Celle-ci passe de 3.67 ppm de potassium obtenue avec le témoin K0 (sans potasse) à 15.10 ppm de potassium obtenue avec la dose K3 (270 U K/ha) (tableau N°31) avec un taux d'augmentation de 76 %. Le coefficient de variation est de 14 %.

Le test t a fait ressortir ainsi quatre (04) groupes homogènes :

- Le groupe (a) est représenté par la dose K3 (270 U/ha) avec 15.10 ppm.
- Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (180 U/ha) avec 13.04 ppm.
- Le groupe (c) est représenté par la dose K1 (90U/ha) avec 9.34 ppm.
- Le groupe (d) est représenté par la dose K0 (sans apport) avec 3.67 ppm.

L'interaction (N x K) ne montre aucune différence significative sur la teneur en potassium dans le sol. Ce paramètre varie de la valeur la plus faible de 3.22 ppm obtenue avec le traitement N0K0 et la valeur la plus élevée de 15.63 ppm obtenue avec le traitement N3K3 (tableau N°31).

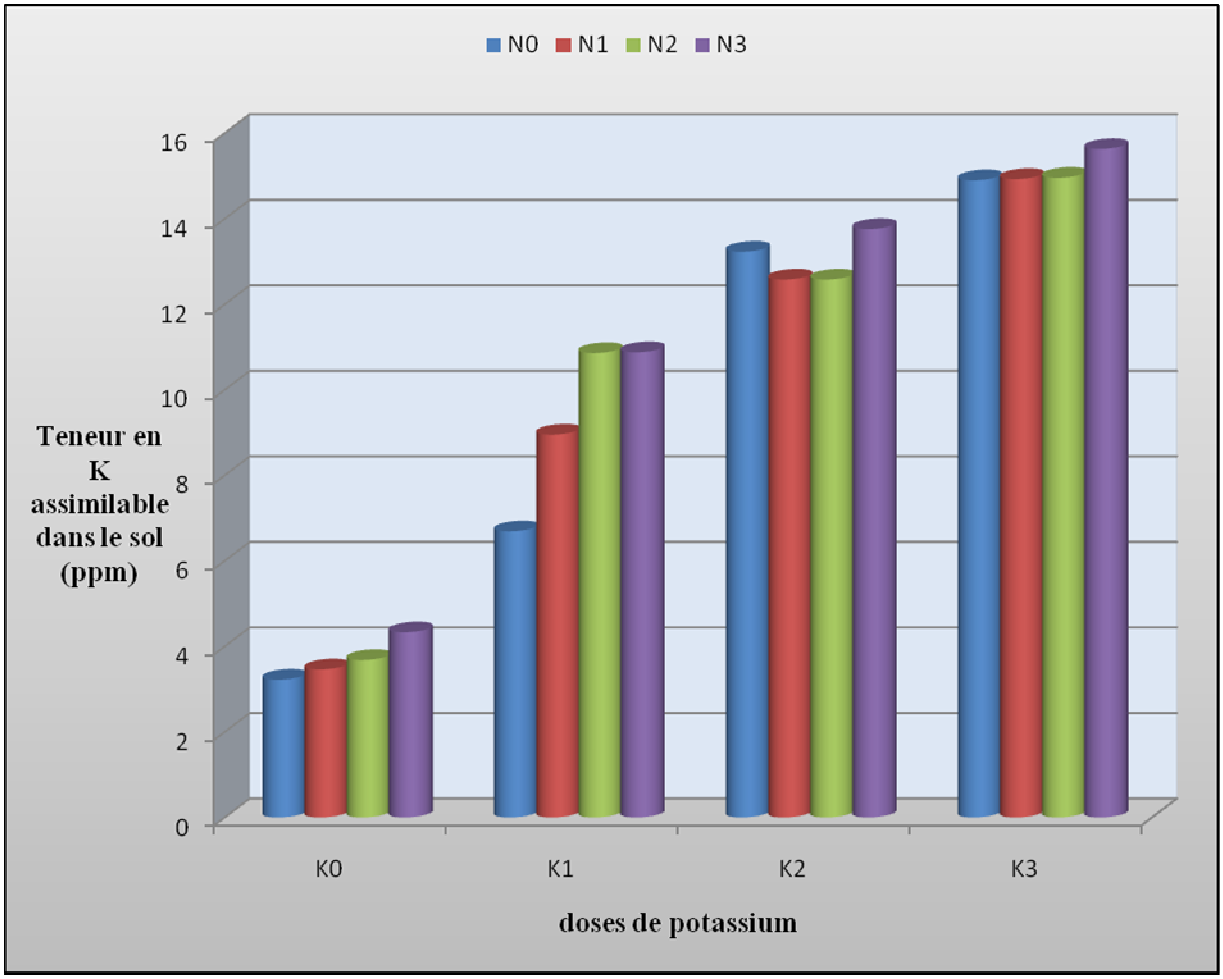


Figure N°31 : Teneur en potassium (ppm) dans le sol au stade de maturation

2-2) Évolution de la teneur en K assimilable du sol au cours du cycle de végétation

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°32). Cette teneur passe de 46.10 ppm obtenue au stade de croissance végétative (tableau N°29) à 14.40 ppm obtenue au stade de tubérisation (tableau N°30) à 10.29 ppm obtenue au stade de maturation (tableau N°31).

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 est 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.

Selon **MENGEL** et **KIRKBY (1987),** 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.

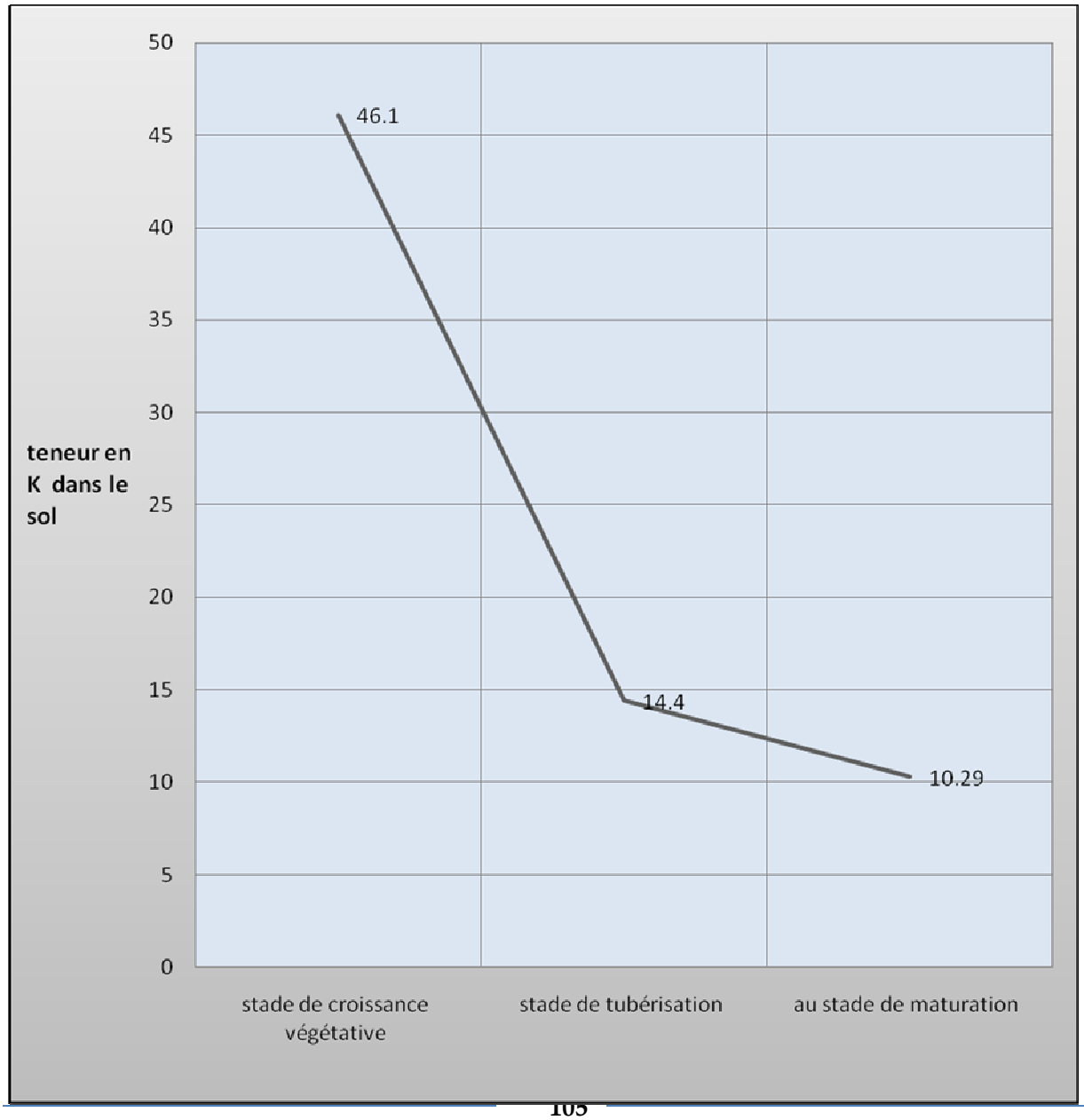


Figure N°32 : Évolution de la teneur en K assimilable dans le sol au cours des différents stades de développement (ppm)

Conclusion :

D'après les résultats obtenus, la fertilisation azotée et potassique a une action significative sur la teneur en potassium assimilable dans le sol aux différents stades de développement de la plante (croissance végétative, tubérisation et maturation), en fonction des doses d'azote, de potassium, et de leur interaction (N x K) (Tableau N°32).

Tableau N°32: Analyse de variance de la teneur en potassium assimilable dans le sol

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

Au stade de croissance végétative les doses d'azote apportées augmentent la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 31 % lorsque le dose d'azote de N0 à N3. Aussi les doses de potassium apportées augmentent cette teneur avec un taux de 63 % lorsque le dose de potassium de K0 à K3. L'interaction (N x K) aussi a une action significative sur la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 71 % (tableau N°29).

Selon **COMIFER (1997)**, les apports de potassium ont provoqué un enrichissement du sol en K_2O. Cet enrichissement est lié aux doses apportées.

Au stade de tubérisation les doses d'azote apportées augmentent la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 15 % lorsque le dose d'azote de N0 à N3. Aussi les doses de potassium apportées augmentent cette teneur avec un taux de 53 % lorsque le dose de potassium de K0 à K3. Mais l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en potassium assimilable dans le sol (Tableau N°30).

Dans une étude semblable dans la région de souf, les doses d'engrais azotés potassique apporté est aussi influencée d'une façon significative sur la teneur en K assimilable du sol au stade de tubérisation **(HOUIDI** et **AHMADI, 2007)**

Au stade de maturation, les doses d'azote apportées augmentent la teneur en potassium assimilable dans le sol avec un taux de 15 % lorsque le dose d'azote de N0 à N3. Aussi les doses de potassium apportées augmentent cette teneur avec un taux de 76 % lorsque le dose de potassium de K0 à K3. Mais aussi l'interaction (N x K) n'a pas une action significative sur la teneur en potassium assimilable dans le (tableau N°31).

Pour cela, nous pouvons conclure que :

- La dose d'azote N3 (180 U N/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 54.85, 15.74 et 11.15 ppm.
- La dose de potassium K3 (270 U K_2O/ha) donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 69.09, 21.61 et 15.10) ppm.
- La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée durant tous les stades de développement (croissance végétative, tubérisation et maturation) respectivement avec les moyennes de 84.04, 24.88 et 15.63 ppm.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Ce travail constitue une contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation azotée-potassique sur pomme de terre (***Solanum tuberosum L***), variété "Spunta" dans la région de Oued souf. L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des différentes doses d'azote et de potassium ainsi que leur interaction (N x K) sur le comportement d'une culture de pomme de terre, et sur l'évolution des teneurs en N et en K dans le végétal et dans le sol, de ce travail il ressort que :

1- Paramètres de comportement de la plante

- les doses d'engrais azotés apporté a influencé significativement sur le nombre de feuilles / plant et la longueur des tiges.
- la fertilisation azotée est influencée d'une façon non significative sur les le nombre de tige par plant.
- Les analyses de la variance ne montrent aucune différence significative des doses croissante de potassium sur les paramètres de mesures de la partie aérienne.
- En général, la culture de la pomme de terre a réagie favorablement à un apport d'azote et de potassium ainsi que leur interaction (N x K), et ceci par l'amélioration de rendement, le poids spécifique et calibre de tubercule.
- Pour le rendement, l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des différentes doses de fertilisation azotée-potassique. Le rendement le plus important est enregistré avec les doses N3 (180 UN/ha) et K2 (180 UK_2O/ha) avec 301.70 Qx/ha
- Pour le diamètre de tubercules, l'analyse statistique montre un effet significatif entre les différentes doses de N et de K_2O. Le diamètre le plus important est de 84.75 mm obtenu avec les doses N3 (180 UN/ha) et K2 (180 UK_2O /ha).
- Pour le calibre, les tubercules les plus longs ont été enregistrés avec le traitement (180 unités d'azote/ha et 180 unités de potassium/ha) avec une moyenne de 138.75 mm.
- Pour le poids spécifique, on a enregistré une augmentation avec les doses N3 et K2. Le meilleur poids spécifique des tubercules est de 401,25g obtenu avec le traitement (180 UN/ha) et K2 (180 UK_2O /ha).

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

- La teneur en azote et en potassium des feuilles pendant les différents stades de développement de la plante s'accroît avec les doses d'azote et de potassium.
- La combinaison N3K3 donne la teneur la plus élevée en azote et en potassium dans tous les stades de développement du plant.

- La teneur en azote et en potassium des tubercules augmente de façon significative avec les doses croissantes d'azote et de potassium.
- En fonction des stades de développement de la culture, des concentrations élevées d'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 d' N et de K 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 résultats de notre étude montrent, une évolution de la teneur en N et en K assimilable dans le sol par augmentation des doses d'azote et de potassium pendant les 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.

- D'après nos résultats, nous avons trouvé une diminution de la teneur d'azote et de potassium dans le sol au cours du cycle végétatif de la plante de stade de croissance végétative au stade de maturation. Celle-ci est due certainement aux prélèvements de ces deux éléments par la plante pour le développement est le grossissement des tubercules.

En fin, il serait souhaitable que ses résultats soient confirmés par d'autre travaux qui considérer d'autre facteur pour améliorée le rendement tel que :

- ✓ Les quantités de fumure.
- ✓ Dose et système d'irrigation.
- ✓ Les précédents culturaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

BAEYENS J., 1967: Nutrition des plantes de culture, Ed. Naiwelaerts Louvain. 649p.

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*). Mémoire Magistère Ina. 101p.

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

BIRCH J., 1967: Field expriment of the fertilizer requirements of maincrop of potatoes. J. Agric. Sci. Camb. 69: 13-24.

BISSATI S., 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

BLACK W et **CAIMS R., 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.

BOUMLIK, 1995: Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaire. Ben Aknoun. (Alger) p80.

CHANG C., 1984: Fertilizer injury to potatoes as affected by fertilizer source, rate and placement. Am. Pot. J. 61: 591- 597.

CHARPENTER P., 1957: Mineral accumulation in potato plants Maine Agric. Exp. Stn. Bull. 562.

CHARPENTER P et **MURPHY H., 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.

CHARPENTER P., 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.

CHAMBERLAND E et **SCOTT A., 1968:** Nitrogen, phosphorus and potassium experiments with potatoes in the lower St. Lawrence region of Quebec. American Potato Journal. 115:93-102.

CHAMBERLAND E et **CAMPAGNA E., 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.

CHAPMEN K., 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.

CLARKSON D et **HANSON J., 1980:** The mineral nutrition of higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 31: 239-298.

COMIFER, 1993: Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et Potassique des grandes cultures, 28 p +annexes.

COTTIGNER X., 1977 : Potasse et agriculture. Société commerciale de la potasse et de l'azote, Mulhouse, p 24.

Grison C., (1983a) : La pomme de terre. Caractéristiques et qualités alimentaires. *APRIA. Ed Paris*. 292 p.

CURWEN D., 1992: Influence of potassium and nitrogen management on potato tuber dry matter and bruising. J. Agric. Sci. Camb. 76,33-52.

DAHNKE W et **NELSON C., 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.

DARPOUX R., 1967: Les plantes sarclées Paris : maison rustiques, 399 p

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.

DUBIEF, 1964: Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium fertiiiien on yield components and specific gravity of potatoes. Am. Pot. J. 52: 399-405.

EWING E., 1997: Potato. In: The Physiology of Vegetable Crops (Ed.: H.C. Wien). CAB International, UK. pp. 295-344.

FAGERIA N., 1997: Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 2 nd Edition. Marcel Dekker Inc., New York.

FENGHOUR O., 2000: Contribution à l'étude de la fertilisation minérale (N.P.K) de la pomme de terre. Apria. Ed Paris. 292 p.

GIROUX M., 1982: Effet de la fertilisation potassique sur le rendement de la pomme de terre en relation avec I'analyse de sol. *Cm.* J. son Sci. 62: 259-266.

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.

GIROUX M., 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.

GIROUX M., 1988: La pollution diffuse par les nitrates. Agrosol l (1) : 35-39.

GIROUX M., 1993: Rôle et gestion des fertilisants: azote, phosphore et potassium en relationavec 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.

GREWAL J., 1991b: Phosphorus and potassium nutrition of potato. Technical Bulletin No. 31. Central Potato Research Institute, Shimla, India.

GUNASEMA H et **HARRIS P., 1969:** The effect of CCC and nitrogen on the growth andyleld of the second early potato variety Craig's Royal. J. Agric. Sci. Camb. 73: 245- 299.

GUNASENA H et **HARRIS P., 1971:** the effect of CCC, nitrogen and potassium on thegrowth and yield of two varieties of potatoes. J. Agric. Sci. Camb. 76, 33-52.

HAEDER H., 1973: The effect of potassium on translocation of photosynthates and yielpattenr of potato plants. J. Sci Fd. Agric. 1479-1487

HALILAT M.T., 1993: Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variétéAldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire de magister. I.N.E.S. Batna. 130 p

HALILAT M.T. et DOGAR M.A., 1999: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le comportement du blé en zones Sahariennes. Annales de l'INA, El Harrach. 20 : 18-28.

HALILAT M.T., DOGAR M.A. et BADRAOUI M., 2000: Effet de l'azote, du potassium et de leur interaction sur la nutrition du blé sur sol sableux du désert algérien. ANAFID, Maroc. 30 ; 32-39

HARRIS P., 1978: Minerai nutrition. p.195-243. Dans: Roberts, E.H. (Ed.) The potato crop.London Chapman et Hall. New York.

HERERT et CROSNIER J.C., 1975: Techniques agricoles encyclopédie Permanents Paris Ed. Technique

HERLIHY M., 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.

HOPKINS W.G., 2003: Physiologie végétale. Traduction de la II Ed américaine par serge rambour, imprimé en Espagne. Paris 2003. 514p.

HOUIDI H et **AHMADI I., 2007:** Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation azotée-potassique sur pomme de terre dans la région du Souf. Mémoire d'ingénieur agronome. Université Kasdi Merbah. Ouargla .160p.

JAMES, 1970: Chloride uptake by potatoes and the effects of potassium chloride, nitrogenand phosphorus fertilization. *Soil Sci* 109:48-52.

JOEM B et **VITOSH M., 1995b:** Influence of applied nitrogen on potato part II: Recoveryand paroning of applied nitrogen. Am. Pot. J. 72: 73-84.

KLEINKOPF G.E., 1983: Potato in crop-Water relation. TEARE ID : 287-305.

KLEINKOPF G.E., et **WESTERMANN D., 1986:** Scheduling nitrogen applications for Russet Burbank potatoes. Coop Ext. Ser. Agr. Exp. Sta. C.I.S. no. 637.

KLEINKOPF G.E., 1981: Dry matter production and nitrogen utilkation by six potato cultivars. Agron. J. **799- 802.**

KOLEV N., 1982: Les cultures légumières sous serres plastique. Ed Sofia. Bulgarie 1982. 160p

LINDHAUER M., 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.

LORENZ O et **VITTUM M., 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.

MACLEAN A., 1983: Sources of fertilizer nitrogen and phosphorus for potatoes in Atlantic Canada. Am. Pot. J. 60: 913 -918.

MACLEAN A., 1984: Time of application of fertilizer nitrogen for potatoes in Atlantic Canada. Am. Pot. J. 61: 23-29.

MADEC P et **PERENNEC P., 1962:** Les relations entre l'induction de la tuberisation et la croissance chez la pomme de terre. Ann. Physio. Veg pp 05-83.

MADEC P, 1966: Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Bull. soc. Fr. Plysio. Veg (12) .pp 159-173.

M.A.D.R, 2005: Minestaire d'agriculture, Direction de statistique de système d'information (D.S.A). Minestaire d'Agriculture et Développement Rural.

MARSCHNER H., 1995: Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 nd Ed. Academic Press, London.

MARTIN-PREVEL P., 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.

MCCOLLUM R., 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.

MCDOLE R., 1978: Potassium fertilizer trials with potatoes on coarse-textured soils in southeastern Idaho. *Am Potato* J 55:161-170.

MCDOLE R., 1987: Potassium fertilizer trials with potatoes on coarse textured soi1 in southern Idaho. Am. Pot. J. 55: 161-170.

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.

MENGEL K et **KIRKBY E., 1987 :** Principles of Plant Nutrition. 4 th Edition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

MENGEL K., 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.

MILLER M., 1970: Ammonium effects on phosphorus absorption through pH changes and phosphorus precipitaüon at the soil-root interface. Agron. J. 62: 524- 527.

MOULE C., 1972: Plantes sarclées et déverses. J-B. Balliére et Fils, Editeur, Paris. 246 p.

MURPHY H et **CROVEN M., 1959:** Factors affecting the specific gravity of the white potato in Maine. Maine agric. Exp. Stn. Bull. 583.

NAJAH A., 1971: Le Souf des oasis. Edition Maison De livre. Alger. 174 p.

NELSON D., 1970: Effect of planting date, spacing and potassium on hollow heart in Norgold Russet potatoes. Am. Potato J. 47: 130-135.

OJALA J, 1990: Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. Am. Pot. J. 67: 29-43.

O.N.M. d'EL-Oued, 2008: Office nationale de météorologie de la région du Souf.

PERNNEC P, 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.

PERRENOUD S., 1993: Fertilizing for High Yield Potato. IPI Bulletin 8. 2nd Edition. International Potash Institute, Basel, Switzerland.

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.

ROBERTS S., 1991: Potato uptake recovery of nitrogen-15 enriched ammonium nitrate from periodic applications. Agron. J. 83: 378-381.

ROBERTS S., 1982: Potato use of phosphorus and potassium in sandy soils.
College of Agric and Home Econ Res Ctr Bull XB1004. Washington state Univ, Pullman, Wa

ROBERTS S et **DOLE R., 1985:** Potassium Nutrition of Potatoes. In: Potassium in Agriculture (Ed: R.S. Munson). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp. 800-818.

SINGH J et **TREHAN S., 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.

SMITH O., 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

SOLTANPOUR P., 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.

SOLTANPOUR P.., 1969a: Effect of nitrogen, phosphorus and zinc placement on yield and composition of potatoes. Agron. J. 61: 288- 289.

SOLTNER D., 1979: Les grandes productions végétales phytotechnie spéciale. 10^{émé}. Edition. 427 p.

SOLTNER D., 1988: Les grandes productions végétales la pomme de terre Tomme II col. scien et tech Agri, p.p 240-247.

SOLTNER D., 2003: Les bases de la production végétales Ed. Coll. Scien. Tech. Agri. 16eme Ed.566 p.

TERMAN G., 1951 : Rate, placement and source of nitrogen for potatoes in Maine. The Maine Agric. Exp. Sta. Bull. 490.

TERMAN G., 1952: Rate, placement, and source of phosphorus fertilizers for potatoes in Maine. The Maine Agric. Exp. Sta. Bull. 506.

TERMAN G., 1953: Relation of soil and fertilizer potassium to dry matter content and yield of potatoes. *Soil Sci* 75:449-458.

TISDALE S et **NELSON W., 1975 :** Soil and fertilizer phosphorus. P 189- 242. Dans Tisdale et Nelson (ed.). Soil fertility and fertilizers. 3rd editions. Macmillan publishing Co., Inc. New-York.

TRAN T et **GIROUX M, 1991:** Fertilisation azotée (15N) de la pomme de terre de primeur (solarium tuberosum **L)** selon les dates de récoltes. Agrosol IV(1): 20-29.

TYLER K., 1983: Efficiency of nitrogen uptake by potatoes. Am. Pot. J. 60: 261-269.

WESTERMANN D et **KLEINKOPF T., 1985:** Nitrogen requirements of potatoes. Agron. J. ***77:*** 61 6-621.

WESTERMANN D., 1988: Nitrogen fertilizer efficiencies on potatoes. Am. Pot J. 65: 377-386.

WESTENNANN D., 1993: Fertility management p. ïï-86. Dans: Potato health management Rowe, R.C. (Ed.). P.A.A., A.P.S. Minnesota, U.S.A.

WESTERMANN D., 1994b: Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. *Is Potato* J 71:417- 432.

عبد المنعم ح.، 1999: إنتاج البطاطس. الدار العربية للنشر و التوزيع.446 ص.

BLANCHES DES PHOTOS

Photo

N° 01 : Les plantes de pomme de terre au stade de croissance végétative

Photo N° 02 : Les plantes de pomme de terre en pleine croissance

LETOUFA ET KHEDIR 2008

Photo N° 03 : prélèvement des échantillons du plant

LETOUFA ET KHEDIR 2008

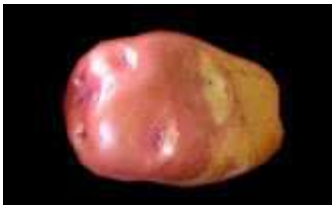
Photo N° 04 : La récolte manuelle de production des déférentes parcelles expérimentales

LETOUFA ET KHEDIR 2008

Photo N° 05 : le grand calibre de variété spunta

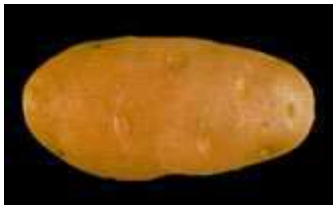
ANNEXES

Annexe 01



1. Atahualpa
Cultivée au Pérou, rendement élevé, convient cuite au four ou frite

2. Nicola
Variété hollandaise courante, savoureuse bouillie ou en salade



3. Russet Burbank
Un classique américain, excellente cuite au four et pour les frites

4. Lapin puikula
Cultivée en Finlande, dans des champs baignés par le soleil de minuit

5. Yukon Gold
Variété canadienne, chair jaune et crémeuse, convient frite, bouillie ou en purée

6. Tubira
Cultivée en Afrique de l'Ouest. Chair blanche, peau rose, bon rendement

7. Vitelotte
Variété française, prisée des gourmets, peau bleu foncé et chair violette

8. Royal Jersey
De Jersey, c'est le seul légume anglais doté d'une appellation d'origine de l'UE

9. Kipfler
Originaire d'Allemagne, forme allongée, chair crème, bonne en salade

10. Papa colorada
Introduite aux îles Canaries en 1567 par des bateaux espagnols de passage

11. Maris Bard
Cultivée au R.-U., chair blanche, texture douce et ferme, convient pour bouillir

12. Désirée
Peau rouge, chair jaune, saveur caractéristique

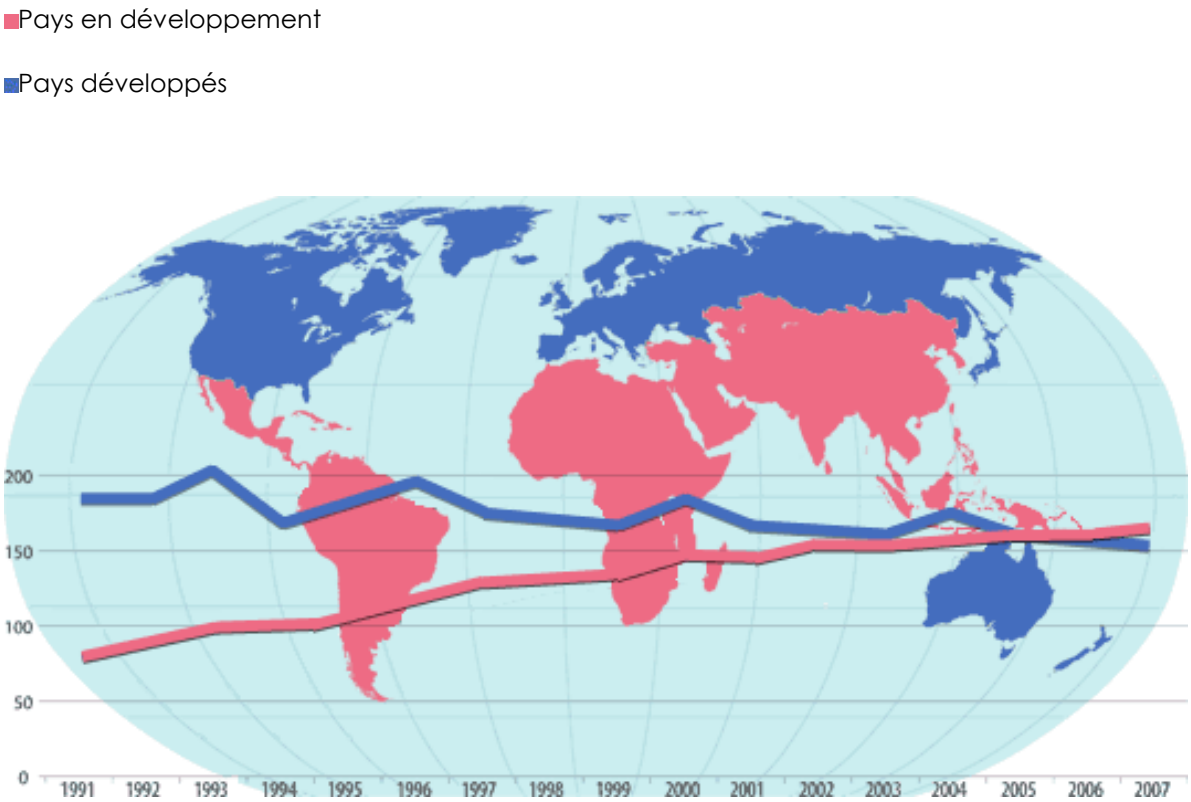
13. Spunta
Variété commerciale, convient pour bouillir et rôtir

14. Mondial
Variété hollandaise à la peau lisse. A consommer bouillie ou en purée

15. Inconnu
Une des 5 000 variétés encore cultivées dans les Andes

Variétés de pomme de terre

Annexe 02



	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Pays	millions de tonnes								
développés	183,13	199,31	177,47	174,63	165,93	166,94	160,97	159,99	155,56
en développement	84,86	101,95	108,50	128,72	135,15	145,92	152,11	160,12	165,15
MONDE	257,25	301,27	285,97	303,36	301,08	312,86	313,09	320,11	320,71
Source: FAOSTAT									

Production mondiale de pommes de terre, 1991-2007

Annexe 03

	Surface récoltée	Quantité	Rendement
	hectares	tonnes	tonnes/hectare
Afrique	1 503 145	16 308 530	10,84
Asie et Océanie	8 743 857	137 182 946	15,68
Europe	7 439 553	128 608 372	17,28
Amérique latine	962 434	15 985 825	16,61
Amérique du Nord	615 032	22 626 288	36,78
MONDE	**19 264 021**	**320 711 961**	**16,64**
			Source: FAOSTAT

Production de pommes de terre, par région, 2007

Annexe 05

	Quantité (t)		kg/habitant
1. Chine	52 882 000	1. Bélarusse	337,99
2. Russie	20 442 000	2. Kirghizistan	152,20
3. Inde	18 253 000	3. Russie	141,98
4. États-Unis	16 399 000	4. Ukraine	141,62
5. Royaume-Uni	6 842 000	5. Lettonie	136,14
6. Ukraine	6 659 000	6. Arménie	131,76
7. Allemagne	6 120 000	7. Lituanie	130,67
8. Pologne	4 893 000	8. Pologne	127,75
9. France	3 880 000	9. Rwanda	124,83
10. Bangladesh	3 746 000	10. Portugal	118,62
			Source: FAOSTAT

Principaux consommateurs de pommes de terre, 2005

Annexe 06

Tableau N° 01 : Nombre des feuilles par plant

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Treat-a(Ta)	3	269.96167	89.98722	436.6854 **
Error-a	12	2.47283	0.20607	
Parcels	15	272.43449		
Treat-b(Tb)	3	0.61338	0.20446	0.8588 ns
Int. TaxTb	9	18.00834	2.00093	8.4046 **
Error-b	36	8.57073	0.23808	
Total	63	299.62694		

DF: 3, 12 F-krit (1%) = 5.9525 F = 436.6854 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (5%) = .0712 F = .8588 p > .10000

DF: 9, 36 F-krit (1%) = 2.9461 F = 8.4046 p < .00100

OA = 12.41594 VC%-a = 3.65617

VC%-b = 3.92987

SMD-a = 0.34988

SMD-b = 0.34962

Tableau N° 02 : Nombre des tiges par plant

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Blocks	3	1.85865	0.61955	1.3277 ns
Treat-a(Ta)	3	1.39292	0.46431	0.9950 ns
Error-a	9	4.19981	0.46665	
Parcels	15	7.45139		
Treat-b(Tb)	3	0.70694	0.23565	0.3128 ns
Int. TaxTb	9	3.28178	0.36464	0.4840 ns
Error-b	36	27.12426	0.75345	
Total	63	38.56436		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 1.3277 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (5%) = .0691 F = .995 p > .10000

DF: 3, 36 F-krit (5%) = .0712 F = .3128 p > .10000

DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .484 p > .10000

OA = 3.26422 VC%-a = 20.92736 VC%-b = 26.59184

BSMD = 0.54583

SMD-a = 0.54583

SMD-b = 0.62196

Tableau N° 03 : la longueur des tiges

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Treat-a(Ta)	3	2820.39285	940.13095	379.9338	**
Error-a	12	29.69352	2.47446		
Parcels	15	2850.08637			
Treat-b(Tb)	3	348.35612	116.11871	51.7373	ns
Int. TaxTb	9	319.65240	35.51693	15.8248	**
Error-b	36	80.79801	2.24439		
Total	63	3598.89290			

DF: 3, 12 F-krit (1%) = 5.9525 F = 379.9338 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 51.7373 p < .00100

DF: 9, 36 F-krit (1%) = 2.9461 F = 15.8248 p < .00100

OA = 24.33016 VC%-a = 16.46540 VC%-b = 16.15750

SMD-a = 1.21242

SMD-b = 1.07346

Tableau N° 04 : le rendement total

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	4550.04688	1516.68229	4.3926	*
Treat-a(Ta)	3	22934.67188	7644.89063	22.1412	**
Error-a	9	3107.51563	345.27951		
Parcels	15	30592.23438			
Treat-b(Tb)	3	16014.54688	5338.18229	15.1263	**
Int. TaxTb	9	2572.51563	285.83507	0.8099	*
Error-b	36	12704.68750	352.90799		
Total	63	61883.98438			

DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 4.3926 p = .03649

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 22.1412 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 15.1263 p < .00100

DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .8099 p > .10000

OA = 244.48438 VC%-a = 7.60036 VC%-b = 7.68386

BSMD = 14.84735

SMD-a = 14.84735

SMD-b = 13.46071

Tableau N° 05 : le diamètre de tubercule

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Blocks	3	187.25000	62.41667	2.5092 ns
Treat-a(Ta)	3	4927.12500	1642.37500	66.0251 **
Error-a	9	223.87500	24.87500	
Parcels	15	5338.25000		
Treat-b(Tb)	3	2345.37500	781.79167	53.1154 **
Int. TaxTb	9	354.25000	39.36111	2.6742 *
Error-b	36	529.87500	14.71875	
Total	63	8567.75000		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 2.5092 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 66.0251 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 53.1154 p < .00100

DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526 F = 2.6742 p = .01728

OA = 62.81250 VC%-a = 7.94027 VC%-b = 6.10786

BSMD = 3.98515

SMD-a = 3.98515

SMD-b = 2.74899

Tableau N° 06 : la longueur des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Blocks	3	100.50000	33.50000	0.7942 ns
Treat-a(Ta)	3	5700.37500	1900.12500	45.0474 **
Error-a	9	379.62500	42.18056	
Parcels	15	6180.50000		
Treat-b(Tb)	3	12506.12500	4168.70833	103.5793 **
Int. TaxTb	9	3013.50000	334.83333	8.3196 **
Error-b	36	1448.87500	40.24653	
Total	63	23149.00000		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = .0691 F = .7942 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 45.0474 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 103.5793 p < .00100

DF: 9, 36 F-krit (1%) = 2.9461 F = 8.3196 p < .00100

OA = 95.87500 VC%-a = 6.77409 VC%-b = 6.61696

BSMD = 5.18943

SMD-a = 5.18943

SMD-b = 4.54571

Tableau N° 07 : Le poids spécifique des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Blocks	3	464.29688	154.76563	0.2714 ns
Treat-a(Ta)	3	252691.67188	84230.55729	147.6897 **
Error-a	9	5132.89063	570.32118	
Parcels	15	258288.85938		
Treat-b(Tb)	3	165864.17188	55288.05729	158.5123 **
Int. TaxTb	9	64965.01563	7218.33507	20.6952 **
Error-b	36	12556.56250	348.79340	
Total	63	501674.60938		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = .0691 F = .2714 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 147.6897 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 158.5123 p < .00100

DF: 9, 36 F-krit (1%) = 2.9461 F = 20.6952 p < .00100

OA = 192.07813 VC%-a = 12.43317 VC%-b = 9.72313

BSMD = 19.08197

Tableau N° 08 : teneur en azote des feuilles au stade de croissance végétative

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Blocks	3	0.28254	0.09418	0.9880 ns
Treat-a(Ta)	3	3.67224	1.22408	12.8415 **
Error-a	9	0.85790	0.09532	
Parcels	15	4.81268		
Treat-b(Tb)	3	1.04985	0.34995	5.0877 **
Int. TaxTb	9	0.08964	0.00996	0.1448 ns
Error-b	36	2.47621	0.06878	
Total	63	8.42838		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = .0691 F = .988 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 12.8415 p = .00133

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 5.0877 p = .00487

DF: 9, 36 F-krit (1%) = .18 F = .1448 p = .00437

OA = 2.01438 VC%-a = 15.32699 VC%-b = 13.01974

SMD-b = 0.18792

BSMD = 0.24670

Tableau N° 09 : teneur en azote des feuilles au stade de tubérisation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	0.46512	0.15504	2.1136 ns	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 2.1136 p > .10000
Treat-a(Ta)	3	18.23614	6.07871	82.8710 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 82.871 p < .00100
Error-a	9	0.66016	0.07335		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 17.8996 p < .00100
Parcels	15	19.36142			DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526 F = 1.8493 p = .09265
Treat-b(Tb)	3	1.48387	0.49462	17.8996 **	OA = 1.77484 VC%-a = 15.25965 VC%-b = 9.36602
Int. TaxTb	9	0.45991	0.05110	1.8493 ns	SMD-b = 0.11911
Error-b	36	0.99479	0.02763		
Total	63	22.30000			SMD-a = 0.21641
					BSMD = 0.21641

Tableau N° 10 : teneur en azote des feuilles au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	0.27924	0.09308	1.8151 ns	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 1.8151 p > .10000
Treat-a(Ta)	3	5.89024	1.96341	38.2877 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 38.2877 p < .00100
Error-a	9	0.46153	0.05128		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 33.2378 p < .00100
Parcels	15	6.63100			DF: 9, 36 F-krit (1%) = 2.9461 F = 3.2465 p = .00551
Treat-b(Tb)	3	0.50615	0.16872	33.2378 **	
Int. TaxTb	9	0.14831	0.01648	3.2465 **	OA = 1.09750 VC%-a = 20.63345 VC%-b = 6.49169
Error-b	36	0.18274	0.00508		
Total	63	7.46820			BSMD = 0.18094

Tableau N° 11 : teneur en azote des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	1.43244	0.47748	4.0326 *	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 4.0326 p = .04509
Treat-a(Ta)	3	2.92345	0.97448	8.2300 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 8.23 p = .00602
Error-a	9	1.06565	0.11841		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 11.7697 p < .00100
Parcels	15	5.42155			DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526 F = 2.468 p = .02627
Treat-b(Tb)	3	0.22684	0.07561	11.7697 **	OA = 0.83141 VC%-a
Int. TaxTb	9	0.14270	0.01586	2.4680 *	= 41.38787 VC%-b = 9.64064
Error-b	36	0.23128	0.00642		SMD-b = 0.05743
Total	63	6.02237			BSMD = 0.27495

Tableau N° 12 : teneur en potassium des feuilles au stade de croissance végétative

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	3.02581	1.00860	4.8068 *	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 4.8068 p = .02893
Treat-a(Ta)	3	21.39309	7.13103	33.9847 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 33.9847 p < .00100
Error-a	9	1.88847	0.20983		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 10.1924 p < .00100
Parcels	15	26.30737			DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .5019 p > .10000
Treat-b(Tb)	3	7.79906	2.59969	10.1924 **	OA = 2.32313 VC%-a =
Int. TaxTb	9	1.15212	0.12801	0.5019 ns	19.71795 VC%-b = 21.73951
Error-b	36	9.18221	0.25506		BSMD = 0.36601
Total	63	44.44078			SMD-a = 0.36601
					SMD-b = 0.36188

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	12.12419	4.04140	11.6873 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 11.6873 p = .00186
Treat-a(Ta)	3	30.85970	10.28657	29.7477 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 29.7477 p < .00100
Error-a	9	3.11214	0.34579		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 58.4298 p < .00100
Parcels	15	46.09604			DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526 F = 1.7933 p > .10000
Treat-b(Tb)	3	44.54638	14.84879	58.4298 **	OA = 3.33172 VC%-a = 17.64980 VC%-b = 15.13073
Int. TaxTb	9	4.10160	0.45573	1.7933 ns	SMD-b = 0.36121
Error-b	36	9.14869	0.25413		SMD-a = 0.46986
Total	63	103.89271			BSMD = 0.46986

Tableau N° 14 : teneur en potassium des feuilles au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	7.45719	2.48573	19.5594 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 19.5594 p < .00100
Treat-a(Ta)	3	6.48167	2.16056	17.0007 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 17.0007 p < .00100
Error-a	9	1.14378	0.12709		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 61.2077 p < .00100
Parcels	15	15.08264			DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526 F = 1.7138 p > .10000
Treat-b(Tb)	3	16.40164	5.46721	61.2077 **	OA = 1.95672 VC%-a = 18.21885 VC%-b = 15.27396
Int. TaxTb	9	1.37773	0.15308	1.7138 ns	SMD-b = 0.21415
Error-b	36	3.21561	0.08932		SMD-a = 0.28485
Total	63	36.07761			BSMD = 0.28485

Tableau N° 15 : teneur en potassium des tubercules

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F
Blocks	3	0.54910	0.18303	1.6646 ns
Treat-a(Ta)	3	3.81020	1.27007	11.5504 **
Error-a	9	0.98963	0.10996	
Parcels	15	5.34894		
Treat-b(Tb)	3	13.94828	4.64943	48.4786 **
Int. TaxTb	9	0.43195	0.04799	0.5004 ns
Error-b	36	3.45264	0.09591	
Total	63	23.18181		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 1.6646 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 11.5504 p = .00194

DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 48.4786 p < .00100

DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .5004 p > .10000

OA = 2.49672 VC%-a = 13.28143 VC%-b = 12.40381

SMD-b = 0.22190

SMD-a = 0.26496

BSMD = 0.26496

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	824.79333	274.93111	2.2178 ns
Treat-a(Ta)	3	6728.84975	2242.94992	18.0932 **
Error-a	9	1115.69836	123.96648	
Parcels	15	8669.34145		
Treat-b(Tb)	3	1061.48670	353.82890	3.0648 *
Int. TaxTb	9	321.83999	35.76000	0.3097 ns
Error-b	36	4156.16128	115.44892	
Total	63	14208.82942		

DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 2.2178 p > .10000

DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 18.0932 p < .00100

DF: 3, 36 F-krit (5%) = 2.8663 F = 3.0648 p = .04023

DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .3097 p = .06659

OA = 38.01109 VC%-a = 29.29151 VC%-b = 28.26732

SMD-b = 7.69896

SMD-a = 8.89643

BSMD = 8.89643

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	816.62753	272.20918	14.8061 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 14.8061 p < .00100
Treat-a(Ta)	3	2740.59062	913.53021	49.6892 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 49.6892 p < .00100
Error-a	9	165.46401	18.38489		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 19.0168 p < .00100
Parcels	15	3722.68216			DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .8963 p > .10000
Treat-b(Tb)	3	215.07393	71.69131	19.0168 **	OA = 24.10953 VC%-a = 17.78450 VC%-b = 8.05333
Int. TaxTb	9	30.41011	3.37890	0.8963 ns	SMD-b = 1.39124
Error-b	36	135.71588	3.76989		SMD-a = 3.42605
Total	63	4103.88209			BSMD = 3.42605

Tableau N° 18 : teneur en azote assimilable dans le sol au stade de maturation

VARIANCE TABLE

V.S.	D.F.	S.S.	S.A.	F	
Blocks	3	5.60163	1.86721	0.3923 ns	DF: 3, 9 F-krit (5%) = .0691 F = .3923 p > .10000
Treat-a(Ta)	3	931.14248	310.38083	65.2166 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 65.2166 p < .00100
Error-a	9	42.83308	4.75923		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 7.9079 p < .00100
Parcels	15	979.57719			DF: 9, 36 F-krit (5%) = .2838 F = .2228 p = .02173
Treat-b(Tb)	3	29.52932	9.84311	7.9079 **	OA = 15.14594 VC%-a = 14.40364 VC%-b = 7.36612
Int. TaxTb	9	2.49589	0.27732	0.2228 *	SMD-b = 0.79942
Error-b	36	44.80974	1.24471		SMD-a = 1.74314
Total	63	1056.41214			BSMD = 1.74314

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	
Blocks	3	511.22576	170.40859	1.9456 ns	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 1.9456 p > .10000
Treat-a(Ta)	3	2728.78988	909.59663	10.3850 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 10.385 p = .00279
Error-a	9	788.28796	87.58755		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 124.0263 p < .00100
Parcels	15	4028.30359			DF: 9, 36 F-krit (1%) = 2.9461 F = 2.9482 p = .00996
Treat-b(Tb)	3	24492.98893	8164.32964	124.0263 **	OA = 46.11281 VC%-a = 20.29549 VC%-b = 17.59469
Int. TaxTb	9	1746.66473	194.07386	2.9482 **	SMD-b = 5.81354
Error-b	36	2369.78624	65.82740		
Total	63	32637.74349			SMD-a = 7.47799

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	6.04762	2.01587	2.5435 ns	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 2.5435 p > .10000
Treat-a(Ta)	3	50.83353	16.94451	21.3793 **	DF: 3, 9 F-krit (1%) = 6.9919 F = 21.3793 p < .00100
Error-a	9	7.13309	0.79257		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771 F = 150.7594 p < .00100
Parcels	15	64.01424			DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526 F = 1.3523 p > .10000
Treat-b(Tb)	3	1286.67703	428.89234	150.7594 **	OA = 14.41031 VC%-a = 6.17795 VC%-b = 11.70465
Int. TaxTb	9	34.62483	3.84720	1.3523 ns	SMD-b = 1.20856
Error-b	36	102.41569	2.84488		
					SMD-a = 0.71135

Total 63 1487.73179

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	13.42801	4.47600	2.7958 ns	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 2.7958 p > .10000
Treat-a(Ta)	3	23.98624	7.99541	4.9942 *	DF: 3, 9 F-krit (5%) = 3.8625 F = 4.9942 p = .02614
Error-a	9	14.40853	1.60095		DF: 3, 36 F-krit (1%) = 4.3771
Parcels	15	51.82278			F = 204.0291 p < .00100
					DF: 9, 36 F-krit (5%) = 2.1526
Treat-b(Tb)	3	1207.02089	402.34030	204.0291 **	F = 1.7862 p > .10000
Int. TaxTb	9	31.70140	3.52238	1.7862 ns	OA = 10.29313 VC%-a = 12.29253 VC%-b = 13.64280
Error-b	36	70.99111	1.97198		SMD-b = 1.00621
					SMD-a = 1.01100
Total	63	1361.53618			BSMD = 1.01100

Résumé

Notre travail a pour objectif d'étudier l'effet combiné de quatre doses d'azote (0, 60,120 et 180 UN/ha) avec quatre doses de potassium (0, 90, 180,270 UK_2O/ha) sur la culture de pomme de terre (***Solanum tuberosum L***), variété (Spunta) en trois stades (stade de croissance végétatif, stade de tubérisation et stade de maturation) conduite sous système pivot dans la région de oued souf.

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

La fertilisation azotée-potassique a réagit significativement sur les paramètres de rendement (Poids moyen et calibre de tubercules et le rendement). Le meilleur rendement est de 301Qx/ha obtenu avec le traitement 180UN/ha et 180 UK_2O /ha.

Suite a nos essais, nous avons constaté que la teneur en N et K dans la partie aérienne et souterraine est améliorée par l'apport d'engrais azotée-potassique.

La fertilisation azotée-potassique a provoquée ainsi 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 180U/ha) with four potassium amounts (0, 90, 180,270 UK_2O /ha) on the potato culture (Spunta variety) in three stages (vegetative stage of growth, stage of tuberization and stage of maturation) control under system pivot in the area of oued souf.

The results obtained show that the effect of nitrogen is positive on the parameters of the air part (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 (average Weight of the tubers; gauge of the tubers and the output). The best output of 301Qx/ha is obtained with the treatment 180U/ha and 180 UK_2O/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

تهدف دراستنا إلى معرفة تأثير تشارك أربعة مقادير من السماد الآزوتي (0 و 60 و 120 و 180 وحدة أزوت / هكتار) و أربعة مقادير من السماد البوتاسي (0 و 90 و 180 و 270 وحدة بوتاس / هكتار) على نبات البطاطس (صنف سبونتا) في ثلاث مراحل (مرحلة النمو الخضري و مرحلة التدرن ومرحلة النضج) في نظام الرش المحوري بمنطقة وادي سوف.

النتائج التحصل عليها تبين بأن:

السماد الازوتي ايجابي على المعايير المقاسة في(الجزء الهوائي) (عدد الأوراق في النبتة و طول السيقان). ولكن لا يوجد تأثير ايجابي للبوتاسيوم على هذه المعايير.

التخصيب الآزوتي-البوتاسي كان إيجابيا على معايير الإنتاج (الجزء الترابي) (حجم ووزن الدرنات و المردود) أحسن مردود كان 301 قنطار/هكتار تحصلنا عليه مع تشارك 180 وحدة من الآزوت و 180 وحدة من البوتاسيوم.

ومن خلال دراستنا أيضا تحصلنا على أن نسبة الآزوت و البوتاسيوم في الجزء الهوائي وفي الجزء الترابي تتحسن بإضافة السماد الازوتي و البوتاسي.

و التسميد الازوتي و البوتاسي زاد نسبة الآزوت و البوتاسيوم في الجزء السطحي للتربة (0-20 سم).

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