

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

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne
Option : Production végétale

Thème

**Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la culture de
concombre (*cucumis sativus*. Var. président) sous serre dans
la région de Hassi Ben Abdallah (Ouargla)**

Présenté par :

M^{elle} : DAMENE Meriem

SOUFLI Wafa

Composition du jury :

Président :	Mr CHALOUFFI H.	M.C. Univ. Ouargla.
Encadreur :	Mr HALILAT M.T.	M.C. Univ. Ouargla.
Examineur :	Mme DERAOUI N.	M.A. Univ. Ouargla.
Examineur :	Melle SALHI N.	M.C. Univ. Ouargla.
Invité :	M^r GOUSMI D.	Directeur ITDAS Ouargla

Année universitaire : 2006/2007

Remerciement

Eloge à Dieu tout puissant a nous avoir donné la bravoure, la volonté et la patience pour effectuer ce modeste travail. Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à exprimer nos remerciements et nos profondes gratitude à:

***M^r HALILAT M. T.** professeur au département des Sciences Agronomiques, pour nous avoir encadré, dirigé, orienté vers le succès et de sa patience et ses aides.*

***M^r HAMDI AISSA B.** Maître de conférences au département des sciences Agronomiques à l'université de Ouargla d'avoir accepté de présider la commission de jury.*

***M^{me} BOUKHALFA N.** Maître assistante, à l'université de Ouargla d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

***M^{elle} SALHI N.** Maître assistante, à l'université de Ouargla .D'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remercions infiniment **M^r GOUSMI D.** Directeur de la station de l'I.T.D.A.S. de H/B Abdallah de sa patience et ses aides.*

*A tous le personnel du laboratoire du département d'agronomie saharienne : **EL AICHE, M^{me} Saïda, Noureddine et Kadir,** à tous le personnel de la bibliothèque : **Yousef, Fatima, Farid.***

*A tout les administratifs de l'ITAS : **Souad, Fouzia***

*A tous les ingénieurs et les employés de l'I.T.D.A.S : **Mabrouk, Ali, Kouider.***

Nous remercions aussi sans exception tous les enseignants du département d'Agronomie et d'Ecologie.

Nos sincères remerciements à tout ceux et celles qui ont bien voulu nous aider de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Liste des abréviations

CEC	Capacité d'échange cationique
CV	Coefficient de variance
D.P.A.T	Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoires.
Evap	Evaporation
F.A.O	Organisation de l'Agriculture et de l'Alimentation
HS	Hautement significatif
ITDAS	Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne.
Insol	Insolation
K	Le potassium
N	L'azote
N×K	Intéraction azote et potassium
NS	Non significatif
Pr	Précipitation
S	Significatif
T	Température
UK/ha	Unité de potassium par hectare
UN/ha	Unité d'azote par hectare
V	Vent

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Données climatiques de la région de Ouargla	7
Tableau 2	Données climatiques de la campagne agricole (2006-2007)	7
Tableau 3	Caractéristiques physico-chimiques du sol	21
Tableau 4	Caractéristique de l'eau d'irrigation	33
Tableau 5	les doses d'engrais utilisées	38
Tableau 6	Dose et date d'apport d'azote	40
Tableau 7	Dose et date d'apport de potassium	41
Tableau 8	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la hauteur de la tige (cm)	51
Tableau 9	Evolution de la hauteur de la tige (cm) selon les différents stades de développement	54
Tableau 10	Effet de la fertilisation azotée potassique sur l'épaisseur de la tige/plant	55
Tableau 11	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de feuilles/plant	57
Tableau 12	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de fleurs/plant	59
Tableau 13	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de fruits/plant	62
Tableau 14	Evolution du rendement selon les différentes récoltes	65
Tableau 15	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le nombre de fruits à l'hectare	67
Tableau 16	Effet de la fertilisation azotée potassique sur le rendement du concombre à l'hectare	70
Tableau 17	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade développement des feuilles (ppm)	73
Tableau 18	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade floraison (ppm)	75
Tableau 19	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade maturation (ppm)	77
Tableau 20	Evolution de la teneur en azote des feuilles (ppm)	79
Tableau 21	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote de fruits de la 1 ^{re} récolte	80
Tableau 22	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote de fruits de la 3 ^{ème} récolte	82
Tableau 23	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote de fruits de la dernière récolte	84
Tableau 24	Evolution de la teneur en azote des fruits (ppm)	87
Tableau 25	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade développement des feuilles (ppm)	89
Tableau 26	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade floraison	91
Tableau 27	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade maturation	93

Tableau 28	Evolution de la teneur en potassium des feuilles (ppm)	95
Tableau 29	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 1 ^{re} récolte	96
Tableau 30	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 3 ^{eme} récolte	98
Tableau 31	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium des fruits de la dernière récolte	100
Tableau 32	Evolution de la teneur en potassium des fruits (ppm)	103
Tableau 33	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote du sol au début du cycle	105
Tableau 34	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en azote du sol à la fin du cycle	107
Tableau 35	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium du sol au début du cycle	109
Tableau 36	Effet de la fertilisation azotée potassique sur la teneur en potassium du sol à la fin du cycle	111

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	La carte géographique de la région d'étude	4
Figure 2	Le diagramme ombrothermique de la région de Ouargla	8
Figure 3	Stades phénologiques du concombre	17
Figure 4	Le cycle d'azote	27
Figure 5	Le cycle de potassium	30
Figure 6	Le dispositif expérimental	35
Figure 7	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la hauteur de la tige	53
Figure 8	Evolution de la hauteur de la tige selon des différents stades	54
Figure 9	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur l'épaisseur de la tige	56
Figure 10	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles	58
Figure 11	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fleurs	61
Figure 12	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits/plant	63
Figure 13	Evolution du rendement du concombre selon les différentes récoltes	66
Figure 14	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement selon les différents traitements	67
Figure 15	. Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits à l'hectare	68
Figure 16	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement total à l'hectare	71
Figure 17	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade développement des feuilles	74
Figure 18	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade floraison	76
Figure 19	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade maturation	78
Figure 20	Evolution de la teneur en azote des feuilles durant le cycle végétatif du concombre	79
Figure 21	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la 1 ^{ère} récolte	81
Figure 22	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la 3 ^{ème} récolte	83
Figure 23	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la dernière récolte	85
Figure 24	Evolution de la teneur en azote des fruits selon des différentes récoltes	87

Figure 25	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade développement des feuilles	90
Figure 26	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade floraison	92
Figure 27	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade maturation	94
Figure 28	Evolution de la teneur en potassium des feuilles durant le cycle végétatif	95
Figure 29	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 1 ^{re} récolte	97
Figure 30	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 3 ^{ème} récolte	99
Figure 31	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium de la dernière récolte	101
Figure 32	Evolution de la teneur en potassium des fruits selon des différentes récoltes	103
Figure 33	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol au début du cycle	106
Figure 34	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol à la fin du cycle	108
Figure 35	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol au début du cycle	110
Figure 36	Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol à la fin du cycle	112

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo 1	Les fleurs du concombre	13
Photo 2	Les feuilles du concombre	14
Photo 3	Plante du concombre au stade maturation	15
Photo 4	Les plaques de distinction entre les parcelles	36
Photo 5	Le site expérimental (serre)	37
Photo 6	L'apport manuel d'engrais	39
Photo 7	Le palissage	43
Photo 8	La récolte	45
Photo 9	Fruit de concombre	45

Sommaire

Introduction	1
---------------------	---

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.1. Situation géographique	3
I.2. Climat	5
I.3. Sol	9
I.4. les ressources en eau	9
I.5. Site expérimental (ITDAS)	11

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Matériel	12
II.1.1. La culture	12
A. Morphologie	12
B. stades de développement	16
C. Exigences de la culture	18
D. Importance du concombre	19
E. Choix de la variété	19
II.1.2. Sol de la station (ITDAS) H/B.A	21
II.1.3. La fertilisation	22
II.1.4. L'eau d'irrigation	33
II.2.Méthodes	34
II.2.1 Protocole expérimental	34
1. Dispositif expérimental	34
2. Conduite de la culture	34
2.1. Précédant cultural	34
2.2. préparation du sol	36
2.3. Semi et plantation	36
2.4. Fertilisation (dose et date d'apport)	38
2.5. Irrigation	42
2.6. Entretien de la culture	43
2.7. Récolte	44

II.2.2. Méthodes de prélèvement	46
a. Sol	46
b. Plante	46
II.2 .3. Les paramètres étudiés	46
a. Hauteur de la tige	46
b. Epaisseur de la tige	46
c. Nombre de feuilles	46
d. Nombre de fleurs	46
e. Nombre de fruits	47
f. Rendement	47
g. Evolution de l'Azote et potassium totale	47
h. Evolution de l'azote et potassium assimilable	47
II.2.5. Méthodes d'analyses	49
A. Le sol	49
B. La plante	50

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Paramètres de croissance	51
III.1.1. L'effet de la fertilisation Azotée et potassique sur la morphologie	51
a. Hauteur de la tige	51
b. Epaisseur de la tige	55
c. Nombre de feuilles	57
d. Nombre de fleurs	59
e. Nombre de fruits	62
III.1.2. Rendement	65
III. 2. Alimentation Azotée et potassique du concombre	73
III.2.1. La teneur en Azote de la plante	73
III.2.1.1. Teneur en Azote de feuilles	73
III.2.1.2. Teneur en Azote de fruit	80
III.2.2. La teneur en potassium de la plante	89
III.2.2.1. Teneur en potassium de feuille	89

III.2.2.2. Teneur en potassium de fruits	96
III.3. Alimentation Azotée potassique du sol	105
III.3.1. La teneur en Azote du sol	105
III.3.2. La teneur en potassium du sol	109
Conclusion générale	114
Bibliographie	117
Annexes	120

Introduction

Introduction

L'agriculture une des plus anciennes activités de l'homme, consiste à produire ; dans un milieu donné ; des végétaux ou des animaux utiles à l'activité humaine en particulier a l'alimentation (**PREVOST, 1999**).

Le succès de la production de légumes en général, et surtout sous abris serres plastiques est basé sur la connaissance et l'utilisation rationnelle, d'une part, des caractères biologiques des espèces et des variétés cultivées, et d'autre part, les conditions climatiques et du sol de la région et sous serres ou seront produits (**KOLEV, 1982**).

Au cours de ces derniers siècles, l'évolution de la technologie a permis un développement rapide de la production de légumes a travers beaucoup de pays.

L'Algérie a des grandes potentialités de production de légumes. Mais de nombreuses difficultés gênent actuellement l'augmentation de la production maraîchère.

En cultures maraîchères de primeur, la fertilisation doit être pratiquée de façon à favoriser la précocité des cultures. Ceci revient à renforcer la fertilisation ce qui accélère la croissance (**ANONYME, 1975**).

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

Les cultures maraîchères sont parmi les plus exigeantes en regard des matières nutritives dans le sol. Nombreuses observations dans la pratique ont montrées que les espèces légumières ne peuvent fournir des rendements convenables que dans des sols largement pourvus d'éléments fertilisants bien équilibrés et en forme assimilables.

Bien que l'azote est 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 à savoir l'azote et le potassium (**KOLEV, 1982**).

Vu l'importance du concombre à l'échelle nationale qui est considéré comme un aliment de luxe surtout dans la période estivale, les agriculteurs orientent vers l'amélioration de cette culture.

A la lumière de ces éléments, nous allons étudier l'influence de la fertilisation azotée et potassique sur la culture du concombre sous serre plastique dans la région de Ouargla et de déterminer la quantité et la meilleure formule d'interaction ($N \times K$).

Chapitre I

Présentation de la région d'étude

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.1. Situation géographique

La wilaya de Ouargla est en effet la plus grande du Sahara algérien, située au fond d'une cuvette de la basse vallée de l'oued M'ya (**ROUVILOIS, 1975**).

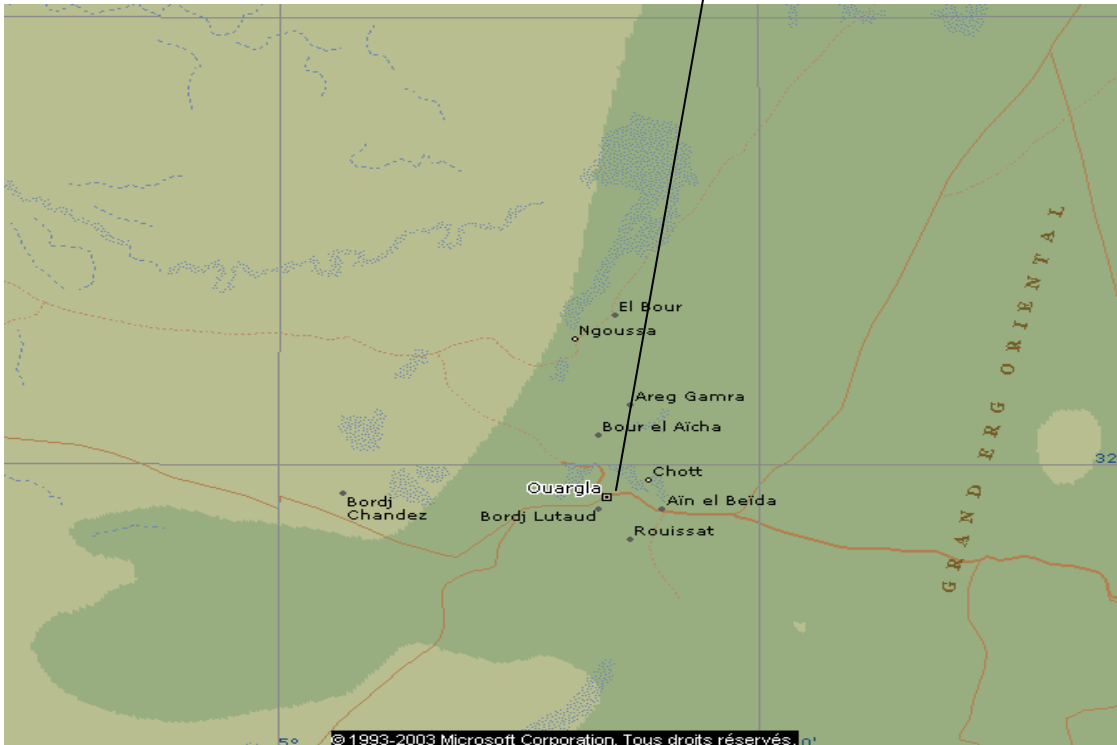
La wilaya de Ouargla (**Carte 1**) est située au sud – est du pays (Algérie) couvrant une superficie de 163,230 Km².

Selon la direction de la planification et d'aménagement de territoire de Ouargla (D.P.A.T, 2006), la wilaya de Ouargla est limitée :

- Au nord- est par la wilaya d'El oued ;
- Au nord- ouest par la wilaya de Djelfa ;
- Au sud par la wilaya de Tamanrasset ;
- Au sud -est par les frontières Tunisiennes et la wilaya d'Illizi ;
- A l'ouest par la wilaya de Ghardaïa.

Les coordonnées géographiques de la région sont les suivantes :

- Altitude 157 m
- Latitude 31° 57 nord
- Longitude 5° 20 est



Carte 1: Situation géographique de la région de Ouargla (Source : Encarta, 2005)

I.2. Le climat

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

Les paramètres climatiques utilisés pour cette étude proviennent des données recueillies auprès de l'office National de la météorologie (O.N.M) de Ouargla pour la période (1997-2006) (**Tableau 1**).

La région de Ouargla est caractérisée par une aridité bien exprimée par des précipitations rares et irrégulières et une sécheresse permanente. L'amplitude thermique est importante entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver. L'ensoleillement est de plus de 3000 heures par an.

I.2.1. La température

La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées qui peuvent dépasser les 40° C. Les températures moyennes enregistrées sur dix ans pour la période (1997-2006) (**tableau 1**) permettent de constater que la température moyenne annuelle est de 23,31°C. Le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température moyenne de 34,9 °C et le mois le plus froid est celui de Janvier avec 11,58 °C.

Le tableau 2 présente les données climatiques de la campagne agricole (2006-2007). Ces données montrent que la température maximale durant le cycle de la culture est de 27,6 °C au mois d'Avril et la température minimale est de l'ordre de 4,56 °C au mois de Janvier.

I.2.2. Les précipitations

Les précipitations sont rares et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Leurs répartitions sont marquées par une sècheresse presque absolue du mois d'Avril jusqu'au mois d'Août et par un maximum au mois de Novembre (9,02 mm).

Le tableau 2 montre que les précipitations sont rares durant tout le cycle de la culture.

Le cumul des précipitations annuelles sur 10 ans (1997-2006) est de 36,73 mm.

I.2.3. L'humidité

L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 41,54%. L'humidité relative diminue du mois de Janvier 58,6% jusqu'au mois d'Août 28 %. Puis elle augmente pour atteindre une moyenne de 61,6% au mois de Décembre (tableau1).

I.2.4. L'évaporation

La région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, l'intensité étant renforcée par les vents, notamment par ceux qui sont chauds (TOUTAIN, 1979).

L'évaporation est un paramètre climatique important à connaître dans la mesure où elle permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère et de déterminer éventuellement les apports d'eau.

Une évaporation importante s'explique par les fortes températures et le pouvoir évaporant de l'air et des vents desséchants.

Elle est de 3357 mm/an avec un minimum de 103 mm au mois de Décembre, le maximum enregistré est de 497,3 mm au mois de Juillet (tableau 1).

I.2.5. L'insolation

La région de Ouargla est caractérisée par une forte insolation. L'insolation correspond à la durée d'éclairement du sol par le soleil, elle conditionne l'activité photosynthétique des plantes dont les besoins augmentent avec les stades de leur développement. La durée d'insolation moyenne annuelle est de 37,04 heures/an avec

un maximum de 337,35 heures au mois de Juillet et un minimum de 195,22 heures au mois de Décembre (**tableau 1**).

I.2.6. Le vent

Les vents sont fréquents durant toute l'année, avec une vitesse moyenne qui varie entre 2,81 et 4,84 m/s.

Les vents soufflent du nord-sud ou nord-est / sud-ouest vent chaud (Sirocco).

La fréquence et la force des vents augmentent de fin Mars s'atténuent durant l'été, pour revenir aux mois de Septembre-Octobre et parfois même Novembre.

Tableau 1 : Données climatiques de la région de Ouargla (1997- 2006)

Mois	T °C	P (mm)	Humidité (%)	Evap (mm)	Insol (h)	V (m/s)
Janvier	11.58	4,32	58,6	107,6	249,33	2,81
Février	13.4	1,11	52,7	140	240,4	3,24
Mars	18.07	4,03	41,5	221,9	267,8	3,75
Avril	22.74	1,61	34	301,9	283,7	4,48
Mai	27.6	1,52	31,8	356,8	277	4,84
Juin	32.86	0,12	25,6	449,7	305,7	4,48
Juillet	34.9	0,7	24,5	497,3	337,55	4,42
Août	33.72	1,58	28	464,9	319,33	4,06
Septembre	30.63	2,57	37,7	321,9	253,88	3,62
Octobre	24.97	8,29	45,9	249,8	259	3,43
Novembre	17.08	9,02	56,6	143	238,66	2,82
Décembre	12.25	1,86	61,6	103	195,22	2,85
MOYENNE	23,31	/	41,54	/	37,04	0,47
CUMUL*	/	36,73	/	3357,8	/	/

(Source : O.N.M. Ouargla, 2006)

Tableau 2 : Données climatiques de la campagne agricole (2006-2007)

Mois	Température (C°)			Humidité (%)			Evaporation (mm)
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	
Janvier	22.6	4.56	13.1	88.48	38.3	63.4	72.1
Février	16.1	7.46	11.8	79.39	32.8	56.1	109.6
Mars	23.5	8.14	15.8	66.8	22.2	44.9	122.6
Avril	27.6	12.7	20.2	77.6	29.2	53.8	160.8
Moyenne	22.45	8.21	15.22	77.91	30.80	54.55	465.1*

(I.T.D.A.S, 2007)

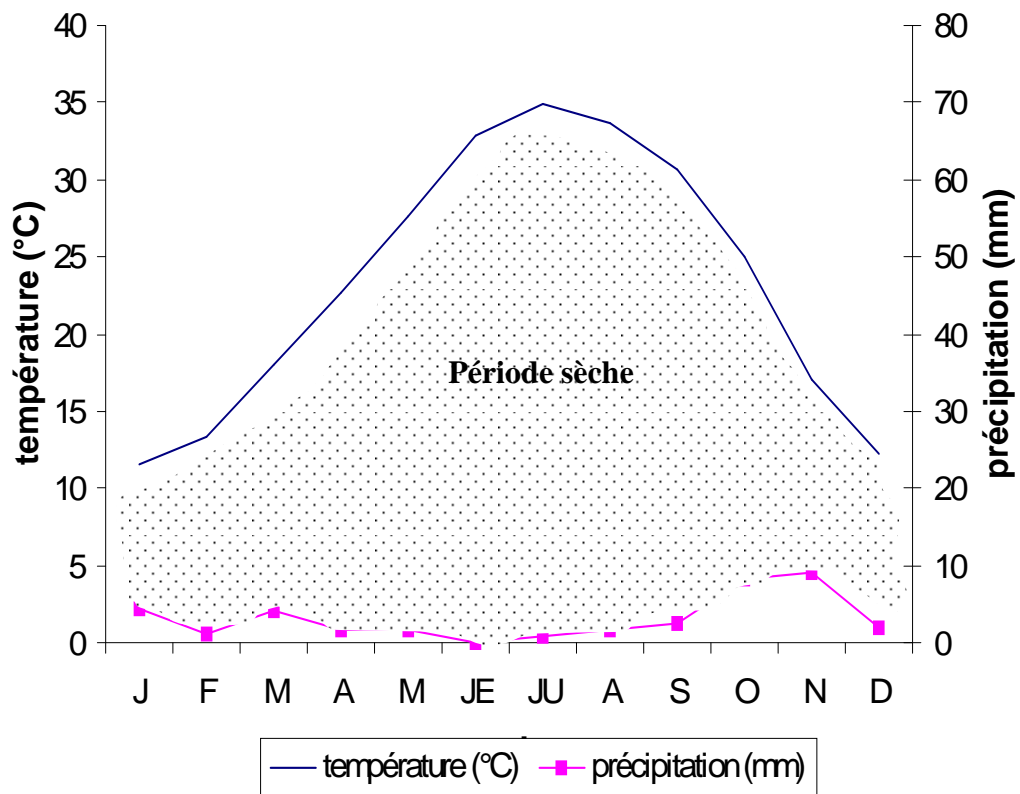


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région de Ouargla (1997-2006)

I.3. Le sol

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulière. Il est caractérisé également par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une faible activité biologique sans oublier la forte salinité (**HALILAT, 1993**).

La plupart des sols sont salins à cause de l'eau et la remontée capillaire des eaux de la nappe phréatique. Cette salinité pose un grand problème pour l'agriculture dans la région, surtout avec l'absence de drainage ou du mauvais fonctionnement due à l'absence d'entretien.

I.4. les ressources en eau

Quatre ensembles aquifères de plus ou moins grande importance existent dans les sous sol dans la région de Ouargla.

I.4.1. La nappe phréatique

C'est une nappe qui est contenue dans les sables alluviaux de la vallée. Sa profondeur varie de 1 à 8 mètres selon les lieux et la saison, Elle s'écoule du sud vers le nord. Selon la pente de la vallée, en plus sa température varie entre 15 et 20 °C. C'est une source cruciale pour l'irrigation dans les palmeraies bours (**ROUVILOIS, 1975**).

I.4.2. La nappe du miopliocène

Cette nappe s'écoule du sud sud -ouest vers le nord nord –est est en direction du chott MELGHIR. Or la température de ces eaux est de l'ordre de 25 °C, sa profondeur varie de 60 à 200 m. C'est elle qui a permis la création des palmeraies irriguées (**ROUVILOIS, 1975**).

I.4.3. La nappe Sénonienne

La seconde nappe artésienne du sous sol de la vallée de l'oued M'ya. En dépit de sa faiblesse des rendements en puits, elle est très mal connue. Les eaux des calcaires sénonien ou éocènes arrivent en surface à une température de 30 °C environ

(**ROUVILOIS, 1975**). Nappe utilisée en général pour l'alimentation en eau potable des populations.

I.4.4. La nappe albienne

Elle se poursuit dans les argiles sableuses et les grès du continental intercalaire dont la base se situe entre 1000 et 1380 m. Les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes mais arrivent en surface à une température de 55 °C par contre présentent une faible salinité environ 2,8 g/l de résidus sec (**ROUVILOIS ,1975**).

I.5. Site expérimental (ITDAS) de Hassi Ben Abdallah

La station de l'Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne (ITDAS) est située dans le secteur sud-est de la palmeraie de Hassi Ben Abdallah et à 26 km du chef lieu de la wilaya de Ouargla. Elle se trouve à une altitude de 157 m, une latitude de 32,52° nord et une longitude de 5,26° Est. La station d'étude couvre une superficie de 21 ha et contient une palmeraie moderne.

Elle comprend également 1ha de plasticulture constitué de serres de type 50×8m (soit 400 m² par tunnel).

La technique d'irrigation utilisée est la goutte à goutte. Les cultures protégées pratiquées sont : la tomate, le poivron, le piment, la courgette, le concombre la laitue, poivron, courge, melon, et l'haricot.

C'est une station de recherche et de développement qui chapeaute 3 wilayas: (Ouargla, Illizi et Ghardaïa). Son rôle est de faire des essais au niveau de la station pour les différentes espèces, de les tester pendant 3 années et puis choisir les variétés les plus performantes du point de vue rendement, précocité et résistance aux maladies pour être vulgarisées en milieu producteur.

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Matériel

II.1. Matériel

II.1.1. La culture

Pour notre étude nous avons choisi la culture du concombre. L'origine de cette dernière est la zone tropicale de l'Inde, où on peut trouver encore à nos jours sa forme sauvage (ANONYME, 1979).

C'est une plante annuelle à tige herbacée qui appartient à la famille des cucurbitacées.

A. Morphologie

A.1. Classification botanique (Wikipédia, 2007)

Règne: *Maagnoliophyta*

Classe: *Magnoliopsida*

Ordre: *Cucurbitales*

Famille: *Cucurbitacée*

Genre: *Cucumis*

Espèce: *Cucumis sativus*

Variété: président

A.2. Caractéristiques botaniques

Le concombre (*Cucumis Sativus*) est une plante potagère herbacée rampante, cultivée pour son fruit lequel est consommé comme légume. C'est une espèce non rustique, la culture sous serre est très répandue.

a. Les racines

Le système racinaire est dense, fibreux, allongé et superficiel, il n'existe pas de racines adventives et ne peut être transplanté à racine nue (F.A.O, 1988).

La racine centrale atteint 50 à 60 cm de profondeur, mais les racines latérales se développent plus fortement et atteignent une longueur de 3,5 m. Elles sont très

ramifiées avec une superficie absorbante située à une profondeur de 30 à 35 cm (ANONYME, 1988).

b. La tige

Le concombre possède une tige herbacée et flexible, la plante est pourvue d'un tuteur elle s'y accroche au moyen de ses vrilles (F.A.O, 1988).

c. Les fleurs (photo 1)

Le concombre est une plante monoïque, Ces fleurs jaunes se développent à l'aisselle des feuilles, bien que l'on trouve des variétés andromonoïques, dioïques et hermaphrodites. Les jours longs et les températures élevées font naître des fleurs mâles. En revanche, les jours courts et les températures normales favorisent le développement des fleurs femelles (F.A.O, 1988).

Les fleurs femelles reconnaissables à leur ovaire très allongée qui a déjà la forme de fruit (ANONYME, 1979).

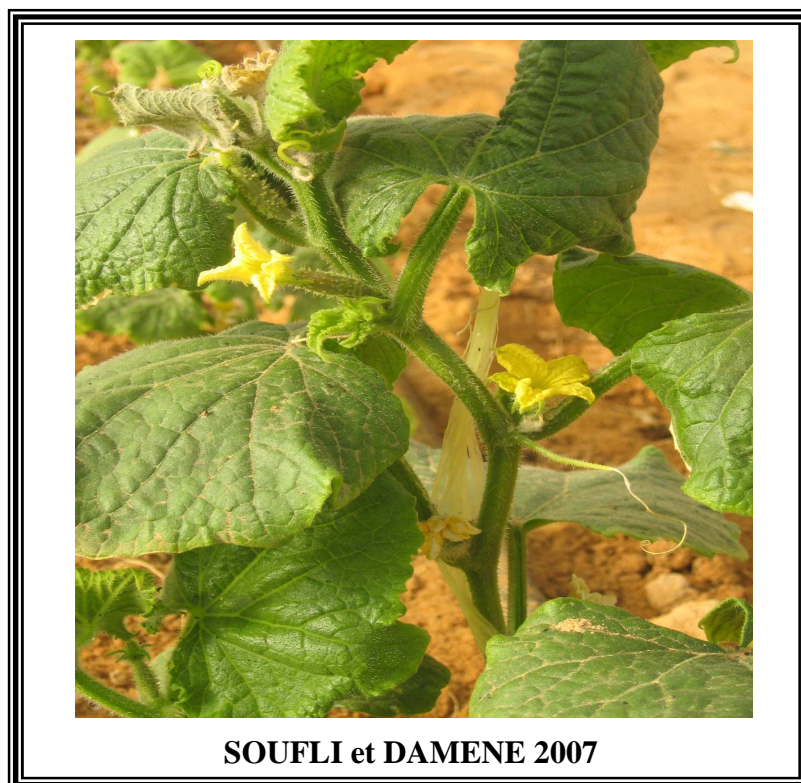


Photo 1 : Fleurs du concombre

d. Les feuilles (photo 2)

Elles sont alternées de type palmé à cinq lobes, l'extrémité des lobes est pointue. Ce qui permet de distinguer la plante des melons à feuilles arrondie (ROULAN, 1974 in MESSAOUDI, 1990).



Photo 2 : Feuilles du concombre

e. Les fruits

Les fruits sont allongés et charnus, au toucher rugueux, peuvent atteindre 30cm de long et 5cm de diamètre.

Ce sont des baies contenant de nombreuses graines leur couleur à maturité varie selon les variétés du jaune au vert (Wikipédia, 2007).

Le fruit du concombre constitue un légume d'une faible valeur nutritive, Ses principales qualités sont d'être rafraîchissantes et légèrement laxatives (LAUMONNIER, 1979).

g- Plante du concombre au stade maturation (photo 3)

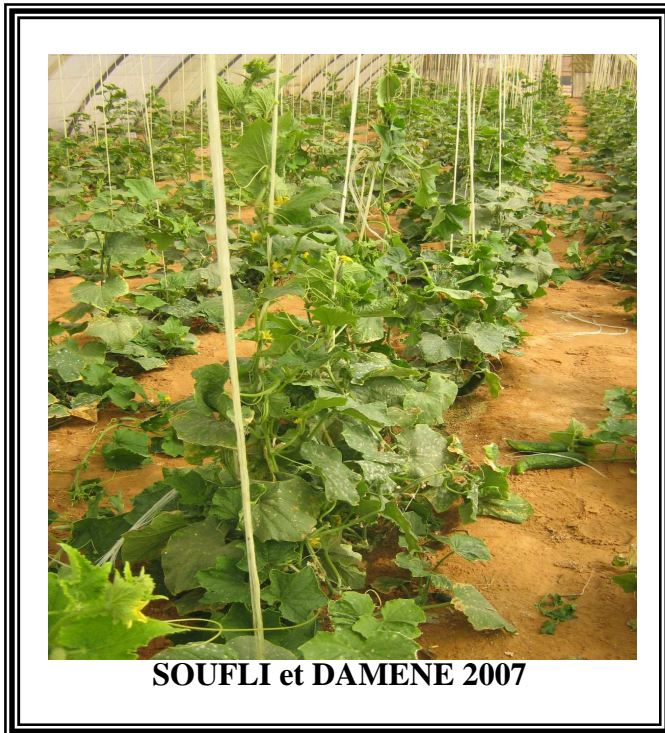


Photo 3 : Plante de concombre au stade maturation

f. Les semences

Elles sont elliptiques, plus pointues et blanches que celles du melon.

La faculté germinative est environ 8 ans, on compte 28 à 29 g/1000 graines (LAUMONNIER, 1978).

B. Stades de développement (figure 3)

Selon (MEIER, 2001), le concombre (*cucumis sativus*) appartient aux légumes courge, il comporte 7 stades de développement.

Stade 0 : Germination **figure 3 (09)**

Stade 01 : Développement des feuilles **figure 3 (10, 11, 15)**

Stade 02 : Formation de pousses latérales **figure 3 (19)**

Stade 03 : Apparition de l'inflorescence **figure 3 (22)**

Stade 04: La floraison **figure 3 (61)**

Stade 05 : Développement du fruit **figure 3 (71)**

Stade 06 : Maturation du fruit et des graines **figure 3 (81)**

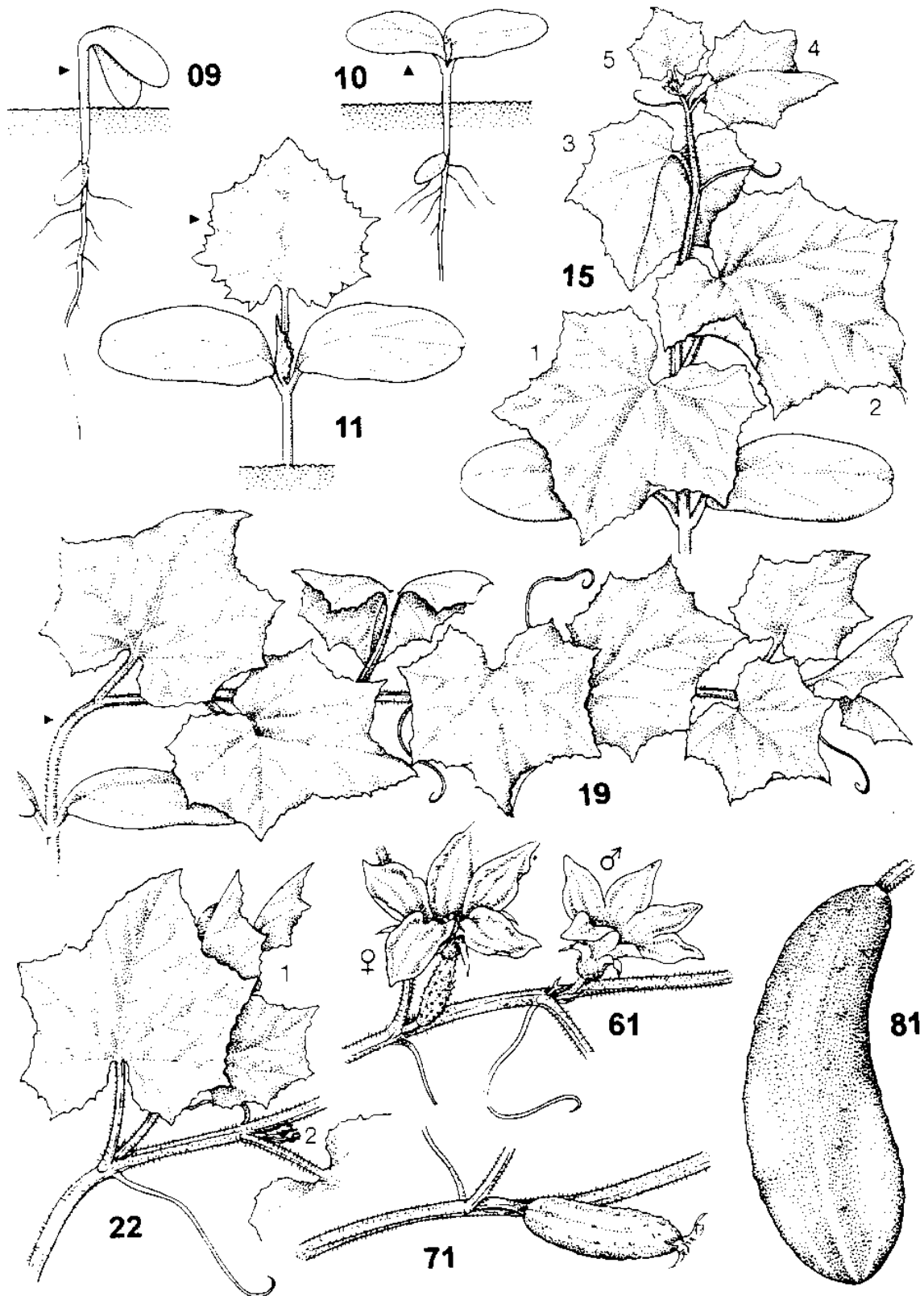


Figure 3 : Stade phénologique de concombre (*cucumis sativus*) (Source, net)

C. Les exigences de la culture

1. Le sol

Le sol doit être bien drainé car le concombre craint l'excès d'eau et le taux élevé de salinité. La plante supporte bien un pH 8 (F.A.O, 1988).

En effet un sol léger et bien aéré est essentiel au développement racinaire.

Les exigences du concombre en sol, sont extrêmement grandes. Cela d'une part par le développement relativement très rapide des plantes, et d'autre part par un développement faible des racines, alors que les terres argileuses, compactes et froides sont à écarter.

Vu les grandes exigences du concombre en matières nutritives, On apporte des quantités de fumures organiques et minérales (KOLEV, 1982).

2. Le climat

La température

Le concombre est très exigeant en chaleur pendant toute sa végétation plus que la tomate, et ne supporte pas les brusques fluctuations de température (KOLEV, 1982).

Les graines ne germent pas à une température inférieure à 15-16 °C.

La température optimale pour le développement des plants est 22 à 28 °C, (ANONYME, 1979).

La température du sol doit rester supérieure à 12 °C, or le niveau d'humidité atmosphérique est très élevé environ 80 à 90 % (F.A.O, 1988).

En outre le concombre ne fleurit et fructifie qu'en jours courts de 12 heures ou moins à condition que l'intensité lumineuse soit suffisante (ANONYME, 1979).

3. L'eau

Le concombre est très exigeant en eau dans le sol et une forte humidité au point que dans certaines régions, les horticulteurs utilisent l'irrigation par pulvérisation (brumisation) (F.A.O, 1988).

Du début de la plantation à la floraison les besoins en eau sont réduits. De la floraison à la récolte la demande en eau est plus importante pour maintenir la même cadence jusqu'à 11000 m³ (ITDAS, 1993).

Les besoins en eau sont importants notamment du début floraison jusqu'à la récolte. La plante exige 2 à 3 litres d'eau par jour (ANONYME, 1988).

4. Les exigences en éléments fertilisants

Les plantes maraîchères sont parmi les plus exigeantes en regard des matières nutritives dans le sol.

Il est très bien connu que pour la vie et le développement normal, et pour augmenter considérablement les rendements et d'améliorer la qualité sont nécessaires.

Un bon nombre d'éléments dans le sol à savoir l'Azote (N), la Potasse K₂O, le Phosphore (KOLEV, 1982).

D. Importance de concombre

Le concombre est récolté vert et se consomme cru, il entre généralement dans la composition de salades. Les jeunes concombres sont consommés confits dans du vinaigre (Cornichon).

Le concombre est traditionnellement utilisé pour hydrater la peau et pour calmer les crises de couperose. Il existe diverses recettes dont la plus simple consiste à appliquer sur l'épiderme du visage de fines tranches de concombre. De nombreux produits cosmétiques contiennent des extraits de concombre (Wikipédia, 2007).

E. Choix de la variété

La variété Président c'est une variété moderne cultivée en serre, c'est un hybride F1, simple ne porte que des fleurs femelles qui produisent des fruits à développement parthénocarpiques (sans fécondation) (ANONYME, 2002).

Les principales caractéristiques (ITDAS, 2006)

- Variété :

Type : court américain

Vigueur : vigoureux

Précocité : Bonne

- Fruit :

Longueur : 17 à 20 cm

Couleur : vert foncé

Peau : Epineuse

Poids moyen : 150 g

Résistance aux maladies : CV 1 et Oïdium (cv1=virus).

pH : 5,5 à 6,8

Leur avantage réside dans la meilleure résistance à certaines maladies, aussi au goût d'amertume se présentant plus spécialement lorsque les plantes souffrent de la sécheresse, ou d'un arrêt de végétation. Sont plus précoces, plus productifs facteurs qui ont amené les maraîchers à les cultiver sur une large échelle (**LAUMONNIER, 1979**).

II.1.2. Sol du site expérimental

Pour caractériser le sol du site expérimental nous avons effectué les analyses du sol au laboratoire du département des sciences agronomiques de l'université de Ouargla.

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques du sol

Caractéristiques		Profondeur (cm)		
		0 – 20 cm	20 -40 cm	40- 60 cm
Granulométrie	Sables grossiers %	46.28	47.36	44.20
	Sables fins %	47.04	35.32	37.6
	Argile et limon %	6.68	17.32	18.2
pH		7.35	7.35	7.33
CE (dS/m)		2.10	2.30	1.67
Calcaire totale (%)		3.04	6.56	12.58
Azote totale (%)		0.033	0.01	0.01
Azote minérale (ppm)		38.5	21	66.5
Potassium assimilable (ppm)		32.5	18.5	26.5
Matière organique (%)		1.24	1.45	0.87

Les résultats d'analyses (**tableau 3**), montrent que notre sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH basique, une faible salinité et un faible taux de matière organique.

II.1.3. 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 (solution de sol),
- La composition physique du sol (Argile, limon et sable),
- 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 (**Wikipédia, 2007**).

II.1.3.1. Le rôle des éléments nutritifs (N, P, K)

a. 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 (**Wikipédia, 2007**).

La plupart des plantes puisent l'essentiel de leur azote dans le sol, soit sous la forme de nitrate (NO_3^-) ou d'ammonium (NH_4^+), mais l'approvisionnement de l'azote si bien que vis-à-vis de l'azote disponible, les plantes entrent en compétition avec toute une série de micro-organismes. Il en résulte que l'azote est souvent un facteur limitant dans les écosystèmes naturels ou cultivés (**HOPKINS, 2003**).

b. Le phosphore

Le phosphore est nécessaire à la croissance des plantes. Il est présent dans le sol sous la forme de phosphates: soit dissous dans l'eau, soit fixés sur les particules du sol, soit dans les minéraux ou encore sous forme organique (**Wikipédia, 2007**).

$\frac{1}{3}$ du phosphore se trouve sous une forme associée à la matière organique et $\frac{2}{3}$ sont associés à la fraction minérale. Une très petite fraction correspond à des ions adsorbés (**ANONYME, 2005**).

Des caractères héréditaires (acides nucléiques), la photosynthèse et la dégradation des glucides. Cet élément est essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité, le grossissement des fruits et la maturation des graines (**Wikipédia, 2007**).

Elément des structures membranaires dans son association avec les lipides (**MOREL, 1989**).

Il se trouve dans le sol sous trois formes :

- Une forme accessible, liée au complexe argilo-humique par le calcium et le magnésium.
- Une forme combinée: il est immobilisé.
- Une forme insoluble: en sol calcaire, le phosphore peut être sous forme de phosphates de calcium, dont certains sont insolubles.

Seul le phosphore du complexe argilo-humique est rapidement disponible (0.2 à 1 kg de P₂O₅ par hectare). C'est donc un élément peu mobile dans le sol. Pour cette raison, il est préférable de le placer précisément là où les racines le prélèvent (**Wikipédia, 2007**).

Le devenir du phosphore :

Le phosphore organique est en grande partie minéralisé dans le sol dans les mois qui suivent l'apport, grâce aux enzymes (phosphatases) libérés par les micro-organismes et par les racines (**BODET et al, 2001**).

- prélèvement d'une fraction par les cultures.
- Entraînement partiel par ruissellement ou lixiviation.
- Evolution du reste vers des formes plus stables.

c. 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 sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilats vers les organes de réserve (bulbes et tubercules) (**Wikipédia, 2007**).

Intervient dans la pression osmotique, diminue la transpiration. Résiste à une dessiccation précoce (**KOLEV, 1982**).

Le potassium est un élément abondant dans la nature; la croûte terrestre en contient environ 2.3 %, c'est l'un des trois principaux éléments nutritifs des cultures (MOREL, 1989).

Le potassium dans le sol se trouve uniquement sous forme minérale. Il provient soit de la décomposition de la matière organique et l'altération des minéraux du sol, soit des engrais (Wikipédia, 2007).

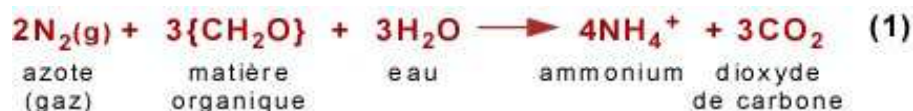
II.1.3.2. La dynamique des éléments fertilisants

A. L'azote

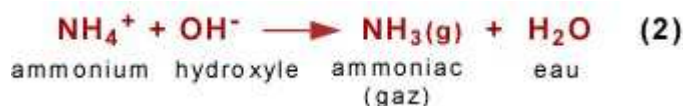
C'est un constituant très important de l'atmosphère où il représente 80%, mais le végétal ne peut l'utiliser directement, seules les légumineuses peuvent en utiliser par l'intermédiaire des bactéries fixatrices d'azote.

A.1. Transformation de l'azote ou minéralisation (figure 4) :

La fixation de l'azote correspond à la conversion de l'azote atmosphérique en azote utilisable par les plantes et les animaux. Il se fait par certaines bactéries qui vivent dans les sols ou dans l'eau et qui réussissent à assimiler l'azote diatomique N₂. L'azote organique contenant du carbone est insoluble. Il exige la minéralisation ou l'humification pour devenir disponible pour la plante. La réaction chimique type est:

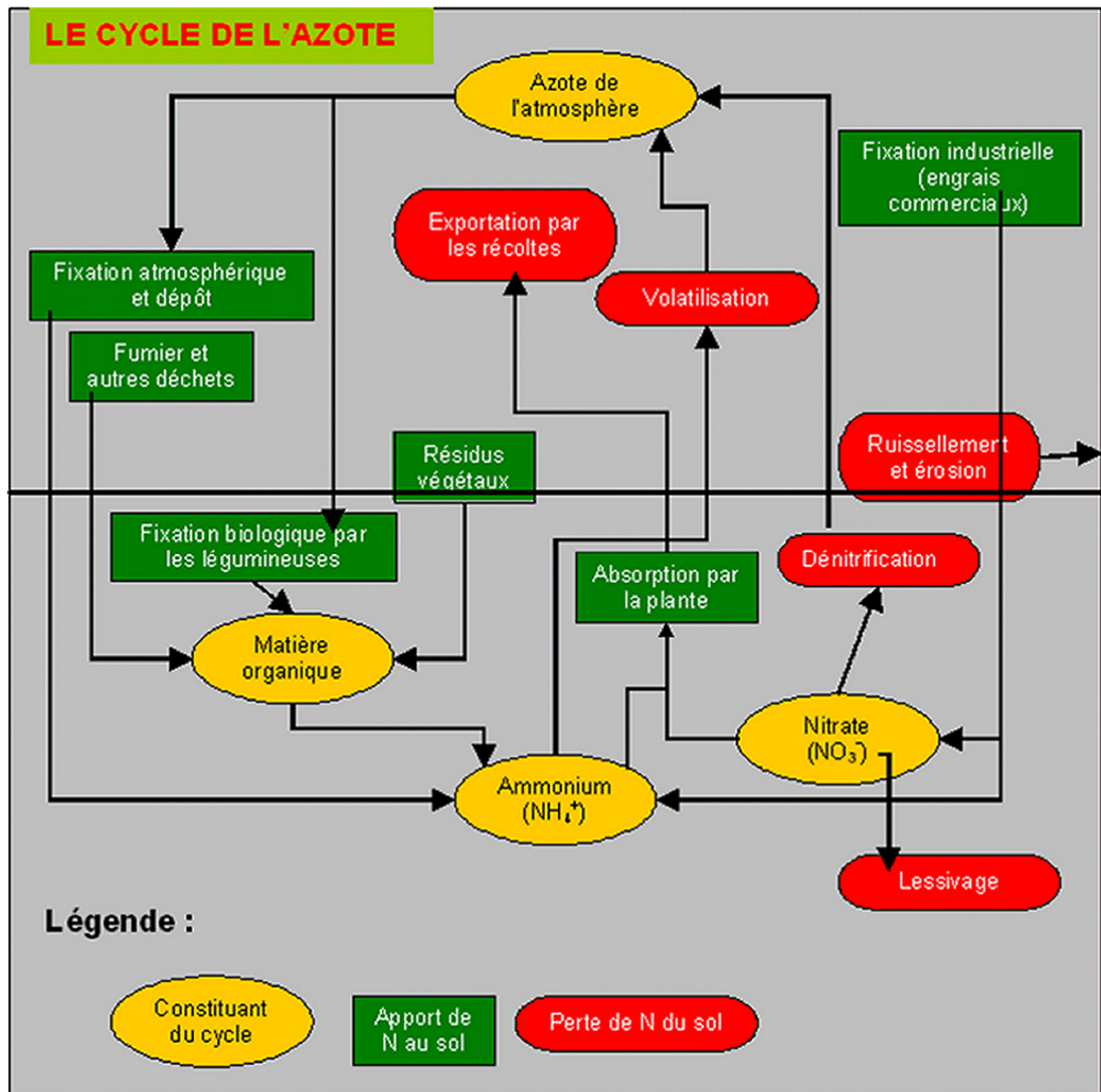


Dans le sol ou le pH est élevé, l'ammonium se transforme en ammoniac gazeux:



La réaction nécessite un apport d'énergie de la photosynthèse (cyanobactéries et symbiotes de légumineuse) (Wikipédia, 2007).

- la nitrification transforme les produits de la fixation (NH₄⁺, NO₃⁻), des nitrites et des nitrates. C'est une réaction d'oxydation qui se fait par catalyse enzymatique reliée à des bactéries dans le sol et dans l'eau. La réaction en chaîne est de type :



(Source, net)

Figure 4 : Cycle de l'azote

B. Assimilation de l'azote par les plantes

La transformation de l'azote en l'une ou l'autre de ces formes constitue un système complexe entre sol/atmosphère. L'ammonium libéré est retenu, de manière réversible, par les particules d'argile du sol chargées négativement. NH_4 est ensuite, absorbé par les plantes et les micro-organismes, soit oxydé en nitrate.

Nitrate et ammonium sont absorbés et assimilés. Dans les sols non acides, le nitrate est généralement plus abondant que l'ammonium.

Une grande partie du nitrate absorbé devra être réduit en ammonium dans les racines et dans les feuilles pour entrer dans les voies de synthèses des acides aminés et protéines.

Conclusion

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

B. Le potassium

La teneur du potassium est généralement plus élevée que celle de l'N ou du P et diffère d'après la composition minéralogique de la roche -mère, et l'intensité des pertes (BAEYENS, 1967).

Le végétal absorbe le potassium seulement sous la forme ionique K^+ .

B.1. Les formes de potassium dans le sol

*** potassium minéral**

Le potassium contenu dans les minéraux du sol, par exemple micas et feldspaths, et qui représente de 90 à 98 % du potassium dans le sol n'est presque pas disponible pour la plante.

*** potassium de la solution du sol**

Il s'agit de potassium sous forme de K^+ qui est en solution dans l'eau du sol. C'est à partir de là que la plante prélève le potassium dont elle a besoin.

* **potassium échangeable**

C'est le potassium absorbé sur les sites cationiques d'échanges. Le potassium échangeable dépend beaucoup de la CEC du sol. En général, il présente des valeurs élevées dans les sols sableux et pauvre en matière organique.

* **Potassium non échangeable**

C'est le potassium principalement fixé dans les feuillets d'argiles (**Wikipédia, 2007**).

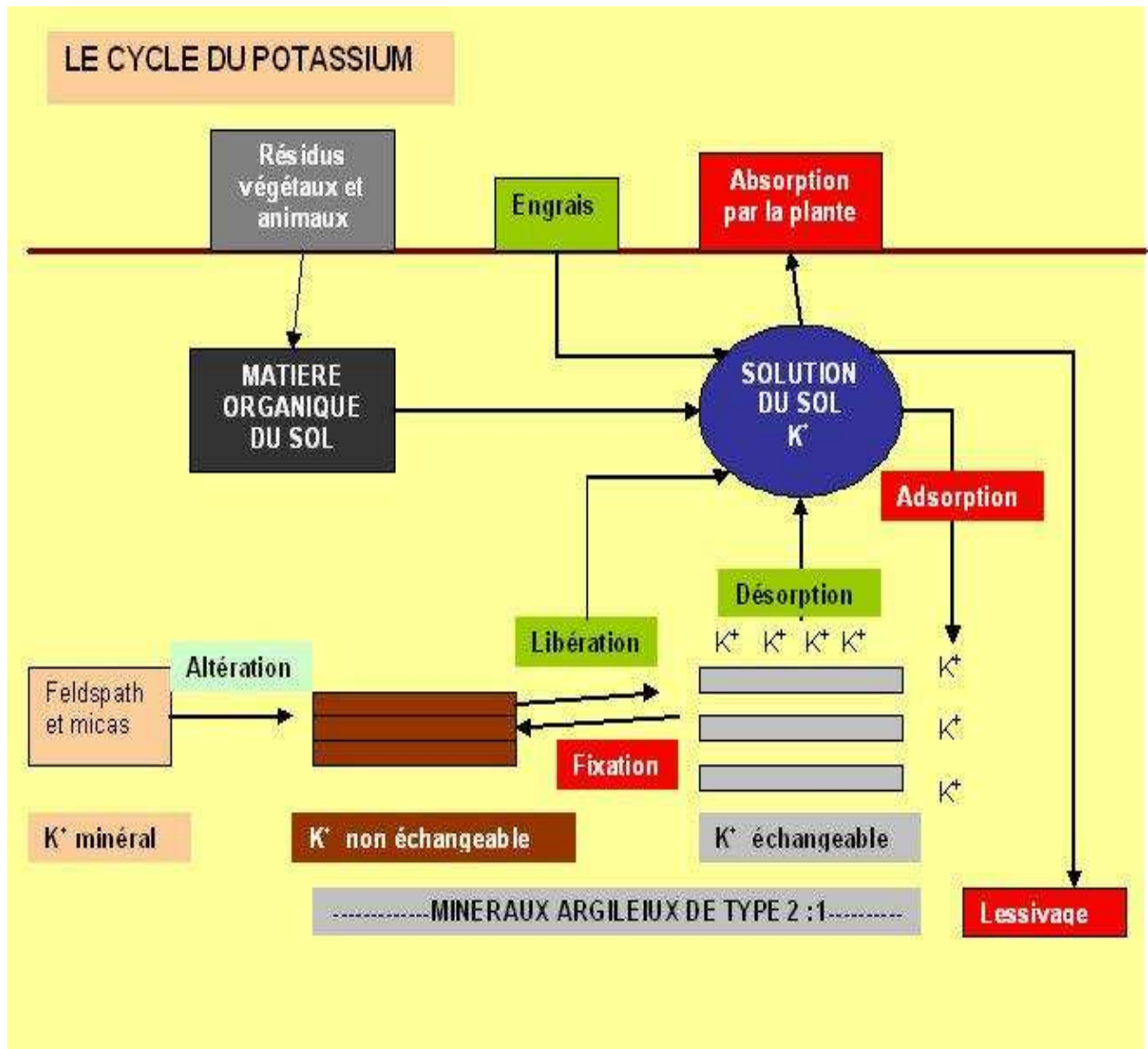
Par rapport à la disponibilité du potassium pour la plante, le potassium disponible renferme principalement le potassium disponible et une partie du potassium lentement disponible :

- a- **Potassium disponible**: il représente moins de 2 % du potassium total du sol et inclut le potassium de la solution du sol et la plupart du potassium échangeable.
- b- **Potassium lentement disponible**: il représente 1 à 10 % du potassium total du sol et inclut surtout le potassium K fixé ou non échangeable. Il est lentement mis à la disposition de la plante.
- c- **Potassium contenu dans les minéraux du sol**: par exemple micas et feldspaths, et qui représente près de 90 à 98 % du potassium dans le sol n'est presque pas disponible pour la plante (**Wikipédia, 2007**).

B.2. Fixation de potassium (figure 5)

Lorsque l'engrais est apporté au sol, une partie ne se retrouve pas sous forme échangeable. Elle est fixée sous l'effet du prélèvement par la plante, une partie est libérée par le sol (**ANONYME, 2005**).

La fixation de potassium se fait par glissement du K entre les feuillets des minéraux argileux, surtout du type à deux feuillets: illite-montmorillonite. Le degré de fixation varie avec la teneur du sol en K échangeable. Donc la fixation du K dépendra de la composition minéralogique du sol (**BAEYENS, 1967**).



(Source, net)

Figure 5 : Cycle du potassium

B.3. Les facteurs influençant la dynamique du potassium dans le sol

- 1- **Les minéraux argileux** : plus le sol est argileux, plus le potassium disponible pour la plante est important. Aussi, les argiles de type 2/1 ont un plus grand pouvoir de fourniture de potassium pour les plantes.
- 2- **CEC du sol** : les sols à texture fine ont une CEC élevée et plus de K échangeable, mais la relation est plus complexe. Les sols argileux ne maintiennent pas de potassium en solution que les sols sableux.
- 3- **Capacité du sol à fixer le K** : les argiles de type illite fixent de grande quantités de potassium.
- 4- **Humidité et température du sol** : le maintien d'une bonne humidité du sol favorise la diffusion de K. les sols froids ralentissent la diffusion de K vers la rhizosphère et l'absorption par la racine est aussi ralentie.
- 5- **Aération et pH du sol** : le pH influence les proportions relatives des cations disponibles dans les sols, bien que le pH n'a pas d'influence directe sur la disponibilité de K dans le sol (**Source, net**).

C. Interaction entre l'azote et le potassium

C'est l'interaction la plus importante, tire son importance du rôle des deux éléments dans la constitution du rendement et de la qualité (**LOUE, 1982**).

Quand la lumière diminue, le besoin en azote des plantes est restreint, alors que celui du potassium augmente. Toutefois, avec l'augmentation de l'azote. L'intensité de la photosynthèse s'accroît, à condition qu'il y ait une augmentation simultanée du potassium (**BAEYENS, 1967**).

D. Les engrais utilisés

* **L'Urée** : Les engrais Azotés sont appliqués depuis plus de 50 ans, jointes aux progrès de la sélection génétique et des itinéraires techniques (**FRANCOIS, 1997**).

Il est granulé de couleur blanc, solide, simple, qui dose 46 % de matière active. L'épandage est manuel.

Il est très soluble mais évolue dans le sol par une diastase microbienne et il alcalinise légèrement le sol lors de son épandage (**QUITTET, 1967**).

* **Sulfate de potasse** : est un engrais solide de couleur gris qui dose 50 % de K_2O et 19 % de soufre. Il est simple et très soluble et appliqué pour tous les types de sol et de cultures. L'apport se fait manuellement.

L'engrais doit être apporté chaque 15 jours avec différentes doses.

* **Le phosphore** : est une fumure de fond minérale, qui dose 46 % de P_2O_5 est appliquée avant la mise en place de la culture. Nous avons utilisé 10 quintaux par hectare soit 40 kg de P_2O_5 par serre (46 % de matière active).

II.1.4. L'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe albienne. Qui se trouve à une profondeur de 1300 m.

Tableau 4 : Composition de l'eau d'irrigation

Minéralisation (ppm)	CE mS/cm	pH	Eléments en (ppm)									SAR (méq/l)
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
1600	2.58	7.10	96	116	230	27	288	719	183	00	2.0	26.77

(A.N.R.H, 2007)

La classification de laboratoire fédéral de Riverside sert à évaluer la qualité de l'eau, les résultats d'analyse obtenus montrent que l'eau d'irrigation appartient à la classe C₄S₄.

D'après le diagramme de Riverside l'utilisation de cette eau est très délicate, il faut un sol très perméable, bien drainé et lessivé.

Méthodes

II.2. Méthodes

II.2.1. Le protocole expérimental

1. Dispositif expérimental (figure 6)

Le dispositif expérimental adopté est un Split-plot comportant 12 traitements et 03 répétitions (Blocs) avec 03 doses d'azote et 04 doses de potasse.

Chaque bloc se répartit en 03 sous blocs et chacun d'entre eux est composé de 04 parcelles. L'essai en total présente 36 parcelles élémentaires et chacune de ces dernières contient 05 plants. Cette combinaison donne 12 traitements différents.

2. Conduite de la culture

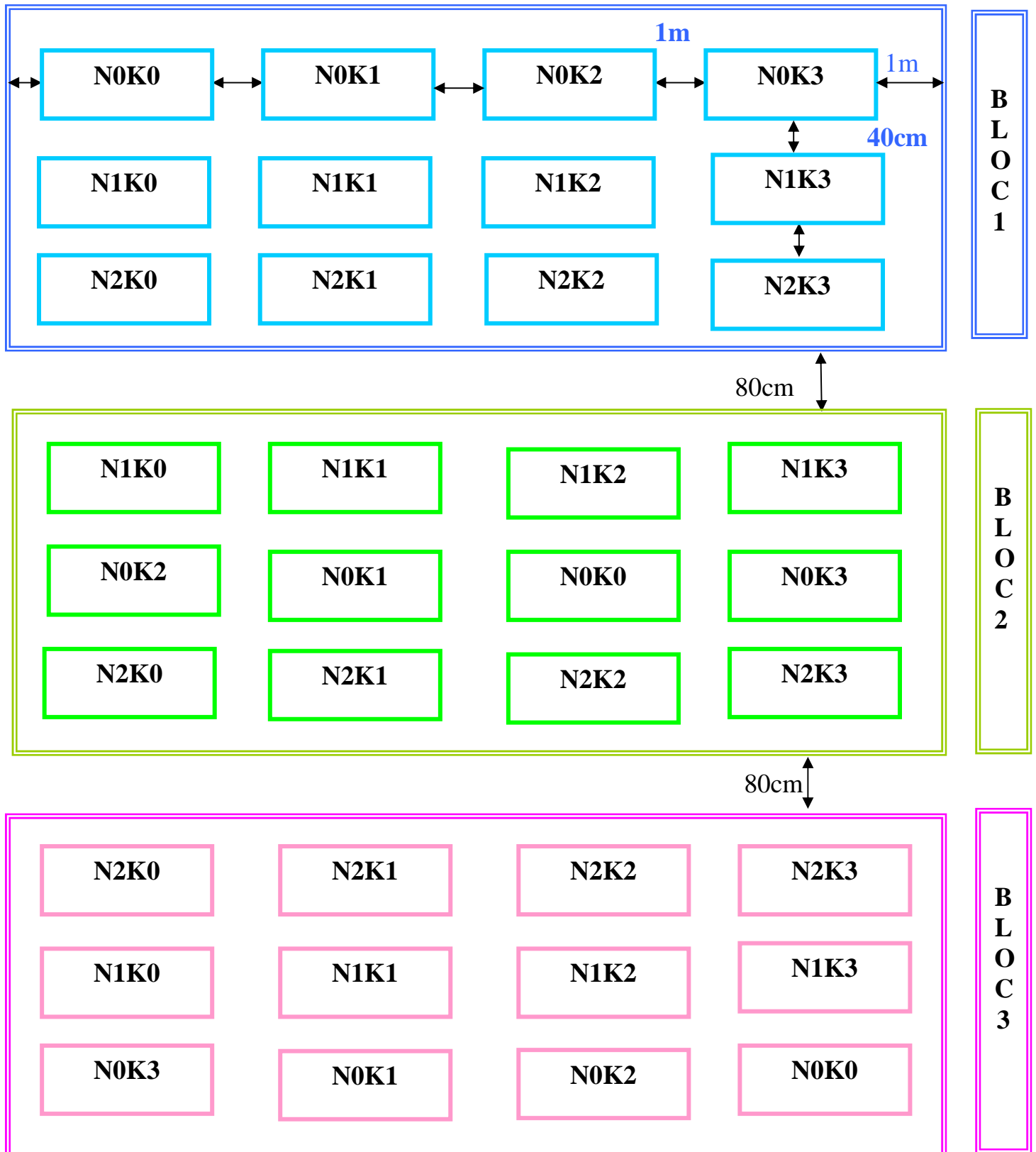
La connaissance des caractères biologiques et les exigences spécifiques sont très importantes vue la grande diversité variétale.

L'agriculteur doit connaître tous les paramètres déterminants du rendement, afin de définir la conduite à suivre tout au long du cycle de la culture (**PREVOST, 1999**).

2.1. Le précédent cultural

Les meilleurs résultats sont obtenus après des solanacées. On doit éviter de cultiver une plante de la famille des cucurbitacées (**ANONYME, 1979**).

Le précédent cultural de notre essai est la tomate.



**Figure 6 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL
(SPLIT- SPLIT) N: azote, K: potassium**

2.2. Préparation du sol

Nous avons commencé le travail par un labour profond (25-30 cm) avec charrue à socs le 5/01/2007 et un épandage de la fumure de fond organique et minérale à raison de 30 tonnes de fumier bovin/ha et 10 quintaux de 15-15-15 par ha donc 40 kg de P₂O₅ pour une serre (46 % de matière active). Nivellement de la parcelle avec un rotavator.

Pour la semence nous avons préparé la pépinière, dans des pots remplis de tourbe à raison d'une graine par pot le 14/01/2007.

Réaliser un labour profond dans le but suivant :

Améliorer les propriétés physiques, de préparer un lit de semences, incorporer au sol les amendements et les engrais en plus la destruction des plantes adventices qui gênent la culture cruciale (**PREVOST, 1999**).

Dans la pépinière le 20/01 on a observé une levée homogène 98% sans oublier de dire que l'arrosage est quotidien à l'aide d'un arrosoir.

Mise en place du système d'irrigation goutte à goutte.

2.3. La plantation

Elle a été réalisée le 26/01 dans la serre. (Il doit être effectué dès que les cotylédons sont déployés. L'écartement entre les plants 40 cm, et entre ligne 1m. Après la plantation on doit arroser sans mouiller la base de la culture (**KOLEV, 1982**).

- Nous avons procédé à la mise en place des plaques afin de distinguer les blocs et les traitements (**photo 4**).

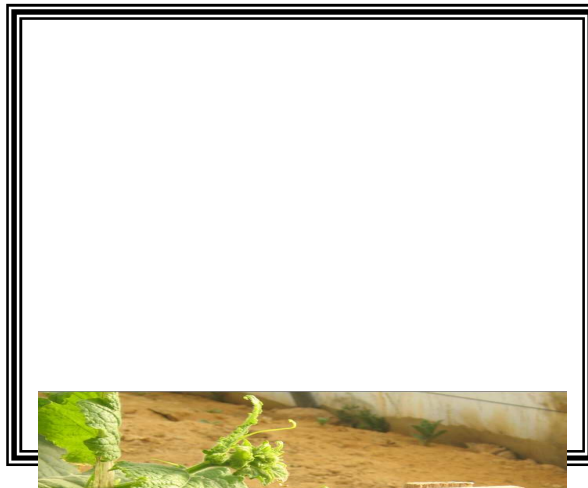


Photo 4 : Les plaques de distinction entre les parcelles





Photo 5 : Le site expérimental (serre)

2.4. La fertilisation

L'agriculture Algérienne s'oriente vers l'intensification de la production agricole. Parmi les facteurs de cette dernière l'utilisation propice des engrais minéraux qui occupe une place cruciale (**HALILAT, 1993**).

La fertilisation consiste à apporter des éléments minéraux, afin de satisfaire les besoins de la culture et qui doit être raisonnée (**PREVOST, 1999**).

L'apport d'engrais a été fait manuellement car la serre comprend 02 traitements différents. Nous avons commencé l'épandage le 13/02/2007 après 20 jours de la plantation.

Nous avons choisi l'Urée comme engrais Azoté et le Sulfate de potassium pour qu'on puisse montrer l'interaction (N×K).

2.5. Les doses d'engrais utilisées (photo 6)

Tableau 5: Doses d'engrais appliquées

Dose de N	N0 (0 UN/ha)	N1 (207 UN/ha)		N2 (414 UN/ha)
Dose de K	K0 (0 UK ₂ O/ha)	K1 (325 UK ₂ O/ha)	K2 (450 UK ₂ O/ha)	K3 (575 UK ₂ O/ha)

Les quantités apportées sont fractionnées en six (06) fois et échelonnées sur les quatre mois du cycle dès le stade de 4 feuilles.



SOUFLI et DAMENE 2007

Photo 6 : L'apport manuel d'engrais

Tableau 6 : Doses et dates d'apport d'azote

Stades repères	Dates des stades	Dates d'apport d'azote	Dose d'apport N (UN/ha)		
			N ₀	N ₁	N ₂
Semis-4 feuilles	14-28/01/07	—	—	—	—
Développement des feuilles	28/01-4/02/07	13/02/07 1 ^{er} apport	0	34.5	69
Développement des pousses latérales	14-28/02/07	28/02/07 2 ^{eme} apport	0	34.5	69
Apparition des inflorescences	28/02-7/03/07	14/03/07 3 ^{eme} apport	0	34.5	69
Floraison	07-14/03/07	28/03/07 4 ^{eme} apport	0	34.5	69
Développement des fruits	14-28/03/07	12/04/07 5 ^{eme} apport	0	34.5	69
Maturation	28/03-4/04/07	24/04/07 6 ^{eme} apport	0	34.5	69

- **Dose d'azote** : trois (03) doses d'azote ont été appliquées

N₀ = 0 U d'azote/ha

N₁ = 207 U d'azote/ha

N₂ = 414 U d'azote/ha

Tableau 7 : Doses et dates d'apport de potassium

Stades repères	Dates des stades	Dates d'apport de potasse	Dose d'apport K (UK ₂ O/ha)			
			K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
Semis- 4 feuilles	14-28/01/07	—	—	—	—	—
Développement des feuilles	28/01-14/02/07	13/02/07 1 ^{er} apport	0	54.16	75	95.83
Développement des pousses latérales	14-28/02/07	28/02/07 2 ^{eme} apport	0	54.16	75	95.83
Apparition des inflorescences	28/02-07/03/07	14/03/07 3 ^{eme} apport	0	54.16	75	95.83
Floraison	07-14/03/07	28/03/07 4 ^{eme} apport	0	54.16	75	95.83
Développement des fruits	14-28/03/07	12/04/07 5 ^{eme} apport	0	54.16	75	95.83
Maturation	28/03-24/04/07	24/04/07 6 ^{eme} apport	0	54.16	75	95.83

- **Dose de potassium** : quatre (04) doses de potassium ont été appliquées

K₀ = 0 U de potassium /ha

K₁ = 325 U de potassium/ha

K₂ = 450 U de potassium/ha

K₃ = 575 U de potassium/ha

2.6. L'irrigation

L'eau est le principal facteur limitatif des cultures. Elles doivent recevoir une alimentation adéquate pour la croissance.

A cause du faible développement des racines de concombre qui sont situées superficiellement dans la terre et le grand système foliaire qui évapore des quantités énormes d'eau.

L'irrigation appliquée est localisée de type goutte à goutte parce qu'elle présente une meilleure économie d'eau.

L'irrigation doit être un des soins le plus important. Les besoins sont élevés dans le dernier stade de floraison – récolte soit: 440 m³ par serre.

L'irrigation dans la serre où nous avons planté le concombre est quotidienne (1 heure / jours), le débit des goutteurs 2 L/ha.

2.7. Entretien de la culture

a. Le palissage (photo 8)

Le concombre est une plante grimpante qui s'attache à un tuteur vertical au moyen de ces vrilles, des filets en plastique ou en fibres.

Un système simple consiste à placer un tuteur individuel pour chaque plant (F.A.O, 1988).



Photo 8 : Le palissage

b. Le désherbage

Elimination des mauvaises herbes à chaque fois parce qu'elles sont très nombreuses et très variées.

c. L'aération

Aérer tôt le matin dès que la température dépasse 28 °C pour renouveler l'air. Le concombre sous serre ne supporte pas les changements brusques de la température et les vents violents (ITDAS, 2006).

d. Le binage

03 binages sont effectués manuellement ou à l'aide d'une binette.

e. Traitements phytosanitaires

Le concombre est sensible surtout au puceron (*Aphis gossypii*)

- **Le puceron** : Insecte peu mobile de 1,5 à 2,3 mm de long de couleur variable en fonction de l'espèce, il existe des formes aptères (**BLANCARD et al, 1991**).

Selon (**ITTDAS, 2007**) les insecticides utilisés pour la lutte sont:

Karaté, Ultracide et Lanate.

- **L'oïdium** (*Erysiphe Cichoracerarum*) : s'appelle aussi (**Le blanc**). C'est un champignon de fort potentiel de colonisation, il réduit la surface fonctionnelle des feuilles, on constate des pertes de rendement. La lutte chimique reste la plus utilisée (**BLANCARD et al, 1991**).

A l'ITTDAS la lutte chimique se fait à base de **Rubigan** et **Bénomyl 1**

A la fin de cycle nous avons observé l'apparition des galles racinaires.

- **Nématodes à galles** (*Le meloïdogyne spp*) :

Aucune méthode de lutte n'est efficace; on peut conseiller de butter les plantes et de les bassiner aux moments les plus chauds de la journée, la désinfection du sol avant la plantation ou bien effectuer plusieurs labours (**BLANCARD et al, 1991**).

2.8. La récolte (photo 9)

La récolte se fait lorsque les fruits deviennent verts foncés, les nervures s'atténuent, l'extrémité s'arrondit et le diamètre reste uniforme (**FAO, 1988**).

Nous avons fait la récolte manuellement pour calculer le rendement de chaque traitement à part avec le dimensionnement de certains parmi eux, le poids varie entre les traitements.

La récolte est échelonnée dans le temps, nous avons fait une récolte chaque semaine. Le nombre total de récolte pour notre culture est 06 récoltes en 06 semaines.

La production hivernale sous serre est mieux que la production de printemps à cause de l'élévation de température pendant le mois de Mars, l'humidité est basse alors que, le concombre exige 90 % d'humidité de l'air et du sol.



SOUFLI et DAMENE 2007

Photo 9 : La récolte



SOUFLI et DAMENE 2007

Photo 10 : Fruit de concombre

II.2.2. Méthodes de prélèvement

a. le sol

Les échantillons sont prélevés à raison de trois (03) carottes par traitement. Chaque carotte constitue un échantillon qui est analysé individuellement.

Les prélèvements des échantillons du sol sont réalisés aux stades développement des feuilles (14/02/2007), floraison (14/03/2007) et maturation (21/04/2007).

b. la plante

Pour chaque traitement, nous avons procédé au prélèvement de trois (03) échantillons de plante (feuilles et fruits) à différents stades, développement des feuilles, floraison et maturation. Ces prélèvements sont effectués pour faire le dosage de l'azote et de potassium.

II.2.3. Les paramètres étudiés

Au cours de la végétation, nous avons procédé à un contrôle complet sur le plan morphologique de la plante.

a. Hauteur de la tige

Les mesures ont été effectuées sur toutes les plantes de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.

b. Epaisseur de la tige

Les mesures ont été effectuées avec un pied à colis sur toutes les plantes de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.

c. Nombre de feuilles

Un comptage des feuilles est réalisé pour toutes les plantes de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.

d. Nombre de fleurs

Un comptage des fleurs est réalisé pour toutes les plantes de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.

e. Nombre de fruits

Un comptage des fruits est réalisé pour toutes les plantes de chaque parcelle élémentaire puis on fait la moyenne pour avoir le résultat final.

f. le rendement

Les parcelles sont récoltées manuellement, après chaque récolte on a réalisé un comptage des fruits récoltés pour chaque parcelle élémentaire et pesé chaque produit à part à l'aide d'une balance de précision.

g. Evolution de l'azote et de potassium du végétale

On a réalisé le dosage de l'azote et de potassium total sur l'échantillon prélevé à chaque stade de développement pour suivre l'évolution de ces éléments dans le temps (développement des feuilles, floraison et maturation).

h. Evolution de l'azote et de potassium assimilable du sol

On a déterminé l'azote et le potassium assimilable sur l'échantillon du sol prélevé à chaque stade de la culture pour suivre leur évolution.

Les résultats obtenus dans cette étude ont été soumis à une analyse statistique par la méthode d'analyse de la variance (logiciel Assista).

Conclusion

Notre travail a été réalisé en deux parties :

La première partie est consacrée à l'étude du matériel végétal et à la caractérisation physico-chimique du sol.

La deuxième partie concerne le suivi de la culture durant son cycle végétatif avec l'évolution de l'alimentation minérale (azote et potassium).

II.2.5. Méthodes d'analyses

A. Le sol

A.1. La granulométrie

La granulométrie a été déterminée par la méthode quantitative qui détermine les proportions physiques de trois particules primaires (sable, limon et l'argile). La mesure est effectuée par tamisage humide.

A.2. Le pH

L'un des facteurs qui influe directement l'absorption des éléments nutritifs. Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH mètre d'une suspension d'un rapport: sol/eau de 1/2.5.

A.3. La conductivité électrique

C'est un moyen d'apprécier la teneur global en sels dans la solution du sol. La CE (25 °C) du sol a été mesurée par un conductimètre d'une suspension d'un rapport: sol/eau de 1/5.

A.4. Le calcaire total

Le calcaire total du sol a été déterminé par une attaque avec un acide chlorhydrique concentré (6N) en utilisant le calcimètre de BERNARD.

A.5. La matière organique du sol

La matière organique du sol a été déterminée par l'interaction de sulfate de fer, le bichromate de potassium et le dephynilamine avec 1g de sol, puis on a réalisé le dosage de mélange avec l'acide sulfurique (2N).

A.6. L'azote total du sol

La détermination de l'azote total du sol se fait par la méthode KJELDAHL, sur une prise de terre 2 g. La minéralisation a eu lieu par l'action de l'acide sulfurique concentré et les catalyseurs. Porté à l'ébullition.

A.7. L'azote assimilable

Le dosage de l'azote minéral se fait par la méthode KJELDAHL. Pour les deux formes d'azote (NH_4^+ et NO_3^-). L'extraction a été faite sur 5 g de sol par l'utilisation de 50 ml d'une solution de KCL (2N). Après l'agitation, on filtre le contenu.

A.8. le potassium assimilable

Il est extrait par l'eau distillée. On ajoute à 10 g de sol 50 ml d'eau distillée. On agite pendant 2 heures puis on filtre. Le potassium est dosé par le spectrophotomètre à flamme.

B. La plante

B.1. L'azote

Le dosage de l'azote du végétal est analysé selon la méthode KJELDAHL. Cette méthode consiste à attaquer la poudre végétale (2 g) par 20 ml d'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur ($\text{CaSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$) et porté à l'ébullition pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4^+)_2 \text{SO}_4$. Pour la distillation, on prend 2 ml de distillat et en présence de la soude on fait la distillation.

B.2. Le potassium

L'extraction de potassium végétal se fait par la méthode d'AFNOR. Cette méthode consiste à peser 1 g de matière végétal dans un creuset en porcelaine, il est mis dans un four à moufle à 450 °C pendant 3 heures (jusqu'à l'obtention de cendre blanche).

Une fois la calcination est terminée, on transfère entièrement les cendres dans un bêcher de 100 ml. On ajoute 10 ml d'acide nitrique et quelques ml d'eau distillée. On pose le bêcher sur la plaque chauffante, pendant 30 mn. On filtre ensuite la suspension dans une fiole de 50 ml, puis on ajuste au trait de jauge. Le dosage se fait par le spectrophotomètre à flamme.

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

La production d'une plante est influencée par un certain nombre de facteurs et conditions liés au milieu et à la plante elle-même que l'agriculteur peut améliorer :

Les facteurs du rendement représentent tous les éléments qui entrent dans la constitution de la plante : eau, carbone, éléments minéraux et énergie. Plus leur quantité est élevée, plus le rendement augmente (si l'équilibre entre les facteurs est maintenu) (PREVOST, 1999).

Les conditions de rendement caractérisent les états du milieu (climat, sol et environnement biologique) et de la plante (surface foliaire et enracinement) ; leur influence sur le rendement n'est pas proportionnelle à leur valeur mais obéit à des lois de seuil (PREVOST, 1999).

III.1. Paramètres de croissance

III.1.1. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la morphologie du concombre

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la hauteur de la tige (cm)

a.1- La hauteur de la tige à la fin du cycle

Les résultats de la hauteur de la tige à la fin du cycle de développement du concombre sont présentés dans le tableau 8 et illustrés dans la figure 7.

Tableau 8 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la hauteur de la tige

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	64.5	77.33	80.66	85.17	76.91 c	
N1	67	78.66	81.73	90.75	79.53 b	Effet N : HS
N2	71.86	79.29	84.54	94.07	82.43 a	Effet K : HS
N×K	67.78 d	78.42 c	82.31 b	89.99 a	79.62	Effet N×K : HS

La hauteur de la tige est influencée de façon hautement significative avec les apports d'engrais azoté. La hauteur passe ainsi de 76.91 cm obtenue avec la dose N0 (sans apport de N) à 82.43 cm obtenue avec la dose N2 soit 414 UN/ha). L'augmentation est de l'ordre de 6.69 %.

L'analyse de variance révèle trois (03) groupes homogènes de l'effet azote :

- Le groupe (a) est représenté par la dose N2 (414 UN/ha) avec 82.43 cm
- Le groupe (b) est représenté par la dose N1 (207 UN/ha) avec 79.53 cm
- Le groupe (c) est représenté par la dose N0 (sans apport) avec 76.91 cm

En ce qui concerne le potassium, son effet est hautement significatif. La hauteur de la tige passe de 67.78 cm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 89.99 cm obtenue avec la dose K3 (575 UK2O/ha). L'augmentation est de l'ordre de 24.68%. Les autres doses à savoir K1 (325 UK2O/ha) et K2 (450 UK2O/ha) enregistrent respectivement : 78.42 et 82.31 cm. Le coefficient de variation est de 21.21 %.

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

- Le groupe (a) représente la dose K3 (575 U K2O/ha) avec 89.99 cm.
- Le groupe (b) représente la dose K2 (450 UK2O/ha) avec 82.31 cm.
- Le groupe (c) représente la dose K1 (325 UK2O/ha) avec 78.42 cm.
- Le groupe (d) représente la dose K0 (sans apport) avec 67.78 cm.

Concernant l'effet de l'interaction (N×K), les différences observées sont hautement significatives. D'après le tableau 8, on constate qu'il y a une variation entre les trois (03) niveaux d'apport d'azote en combinaison avec les différentes doses de potassium.

- Pour le témoin N0 (Sans apport), cette hauteur passe de 64.5 cm obtenue avec le traitement K0 à 85.17 cm obtenue avec le traitement K3 (575 UK2O /ha).
- Pour le niveau d'apport N1 (207 UN/ha), ce nombre passe de 67 cm obtenu avec le traitement K0 (sans apport) à 90.75 cm obtenu avec le traitement K3 (575 unités de potassium/ha).
- Aussi bien pour le niveau d'apport N2 (414 UN/ha), ce paramètre passe de 71.81 cm obtenu avec le traitement K0 (sans apport) à 94.07 cm avec le traitement K3 (575 unités de potassium/ha).

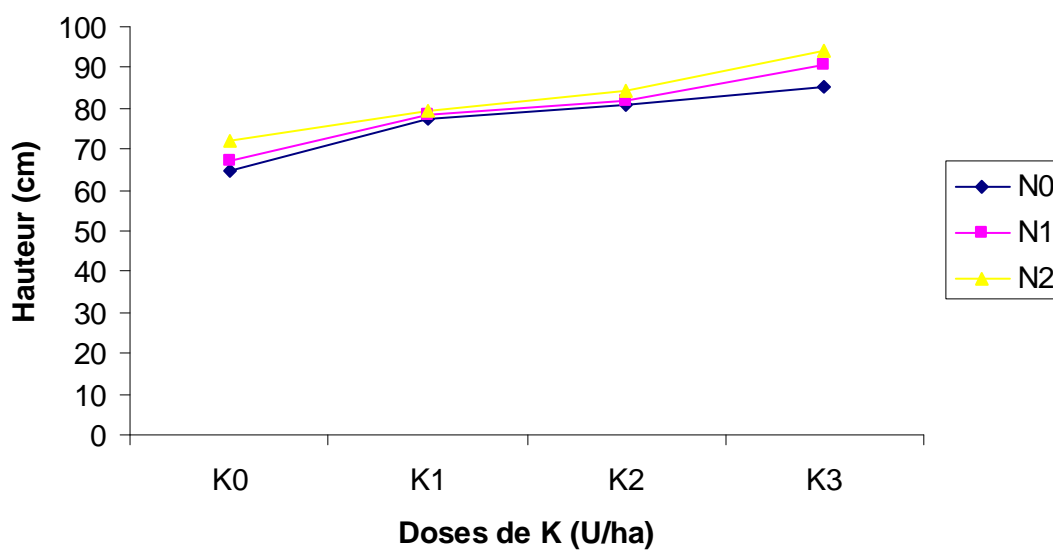


Figure 7 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la hauteur de la tige

A2- Evolution de La hauteur de la tige

Les résultats de la hauteur de la tige selon les différents stades de développement (développement des feuilles, floraison et maturation) sont présentés dans le tableau 9 et illustrés dans la figure 8.

Tableau 9 : Evolution de la hauteur de la tige selon les différents stades de développement

Stades	1 ^{er} stade	2 ^{ème} stade	3 ^{ème} stade
Hauteur (cm)	47.11	62.78	73.54

D’après les résultats présentés dans le tableau 9, on remarque que la hauteur de la tige du concombre présente une augmentation progressive. La hauteur passe de 47.11 cm obtenue durant le premier stade à 73.54 cm obtenue à la fin du cycle.

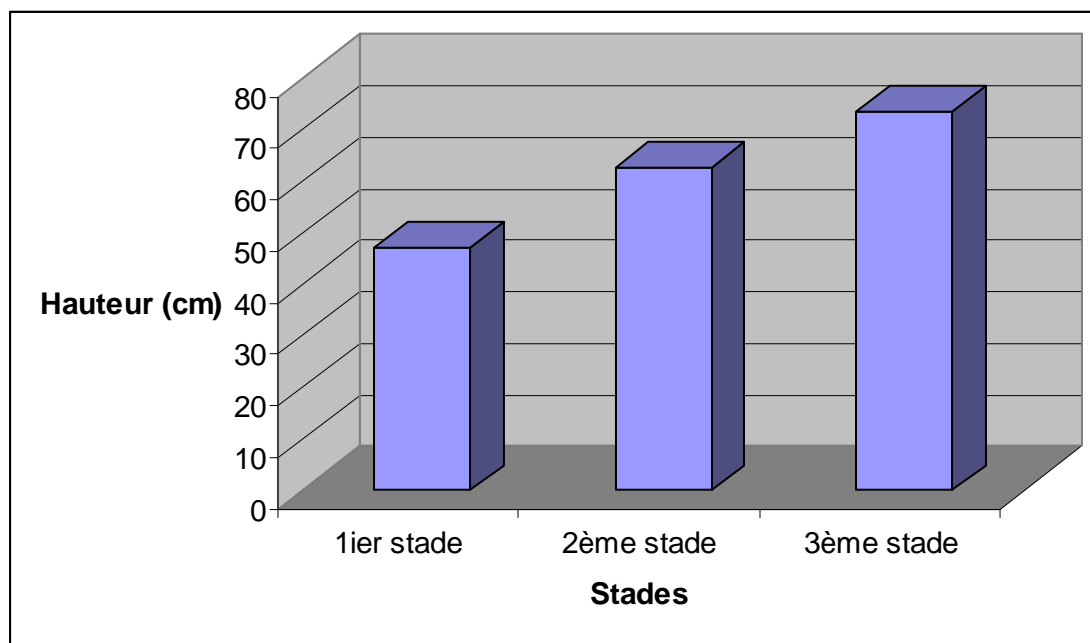


Figure 8 : Evolution de la hauteur de la tige du concombre selon les différents stades de développement

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur l'épaisseur de la tige

Les résultats de l'épaisseur de la tige durant le cycle de développement du concombre sont présentés dans le tableau 10 et illustrés dans la figure 9.

Tableau 10 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur l'épaisseur de la tige

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	1.03	1.06	1.06	1.09	1.06 c	
N1	1.06	1.07	1.07	1.07	1.07 b	Effet N : HS
N2	1.07	1.10	1.09	1.10	1.09 a	Effet k : HS
N×K	1.05 d	1.07 c	1.08 b	1.09 a	1.07	Effet N×K : HS

D'après résultats présentés dans le tableau (10), on observe que l'effet d'azote sur l'épaisseur de la tige est hautement significatif. Cette épaisseur passe de 1.06 cm obtenue avec la dose N0 (Sans apport) à 1.09 cm obtenus avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha). L'augmentation est de l'ordre 2.75 %. Le coefficient de variation est de 6.30 % (tableau 2, annexe).

L'analyse de variance révèle 03 groupes homogènes :

- Groupe (a) présenté par la dose N2 (414 UN/ha) avec 1.09 cm.
- Groupe (b) présenté par la dose N1 (207 UN/ha) avec 1.07 cm.
- Groupe (c) présenté par la dose N0 (sans apport) avec 1,06 cm.

L'effet de potassium est hautement significatif. L'épaisseur de la tige passe de 1.05 cm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 1.09 cm obtenue avec la dose K3 (575UK2O/ha). Le coefficient de variation est de 6.30 %.

Les groupes homogènes sont :

- Le groupe (a) présente par la dose K3 (575 UK2O/ha) qui enregistre 1.09 cm.
- Le groupe (b) présente par la dose K2 (450 UK2O/ha) qui enregistre 1.08 cm
- Le groupe (c) présente par la dose K1 (325 UK2O/ha) qui enregistre 1.07 cm.
- Le groupe (d) présente par la dose K0 (sans apport) qui enregistre 1.05 cm.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence significative entre les différents traitements. Pour le niveau d'apport d'azote N0 (Sans azote), l'épaisseur passe de 1.03 cm obtenue avec le témoin K0 (sans apport) à 1.09 cm obtenue avec le traitement K3 (575 UK2O/ha). Pour le niveau d'apport N1 (207 unités d'azote/ha), ce nombre passe de 1.06 cm obtenu avec le traitement K0 (sans apport) à 1.09 cm pour le traitement K3 (575 UK2O/ha). Aussi bien pour le niveau d'apport N2 (414 unités d'azote/ha), ce paramètre passe de 1.07 cm obtenu avec le traitement K0 (sans apport) à 1.10 cm obtenu avec les traitements K1 (325 UK2O/ha) et K3 (575 UK2O/ha).

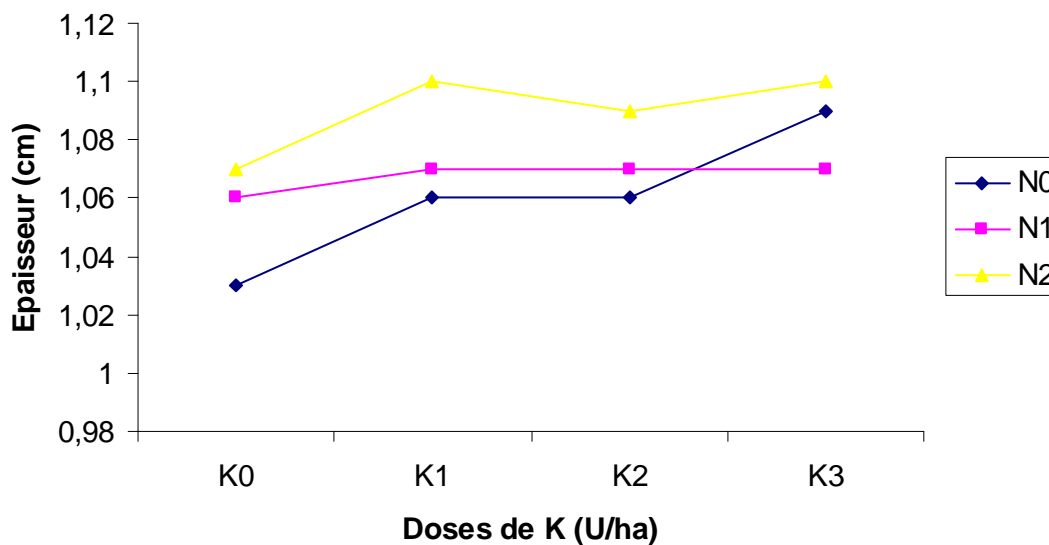


Figure 9 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur l'épaisseur de la tige

c. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles

Les résultats du nombre de feuilles durant le cycle végétatif du concombre sont présentés dans le tableau 11 et illustrés dans la figure 10.

Tableau 11 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles par plant

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	14.89	17.52	18.95	19.22	17.64 c	
N1	19.56	20.83	19.35	18.75	19.62 b	Effet N : S
N2	19.62	19.61	20.25	21.5	20.24 a	Effet k : S
N×K	18.02 d	19.32 c	19.51 b	19.82 a	19.16	Effet N×K : S

D'après le tableau (11), le nombre de feuilles est influencé de façon significative avec les trois (03) niveaux d'apport d'engrais azoté. Le nombre de feuilles passe de 17.64 obtenue avec le témoin N0 (Sans azote) à 20.24 obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha), soit une augmentation de l'ordre de 12.84 %.

L'analyse de la variance révèle (03) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Groupe (a) représente la dose N2 (414 UN/ha) avec un nombre de feuilles de 20.24.
- Groupe (b) représente la dose N1 (207 UN/ha) qui enregistre 19.62.
- Groupe (c) représente la dose N0 (sans apport) qui enregistre 17.64.

Aussi l'effet du potassium est significatif, le nombre de feuilles passe de 18.02 obtenu avec la dose K0 (sans apport) à 19.82 obtenu avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l'ordre de 9 %. Le coefficient de variation est de 18.93 %.

L'analyse de la variance révèle (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) représente la dose K3 (575 UK2O/ha) avec 19.82.
- Le groupe (b) représente la dose K2 (450 UK2O/ha) avec 19.51.
- Le groupe (c) représente la dose K1 (325 UK2O/ha) avec 19.32
- Le groupe (d) représente la dose K0 (sans apport) avec 18.02.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence significative entre les traitements.

- Pour le témoin N0 (sans azote) ce nombre passe de 14.89 obtenu avec le traitement K0 (sans potassium) à 19.22 avec le K3 (575 unités de potassium/ha). L'augmentation est de 22.52 %.
- Pour le niveau d'apport N1 (207 unités d'azote/ha), le nombre de feuilles passe de 18.75 obtenu avec le traitement K3 (575 unités de potassium/ha) à 20.83 obtenu avec le traitement K1 (325 UK2O/ha). L'augmentation est de 9.98 %.
- Pour le niveau d'apport N2 (414 unités d'azote/ha) le nombre de feuilles passe de 19.61 obtenu avec le traitement K1 (325 unités de potassium/ha) à 21.5 obtenu avec le traitement K3 (575 UK2O/ha). L'augmentation est de l'ordre de 8.79 %.

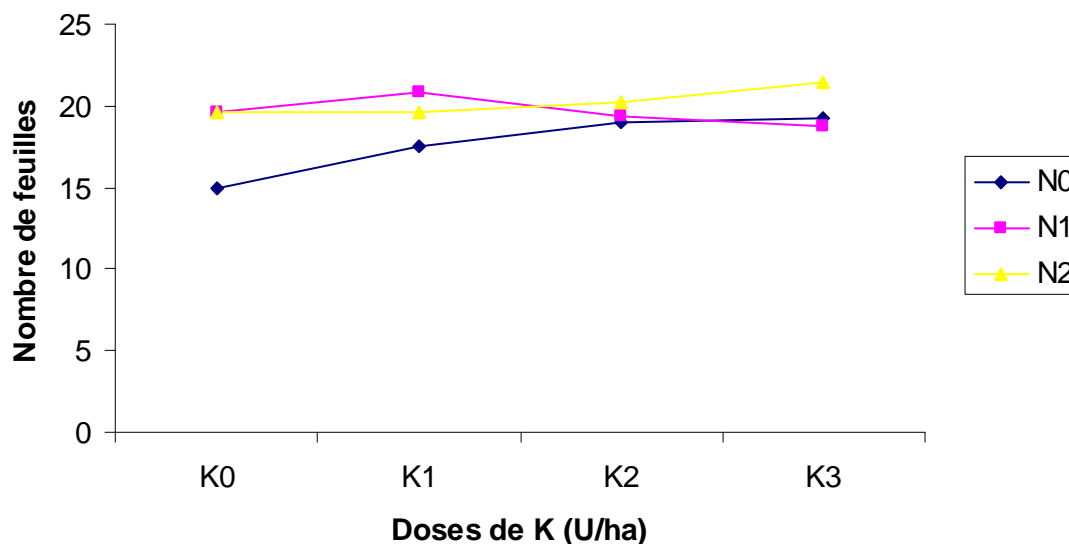


Figure 10 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de feuilles

d. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fleurs

Les résultats du nombre de fleurs durant le cycle végétatif du concombre sont présentés dans le tableau 12 et illustrés dans la figure 11.

Tableau 12 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fleurs par plant.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	2.89	4.13	4.55	3.97	3.88 c	
N1	5.54	5.20	2.82	3.79	4.33 b	Effet N : S
N2	3.78	4.13	7.5	8.25	5.91 a	Effet K : S
N×K	4.07 d	4.48 c	4.59 b	5.33 a	4.70	Effet N×K : S

L'analyse de la variance montre que l'effet de l'azote présente une différence significative entre les traitements (tableau 4, annexe). Le nombre de fleurs passe de 3.88 fleurs obtenu avec la dose N0 (Sans azote) à 5.91 fleurs obtenu avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha). Soit une augmentation de l'ordre 34 %. Le coefficient de variation est de 57 %.

L'analyse de la variance révèle (03) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par la N2 (414 UN/ha) avec 5.91 fleurs/plant.
- Le groupe (b) représente par la N1 (207 UN/ha) avec 4.33 fleurs/plant.
- Le groupe (c) représente par le témoin (Sans azote) avec 3.88 fleurs/plant.

L'effet du potassium a aussi une différence significative. Le nombre de fleurs passe de 4.07 fleurs/plant obtenu avec la dose K0 (sans apport) à 5.33 fleurs/plant obtenu avec la dose K3 (575 UK2O/ha). Le coefficient de variation est de 4 % (tableau 4, annexe).

Pour l'effet potassium, l'analyse de la variance révèle quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par la dose K3 (575 UK2O/ha) avec 5.33 fleurs/plant.

- Le groupe (b) représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha) avec 4.59 fleurs/plant.
- Le groupe (c) représenté par la dose K1 (325 UK2O/ha) avec 4.48 fleurs/plant.
- Le groupe (d) représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha) avec 4.07 fleurs/plant.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence significative.

- Pour le témoin N0 (Sans azote), le nombre de fleurs passe de 2.89 fleurs/plant obtenu avec le traitement K0 (Sans potassium) à 4.55 fleurs/plant obtenu avec le traitement K2 (450 UK2O/ha).
- Pour le niveau d'apport N1 (207 UN/ha), le nombre passe de 2.82 fleurs/plant obtenu avec le traitement K2 (450 UK2O/ha) à 5.54 fleurs/plant obtenu avec le traitement K0 (sans potassium).
- Aussi pour le niveau d'apport N2 (414 UN/ha), le nombre passe de 3.78 fleurs/plant obtenu avec le traitement K0 (sans potassium) à 8.25 fleurs/plant obtenu avec le traitement K3 (575 UK2O/ha).

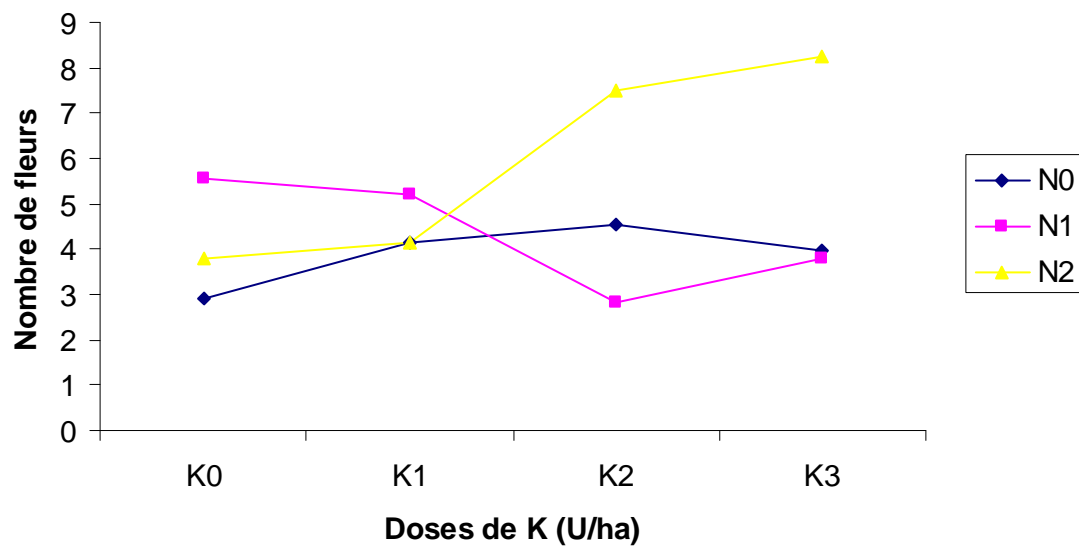


Figure 11 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fleurs

e. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits

Les résultats du nombre de fruits durant le cycle végétatif du concombre sont présentés dans le tableau 13 et illustrés dans la figure 12.

Tableau 13 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits par plant.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	1.86	1.88	2.12	2.17	2.00 c	
N1	1.74	1.53	2.03	3.55	2.21 b	Effet N : HS
N2	2.29	2.75	3.50	5.00	3.38 a	Effet K : HS
N×K	1.96 d	2.05 c	2.55 b	3.75 a	2.68	Effet N×K : HS

Le nombre de fruits par plant est influencé d'une façon hautement significative par les apports de l'azote (tableau 5, annexe). Le nombre de fruits passe de 2 fruits/plant obtenu avec la dose N0 (sans apport) à 3.83 fruits/plant obtenu avec la dose N2 (414 UN/ha) soit une augmentation de l'ordre de 47.78 %. Le coefficient de variation est de 32 %.

La comparaison des moyennes révèle (03) groupes homogènes :

- Le groupe (a) représenté par la dose N2 (414 UN/ha) avec 3.38 fruits/plant.
- Le groupe (b) représente la dose N1 (207 UN/ha) avec 2.21 fruits/plant.
- Le groupe (c) représenté par la dose N0 (sans apport) avec 2 fruits/plant.

Pour le facteur potassium, le nombre de fruits/plant présente des différences significatives. L'évolution de ce nombre passe de 1.96 fruit/plant obtenu avec la dose K0 (sans apport) à 3.75 fruits/plant obtenu avec la dose K3 (575 UK2O/ha).

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

- Le groupe (a) représenté par la dose K3 (575 UK2O/ha) avec 3.75 fruits/plant.
- Le groupe (b) représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha) avec 2.55 fruits/plant.
- Le groupe (c) représenté par la dose K1 (325 UK2O/ha) avec 2.05 fruits/plant.

- Le groupe (d) représenté par la dose K0 (sans apport) avec 1.96 fruit/plant.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence significative entre traitements. Le nombre de fruits passe de 1.86 fruit/plant obtenu avec le traitement N0K0 (témoin) à 2.17 fruits/plant obtenu avec le traitement N0K3.

- Pour la dose d'azote N1 (207 UN/ha), ce nombre passe de 1.74 fruit/plant obtenu avec le traitement K0 (sans apport) à 3.55 fruits/plant obtenu avec le traitement K3 (575 UK2O/ha).
- Aussi pour la dose d'azote N2 (414 UN/ha), ce nombre passe de 2.29 fruits/plant obtenu avec le traitement K0 (sans apport) à 5 fruits/plant obtenu avec le traitement K3 (575 UK2O/ha).

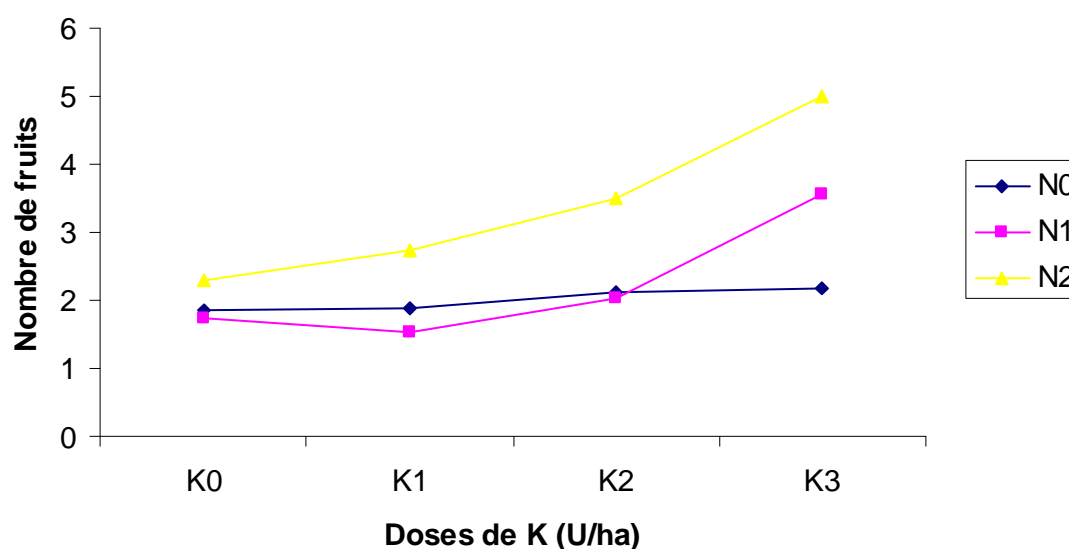


Figure 12 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits par plant

Conclusion

La hauteur et l'épaisseur de la tige ainsi que le nombre de fruits sont influencées d'une façon hautement significative avec les apports d'engrais azoté et potassique, donc la hauteur et l'épaisseur ont réagies favorablement aux apports d'engrais.

Le nombre de feuilles et le nombre de fleurs sont aussi influencés d'une façon significative, Malgré l'influence des plusieurs facteurs; les conditions climatiques (la forte température et la faible humidité provoque un séchage des feuilles et une chute des fleurs), la contamination de la culture par certaines maladies (l'oïdium, puceron, la galle racinaire), l'effet du film plastique et les blessures au cours des manipulations, la morphologie de la plante du concombre a réagie favorablement avec les apports d'engrais.

III.1.2. Le rendement

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits a l'hectare

Les résultats du nombre de fruits à l'hectare sont présentés dans le tableau 14 et illustrés dans la figure 13.

Tableau 14 : Nombre de fruits à l'hectare

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	82600	85200	99800	110600	94550 c	
N1	90600	94600	106400	118600	102550 b	Effet N : HS
N2	77200	98400	129200	134600	109850 a	Effet K : HS
N×K	83466.6 d	92733.3 c	111800 b	121266.6 a	102316.6	Effet N×K : HS

Le nombre de fruits à l'hectare varie de façon hautement significative avec les doses d'azote apportées. Il passe de 94550 fruits/ha de la dose N0 (Sans azote) à la dose N2 (414 unités d'azote/ha) avec 109850 fruits/ha soit une augmentation de l'ordre de 13.92 %.

L'analyse de la variance a révélé trois groupes homogènes (a, b, c), le groupe (a) formé par la dose N2 (414 UN/ha), le groupe (b) est présenté par la dose N1 (207 unités d'azote/ha) et le groupe (c) renferme la dose N0 (Sans azote).

Pour le potassium, l'effet est hautement significatif sur le nombre de fruits, Cette signification est très claire surtout entre le témoin (Sans potassium) et la dose K3 (575 unités de potassium/ha). Ce paramètre passe de 121266.6 fruits/ha à 83466.6 fruits/ha soit une augmentation de 12.64 %.

La différence entre les différents traitements de potassium forme quatre groupes (04) homogènes (a, b, c, d) présentés respectivement K3, K2, K1 et K0.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative sur le rendement en fruits. Ce paramètre passe de 77200 fruits/ha obtenu avec le traitement N2K0 à 134600 fruits/ha obtenu avec la combinaison N2K3.

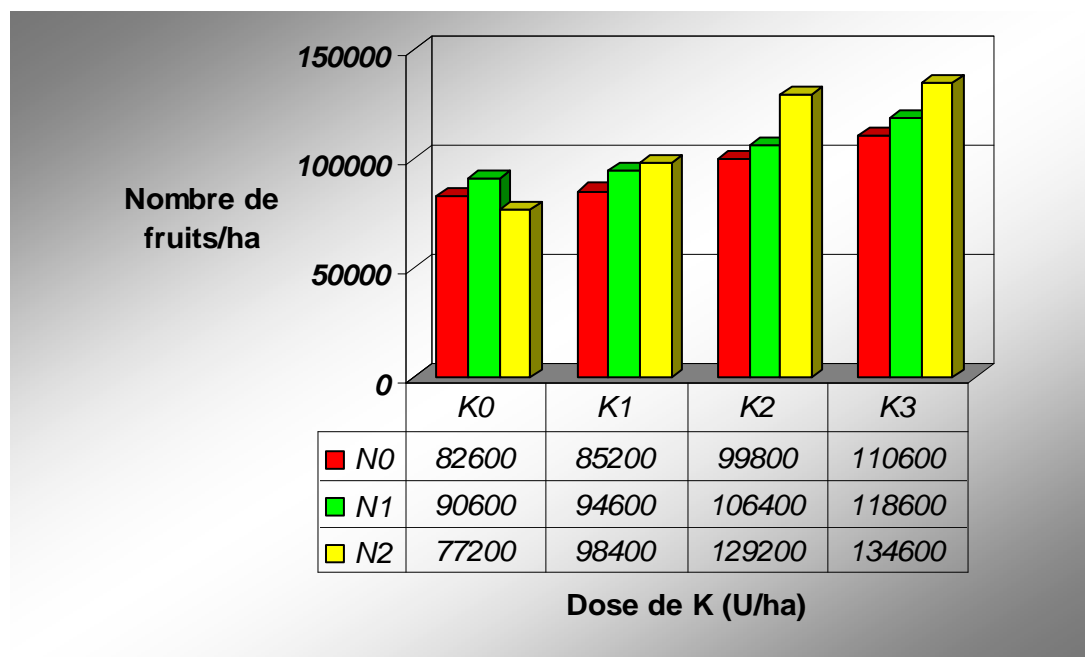


Figure 13 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le nombre de fruits à l'hectare

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement

Les résultats du rendement du concombre selon les différentes récoltes sont présentés dans le tableau 15 et illustrés dans la figure 14.

Tableau 15 : Evolution du rendement du concombre (qx/ha)

Récoltes	1 ^{re} récolte	2 ^{ème} récolte	3 ^{ème} récolte	4 ^{ème} récolte	5 ^{ème} récolte	6 ^{ème} récolte
Rendement (qx/ha)	123.12	78.21	164.38	421.04	143.57	104.58

D’après le tableau (14), on constate qu’il y a une progression du rendement dès la 1^{re} récolte qui enregistre à ce stade 123.12 qx/ha jusqu’à la 4^{ème} récolte avec 421.04 qx/ha. Puis ce rendement présente une diminution progressive à partir de la 4^{ème} récolte jusqu’à la dernière soit la 6^{ème} récolte qui enregistre 104.58 qx/ha.

Le meilleur rendement obtenu avec la 4^{ème} récolte avec 421.04 qx/ha.

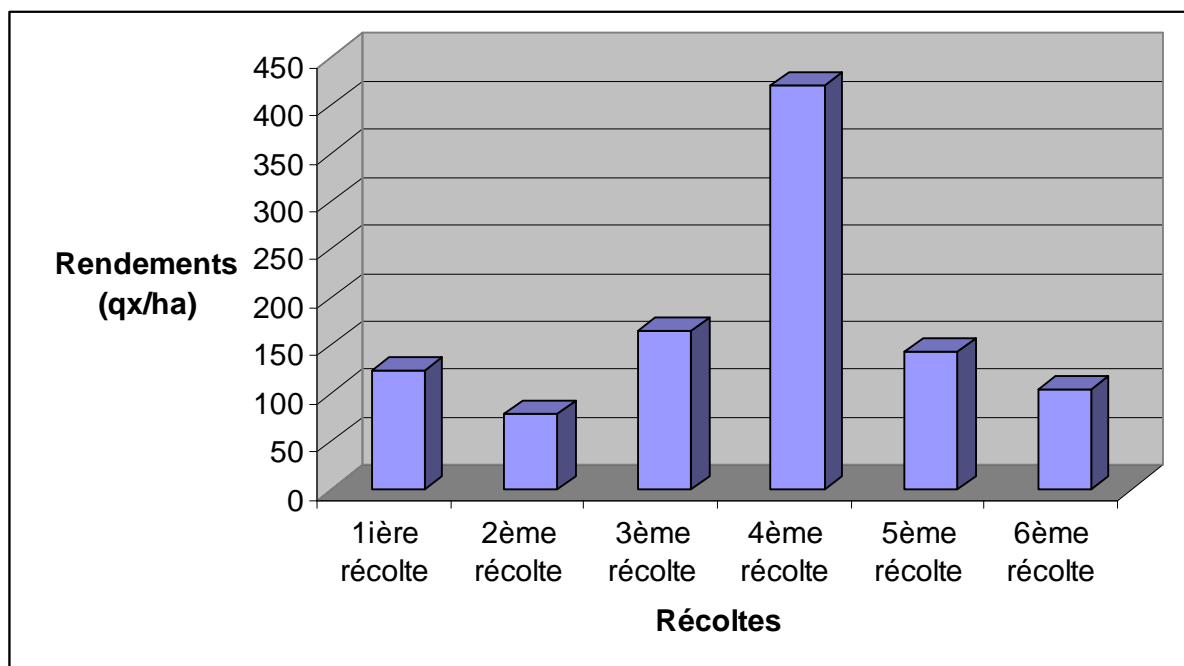
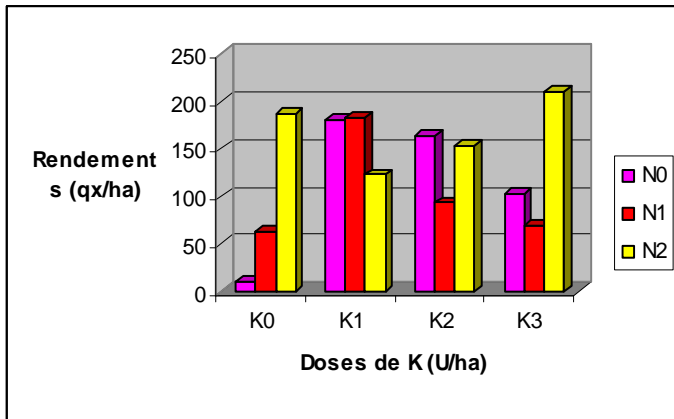
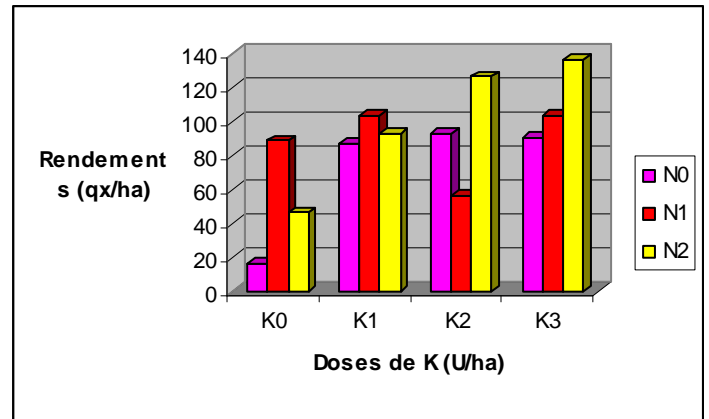


Figure 14 : Evolution du rendement du concombre selon les différentes récoltes

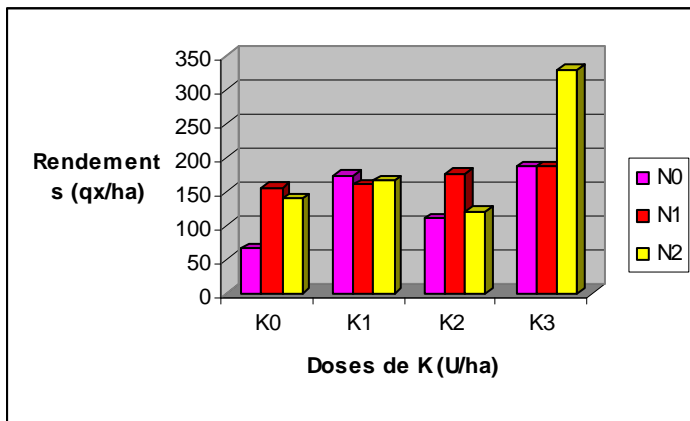
c- Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement du concombre selon les différents traitements et différentes récoltes



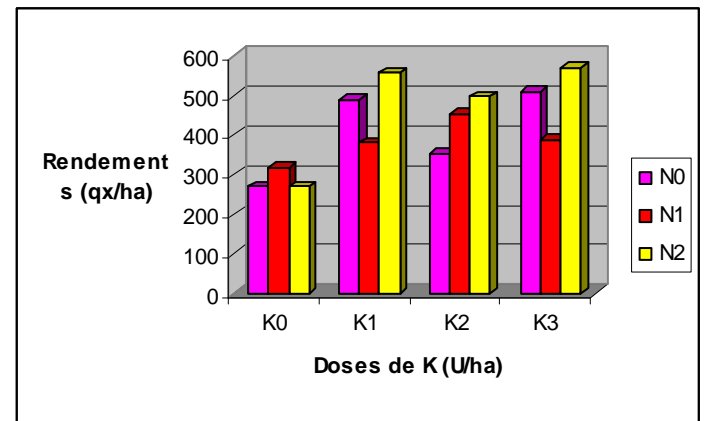
- 1^{re} récolte



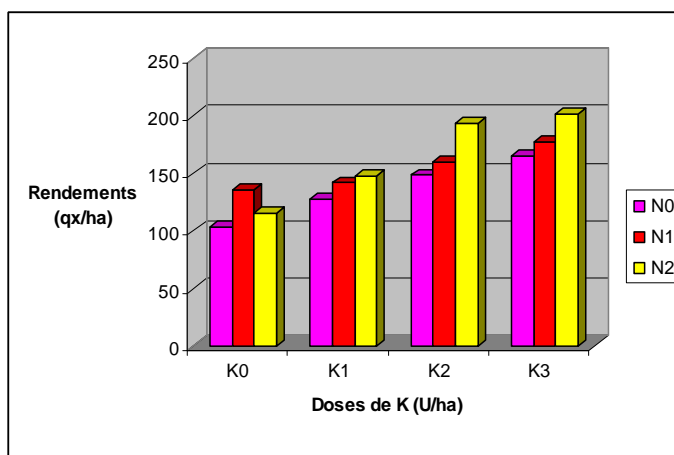
- 2^{ème} récolte



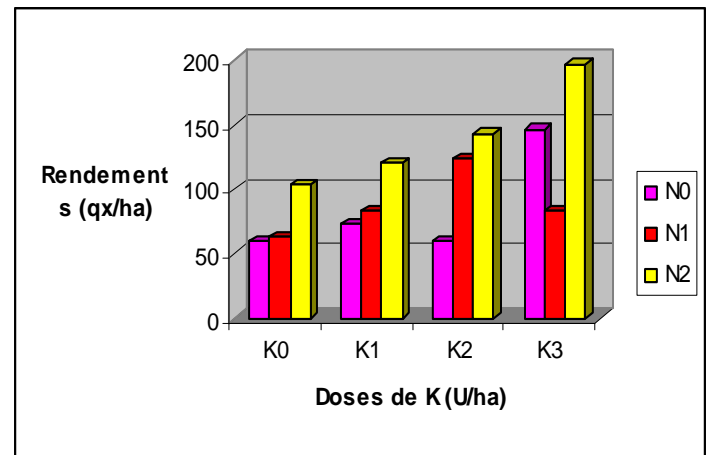
- 3^{ème} récolte



- 4^{ème} récolte



- 5^{ème} récolte



- 6^{ème} récolte

Figure 15 : Influence de la fertilisation azotée potassique sur le rendement selon les différents traitements et différentes récoltes

Conclusion

D'après la figure (14), on constate que la combinaison de N2K3 (414 UN/ha, 575UK2O/ha) a donné le meilleur rendement pendant toutes les récoltes, par contre le témoin N0K0 (sans apport) présente un faible rendement. Ainsi que les meilleurs rendements sont obtenus avec tous les traitements pendant la 4^{ème} récolte.

Selon la station ITDAS, le concombre a un cycle court (4 mois), dont 2 mois de production. Une récolte par semaine ce qui nous donne 8 récoltes par cycle. Pendant La 4^{ème} récolte la plante est considérée comme étant en sa croissance maximale, aussi en pleine production. C'est pour cette raison la 4^{ème} récolte représente le pic (rendement maximum), par la suite, ce dernier diminue. De plus, la période de plantation était tardive par rapport aux exigences de la culture.

d. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement total

Les résultats du rendement total à l’hectare sont présentés dans le tableau 16 et illustrés dans la figure 16.

Tableau 16 : Rendement total (qx/ha) du concombre

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	526.2	928.4	1131.35	1202.75	947.17 c	
N1	823.1	866.10	1159.35	1007.4	963.98 b	Effet N : HS
N2	862.15	1206	1232.75	1645	1236.47 a	Effet K : HS
N×K	737.8 d	1000.16 c	1174.48 b	1284.8 a	1049.20	Effet N×K : HS

Le rendement du concombre varie de façon hautement significative avec les doses d’azote apportées. Ce rendement passe de 947.17 qx/ha obtenu avec la dose N0 (Sans azote) à 1236.47 qx/ha obtenu avec la dose N2 (414 unités d’azote/ha) soit une augmentation de l’ordre de 23 %.

La comparaison des moyennes de l’effet azote a révélé trois (03) groupes homogènes (a, b, c). Le groupe (a) formé par la dose N2 (414 UN/ha), le groupe (b) formé par la dose N1 (207 UN/ha) et le groupe (c) formé par la dose N0 (sans apport).

Le potassium a aussi un effet hautement significatif. Cette signification paraît très net surtout entre la dose K0 (Sans potassium) et K3 (575 UK2O/ha). Ce paramètre passe de 737.8 qx/ha obtenu avec la dose K0 (Sans potassium) à 1284.8 qx/ha obtenu avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l’ordre de 42 %.

Une différence hautement significative entre les différents traitements, qui forment (04) groupes homogènes (a, b, c, d), le groupe (a) présente la dose K3 (575 UK2O/ha) avec 1284.8 qx/ha, le groupe (b) présente le traitement K2 (450 UK2O/ha) avec 1174.48 qx/ha, le groupe (c) présente le traitement K1(325 UK2O/ha) avec 1000.16 qx/ha et le groupe (d) présente le témoin K0 (0 UK2O/ha) avec 737.8 qx/ha.

Le tableau (16), montre que l'apport des engrais azoté et potassique entraîne une amélioration du rendement du concombre. Les résultats d'analyse de la variance montrent que l'effet de l'interaction d'azote et de potassium est hautement significatif sur le rendement et en augmentation pour les trois niveaux d'apport d'engrais azoté

- la dose N0 le rendement passe de 526.2 qx/ha à 1202.75 qx/ha.
- la dose N1 le rendement passe de 823.1 qx/ha à 1007.4 qx/ha.
- la dose N2, ce paramètre passe de 862.15 qx/ha à 1645 qx/ha.

Le rendement le plus élevé est obtenu avec le traitement N2K3 (414 UN/ha, 575 UK20/ha) avec 1645 qx/ha.

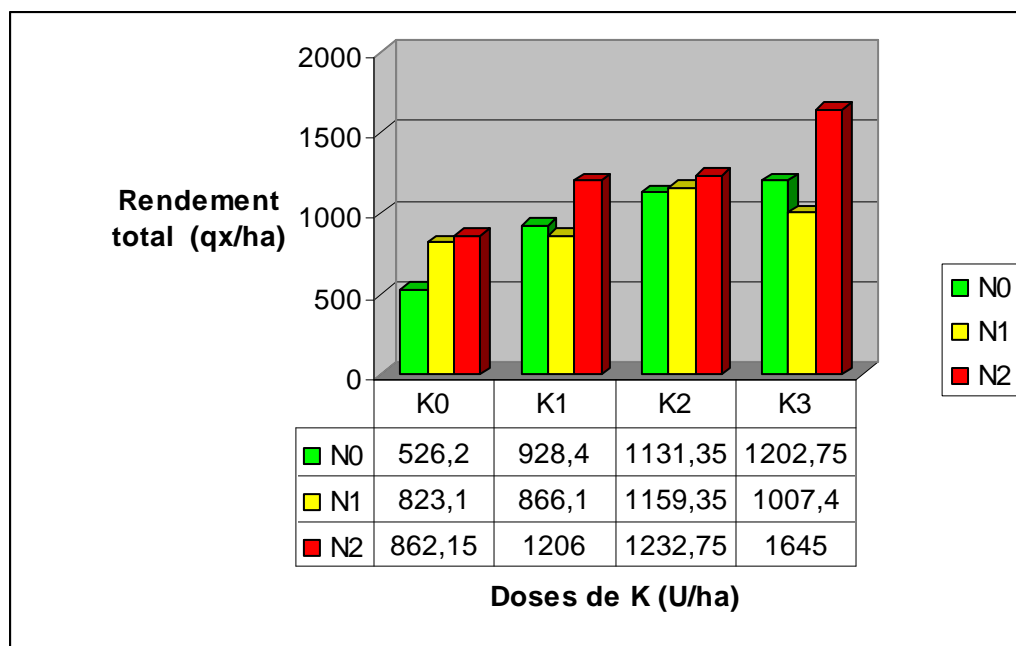


Figure 16 : Influence de la fertilisation azotée et potassique sur le rendement total du concombre à l'hectare

Conclusion

L'interaction (N×K) de la fertilisation azotée et potassique a réagit positivement sur le rendement. Selon les différentes récoltes, le meilleur rendement (qx/ha) est obtenu avec la 4^{ème} récolte, avec la combinaison N2K3. Le rendement total est de l'ordre de 1645 qx/ha. Sans oublier l'importance des conditions de croissance dans lesquelles se trouvent la plante et leur relation avec le développement végétatif. Le rendement accroît significativement avec l'augmentation des apports des engrais azotés et potassiques.

III.2. Alimentation azotée et potassique du concombre

III.2.1. La teneur en azote de la plante

III.2.1.1. Teneur en azote des feuilles

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles

Les résultats de la teneur en azote des feuilles au stade de développement des feuilles sont présentés dans le tableau 17 et illustrés dans la figure 17.

Tableau 17 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	5.50 c	8.50 a	10.5 a	9.00 a	8.37 c	
N1	8.26 b	8.56 b	8.39 b	9.50 a	8.67 b	Effet N : HS
N2	7.50 b	8.45 b	9.56 a	10.5 a	9.00 a	Effet K : HS
N×K	7.08 d	8.50 c	9.48 b	9.66 a	8.68	Effet N×K : HS

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en N des feuilles au stade développement des feuilles. Celle-ci passe de 8.37 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 9.00 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l'ordre de 7 %. Le coefficient de variation est 10.38 %.

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

- Le groupe (a) présenté par la dose N2 (414 UN/ha).
- Le groupe (b) présenté par la dose N1 (207 UN/ha).
- Le groupe (c) présenté de la dose N0 (sans apport).

La teneur en azote des feuilles au stade développement des feuilles est influencée d'une façon hautement significative avec les apports de potassium. Cette teneur passe de la valeur 7.08 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 9.66 ppm obtenue avec la dose K3 (575 UK2O/ha), soit une augmentation de l'ordre de 26.70 %. Le coefficient de variation est 6.98 %.

La comparaison des moyennes de l'effet K nous fait ressortir (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) présente la dose K3 (575 unités de potassium/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose K2 (450 unités de potassium/ha).
- Le groupe (c) représenté par K1 (325 unités de potassium/ha).
- Le groupe (d) représenté par K0 (sans apport).

L'interaction (NxK) présente aussi une différence hautement significative. L'analyse de la variance révèle 03 groupes homogènes (a, b, c)

- Le groupe (a) est formé par les traitements: N2K0, N0K2, N2K2, N2K3, N0K3.
- Le groupe (b) est formé par les traitements : N1K0, N1K1, N0K1, N2K1 et N1K2.
- Le groupe (c) est formé par le traitement N0K0.

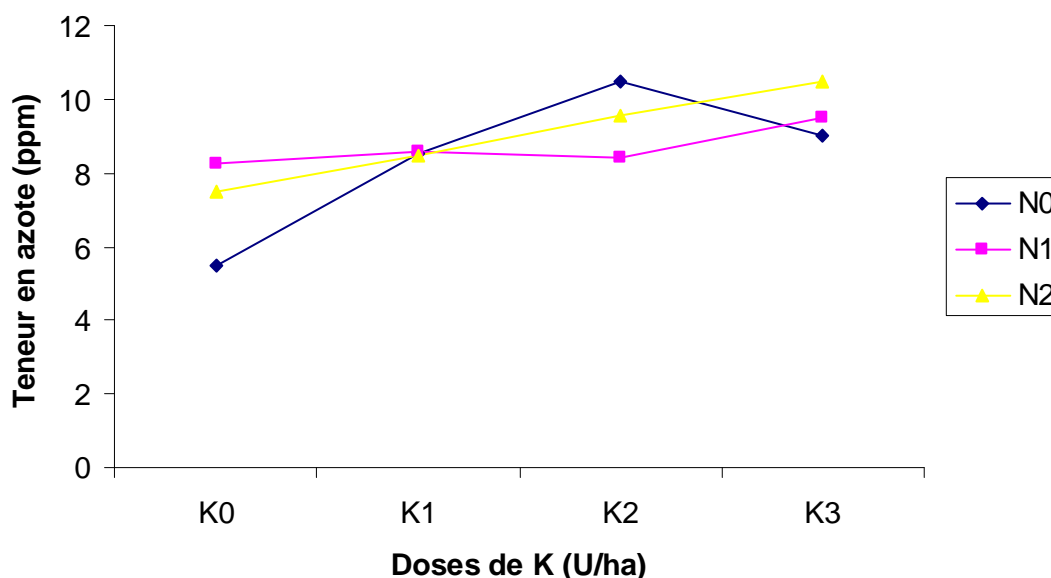


Figure 17: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade développement des feuilles

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles

Les résultats de la teneur en azote des feuilles au stade floraison sont présentés dans le tableau 18 et illustrés dans la figure 18.

Tableau 18 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade floraison

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	6.10	4.41	7.59	7.26	6.34 c	
N1	7.31	7.62	8.19	9.48	8.15 b	Effet N : HS
N2	7.50	9.61	8.58	7.83	8.38 a	Effet K: HS
N×K	6.97 d	7.21 c	8.12 b	8.19 a	7.62	Effet N×K : HS

L'action de l'engrais azoté sur la teneur en azote des feuilles au stade floraison présente un effet hautement significatif. Cette teneur passe de 6.34 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 8.38 ppm obtenue avec la dose N2 (414 UN/ha), l'augmentation est de 24.46 %.

L'analyse de la variance révèle (03) groupes homogènes pour l'effet N à savoir :

- Le groupe (a) représenté par la dose N2 (414 UN/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose N1 (207 UN/ha).
- Le groupe (c) représenté par la dose N0 (sans apport).

La teneur en azote des feuilles au stade floraison est influencée aussi d'une façon hautement significative avec les doses de potassium apportées. Cette teneur passe de 6.97 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 8.19 ppm obtenue avec la dose K3 (575 UK2O/ha).

La comparaison entre les moyennes a mis en évidence quatre (04) groupes homogènes (a), (b), (c), (d) obtenus respectivement avec les doses K3, K2, K1 et K0.

Le potassium intervient dans le métabolisme de l'azote pendant le cycle de développement de la culture, en favorisant l'élaboration des protéines à partir de l'azote minéral (BAEYENS, 1967)

La teneur en azote des feuilles évolue avec l'augmentation des doses d'azote et de potassium. La stabilité de la teneur en azote dans les feuilles peut être due à l'intervention des facteurs externes dont les conditions du milieu et des facteurs internes liés à l'état physiologique de la plante.

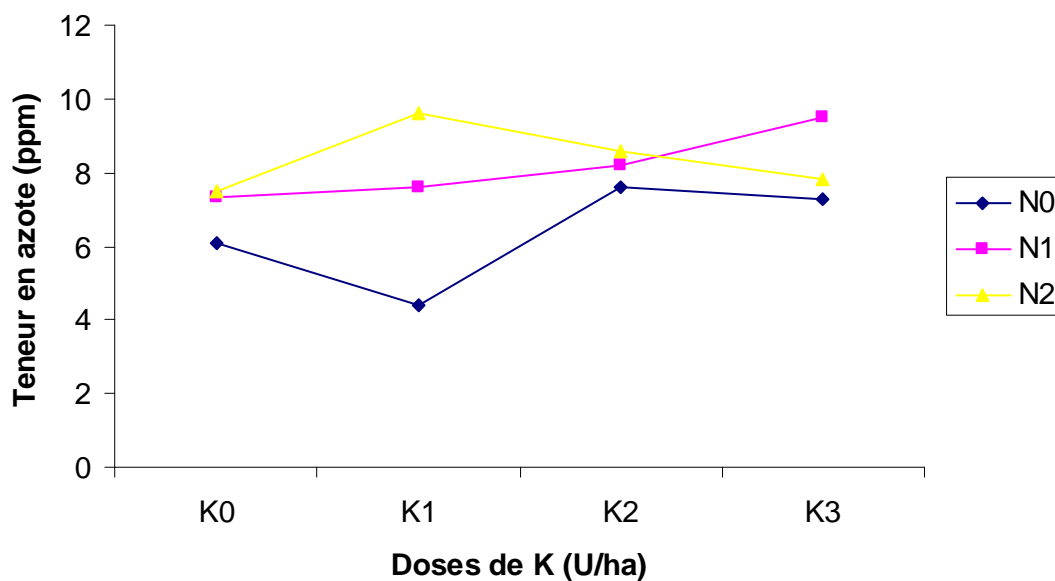


Figure 18: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade floraison

c. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles

Les résultats de la teneur en azote des feuilles au stade maturation sont présentés dans le tableau 19 et illustrés dans la figure 19.

Tableau 19: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade maturation.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	8.36 a	5.39 b	6.10 b	6.93 b	5.74 c	
N1	3.40 c	6.26 b	6.36 b	7.16 a	6.54 b	Effet N : HS
N2	5.23 b	6.33 b	7.42 a	6.42 b	6.57 a	Effet K : HS
N×K	5.66 d	5.99 c	6.63 b	6.84 a	6.28	Effet N×K : HS

La teneur en azote des feuilles au stade maturation est influencée d'une façon hautement significative par les doses de l'azote. Cette teneur passe de 5.74 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 6.57 ppm obtenue avec la dose N2 (414 UN/ha), l'augmentation est de l'ordre 12.63%.

La comparaison des moyennes présente (03) groupes homogènes à savoir :

- La dose N2 (414 unités d'azote/ha) renferme le groupe (a).
- La dose N1 (207 unités d'azote/ha) renferme le groupe (b).
- La dose N0 (sans apport) renferme le groupe (c).

Aussi l'analyse de la variance a révélé un effet hautement significatif de la fertilisation potassique sur la teneur en N des feuilles. Celle-ci passe de 5.66 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 6.84 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l'ordre de 17.25%.

L'effet du potassium révèle (04) groupes homogènes (a, b, c, d) représentés par les différentes doses de K:

- La dose K3 (575 UK2O/ha) présente le groupe (a).
- La dose K2 (450 UK2O/ha) présente le groupe (b).
- La dose K1 (325 UK2O/ha) présente le groupe (c).

- La dose K0 (sans apport) présente le groupe (d).

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative sur ce paramètre en fonction de l'augmentation des doses d'azote et de potassium.

L'analyse de la variance révèle (06) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements N0K0, N2K2 et N1K3, N0K0, N2K2, N1K1 et N2K1.
- Le groupe (b) représenté par les traitements N0K2, N1K2, N2K0, N0K1, N0K3 et N2K3.
- Le groupe (c) représenté par le traitement N1K0.

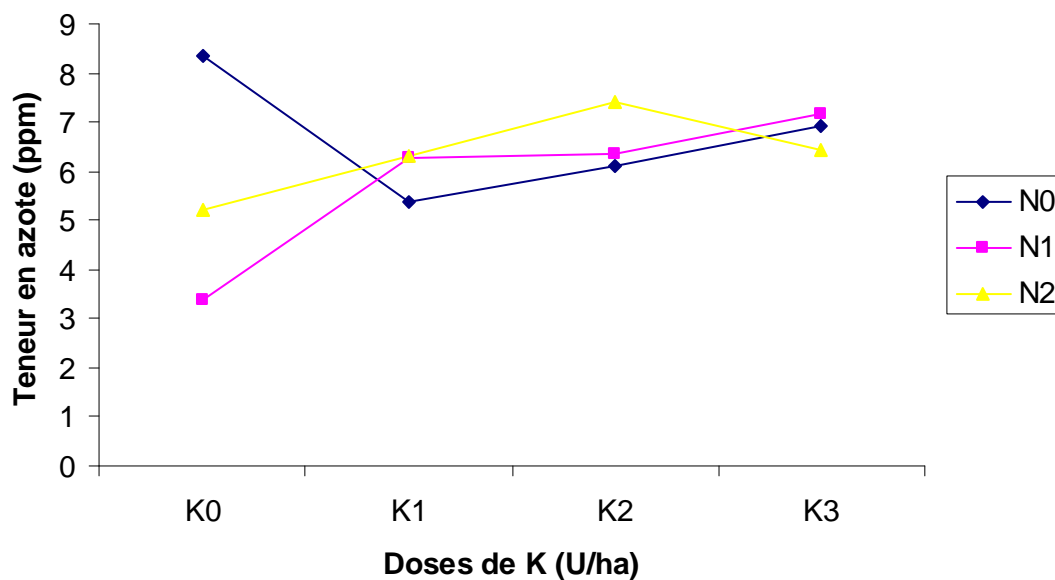


Figure 19: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des feuilles au stade maturation

d. Evolution de la teneur en azote des feuilles

Les résultats de la teneur en azote des feuilles durant le cycle végétatif du concombre sont présentés dans le tableau 20 et illustrés dans la figure 20.

Tableau 20 : Evolution de la teneur en azote des feuilles en fonction des stades

	1^{er} stade	2^{ème} stade	3^{ème} stade
Teneur en N (ppm)	8.68	7.62	6.28

D’après le tableau (20), on constate une diminution de la teneur en azote des feuilles durant le cycle végétatif de la culture. La teneur en azote passe ainsi de 8.68 ppm obtenue durant le premier stade (développement des feuilles) à 6.28 ppm obtenue durant le dernier stade (maturation), soit une diminution de l’ordre de 27.64 %.

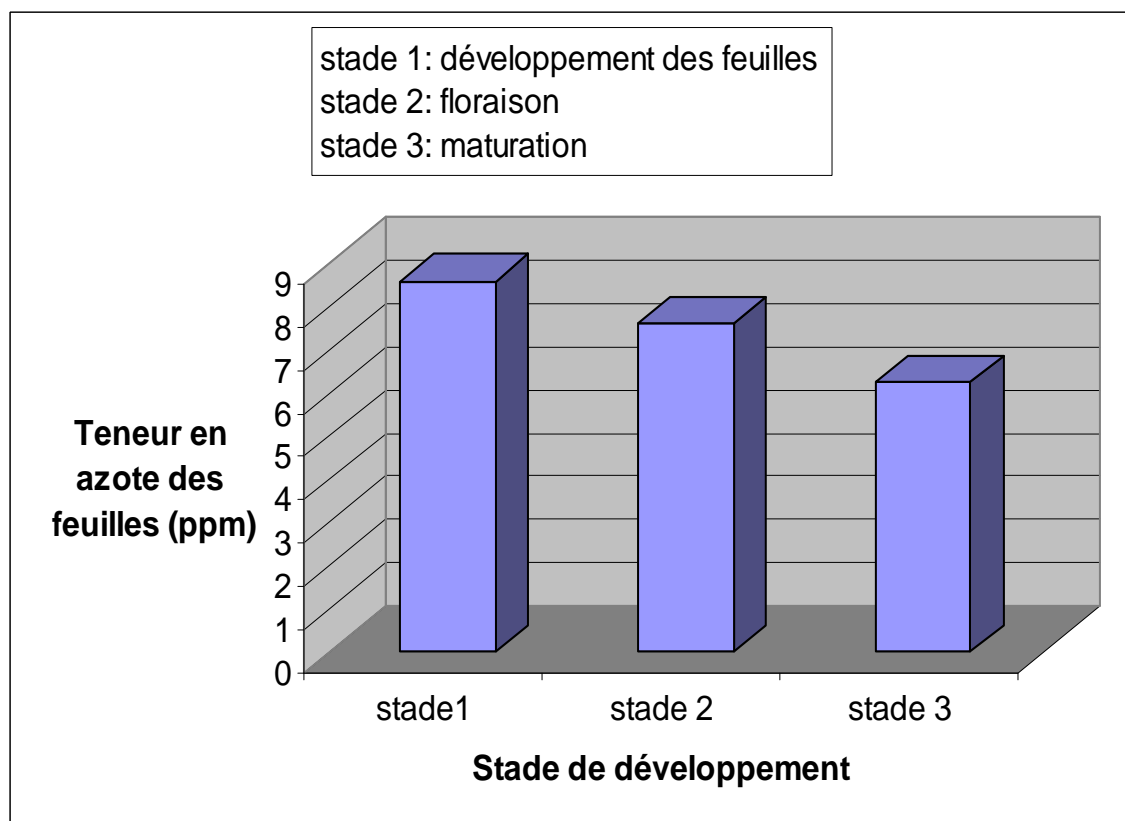


Figure 20 : Evolution de la teneur en azote des feuilles durant le cycle végétatif du concombre.

III.2.1.2. Teneur en azote des fruits

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits

Les résultats de la teneur en azote des fruits de la 1^{ère} récolte sont présentés dans le tableau 21 et illustrés dans la figure 21.

Tableau 21: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la 1^{ère} récolte.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	7.99	5.78	5.92	7.5	6.79 c	
N1	4.46	7.61	7.64	7.62	6.83 b	Effet N : HS
N2	7.16	7.16	8.16	7.13	7.40 a	Effet K : HS
N×K	6.53 d	6.85 c	7.24 b	7.41 a	7.01	Effet N×K : HS

D'après le tableau (21), on observe que la teneur en azote des fruits varie de façon hautement significative en fonction des doses croissantes d'azote. Cette teneur passe de 6.79 ppm obtenue avec la dose N0 (Sans azote) à 7.40 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l'ordre de 8.24%.

Une forte nutrition d'azote au stade maturation des fruits augmente la teneur en azote du fruit.

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

- Le groupe (a) représenté par la dose N2 (414 unités d'azote/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose N1 (207 unités d'azote/ha).
- Le groupe (c) représenté par la dose N0 (sans apport).

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif du potassium sur la teneur en azote des fruits. Cette teneur passe de 6.53 ppm obtenue avec la dose K0 à 7.41 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha), l'augmentation est de 11.87 %.

Quatre (04) groupes homogènes sont formés (a, b, c, d); représentés respectivement par les doses K3, K2, K1, K0.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative sur la teneur en N des fruits. Cette teneur augmente avec les doses croissantes de l'azote et de potassium.

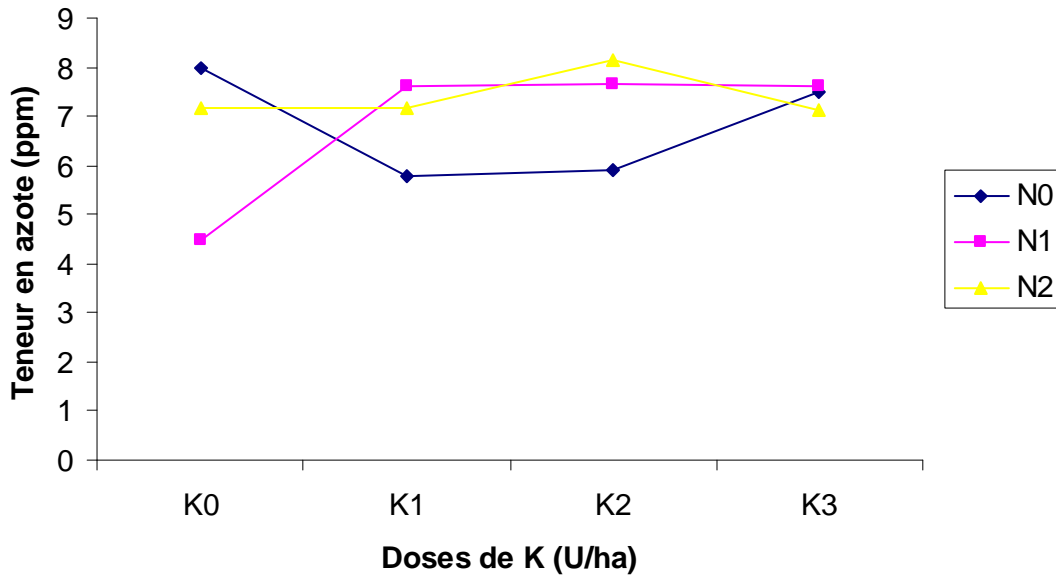


Figure 21: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la 1^{ière} récolte.

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits

Les résultats de la teneur en azote des fruits de la 3^{ème} récolte sont présentés dans le tableau 22 et illustrés dans la figure 22.

Tableau 22 : Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la 3^{ème} récolte.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	6.5	8	7.5	7.5	7.37 c	
N1	7.75	5.75	7.79	8.58	7.46 b	Effet N : S
N2	7.25	7.99	8.25	8.56	8.01 a	Effet K: HS
N×K	7.16 d	7.24 c	7.84 b	8.21 a	7.61	Effet N×K : HS

L'analyse de variance montre que la teneur en azote des fruits est influencée d'une façon significative avec les doses croissantes d'azote. Cette teneur passe de 7.37 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 8.01 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha), l'augmentation est de 8.36%.

L'analyse de la variance révèle (03) groupes homogènes à savoir :

- Le groupe (a) représenté par la dose N2 (414 UN/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose N1 (207 UN/ha).
- Le groupe (c) représenté par la dose N0 (sans apport).

La fertilisation potassique influe sur la teneur en azote des fruits d'une façon hautement significative. Celle-ci passe de 7.16 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 8.21 ppm obtenue de la dose K3 (575 unités de potassium/ha), l'augmentation est de 12.78 %.

L'analyse de la variance révèle quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par la dose K3 (575 UK2O/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha).
- Le groupe (c) représenté par la dose K1 (325 UK2O/ha).
- Le groupe (d) représenté par la dose K0 (sans apport).

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative avec les différents niveaux d'apports de l'azote. Ce nombre passe de 6.5 ppm obtenu avec le traitement N0K0 à 7.5 ppm obtenu avec le traitement N0K3. Pour la dose d'azote N1 (207 U/ha), ce nombre passe de 7.75 ppm obtenu avec le traitement N1K0 à 8.58 ppm obtenu avec le traitement N1K3. Aussi pour la dose N2 (414 U/ha), ce nombre passe de 7.25 ppm obtenu avec le traitement N2K0 à 8.56 ppm obtenu avec le traitement N2K3.

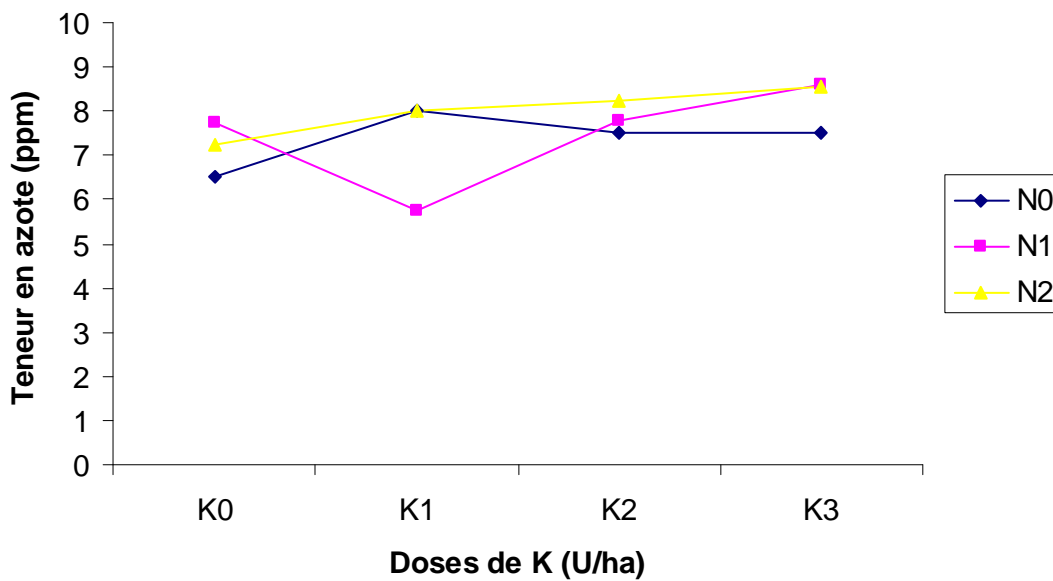


Figure 22: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la 3^{ème} récolte

c. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits

Les résultats de la teneur en azote des fruits de la dernière récolte sont présentés dans le tableau 23 et illustrés dans la figure 23.

Tableau 23: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la dernière récolte.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	8.58 a	8.45 b	7.57 c	8.53 b	8.28 c	
N1	6.79 b	7.91 c	10.58 a	9.40 a	8.67 b	Effet N : S
N2	7.76 b	9.63 a	8.69 b	9.62 a	8.92 a	Effet K : HS
N×K	7.71 d	8.66 c	8.94 b	9.18 a	8.62	Effet N×K : HS

D'après le tableau (23), on constate que la teneur en azote des fruits est influencée d'une façon significative avec les doses croissantes d'azote. Cette teneur augmente progressivement avec l'augmentation des doses d'azote et passe de 8.28 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 8.92 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l'ordre 7.17 %.

L'analyse de la variance révèle (03) groupes homogènes à savoir :

- Le groupe (a) est formé par la dose N2 (414 UN/ha).
- Le groupe (b) est formé par la dose N1 (207 UN/ha).
- Le groupe (c) est formé par la dose N0 (sans apport).

La fertilisation potassique influe sur la teneur en azote des fruits d'une façon hautement significative. Celle-ci passe de 7.71 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 9.18 ppm obtenue avec la dose K3 (575 UN/ha).

L'analyse de la variance révèle (04) groupes homogènes à savoir :

- Le groupe (a) renferme la dose K3 (575 UN/ha).
- Le groupe (b) renferme la dose K2 (450 UN/ha).
- Le groupe (c) renferme la dose K1 (325 UN/ha).

- Le groupe (d) renferme la dose K0 (sans apport).

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative, l'analyse de la variance révèle 07 groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements : N0K0, N2K1, N1K2, N2K3 et N1K3.
- Le groupe (b) représenté par les traitements: N1K0, N2K0, N2K2. N0K1 et N0K3.
- Le groupe (c) représenté par les traitement: N0K2 et N1K1.

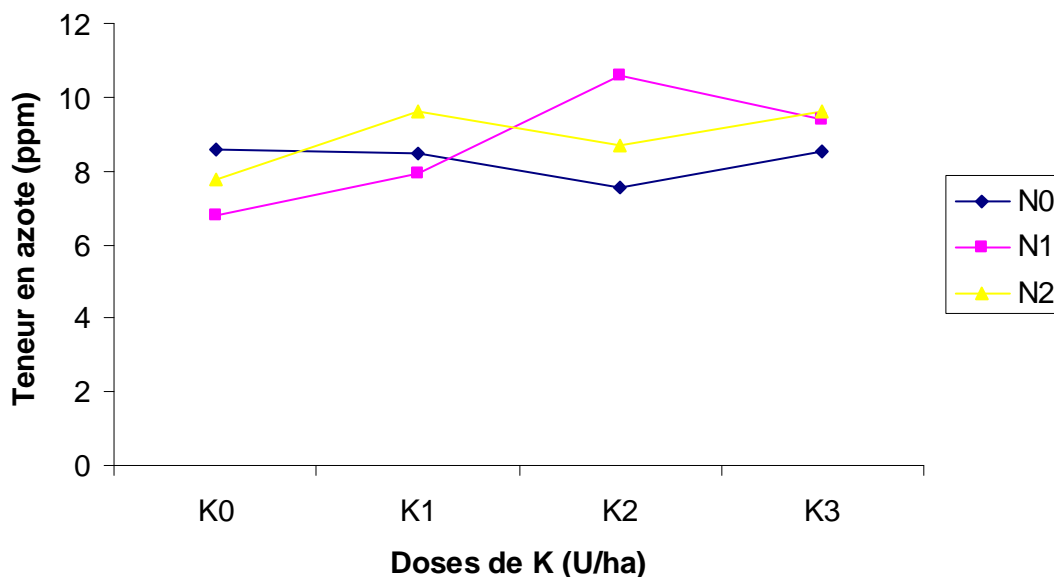


Figure 23: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote des fruits de la dernière récolte

Conclusion

Pour les différents stades de développement de la culture (développement des feuilles, floraison et maturation), la fertilisation azotée a une action positive sur la teneur en azote des feuilles et fruits en fonction des doses d'azote, de potassium et leur interaction.

Au stade de développement des feuilles, il s'avère que l'engrais azoté augmente la teneur en azote des feuilles en fonction de la dose apportée. Aussi les doses de potassium et l'interaction (N×K) augmentent la teneur de ce paramètre. Ceci peut atteindre une valeur de 10.5 ppm obtenue avec la combinaison N2K3 et N0K2. Cette valeur dépasse de loin la valeur la plus faible 5.5 ppm obtenue avec la combinaison N0K0.

Au stade floraison, les résultats obtenus présentent une évolution de l'azote dans les feuilles. Durant ce stade, des augmentations obtenues avec les apports d'azote, de potassium et de l'interaction (N×K).

Au stade maturation, les feuilles présentent des teneurs en azote moins élevées que les fruits. Ces teneurs présentent une évolution en fonction de la fertilisation azotée et potassique.

Concernant les fruits, la teneur en azote est influencée d'une façon positive et significative avec les doses d'azote, de potassium et l'interaction (N×K).

A la première récolte, les apports de l'azote augmentent la teneur en azote des fruits. Cette dernière présente une valeur de 8.16 ppm considérée comme élevée obtenue avec le traitement N2K2 et une valeur relativement faible de l'ordre de 4.46 ppm obtenue avec la combinaison N1K0. Aussi bien pour la 3^{ème} et la dernière récolte, les fruits présentent des teneurs en azote plus élevées que les feuilles. Ces teneurs présentent une évolution en fonction de la fertilisation azotée et potassique.

d. Evolution de la teneur en azote des fruits

Les résultats de la teneur en azote des fruits selon des différentes récoltes sont présentés dans le tableau 24 et illustrés dans la figure 24.

Tableau 24 : Evolution de la teneur en azote des fruits

	1 ^{re} récolte	3 ^{ème} récolte	Dernière récolte
Teneur en N (ppm)	7.01	7.61	8.62

D’après le tableau (24), on remarque une augmentation de la teneur en azote des fruits dès la première récolte jusqu’à la dernière récolte. La teneur en azote passe de 7.01 ppm obtenue dans la première récolte à 8.62 ppm obtenue dans la dernière récolte soit une augmentation de l’ordre de 18.67%.

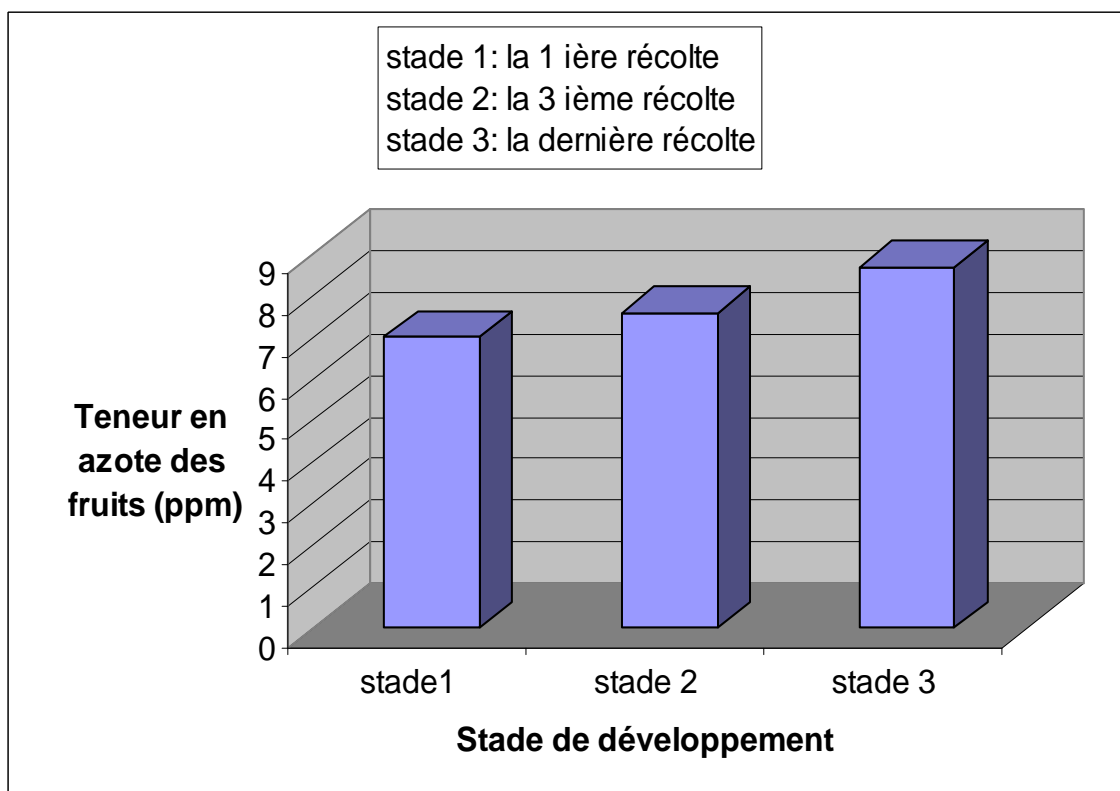


Figure 24: Evolution de la teneur en azote des fruits selon des différentes récoltes.

Conclusion

Une diminution de la teneur en azote dans les feuilles est constatée en fonction des différents stades de développement de la culture. Cette teneur passe de 8.68 ppm obtenue au stade développement des feuilles (tableau 17) à 6.28 ppm obtenue au stade maturation (tableau 19). Selon BAEYENS (1967) une plante jeune est plus riche en azote qu'une plante vieille qui elle est plus riche en hydrate de C.

Pour les fruits, une augmentation de la teneur en azote est constatée en fonction des différents stades de récolte dès la première récolte vers la dernière récolte cette augmentation peut être due aux substances de réserves.

La plante absorbe l'azote jusqu'à la fin de son cycle végétatif. Dans un premier temps l'azote sert au développement de l'appareil végétatif, ensuite il est orienté à la constitution des substances de réserves. Selon BAEYENS (1967) puisque l'azote est indispensable à l'élaboration des protides, son rôle comme élément majeur est clair. Il existe un rapport entre la quantité de l'azote absorbé et les quantités de chlorophylle et de protides produites.

III.2.2. Teneur en potassium de la plante

III.2.2.1. Teneur en potassium des feuilles

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles

Les résultats de la teneur en potassium des feuilles au stade développement des feuilles sont présentés dans le tableau 25 et illustrés dans la figure 25.

Tableau 25: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles au stade développement des feuilles.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	3.00 d	2.25 d	2.00 d	2.50 d	2.43 c	
N1	1.36 d	3.00 d	4.36 c	4.50 c	3.30 b	Effet N : S
N2	4.25 c	5.75 b	9.50 a	10.59 a	7.52 a	Effet k : HS
N×K	2.87 d	3.66 c	5.28 b	5.86 a	4.42	Effet N×K : HS

La teneur en potassium des feuilles au stade développement des feuilles, présente des différences hautement significatives en fonction des doses croissantes de potassium. Cette teneur en K passe de 2.87 ppm obtenue avec K0 (Sans potassium) à 5.86 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha), les autres doses K1, K2 présentent une teneur en potassium de 3.66 ppm et 5.28 ppm. Le coefficient de variation est 18.98%.

L'analyse de la variance a fait ressortir quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d). Le premier groupe (a) est représenté par la dose K3 (575 UK2O/ha). Le groupe (b) est représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha). Le groupe (c) formé par la dose K1 (325 UK2O/ha). Le groupe (d) est représenté par la dose K0 (sans apport).

Aussi L'analyse de la variance (tableau 10, annexe), montre un effet significatif de l'azote sur la teneur en potassium des feuilles. Ce dernier passe de 2.43 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 7.52 ppm obtenue avec N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l'ordre de 67.68 %.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative. Cette dernière montre que la teneur la plus élevée en potassium est 10.59 ppm obtenue avec le traitement N2K3.

L'analyse de variance révèle (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements N2K2 et N2K3.
- Le groupe (b) représenté par le traitement N2K1.
- Le groupe (c) représenté par les traitements N2K0, N1K2 et N1K3.
- Le groupe (d) représenté par les traitements N0K0, N1K0, N0K1, N1K1, N0K2 et N0K3.

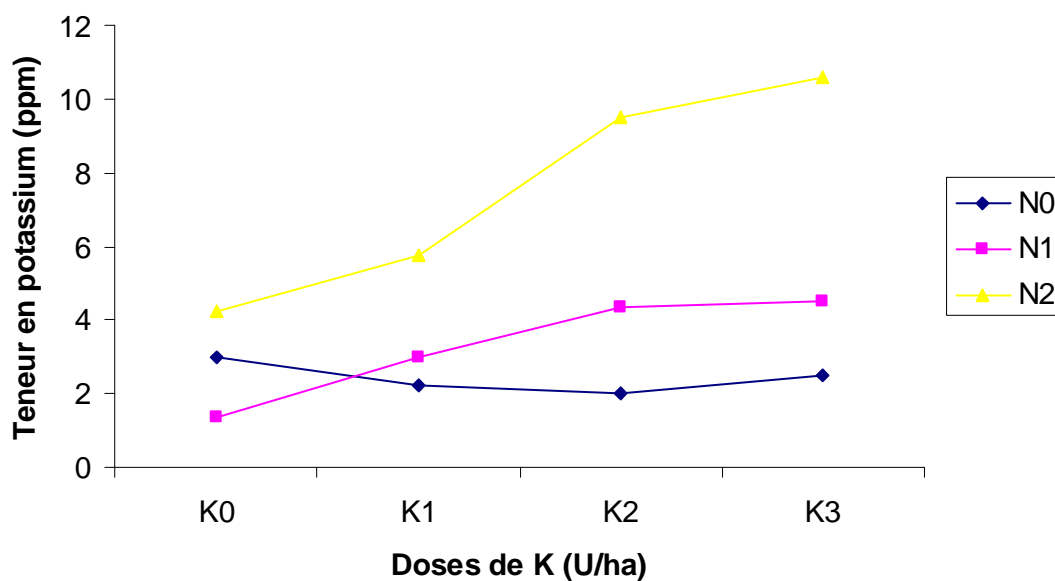


Figure 25: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade développement des feuilles

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles

Les résultats de la teneur en potassium des feuilles au stade floraison sont présentés dans le tableau 26 et illustrés dans la figure 26.

Tableau 26: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade floraison.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	4,00	6,28	8,09	10,00	7,09 c	
N1	5,20	5,36	8,80	17,41	9,19 b	Effet N : S
N2	3,36	6,56	14,53	17,59	10,51 a	Effet K : HS
N×K	4,18 d	6,06 c	10,47 b	13,76 a	8,93	Effet N×K : HS

D’après le tableau (26), on observe que l’effet du potassium est hautement significatif, l’apport de potassium améliore la teneur en K des feuilles au stade floraison. Cette teneur évolue de 4.18 ppm obtenue avec la dose K0 (Sans apport) à 13.76 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l’ordre de 69.62%. Les autres doses K1 (325 UK2O/ha), K2 (450 UK2O/ha) présentent (6.06 ppm, 10.47 ppm).

L’analyse de la variance révèle (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- le groupe (a) représente par La dose K3 (575 UK2O/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha).
- Le groupe (c) représenté par la dose K1 (325 UK2O/ha).
- Le groupe (d) représenté par la dose K0 (sans apport).

Les doses d'azote ont une action significative sur le paramètre étudié. La teneur en N passe de 7.09 ppm obtenue avec la dose N0 (Sans azote) à 10.51 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l’ordre de 32.54%.

Les groupes homogènes (a, b, c) représentent les doses N2 (414 UN/ha), N1 (207 UN/ha), N0 (sans apport).

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative sur la teneur en potassium des feuilles. Cette dernière montre la teneur la plus élevée de 17.59 ppm avec le traitement N2K3, la teneur la plus faible est de 3.36 ppm avec le traitement N2K0.

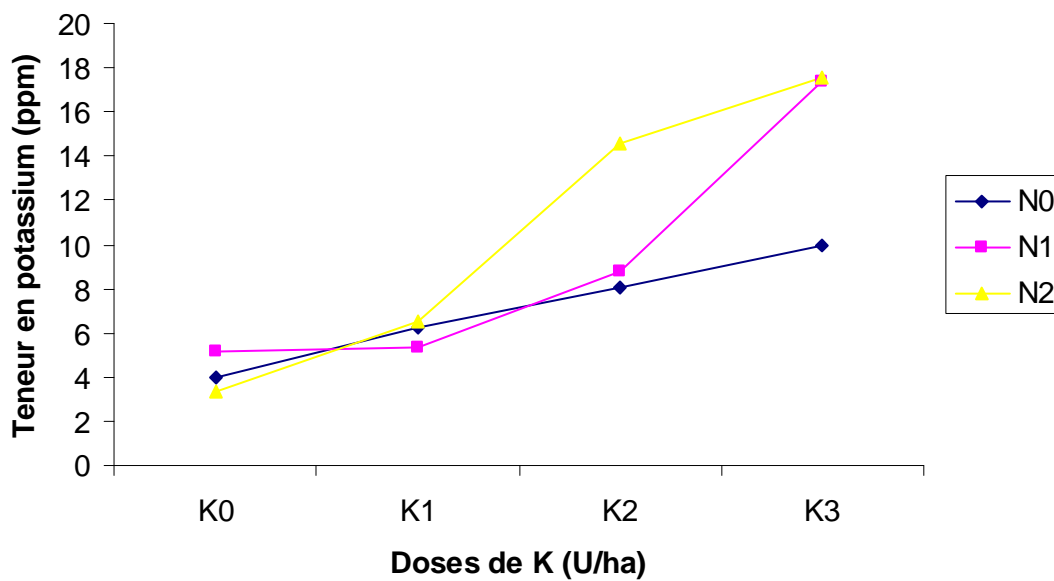


Figure 26: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade floraison

c. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des feuilles

Les résultats de la teneur en potassium des feuilles au stade maturation sont présentés dans le tableau 27 et illustrés dans la figure 27.

Tableau 27: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade maturation.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	2.46 c	2.23 c	5.23 b	6.00 b	3.98 c	
N1	2.50 c	2.93 c	4.33 b	7.36 a	4.28 b	Effet N : HS
N2	2.80 c	3.00 c	6.53 a	11.46 a	5.94 a	Effet K : HS
N×K	2.58 d	2.72 c	5.36 b	8.27 a	4.73	Effet N×K : HS

La teneur en potassium des feuilles au stade maturation varie de façon hautement significative en fonction des doses croissantes de potassium. Cette teneur passe de 2.58 ppm obtenue avec la dose K0 à 8.27 ppm obtenue avec la dose K3 (575 UK2O/ha) soit une augmentation de l'ordre de 68.80%. Les autres doses K1 (325 UK2O/ha), K2 (450 UK2O/ha) sont 2.72 ppm, 5.36 ppm.

La comparaison des moyennes a mis en évidence quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d) obtenus respectivement avec les doses K3, K2, K1 et K0. LOUE (1982) confirme que la fertilisation potassique a une action positive sur la teneur en potassium dans la plante et l'évolution de cette teneur est liée avec l'augmentation des doses apportées.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'azote a influencé de façon hautement significative la teneur en potassium des feuilles. La dose N2 (414 unités d'azote/ha) présente une teneur élevée en K 5.94 ppm, par contre la dose N0 présente la teneur en K la plus faible 3.98 ppm.

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative sur la teneur en K des feuilles. L'apport de l'azote et de potassium a amélioré cette dernière. La teneur la plus élevée est 11.46 ppm obtenue au niveau du traitement N2K3, par contre la valeur la plus faible est 2.23 ppm obtenue au niveau du traitement N0K1.

L'analyse de la variance révèle (07) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements N2K2, N1K3 et N2K3.
- Le groupe (b) représenté par le traitement N0K2, N0K3 et N1K2.
- Le groupe (c) représenté par les traitements N0K0, N1K0, N2K0, N0K1, N1K1, N2K1.

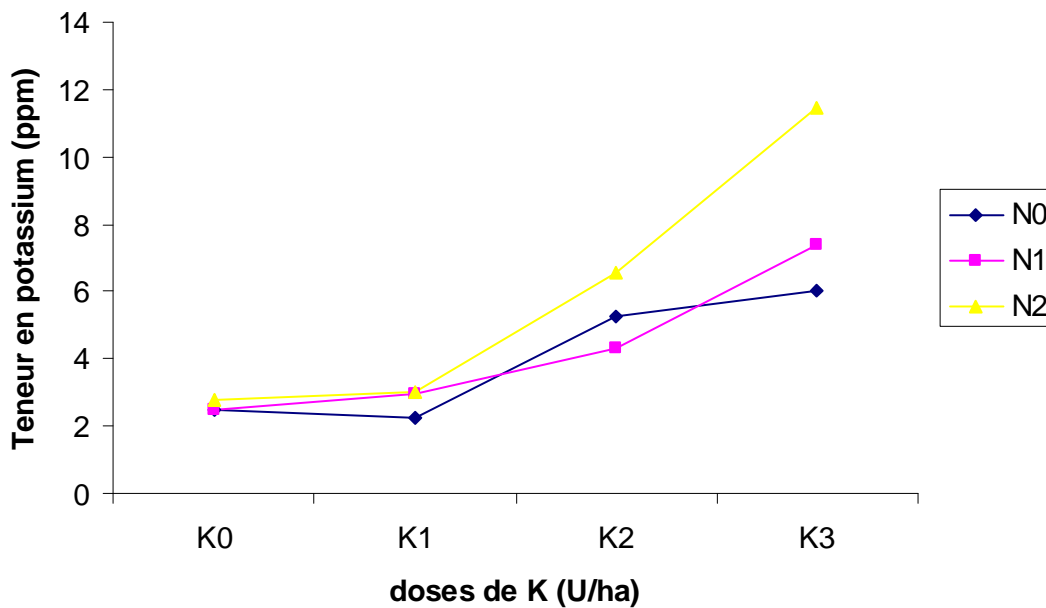


Figure 27: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des feuilles au stade maturation

d. Evolution de la teneur en potassium des feuilles

Les résultats de la teneur en potassium des feuilles au cours du cycle végétatif sont présentés dans le tableau 28 et illustrés dans la figure 28.

Tableau 28 : Evolution de la teneur en potassium des feuilles

	1^{ier} stade	2^{ème} stade	3^{ème} stade
Teneur en K (ppm)	4.42	8.93	4.73

D'après le tableau (28), on remarque une augmentation de la teneur en potassium des feuilles dès le premier stade avec une teneur de 4.42 ppm jusqu'à le deuxième stade avec une teneur de 8.93 ppm soit une augmentation de l'ordre de 50.5%. Puis une diminution de cette teneur dès le stade floraison jusqu'à le stade maturation avec une teneur de 4.73 ppm soit une diminution de l'ordre de 47.03 %.

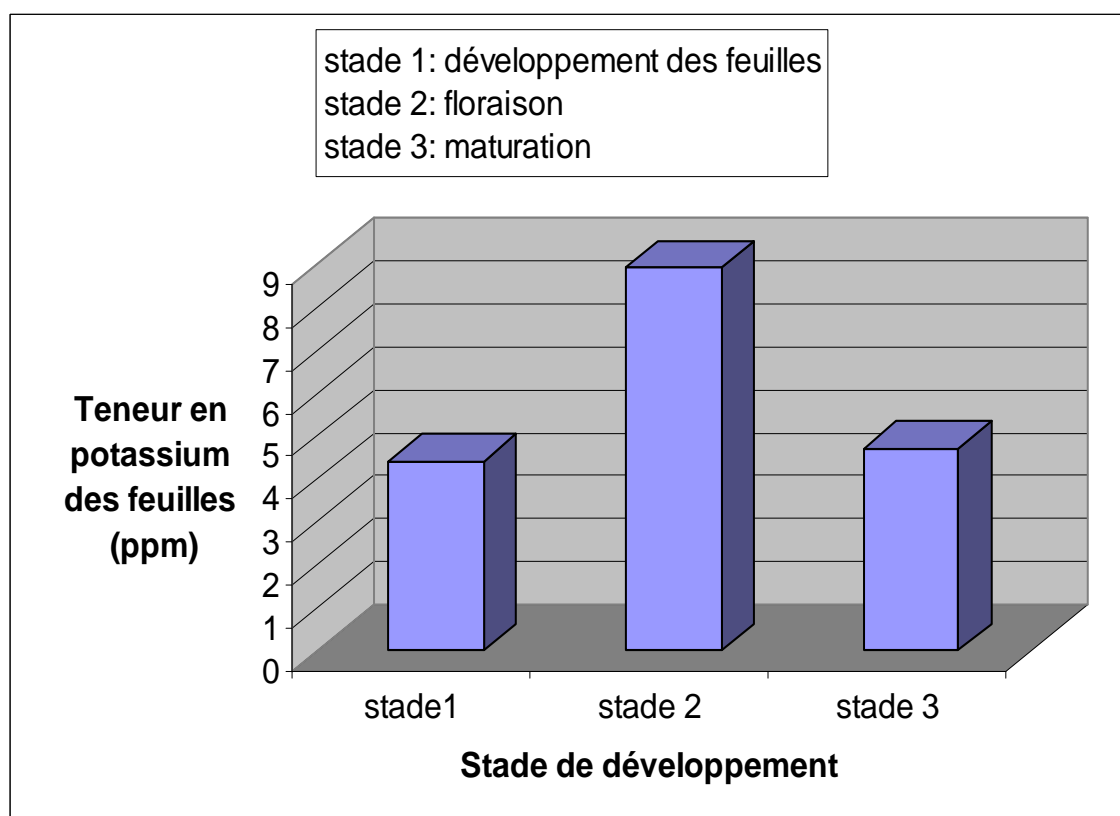


Figure 28: Evolution de la teneur en potassium des feuilles durant le cycle végétatif

III.2.2.2. Teneur en potassium des fruits

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des fruits

Les résultats de la teneur en potassium des fruits de la 1^{re} récolte sont présentés dans le tableau 29 et illustrés dans la figure 29.

Tableau 29: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 1^{ère} récolte.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	6.00	18.00	21.33	31.50	19.20 c	Effet N : HS
N1	15.33	19.83	21.20	24.16	20.13 b	
N2	16.00	16.50	21.00	33.16	21.66 a	Effet K: HS
N×K	12.44 d	18.11 c	21.17 b	29.60 a	20.33	Effet N×K : HS

La teneur en potassium des fruits varie de façon hautement significative en fonction des doses de potassium apportées. Celle-ci passe de 12.44 ppm obtenue avec K0 à 29.60 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l'ordre de 57.97%. Les autres doses K1 (325 UK2O/ha) et K2 (450 UK2O/ha) sont 18.11 ppm, 21.17 ppm.

L'analyse de la variance révèle (04) groupes homogènes qui sont (a, b, c, d) présentent les doses suivantes K1 (325 U/ha), K2 (450 U/ha), K0 (sans apport), K3 (575 U/ha).

La teneur en K des fruits varie de façon hautement significative en fonction des doses de l'azote apportées. Celle-ci passe de 19.20 ppm obtenue avec la dose N0 à 21.66 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l'ordre de 11.35%.

Les groupes homogènes sont (a, b, c) présentent les doses N2 (414 UN/ha), N1 (207 UN/ha), N0 (sans apport).

L'influence de l'interaction (N×K) sur la teneur en potassium des fruits est hautement significative, ce paramètre peut atteindre une teneur de 33.16 ppm obtenue

avec le traitement N2K3, la teneur la plus faible est 6 ppm obtenue avec le traitement N0K0.

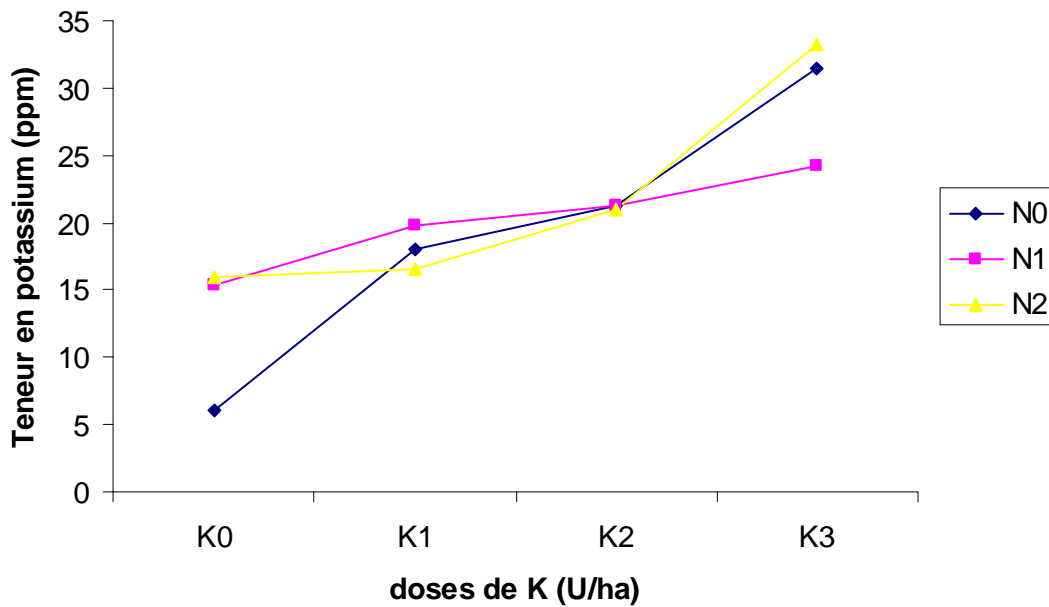


Figure 29: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 1^{ière} récolte

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des fruits

Les résultats de la teneur en potassium des fruits de la 3^{ème} récolte sont présentés dans le tableau 30 et illustrés dans la figure 30.

Tableau 30: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la 3^{ème} récolte.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	18.50	25.50	32.25	37.56	28.45 c	
N1	22.50	29.75	30.25	35.50	29.5 b	Effet N : HS
N2	23.33	39.50	41.75	50.00	38.64 a	Effet K : HS
N×K	21.44 d	31.58 c	34.75 b	41.02 a	32.19	Effet N×K : HS

La teneur en potassium des fruits varie de façon hautement significative en fonction des doses de potassium apportées. Celle-ci passe de 21.44 ppm obtenue avec K0 (Sans potassium) à 41.02 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l'ordre de 47.73%. Les autres doses K1, K2 présentent 31.58 ppm et 34.75 ppm.

L'analyse de la variance révèle (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir:

- Le groupe (a) représenté par la dose K3 (575 UK2O/ha).
- Le groupe (b) représenté par la dose K2 (450 UK2O/ha).
- Le groupe (c) représenté par la dose K1 (325 UK2O/ha).
- Le groupe (d) représenté par la dose K0 (sans apport).

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'azote sur la teneur en K. celle-ci passe de 28.45 ppm obtenue avec la dose N0 à 38.64 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha).

La comparaison des moyennes illustre (03) groupes homogènes (a, b, c), le groupe (a) présente la dose N2 (414 UN/ha), le groupe (b) présente la dose N1 (207 UN/ha) et le groupe (c) présente la dose N0 (sans apport).

L'influence de l'interaction (N×K) sur la teneur en potassium des fruits est hautement significative, ce paramètre peut atteindre une teneur de 50 ppm obtenue

avec le traitement N2K3, la teneur la plus faible est 18.5 ppm obtenue avec le traitement N0K0.

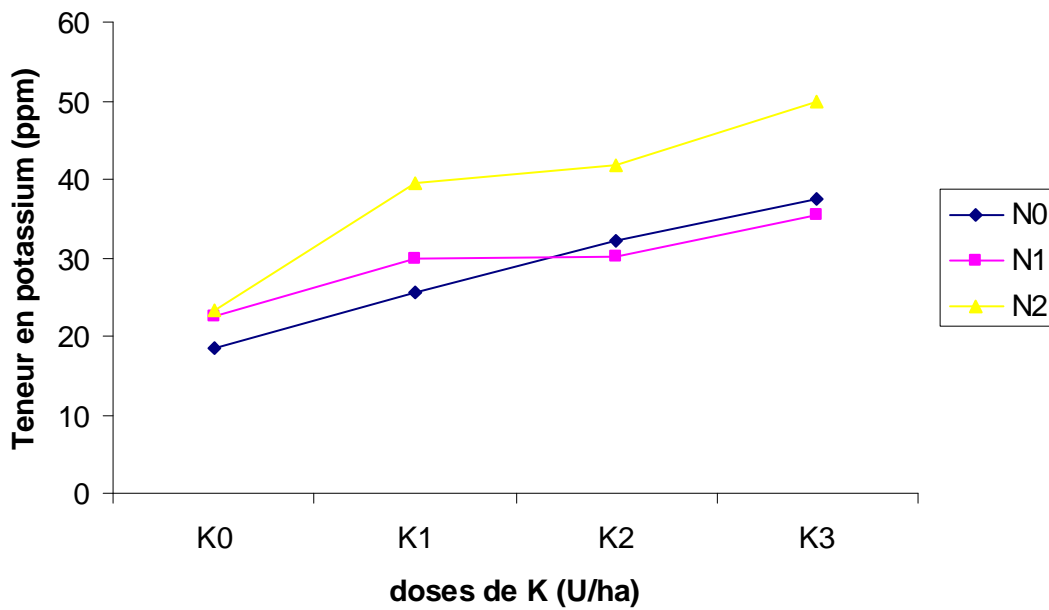


Figure 30: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des fruits de la 3^{ème} récolte

C. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en K des fruits

Les résultats de la teneur en potassium des fruits de la dernière récolte sont présentés dans le tableau 31 et illustrés dans la figure 31.

Tableau 31: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la dernière récolte.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	26.66 c	32.660c	34.50 c	46.50 b	35.08 c	
N1	25.33 c	36.66 c	45.83 b	53.00 a	40.20 b	Effet N : HS
N2	25.33 c	45.00 b	55.00 a	55.33 a	45.16 a	Effet K : HS
N×K	25.77 d	38.10 c	45.11 b	51.61 a	40.15	Effet N×K : HS

La teneur en potassium des fruits varie de façon hautement significative en fonction des doses croissantes de potassium. Cette teneur passe de 25.77 ppm obtenue avec la dose K0 à 51.61 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) (tableau 17) soit une augmentation de l'ordre de 50 %. Les autres doses K1 et K2 présentent 38.10 ppm, 45.11 ppm.

La comparaison des moyennes a mis en évidence quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d) obtenus respectivement avec les doses K3, K2, K1 et K0. LOUE (1982) confirme que la fertilisation potassique a une action positive sur la teneur en potassium dans la plante et l'évolution de cette teneur est liée avec l'augmentation des doses apportées.

Les résultats de la l'analyse de la variance montrent que l'azote a influencé de façon hautement significative sur la teneur en potassium des feuilles. La dose N0 (sans apport) présente une faible teneur en K 35.08 ppm, par contre la dose N2 (414 unités d'azote/ha) présente une teneur en K plus élevée 45.16 ppm.

Les groupes homogènes sont (a, b, c) présentés par les doses N2 (414 UN/ha), N1 (207 UN/ha) et N0 (sans apport).

En ce qui concerne l'interaction (N×K), les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence hautement significative sur la teneur en K des feuilles. L'apport de l'azote et de potassium a amélioré cette teneur. La teneur la plus élevée est 55.33 ppm

obtenue au niveau du traitement N2K3, par contre la valeur la plus faible 25.33 ppm est obtenue au niveau des traitements N1K0 et N2K0.

L'analyse statistique révèle (06) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements N2K2, N1K3 et N2K3.
- Le groupe (b) représenté par les traitements N0K3, N1K2 et N2K1.
- Le groupe (c) représenté par les traitements N1K1, N1K2, N2K1 N1K0, N2K0 et N0K0.

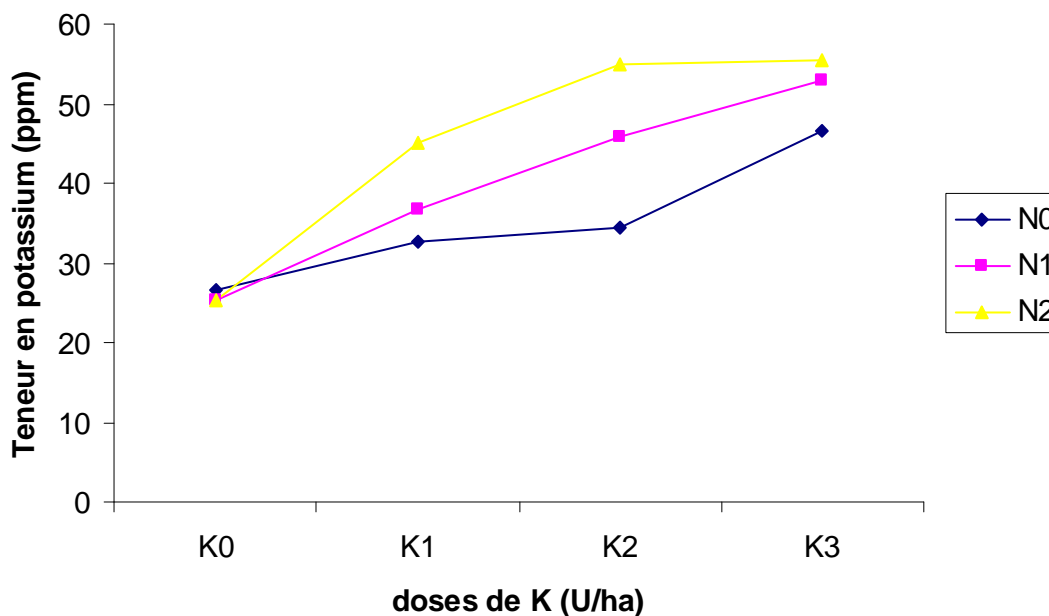


Figure 31: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium des fruits de la dernière récolte

Conclusion

D'après les résultats obtenus, les apports d'azote et de potassium ont une action positive sur la teneur en potassium du végétal aux différents stades de développement de la plante.

Au stade développement des feuilles, une différence hautement significative de la teneur en potassium des feuilles est observée entre les différentes doses de potassium. Les résultats statistiques montrent un effet significatif de l'azote. L'interaction (N×K) agit positivement sur cette teneur.

Au stade floraison, l'analyse de la variance montre des différences significatives de l'azote et hautement significatives pour le potassium et l'interaction sur ce paramètre, les résultats obtenus présentent une évolution de la teneur en potassium des feuilles.

Au stade maturation, la teneur en potassium des feuilles est influencée par la fertilisation azotée potassique. Les résultats montrent des différences hautement significatives de potassium, d'azote et de l'interaction sur la teneur en potassium des feuilles.

Pour la teneur en potassium des fruits, l'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des doses de l'azote, de potassium et de l'interaction sur la teneur en potassium des fruits.

d. Evolution de la teneur en potassium des fruits

Les résultats de la teneur en potassium des fruits selon des différentes récoltes sont présentés dans le tableau 32 et illustrés dans la figure 32.

Tableau 32 : Evolution de la teneur en potassium des fruits

	1^{re} récolte	3^{ème} récolte	Dernière récolte
Teneur en K (ppm)	20.33	32.19	40.15

D’après le tableau (32), on remarque une augmentation progressive de la teneur en potassium des fruits dès la première récolte avec une teneur de 20.33 ppm jusqu’à la dernière récolte soit une augmentation de l’ordre de 49.36%.

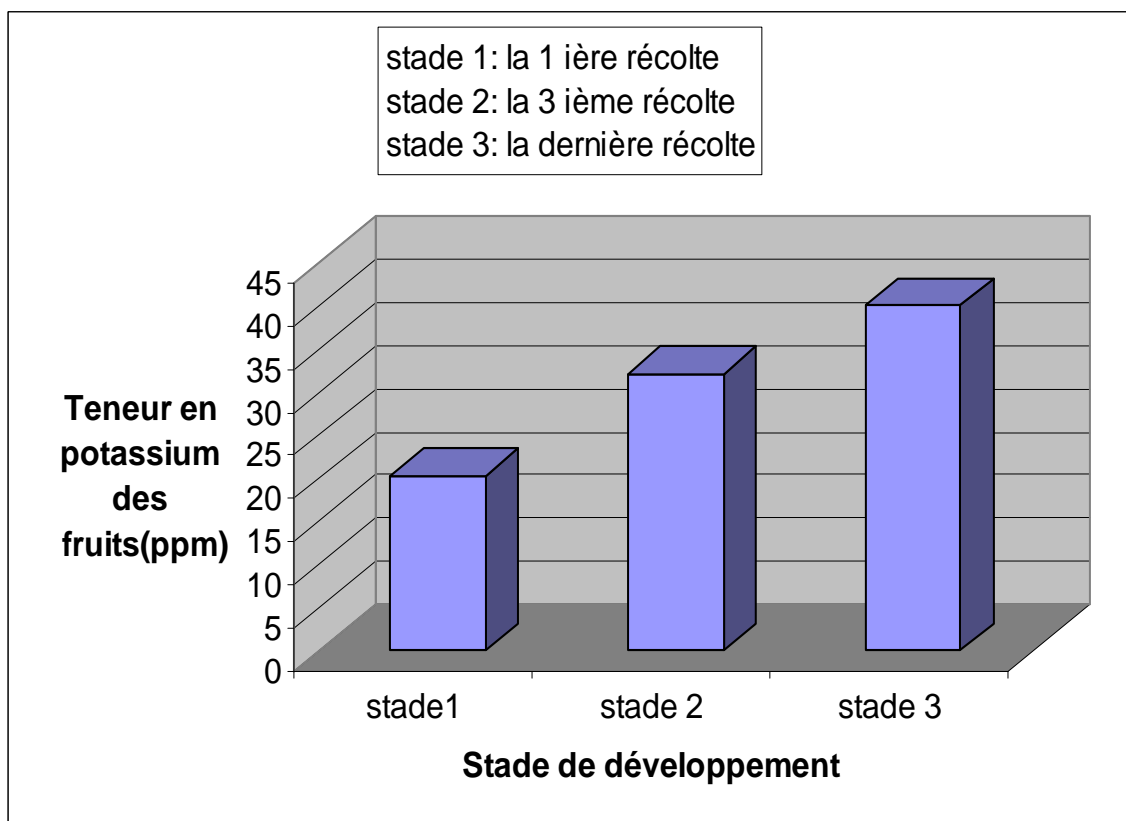


Figure 32: Evolution de la teneur en potassium des fruits selon des différentes récoltes

Conclusion

La teneur en potassium dans la partie aérienne de la plante présente une diminution en fonction des stades de développement du végétal.

Au début du cycle végétatif, la teneur en potassium des feuilles est moins élevée (stade développement des feuilles) et présente une moyenne de (4.42 ppm) (tableau 9). Une augmentation a été notée sur la teneur en K au stade floraison (8.93 ppm), le potassium augmente l'activité photosynthétique du feuille et de telle façon assure une meilleure utilisation de la radiation surtout sous serre car au stade floraison tous les organes en pleine activité vitale. Puis une diminution a été marquée sur la teneur en potassium des feuilles au stade maturation avec une moyenne de (4.73 ppm) car la plante devient âgée et le potassium orienté vers l'élaboration de réserves.

Pour les fruits une augmentation progressive a été notée sur la teneur en potassium dès la première récolte avec une moyenne de (20.33 ppm) à la dernière récolte avec une moyenne de (40.15 ppm), cette augmentation due aux substances de réserves.

III.3. Alimentation azotée et potassique du sol

III.3.1. La teneur en azote du sol

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol

Les résultats de la teneur en azote du sol au début du cycle (stade développement des feuilles) sont présentés dans le tableau 33 et illustrés dans la figure 33.

Tableau 33: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol au début du cycle.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	32.50 c	52.66 b	24.33 c	28.00 c	34.37 c	
N1	53.33 b	35.33 c	105 a	116.50 a	77.58 b	Effet N : HS
N2	49.50 b	122.50 a	106 a	98.16 b	94.04 a	Effet K: HS
N×K	45.11 d	70.16 c	78.44 b	80.88 a	68.66	Effet N×K : HS

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif de l'apport de l'azote, de potassium et de leur interaction (N×K) sur la teneur en azote assimilable du sol.

La teneur en azote du sol au début de cycle (stade développement des feuilles) est influencé de façon hautement significative avec les doses d'engrais azoté apportés. Les résultats obtenus montrent que les teneurs les plus élevées sont obtenues avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) avec 94.04 ppm et les teneurs les plus faibles sont obtenues avec la dose N0 (Sans azote) avec 34.37 ppm.

Les groupes homogènes sont (a, b, c) représentent respectivement les doses N2 (414 UN/ha), N1 (207 UN/ha) et N0 (sans apport).

La teneur en azote assimilable du sol, varie d'une façon hautement significative sous l'effet des doses de potassium apportées. Cette teneur passe de 45.11 ppm obtenue avec la dose K0 à 80.88 ppm obtenue avec la dose K3 (575 UK2O/ha), soit une augmentation de l'ordre de 44.22 %.

La comparaison des moyennes permet de distinguer quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d) qui renferment respectivement les doses K3, K2, K1 et K0.

En fonction de l'interaction (N×K), ce paramètre varie de 24.33 ppm obtenue avec le traitement N0K2 à 122.5 ppm obtenue avec la combinaison N2K1.

L'analyse de la variance révèle (09) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (b) représenté par le traitement N1K0, N2K0, N0K1 et N2K3.
- Le groupe (c) représenté par le traitement N1K1, N0K3, N0K0 et N0K2.
- Le groupe (a) représenté par les traitements N2K1, N1K3, N1K2 et N2K2.

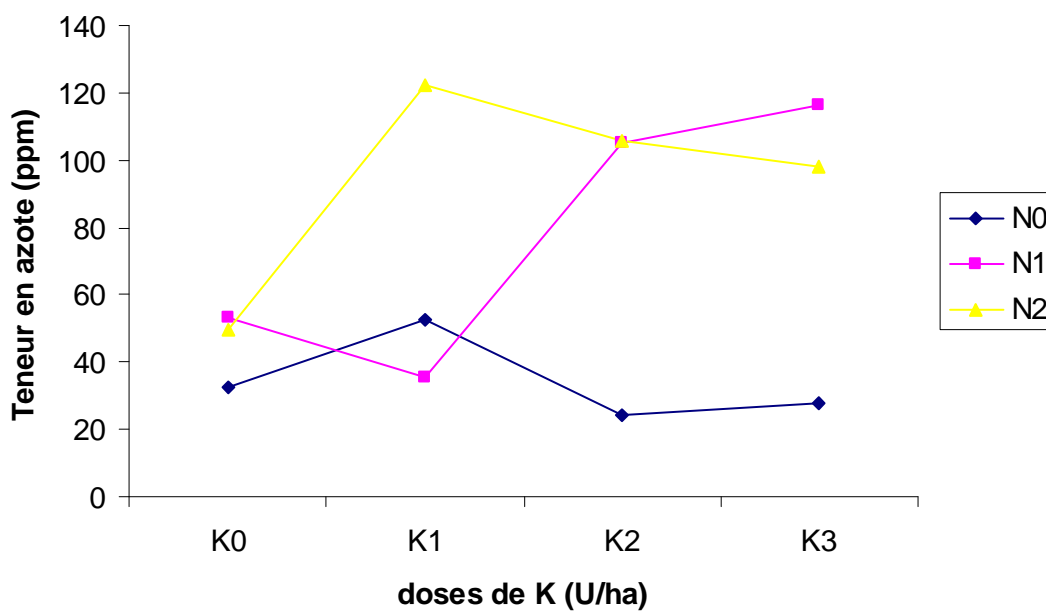


Figure 33: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol au début du cycle

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol

Les résultats de la teneur en azote du sol à la fin du cycle sont présentés dans le tableau 34 et illustrés dans la figure 34.

Tableau 34: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol à la fin du cycle.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	21.16 c	35.50 a	32.66 b	38.83 a	31.04 c	
N1	35.16 b	31.33 b	27.50 c	54.33 a	37.08 b	Effet N : HS
N2	41.66 a	35.00 b	42.00 a	49.50 a	42.04 a	Effet K : HS
N×K	32.66 d	33.94 c	34.05 b	47.55 a	36.72	Effet N×K : HS

La fertilisation azotée potassique et l'interaction (N×K) présentent des différences hautement significatives sur la teneur en azote du sol à la fin du cycle, en fonction des doses de l'azote on remarque que la teneur de l'azote passe de 31.04 ppm obtenue avec la dose N0 (sans apport) à 42.04 ppm obtenue avec la dose N2 (414 UN/ha) soit une augmentation de l'ordre 26.16%.

L'analyse de la variance a révélé trois groupes homogènes (a, b, c) qui sont formés respectivement par N2 (414 UN/ha), N1 (207 UN/ha) et N0 (sans apport).

Pour les doses de potassium, la teneur en azote augmente de 32.66 ppm obtenue avec la dose K0 (sans apport) à 47.55 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l'ordre de 31.31%. Les autres doses K1 (325 UK2O/ha) et K2 (450 UK2O/ha) présentent les teneurs 33.94 ppm, 34.05 ppm.

L'interaction (N×K) présente aussi une augmentation de la teneur en azote dans le sol, cette teneur passe de 21.16 ppm obtenue avec le traitement N0K0 à 54.33 ppm obtenue avec N1K3.

L'analyse de la variance révèle (08) groupes homogènes (a, b, c) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements N2K0, N2K2, N0K1, N0K3 et N1K3
- Le groupe (b) représenté par les traitements N1K0, N0K2, N1K1 et N2K1.

- Le groupe (c) représenté par les traitements N1K2, N0K0, N2K3.

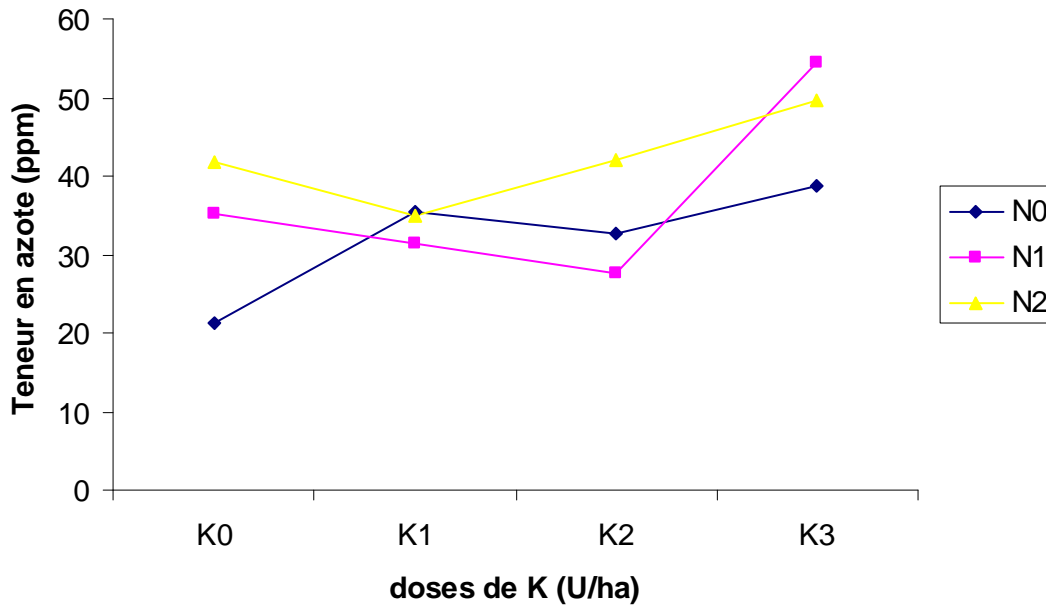


Figure 34: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en azote du sol à la fin du cycle

III.3.2. La teneur en potassium du sol

a. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol

Les résultats de la teneur en potassium du sol au début du cycle sont présentés dans le tableau 35 et illustrés dans la figure 35.

Tableau 35: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol au début du cycle.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	2.00 d	20.16 b	18.33 b	22.50 b	15.75 c	
N1	10.50 b	23.50 b	24.33b	8.50 c	16.70 b	Effet N : HS
N2	3.00 d	4.50 d	43.50 a	66.00 a	29.25 a	Effet K : HS
N×K	5.16 d	16.05 c	28.72 b	32.33 a	20.56	Effet N×K : HS

L'analyse de la variance montre des différences hautement significatives avec l'apport de potassium, de l'azote et leur interaction sur la teneur en potassium du sol. Pour l'apport de potassium, cette teneur passe de 5.16 ppm obtenue avec la dose K0 (Sans potassium) à 32.33 ppm obtenue avec la dose K3 (575 UK2O/ha) soit une augmentation de l'ordre de 84.03%. Les autres doses K1 (325 UK2O/ha) et K2 (450 UK2O/ha) représente les teneurs 16.05 ppm, 28.72 ppm.

L'analyse de la variance révèle quatre (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir:

- Le groupe (a) présente la dose K3 (575 UK2O/ha).
- Le groupe (b) présente la dose K2 (450 UK2O/ha).
- Le groupe (c) présente la dose K1 (325 UK2O/ha).
- Le groupe (d) présente la dose K0 (sans apport).

D'après le tableau (35), on remarque une augmentation de la teneur en potassium en fonction des doses d'azote apportées. Celle-ci passe de la valeur la plus faible 15.75 ppm enregistrée au niveau N0 (Sans apport) à la valeur la plus élevée 29.25 ppm obtenue avec la dose N2 (414 unités d'azote/ha) soit une augmentation de l'ordre de 46.15%.

Les groupes homogènes (a, b, c) représentent les doses N2 (414 UN/ha), N1 (207UN/ha) et N0 (sans apport).

L'interaction a un effet hautement significatif sur la teneur en potassium, la teneur la plus élevée est 66 ppm obtenue avec le traitement N2K3. La teneur la plus faible est 2 ppm obtenue avec les traitements N0K0, N2K0.

L'analyse de la variance révèle (08) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) représenté par les traitements N2K3 et N2K2.
- Le groupe (b) représenté par le traitement N0K1, N0K2, N0K3, N1K2 et N1K0.
- Le groupe (c) représenté par les traitements N1K1 et N1K3.
- Le groupe (d) représenté par les traitements N0K0, N2K0 et N2K1.

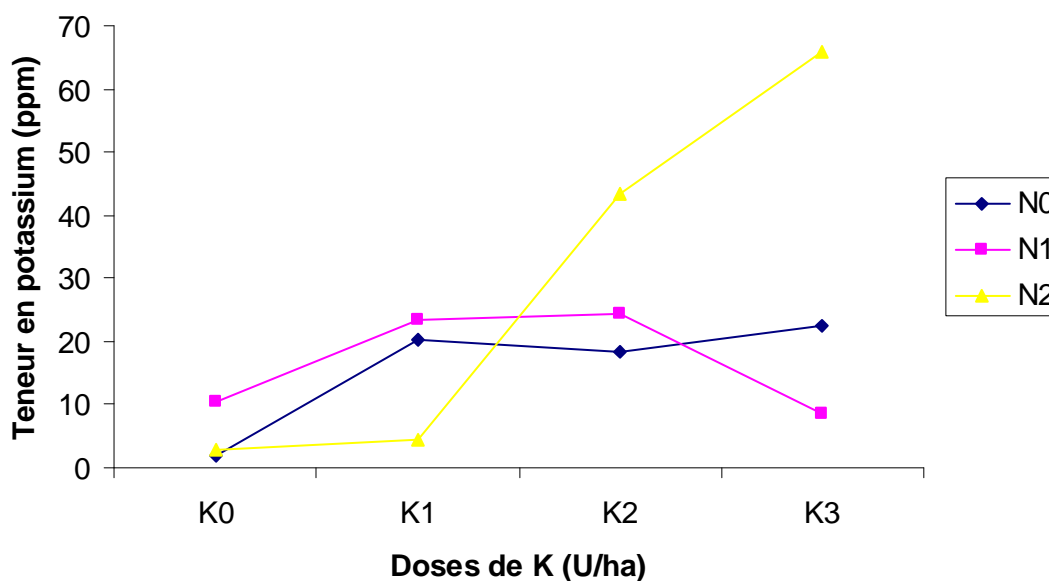


Figure 35: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol au début de cycle

b. Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol

Les résultats de la teneur en potassium du sol à la fin du cycle sont présentés dans le tableau 36 et illustrés dans la figure 36.

Tableau 36: Effet de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol à la fin du cycle.

N \ K	K0	K1	K2	K3	Moyenne	signification
N0	0.16 d	5.50 c	3.33 c	14.66 b	5.91 c	
N1	0.16 d	0.16 d	1.66 c	25.33 a	6.83 b	Effet N : HS
N2	0.20 d	0.23 d	1.33 c	31.33 a	8.27 a	Effet k : HS
N×K	0.17 d	1.96 c	2.11 b	23.77 a	7	Effet N×K : HS

L'analyse de la variance montre des différences hautement significatives de l'apport du potassium sur la teneur en potassium dans le sol à la fin du cycle.

Le tableau (36), montre une augmentation de la teneur en potassium en fonction des doses croissantes de potassium. Cette teneur passe de 0.17 ppm obtenue avec le témoin K0 (Sans potassium) à 23.77 ppm obtenue avec la dose K3 (575 unités de potassium/ha) soit une augmentation de l'ordre de 99.28. Les autres doses K1 (325 UK2O/ha), K2 (450 UK2O/ha) sont représentées par 1.96 ppm et 2.11 ppm.

Les groupes homogènes (a, b, c, d) représentent les doses K3 (575 UK2O/ha), K2 (450 UK2O/ha), K1 (325 UK2O/ha) et K0 (sans potassium).

D'après le tableau (36), on remarque une augmentation de la teneur en potassium en fonction des doses de l'azote apportées. Celle-ci passe de la valeur la plus faible 5.91 ppm enregistrée au niveau N0 (sans apport) à la valeur la plus élevée 8.27 ppm obtenue avec la dose N2 (414 UN/ha), l'augmentation est de l'ordre de 28.53%.

Les groupes homogènes (a, b, c) représentent les doses N2 (414 UN/ha), N1 (207 UN/ha) et N0 (sans azote).

L'interaction a un effet hautement significatif sur la teneur en potassium, la teneur la plus élevée est 31.33 ppm obtenue avec le traitement N2K3. La teneur la plus faible est 0.16 ppm obtenue avec les traitements suivants N0K0, N1K0 et N1K1.

L'analyse de la variance révèle (08) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (c) représenté par les traitements N0K1, N0K2, N1K2 et N2K2.
- Le groupe (d) représenté par les traitements N2K1, N2K0, N0K0, N1K0 et N1K1.
- Le groupe (b) représenté par le traitement N0K3.
- Le groupe (a) représenté par les traitements N1K3 et N2K3.

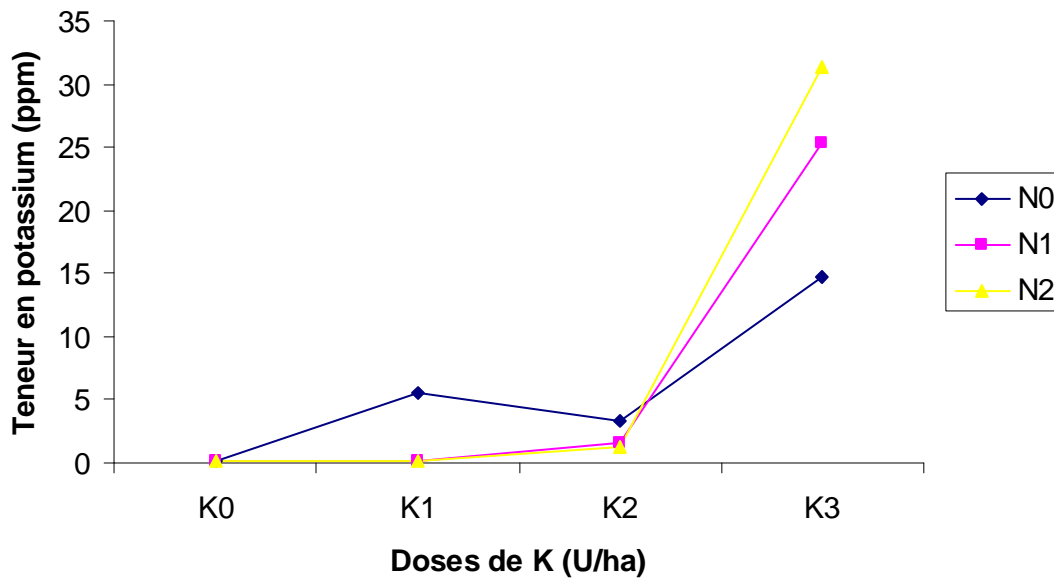


Figure 36: Influence de la fertilisation azotée et potassique sur la teneur en potassium du sol à la fin du cycle

Conclusion

D'après les résultats obtenus de l'azote assimilable dans le sol, on constate une diminution de sa teneur pour l'ensemble des traitements. La teneur en azote du sol au début du cycle est plus élevée qu'à la fin du cycle. La plante prélève l'azote assimilable pour assurer une bonne croissance végétative. Cette utilisation d'azote provoque une diminution de la teneur en azote assimilable dans le sol.

En fin du cycle, la teneur en azote assimilable dans le sol est faible par rapport au début du cycle. La diminution d'azote pourrait s'expliquer par des prélèvements de cet élément par la plante pour son développement, soit par la transformation de l'azote assimilable vers des formes non assimilables ou bien par une perte d'azote (lessivage en profondeur).

Concernant la teneur en potassium dans le sol, les résultats présentent une diminution de la teneur en potassium pour l'ensemble des traitements, La teneur en potassium est plus faible par rapport au début du cycle. La plante prélève le potassium afin d'assurer une bonne fructification. Cette utilisation de potassium provoque une diminution de la teneur en potassium dans le sol.

La diminution de la teneur en potassium due à l'assimilation de potassium par la plante, la fin de cycle coïncide avec le développement de fruits où la plante exige des quantités importantes en potassium pour l'élaboration de rendement, ou bien due au transfert de potassium vers les formes immobilisées.

Conclusion générale

Conclusion générale

La fertilisation minérale est l'une des solutions d'enrichissement du réservoir nutritif de la plante dans le but d'arriver à un meilleur rendement.

Pour cela, il est nécessaire de raisonner les apports des engrais minéraux pour l'amélioration des productions (qualité et quantité).

A la lumière de cette étude nous avons essayé d'étudier le comportement et la production du concombre variété "président" cultivé sous serre en réponse à la fertilisation azotée-potassique. L'objectif de cette étude a été axé sur l'influence des différentes doses d'azote et de potassium ainsi que leur interaction sur l'évolution de la teneur en azote et en potassium dans la plante et dans le sol.

1. Paramètre de croissance

D'une manière générale, la culture du concombre a réagi favorablement à un apport d'azote et de potassium par une amélioration de comportement.

Les analyses statistiques montrent une différence hautement significative entre les traitements pour la hauteur de la tige, l'épaisseur de la tige et le nombre de fruits par plant. Concernant le nombre de feuilles et de fleurs l'influence des différents traitements été significative.

2. Rendement

* Le nombre de fruits présente des différences hautement significatives avec les apports des engrais azoté et potassique et leur interaction (N×K). Cette signification provient de l'amélioration de la fertilité de la plante. Le meilleur nombre de fruits obtenu est de 134600 fruits/ha avec le traitement N 414 U d'azote/ha et K 575 U de potassium/ha.

* La fertilisation azotée et potassique ainsi que l'interaction (NxK) ont influencé positivement la production du concombre. Le rendement le plus élevé qui est de l'ordre de 1645 qx/ha est obtenu avec la combinaison N2K3 414 UN/ha et 575 U K2O/ha. Par contre le témoin a donné un rendement plus faible qui est de 526.2 qx/ha.

En général, la culture de concombre a réagi favorablement aux apports des engrais azotés, potassiques et leurs interaction (N×K) par l'augmentation du rendement. Aussi on a révélé qu'il y a une bonne relation entre le développement végétatif de la plante, l'état physiologique et la production.

3. Alimentation azotée et potassique

➤ La plante

Dans le but de suivre l'évolution des teneurs en N et K du végétal au cours du cycle, trois stades repères ont été pris en considération:

- Développement des feuilles.
- Floraison.
- Maturation.

* La teneur en azote de la plante a évolué de façon hautement significative durant les trois stades.

* La teneur en azote des fruits augmente de façon hautement significative avec les doses croissantes d'azote.

* Les meilleures teneurs en azote dans les différentes parties de la plante (feuilles et fruits) sont enregistrées au niveau des doses 414 unités d'azote/ha et 575 unités de potassium/ha et leur interaction.

* Le potassium a influencé de façon significative la teneur en K des feuilles et des fruits aux différents stades de développement. La teneur la plus élevée en potassium est obtenue avec la dose 414 UN/ha et 575 UK₂O/ha ainsi que par leur interaction.

* L'apport des engrais azotée et potassique ainsi que leur interaction (N×K) entraîne une évolution de la teneur en potassium dans la plante avec des différences significatives entre les divers traitements.

* La teneur en potassium des fruits est influencée par l'apport d'azote et de potassium. Cette teneur varie de façon hautement significative en fonction des doses de potassium, d'azote et de l'interaction (N×K).

* Le témoin (sans apport) présente toujours la teneur le plus faible par rapports au traitement N2K3 (414 U d'N/ha, 575 U K2O/ha).

* En fonction des stades de développement de la culture, pour les feuilles des concentrations élevées de l'azote et de potassium sont enregistrées selon les différentes doses au stade floraison, puis diminuent avec la croissance de la culture où la plante forme de nouveaux tissus qui entraînent la dilution de l'azote et du potassium dans la partie aérienne pour avoir des concentrations plus faibles au stade maturation. Concernant les fruits les concentrations d'azote et de potassium les plus élevées sont présentées au stade maturation, l'élaboration des substances de réserve entraîne une augmentation de concentration de l'azote et de potassium dans les fruits pour atteindre sa maturation.

* Le fractionnement des doses d'azote et de potassium favorise un développement très important de l'appareil végétatif.

➤ **Le sol**

* La fertilisation potassique entraîne un enrichissement du sol en potassium. Cet enrichissement est lié aux doses d'engrais apportées, le meilleur teneur est obtenu avec la dose 575 UK2O/ha.

* Les analyses statistiques montrent un effet hautement significatif sur la teneur en N assimilable.

* Les teneurs en N assimilable sont influencées par l'apport des engrais azotés et présentent une évolution avec les doses croissantes d'azote apportées.

* Au cours du cycle de la culture (début jusqu'à la fin) la teneur en azote présente une diminution, cette diminution due aux prélèvements de l'azote par la plante.

* L'analyse de variance montre un effet hautement significatif du potassium sur la teneur en K assimilable. Les teneurs de potassium du sol les plus faibles sont présentées à la fin du cycle. Cette diminution est due au prélèvement du potassium par la culture.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **A.N.R.H, 2007: Agence National des Ressources Hydriques.** Rapport sur l'eau d'irrigation (analyse d'eau d'irrigation). 1p
2. **ANONYME, 1975:** Culture maraîchère. Cours fertilisation. Tome II. Ed I.T. (Institut de Technologie Mostaganem). 145p.
3. **ANONYME, 1979:** Les cultures maraichères en Algérie. I.D.C.M. Stawali (Alger), Tomme I et III, 157p.
4. **ANONYME, 1988:** L'actualité. Revue hebdomadaire N° 121. 95p.
5. **ANONYME, 2002:** Larousse agricole. Ed 2002. 767p.
6. **ANONYME, 2005:** Dynamique du phosphore et du potassium dans le système sol-plante. **Fertilisation P-K** Raisonner pour agir. Revue N°181. Ed ARVALIS. Institut de végétal. Imprimerie Paris, 44p.
7. **BAEYENS J., 1967:** Nutrition des plantes de culture. Ed. Naiwelaerts Louvain. 278p.
8. **BLANCARD D., LECOQ H. et PITRAT M., 1991 :** Maladies des cucurbitacées. Revue horticole. INRA. Ed Paris. 301p.
9. **BODET J., HACALA S., AUBERT C. et TEXIER C., 2001 :** La dynamique de l'azote apporté par les engrais de ferme. Valeur fertilisante des engrais de ferme en phosphore et en potassium. Fertiliser avec les engrais de ferme. Revue N°181. Institut de l'élevage. ITAVI. ITCF. ITP. Ed Paris. 104p.
10. **Direction de la Planification et de l'Aménagement de Territoire, 2006:** Annuaire statistique. Ouargla. 292p.
11. **Encarta, 2005:** CD, donnée sur la culture de concombre. 2p.
12. **Encyclopédie Wikipédia, 2007:** Article sur la fertilisation azotée potassique. 06p.
13. **FENGOUR O., 2000:** Contribution à l'étude de la fertilisation minérale (N.P.K) de la pomme de terre (*solanum tuberculum*). Variété désirée

dans les conditions pédoclimatiques des hautes plaines sétifiennes. Mémoire de magister. Univ. Batna. 170p.

- 14. FRANCOIS J., 1997:** Assimilation de l'azote chez les plantes, aspect physiologique, biochimique et moléculaire. Institut national de la recherche agronomique. Paris. 288p.
- 15. HALILAT M.T., 1993:** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété aldura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire de magister. I.N.S. Batna. 130p
- 16. HOPKINS W.G., 2003:** Physiologie végétale. Traduction de la II Ed américaine par serge rambour, imprimé en Espagne. Paris. 514p.
- 17. Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne, 1993:** fiche technique, Biskra. 45p.
- 18. Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne, 2006:** Fiche technique de la station. Ouargla. 1p.
- 19. Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne, 2007:** Fiche technique de la variété du concombre. Ouargla. 2p.
- 20. KOLEV N., 1982:** Les cultures légumières sous serres plastique. Ed Sofia. Bulgarie 1982. 160p.
- 21. LAUMONNIER R., 1978:** Culture légumière et maraichère. Tome II. Imprimerie nouvelle. Ed. JB BAILLIERE. Paris. 240p.
- 22. LAUMONNIER R., 1979:** Culture légumière et maraichère. Tome III. Imprimerie nouvelle. Ed. JB BAILLIERE. Paris. 217p.
- 23. LOUE A., 1982:** Potassium et céréales. Dossier K₂O. SCPA, N° 22. 25p.
- 24. MOREL R., 1989:** Les sols cultivés. Ed Technique et Documentation- Lavoisier. Imprimerie Paris. 362p.
- 25. MESSAOUDI. B., 1990.** Essai de paillage plastique noir sur la culture de concombre (*cucumis sativus*) sous serre dans la région de Hassi Ben Abdallah. 270p.

- 26. MEIER, 2001:** Stades phénologiques des mono-et dicotylédones cultivées. Ed II, BBCH monographie. Centre fédéral de recherches biologiques pour l'agriculture et les forets. 480p.
- 27. Office National de la Météorologie, 2006:** Rapport sur les données climatiques de la région de Ouargla. 2p.
- 28. Organisation de l'Agriculture et de l'Alimentation (FAO), 1988:** Cultures protégées en climat méditerranéen. Ed. Rome. 317p.
- 29. PREVOST PH., 1999:** Les bases de l'agriculture. Ed II. Paris- France. 254p.
- 30. QUITTET E., 1967:** Agriculture. Tomme I. 15^{ème} Ed. Paris. 178p.
- 31. REMY JC., et VIAUX PH., 1983:** La fertilisation du blé tendre en système intensif en France. Perspectives agricoles. N67. 157p.
- 32. ROUVILOIS-BRIGOL M., 1975:** Le pays de Ouargla, Sahara algérien. Ed. Département de géographie de l'université de Paris-Sorbonne. 389p.
- 33. TOUTAIN G., 1979:** Eléments d'agronomie saharienne de la recherche au développement. Imprimerie Jouve, Paris. I.N.R.A. 277p.
- 34. VILLAIN M., 1997:** La production végétale, les composantes de la production. 416p.

Annexes

1- Hauteur de la tige

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	5	328.12	2.58	3.37	12.21	41.02	HS
Traitements	11	3.21					HS
(N, K)							
Erreur (N, K)	55						

2- Epaisseur de la tige

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	5	637.82	2.58	3.37	6.30	0.65	HS
Traitements	11	3.78					HS
(N, K)							
Erreur (N, K)	55						

3- Nombre de feuilles

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	5	210.40	1.96	3.37	18.93	18.20	HS
Traitements	11	1.58					NS
(N, K)							
Erreur (N, K)	55						

4- Nombre de fleurs

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	5	13.45	1.96	3.37	57.18	4.14	HS
Traitements	11	1.26					NS
(N, K)							
Erreur (N, K)	55						

5- Nombre de fruits

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	5	80.42	1.96	3.37	32.08	1.87	HS
Traitements (N, K)	11	1.17					NS
Erreur (N, K)	55						

- Stade développement des feuilles**6- Teneur en azote des feuilles**

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	25.17			10.38	7.62	HS
Traitement N	2	23.91	18	5.09			HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	12.30	18	4.01	6.98		HS
Int. N×K	6	14.29					HS
Erreur K	18						

- Stade maturation**7- Teneur en azote des feuilles**

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	186.21			4.86	6.28	HS
Traitement N	2	28.35	18	5.09			HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	29.29	18	4.01	4.81		HS
Int. N×K	6	69.18					HS
Erreur K	18						

8- Teneur en azote des fruits de la 1^{ère} récolte

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	501.78					HS
Traitement N	2	38.86	18	5.09	2.70		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	24.02	18	4.01	3.45	7.01	HS
Int. N×K	6	90.40					HS
Erreur K	18						

9- Teneur en azote des fruits de la dernière récolte

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	141.98					HS
Traitement N	2	14.93	6.94	18	3.80		S
Erreur N	4						
Traitement K	3	58.53	4.01	5.09	2.21	8.71	HS
Int. N×K	6	82.53					HS
Erreur K	18						

- Stade développement des feuilles**10- Teneur en potassium des feuilles**

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	1.01					HS
Traitement N	2	15.58	6.94	5.09	24.40		S
Erreur N	4						
Traitement K	3	12.39	6.94	4.01	18.98	8.93	HS
Int. N×K	6	32.98					HS
Erreur K	18						

- Stade maturation**11- Teneur en potassium des feuilles**

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	76.46					HS
Traitement N	2	24.52	18	5.09	10.66		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	90.19	18	4.01	11.33	4.73	HS
Int. N×K	6	93.08					HS
Erreur K	18						

12- Teneur en potassium des fruits de la 1^{ère} récolte

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	61.94					HS
Traitement N	2	299.88	18	5.09	3.70		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	220.41	18	4.01	3.98	20.33	HS
Int. N×K	6	242.36					HS
Erreur K	18						

13- Teneur en potassium des fruits de la dernière récolte

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	0.56					HS
Traitement N	2	44	0.25	5.09	6.21		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	365.49	18	4.01	3.83	40.15	HS
Int. N×K	6	80.98					HS
Erreur K	18						

14- Teneur en azote du sol au cours de cycle

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	10.12					S
Traitement N	2	6360.5	6.94	5.09	1.94		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	3038.52	18	4.01	1.29	68.66	HS
Int. N×K	6	3589.15					HS
Erreur K	18						

15- Teneur en azote du sol a la fin de cycle

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	16.84					S
Traitement N	2	450.13	6.94	5.09	2.44		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	325.40	18	4.01	2.88	36.72	HS
Int. N×K	6	134.47					HS
Erreur K	18						

16- Teneur en potassium du sol au cours de cycle

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	136.62					HS
Traitement N	2	6762.27	18	5.09	1.54		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	23052.73	18	4.01	1.19	20.56	HS
Int. N×K	6	16107.03					HS
Erreur K	18						

17- Teneur en potassium du sol a la fin de cycle

Variable	DDL	Test F	F Théorique (%)		CV (%)	Moyenne	Sign
			5	1			
Blocks	2	2.74					NS
Traitement N	2	33.89	6.94	5.09	10.9		HS
Erreur N	4						
Traitement K	3	727.11	18	4.01	17.80	7	HS
Int. N×K	6	48.90					HS
Erreur K	18						

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de l'interaction, de trois doses d'azote (0, 414, 207) U N/ha avec quatre doses de potassium (0, 325, 450, 575) U K₂O/ha. Sur une culture de concombre (*cucumis sativus* Var. président) sous serre, conduite sous système d'irrigation goutte à goutte dans l'ITDAS de Hassi Ben Abdallah (Ouargla).

Les résultats obtenus montrent que l'azote, le potassium et leur interaction (N×K) a un effet positif sur le rendement. Le meilleur rendement qui est de 1645 qx/ha est obtenu avec le traitement (N₂K₃).

La culture du concombre a réagi donc positivement avec les apports d'engrais azotés et potassiques.

Nous avons constaté aussi que les paramètres morphologiques (nombre de feuille, épaisseur de la tige, nombre de fruit) a été amélioré positivement et d'une façon significative avec les doses apportées.

Les analyses statistiques faites sur l'ensemble des données obtenues dans cette étude ont révélé une très bonne corrélation entre la morphologie de la plante et le rendement.

Mots clés: Azote, potassium, rendement, fertilisation, interaction, concombre.

Summary

The objective of this work is to study the effect of the interaction between three nitrogen amounts (0, 414, 207) U N/ha with four potassium amounts (0, 325, 450, 575) U K₂O/ha. On the **Cucumber** culture (President. Var) in **Hassi Ben Abdallah (Ouargla)**.

The final results show that the effect nitrogeniaes, potassium and their interaction (N×K) are positive on the output. The best output which is 1645 qx/ha, is obtained with treatment N₂K₃.

We have also observed that the morphology of the plant were improved positively and in significant way with the amounts brought.

The stactical analysis made on the whole of the data obtained in this study revealed a very good correlation between the morphology of the plant and the output.

Key words: Azote, potassium, fertilization, output, interaction.

ملخص

إن الهدف من هذه الدراسة هو معرفة تأثير تفاعل ثلاث مقادير من السماد الأزوتي (0، 414، 207) وحدة أزوت مع أربع مقادير من السماد البوتاسي (0، 325، 450، 575) وحدة بوتاس على نبات الخيار المزروع في بيت بلاستيكي ومسقي بطريقة التقطير في المستثمرة الفلاحية بمنطقة حاسي بن عبد الله ورقله. من خلال هذه الدراسة توصلنا للنتائج التالية:

- لاحظنا تأثير الأزوت و البوتاسيوم و تداخلهما كان ايجابيا على المردود حيث تحصلنا على أحسن مردود 1645 قنطار/الهكتار عند المعاملة N₂K₃ تحصلنا عليه من:

- التسميد الأزوتي، البوتاسي وكان لهما اثر ايجابي على النمو الخضري.

- كما لاحظنا كذلك أن القياسات المورفولوجية (عدد الاوراق، قطر الساق و عدد الثمار) تتحسن بشكل معنوي مع اختلاف مستويات التسميد المضاف.

كلمات مفتاح: التسميد، الأزوت، البوتاسيوم، الخيار، المردود ، التفاعل.