

# **République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'enseignement supérieur  
et de la recherche scientifique

Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

## **Mémoire de Magister**

**Ecole Doctorale Biologie Environnementale**

**Option : Biologie et Ecologie Végétale**

Présenter par

**SALHI Zine El Abidine**

**Thème**

**Impact de quelques phytohormones sur le développement végétatif, le rendement et le phénomène de nodulation de trois 03 variétés de pois chiche « *Cicer arietinum L.* » dans les zones semi arides**

Soutenu le : 26./06./2012

Devant le jury d'examen composé:

**Président** : MERZOUG Djemouai Professeur Université Larbi Ben M'hidi

**Encadreur** : SENOUSSE Med Mourad Professeur Université Larbi Ben M'hidi d'Oum El Bouaghi

**Examineur** : ZELLAGUI Amar Maitre de conférences Université Larbi Ben M'hidi

**Examineur** : ARHAB Rabah Maitre de conférences Université Larbi Ben M'hidi

**Année Universitaire 2011- 2012**

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'enseignement supérieur

et de la recherche scientifique

Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi

Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie

Département des sciences de la nature et de la vie

**Mémoire de Magister**

**Ecole Doctorale Biologie Environnementale**

**Option : Biologie et Ecologie Végétale**

Présenter par

**SALHI Zine El Abidine**

**Thème**

**Impact de quelques phytohormones sur le développement végétatif, le rendement et le phénomène de nodulation de trois 03 variétés de pois chiche « Cicer arietinum L » dans les zones semi arides**

Soutenu le : ...../...../.....

Devant le jury d'examen composé:

**Président** : MERZOUG Djemouai Professeur Université Larbi Ben M'hidi

**Directeur de la thèse** : SENOUSSE Med Mourad Professeur Université Larbi Ben M'hidi  
d'Oum El Bouaghi

**Examineur** : Zellagui Amar Maître de conférences Université Larbi Ben M'hidi

**Examineur** : ARHAB Rabah Maître de conférences Université Larbi Ben M'hidi

**Année Universitaire 2011- 2012**

# Dédicaces

Je dédie ce travail à ma petite famille :

A mon épouse : ***khaldi Hafida*** Pour son soutien moral et ses grandes sacrifices durant toute la période de mes études

A mes enfants : mes filles ***Kaouter*** et ***Meriem Nour***

Mon fils ***Ahmed Khalil***

Je vous dis merci

# Remerciements

**Monsieur Senoussi Med Mourad** Professeur en Biologie et physiologie végétale et Directeur du laboratoire Biomolécules végétales et amélioration des plantes à l'université Larbi Ben Mhidi, d'avoir accepté de m'encadrer, pour sa patience, sa motivation, ses compétences et sa modestie qu'il trouve ici mes sincères remerciements.

**Monsieur Khelloufi Rabah** directeur de l'Environnement de la Wilaya d'Oum El Bouaghi de m'avoir aidé à continuer mes études de post graduation qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

**Monsieur Merzoug Djemouai**: Professeur à l'université Larbi Ben Mhidi pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

**Monsieur Zellagui Amar** Maître de conférence à l'université Larbi Ben Mhidi qui ma honorer par le jugement qu'il fera de ce travail, ainsi que par ses pertinents remarques.

**Monsieur Arhab Rabah** Maître de conférence à l'université Larbi Ben Mhidi, Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

**Monsieur Kaoud Bessam** Maitre assistant à l'université Larbi Ben Mhidi pour son aide précieux.

Je désire également remercier tous mes enseignants de la post-graduation du département de biologie d'Annaba.

Je ne pourrai oublier de remercier **Monsieur Bouaroudj Rédha** ingénieur d'état à la station d'El Khroub (ITGC) pour son aide sur le terrain, ainsi que tout le personnel du laboratoire de magistère et de biologie.

Je désire également remercier toute l'équipe du laboratoire central du groupe SMIDE filiale EPE –CENTRAL LABO-Spa à Constantine pour les analyses biochimiques.

## Liste des Abréviations

**ARN** : Adénine Ribonucléique  
**AIA** : Acide Indole Acétique  
**BAP** : Benzylaminopurine  
**BNL** : Bactéries nodulant les légumineuses  
**C<sub>10</sub> H<sub>9</sub> N<sub>5</sub> O** : 6- Furfuryl Anino Purine ou Kinétine  
**CHS** : Chalcone synthase  
**Ca CO<sub>3</sub>**: Carbonate de Calcium  
**DNA** : l'Acide Déoxy-Ribonécluéique  
**DSA** : Direction des services agricoles  
**FAOSTAT** : Statistique Food Agronomie organisation  
**FN** : Facteur Nod  
**FLIP 85-55, FLIP 84-92, ILC 32-79.** : Variétés de pois chiche étudiées  
**F<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Dioxyde de fer  
**ICSP**: Subcommittee on the taxonomy of Rhizobium and Agrobacterium  
**IPA** : isopentényladénine  
**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures  
**Kg N /ha /.an** : Kilogramme d'Azote par hectare par an  
**LT** : Longueur de la tige  
**M.O** : Matière Organique  
**MA** : Ministère de l'Agriculture  
**Mg** : Milligramme  
**MS** : Membrane de symbiosome  
**Nod** : Nodule  
**NG** : Nombre de gousses  
**NGN** : Nombre de grands nœuds  
**NPN** : Nombre de petits nœuds  
**NFL** : Nombre de fleurs  
**NF** : Nombre de feuilles  
**NRP** : Nombre de rameaux principaux  
**NRS** : Nombre de rameaux secondaires  
**NGR** : Nombre de graines  
**ONM** : Office National de Météorologie  
**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /Kg** : Phosphore  
**PK<sub>1</sub>** : Concentration à 20 mg/l par pulvérisation  
**PK<sub>2</sub>** : Concentration 30 mg/l par pulvérisation  
**PHB** : Polyhydroxybutyrate  
**PHA** : Poids humide de la partie aérienne  
**PHR** : Poids humide du système racinaire  
**PFN** : Poids frais des nœuds  
**P100** : Poids 100 graines  
**Qtx /ha** : Quintaux par hectare  
**Q<sub>2</sub>** : Quotient ombrothermique  
**RE** : Réticulum endoplasmique  
**RD** : Rendement  
**SAU** : Surface agricole utilisée  
**SF** : Surface foliaire  
**TPG** : Taux de protéines dans les graines  
**TSG** : Taux de sucres totaux dans les graines  
**TH<sub>1</sub>** : Concentration 40 mg/l par trempage  
**TH<sub>2</sub>** : Concentration 60 mg /l par trempage

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre des tableaux</b>	<b>page</b>
Tableau 01	Principaux légumes secs produits en Algérie (Moyenne 1993-2002) Source (M.A 1993-2003).	03
Tableau 02	Taxonomie du pois chiche	06
Tableau 03	Classification des B.N.L et fixatrices d'azote symbiotique des légumineuses d'après ICSP (Subcommittee on the taxonomy of Rhizobium and Agrobacterium)	19
Tableau 04	Origines et caractéristiques des variétés de pois chiche étudiées (Source I.T.G.C El Khroub)	35
Tableau 05	Différentes concentrations utilisées dans l'étude	39
Tableau 06	Classification des nodules	42
Tableau 07	Les données climatiques durant la période d'essai ville El Khroub (2010-2011) source ONM Ain El Bey	45
Tableau 08	Caractéristiques physico-chimiques et biologique du sol	48
Tableau 09	Evénements phénologiques en jours	51
Tableau 10	Matrice de corrélations	80

## Liste des Figures

Figure	Titre des figures	Page
Figure 01	Morphologie et biologie florale du pois chiche (1) tige, (2) feuille, (3) fleur, (4) pollen, (5) gousses, (6) graines	06
Figure 02	Carte des régions de production du pois chiche en Algérie	13
Figure 03	Echange de signaux contrôlant les interactions Symbiotiques précoces et la spécificité d'hôte	15
Figure 04	Communication moléculaire entre <i>Rhizobium</i> et légumineuses	20
Figure 05	Infection intracellulaire et différenciation du Symbiosome chez les légumineuses	22
Figure 06	Schéma général des différentes étapes de la nodulation	24
Figure 07	Photos des 03 variétés du pois chiche étudiées	34
Figure 08	le Hersage au moyen du Roto herse	35
Figure 09	L'Ensemencement des grains de pois chiche manuellement	36
Figure 10	Le traçage des sillons et des bassins de semis	36
Figure 11	Formule chimique détaillé de la kinétine	37
Figure 12	Plan de l'expérimentation sur terrain de l'ITGC El Khroub	38
Figure 13	Dés herbages manuels en mois d'Avril 2011	40
Figure 14	Premières pulvérisations de la phytohormone	40
Figure 15	Deuxième pulvérisation de la phytohormone	40
Figure 16	Prélèvements d'échantillons pour la collecte des nodules	41
Figure 17	Prélèvements d'échantillons pour l'étude morphologique	41
Figure 18	Nodules collectés dans le système racinaire	42
Figure 19	Diagramme ombrothermique de la ville de Constantine (jan-Déc 2011) Source : (ONM-El Khroub)	46
Figure 20	Etages bioclimatiques d'Emberger Situation d'El khroub dans le climagramme d'Emberger	47
Figure 21	Caractéristiques physico-chimique du sol	49
Figure 22	Histogramme des valeurs exprimées en (%) du pouvoir germinatif des 03 variétés	50
Figure 23	Germination des 03 variétés du pois chiche étudiés	50
Figure 24	Développement des 03 variétés du pois chiche étudiés	53
Figure 25	Influence de la kinétine sur la moyenne de la longueur de la tige des 03 variétés du pois chiche	54
Figure 26	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de feuilles des 03 variétés du pois chiche	56
Figure 27	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des rameaux principaux des 03 variétés du pois chiche	56
Figure 28	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de rameaux secondaires des 03 variétés du pois chiche	57
Figure 29	Influence de la kinétine sur la moyenne de la surface foliaire (en cm <sup>2</sup> ) des 03 variétés du pois chiche	59

Figure 30	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des fleurs des 03 variétés du pois chiche	61
Figure 31	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des gousses des 03 variétés du pois chiche	62
Figure 32	Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de 100 graines des 03 variétés du pois chiche	64
Figure 33	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des graines par plante des 03 variétés du pois chiche	65
Figure 34	Influence de la kinétine sur la moyenne du poids humide de la partie aérienne(en g) des 03 variétés du pois chiche	67
Figure 35	Influence de la kinétine sur la moyenne du poids humide du système racinaire (en g) des 03 variétés du pois chiche	68
Figure 36	Influence de la kinétine sur le rendement à l'hectare(en Qt/ha) des 03 variétés du pois chiche	69
Figure 37	Influence de la kinétine sur le taux moyen des protéines dans les graines (en %) des 03 variétés du pois chiche	70
Figure 38	Influence de la kinétine sur la moyenne de la teneur en sucre dans les graines des 03 variétés du pois chiche	71
Figure 39	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des grands nodules des 03 variétés du pois chiche	72
Figure 40	Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de petits nodules des 03 variétés du pois chiche	73
Figure 41	Influence de la kinétine sur la moyenne du poids des nodules des 03 variétés du pois chiche	75
Figure 42	Distribution des paramètres étudiés sur les axes principaux	84

# Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	

## Chapitre I : FAMILLE DES LEGUMINEUSES

<b>I – Famille des Légumineuses</b> .....	2
1 Généralités.....	2
2. Les légumineuses en Algérie .....	2
2.1 Répartition géographique .....	2
2.2 Production des légumineuses .....	2
3 Classification des légumineuses.....	4
3.1 La famille des papilionacées .....	4
3.2. Importance économique des légumineuses .....	4
<b>II- Le pois chiche « <i>Cicer arietinum.L</i> ».....</b>	<b>5</b>
1. Origine.....	5
2 Taxonomie .....	6
3 Morphologie et biologie florale .....	6
4 Composition chimique .....	7
5 Ecologie .....	7
6 Les différents types de pois chiche .....	7
a-Les variétés à petites graines .....	7
b-Les variétés à grosses graines .....	8
c-Les variétés à graines moyennes .....	8
7. Les différentes étapes de développement du pois chiche.....	8
1- Phase végétative.....	8
2- Phase reproductrice.....	8
8. Les conditions favorables du développement du pois chiche .....	9
1- La température.....	9
2- La lumière.....	9
3- Le sol.....	9
9. La Moisson :.....	10
10. Les maladies nuisibles pour le pois chiche .....	10
1-Les maladies par les champignons et les virus.....	10
1-1 L'Anthracnose.....	10
1-2 Le Fusarium Wilt.....	11
2- Les insectes.....	11
2-1 La Noctuelle .....	11
2-2 : Les Charançons .....	12
11 Production mondiale de pois chiche.....	12
12. Production du pois chiche en Algérie.....	12
13 Utilisation médicinales traditionnelles.....	13

## Chapitre II : INTERRACTIONS SYMBIOTIQUE LEGUMINEUSES- RHIZOBIUM

<b>I-Relation symbiotique légumineuse-symbiose</b> .....	15
<b>II-Importance de l'azote pour la plante</b> .....	16
<b>III-Le cycle de l'Azote</b> .....	17
2- La fixation de l'azote.....	17
3- Les bactéries fixatrices libres .....	18
<b>VI-Notion de Rhizobium</b> .....	18
1-Taxonomie.....	19
2- Génétique de la fixation.....	20
a) Les flavonoïdes.....	20
b) Les gènes <i>nod</i> communs.....	21
<b>V-Phénomène de la Nodulation</b> .....	22
1 Formation des bactéroïdes.....	22
2-Les étapes de la nodulation .....	22
- Pré - infection.....	22
- L'infection.....	23
- Développement du nodule.....	23

## Chapitre III : LES PHYTO-HORMONES

<b>I-Notion d'hormones végétales</b> .....	26
1-Les différents types d'hormones végétales .....	26
<b>II-les Cytokinines</b> .....	27
Définition.....	27
1- Historique.....	27
2- Nature chimique.....	28
3-Liste des cytokinines connues.....	28
1. Cytokinines de synthèse.....	28
2. Cytokinines naturelles.....	28
4-Cytokinines dans la plante .....	28
5-Fonctions physiologiques .....	29
1. Au niveau cellulaire.....	29
2. Au niveau de l'organisme .....	29

## Chapitre IV : MATERIELS & METHODES

<b>I-Contexte naturel</b> .....	32
1-Site.....	32
2-Climat.....	32
3-Le sol.....	32

<b>II-Dispositif expérimental</b> .....	34
1-Station d'El khroub .....	34
2-Caractéristiques des variétés de pois chiche étudiés.....	34
3-Description de l'expérimentation .....	37
4-Préparation des concentrations de la phytohormone.....	43
5-Mode d'action .....	39
6-Isolement des nodules.....	42
I- Etudes Climatiques.....	43
7- Les paramètres à étudier .....	44

## **Chapitre V : RESULTATS & DISCUSSIONS**

I- Analyses du sol.....	48
II- Le pouvoir germinatif.....	50
III-les Evénements phénologiques en jours .....	51
<b>IV-Etude des paramètres morphologiques</b> .....	54
1-Influence de la kinétine sur la moyenne de la longueur de la tige.....	54
2-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de feuilles .....	55
3-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de rameaux.....	56
3-1 Les rameaux principaux.....	56
3-2 Les rameaux secondaires.....	57
4-Influence de la kinétine sur la moyenne de la surface foliaire.....	59
<b>V- Les composantes du rendement</b> .....	61
1-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des fleurs .....	61
2-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des gousses .....	62
3-Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de 100 graines.....	64
4-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des graines.....	65
5- Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de la matière humide.....	67
6- Influence de la kinétine sur le rendement .....	69
<b>VI-Etudes Biochimiques</b> .....	70
1-Influence de la kinétine sur la moyenne de la teneur en protéines dans les graines.....	70
2-Influence de la kinétine sur la moyenne de la teneur en sucres dans les graines.....	71
<b>VII- Etudes des Nodules</b> .....	71
1-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de nodules.....	71
2-Influence de la kinétine sur la moyenne du poids frais des nodules.....	75
<b>VIII- Etudes statistiques</b> .....	78
<b>Conclusions</b> .....	85
Annexes .....	89
Références bibliographiques.....	98
Résumé	

# Introduction

Les légumineuses alimentaires font partie de l'alimentation traditionnelle et constituent la principale source de protéines disponibles localement dans les pays en voie de développement. Elles sont présentes dans nos systèmes agraires associés aux céréales contribuant à la fertilité des sols et à l'amélioration de leurs structures. Depuis la restructuration du système agricole et sa libéralisation, ces cultures ont connus des perturbations arbitraires dont les conséquences se caractérisant par une régression des superficies, une fluctuation de la productivité et de la production qui demeure très insuffisante pour répondre aux besoins et une marginalisation accentuée par le manque de soutien et d'encouragement à ce secteur. Parallèlement à cela, on constate une augmentation très marquée des importations pour assurer la couverture des besoins de consommation et en semences engendrant ainsi une dépendance alimentaire de plus en plus accentuée vis-à-vis de l'extérieur.

Les légumineuses présentent l'énorme avantage par rapport aux autres plantes de pouvoir s'associer à des bactéries du sol communément appelées rhizobiums. Cette association aboutit à la formation d'un petit organe particulier au niveau des racines, le nodule, au sein duquel les bactéries, grâce à leur activité nitrogénase, fixent l'azote atmosphérique et transfèrent celui-ci à la plante sous une forme combinée assimilable. En contrepartie, la plante fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la bactérie.

Contrairement aux autres légumineuses, l'infection par la bactérie ne se fait pas par une déformation des poils absorbants mais directement au niveau des zones de blessures provoquées par l'émergence des racines secondaires ou des racines adventives présentes tout le long de la tige. Plusieurs études avaient déjà souligné le caractère exceptionnel de ces bactéries, à plusieurs titres. Elles sont tout d'abord photosynthétiques, ce qui est une propriété unique chez les rhizobiums.

La situation actuelle des légumes secs en général et du pois chiche en particulier en Algérie; n'est guère satisfaisante, la production des pois chiches n'arrive pas à couvrir les besoins alimentaires, 15.000 tonnes pour l'année 2010 (source FAO STA) et le déficit annuel se situe aux environs de 34.396 tonnes pour l'année 2009 (source FAO STA).

Cette faible production du pois chiche en Algérie est due à plusieurs facteurs et en particulier aux facteurs climatiques sécheresse, aridité et salinité des sols.

Tous les travaux de recherches menés actuellement sur le pois chiche ont un seul et unique but l'amélioration des caractères physiologiques pour l'obtention de bons rendements, en ce basant sur le traitement hormonal et son effet sur le développement végétatif du pois chiche. Toutes les études menées sur les plantes sur l'intégration des fonctions métaboliques administré par un certains nombre de facteurs, y compris les phytohormones. Parmi ces produits chimiques cinq (auxines, gibbérellines, cytokinine, l'acide abscissique et l'éthylène) sont bien connus pour leurs fonctions et ne sont plus à démontrer, mais les plus récents ( les brassinostéroïdes, l'acide salicylique, les polyamines et jasmonates) ne peuvent être exclu de la liste des phytohormones en raison de leurs implication dans des fonctions importante des plantes.

L'importance de la relation symbiotique entre ces légumineuses et le rhizobium réside dans la fixation de l'azote atmosphérique et l'enrichissement du sol par l'azote pour améliorer ces caractéristiques, il est indispensable de trouver les moyens nécessaires et les techniques adéquates pour améliorer la production des légumineuses et faire augmenter le rendement des récoltes en favorisant le développement des bactéries du sol pour l'enrichir en azote.

Notre étude est basé sur l'action des phytohormones sur le développement de trois variétés du pois chiche (FLIP 85-55, FLIP 84-92, ILC 32-79) et leurs effets sur l'activité bactérienne nodulaire et le taux de formation des nodules sur l'hôte, en particulier de celui des cytokinines ( la Kinétine) à différentes concentrations et leurs influence sur les caractères étudiés de trois variétés de « *Cicer arietinum*.» en vue d'améliorer le rendement.

Le choix de la station ITCG d'El Khroub pour cette étude est dû à la spécificité de cette région dans la culture des légumes secs .De point de vue pédologique, climatique, ainsi que le suivi technique des techniciens. Notre étude se compose de trois parties :

La première partie est une étude bibliographique sur la famille des légumineuses, la culture du pois chiche, et les phytohormones ainsi que les interactions rhizobium-légumineuses, la seconde est consacrée au travail expérimental (matériels et méthodes).

Enfin la troisième partie va être consacrée à l'analyse des résultats obtenus dans la station I.T.G.C d'El khroub (culture dans les champs), afin d'élaborer une meilleure synthèse sur l'action des phytohormones sur le développement et le rendement du « *Cicer arietinum* ».

# **Chapitre I :**

# **Familles des légumineuses**

## I – Famille des Légumineuses

### 1 Généralités

A travers le monde la famille des légumineuses constituent une des familles les plus abondantes et diversifiées des plantes supérieures, avec plus de 750 genres et 2000 espèces. (*Grignac et Wery, 1992 ; Truchet et al, 1993 ; Ahmed, 1989 ; Guignard, 1983*). Cette famille comprend des plantes herbacées annuelles que des plantes ligneuses ; elle colonise aussi bien les régions tropicales que les régions tempérées ou arctiques du globe terrestre. Cette famille présente une importance économique majeure ; de nombreuses espèces constituent des ressources en fourrage (luzerne, trèfle, sainfoin), bois (palissandres), aliments (Pois chiche, haricot, lentille, .....Etc), ou présentent des propriétés médicinales. Vu la spécificité de la symbiose entre les rhizobiums et leurs plantes hôtes il est utile d'étudier cette relation et de l'adapter à certains environnements.

Cette famille des légumineuses est sur le plan agricole importante et est spontanée ou cultivée dans le monde entier à des fins diverses, notamment la production de nourriture et de fourrage, comme les engrais verts, ou l'assurance du sol pour réduire l'érosion. Cependant, selon les répartitions géographiques des plantes-hôtes et des microsymbionts.

## 2. Les légumineuses en Algérie

### 2.1 Répartition géographique

En Algérie la production des légumineuses sont situés au nord de l'Algérie, où la moyenne pluviométrique avoisine les 400 mm, où le sol est profond et qui garde le plus longtemps possible une humidité favorable, ces facteurs favorisent la récolte du pois chiche printanier, on le retrouve au Nord ouest du pays, à *Tlemcen, Ain Temouchent, Sidi Bel Abbas*, au Nord est, à *Skikda, Guelma, et Mila*, au centre, à *Tipaza, Tizi ouzou et Bouira*. Par contre la récolte du pois chiche hivernal se trouve dans les régions où la moyenne pluviométrique est inférieure à 400 mm, tel que les hauts plateaux : *Bordj Bouaridj, Sétif*, le Nord Auraisien et à l'ouest du pays à *Saida*, et à *Médéa*.

### 2.2 Production des légumineuses

Les régions productrices des légumineuses alimentaires par excellence sont : *Tlemcen, Ain Témouchent, Skikda, Chlef, Guelma et Mostaganem*, la moitié de la surface agricole utilisées SAU est destinée à la production des légumineuses c'est-à-dire 53.1 % (*Khaldoun et al, 1999 ; Hamadach, 2001*).

Sur la plan spatial, les légumineuses alimentaires ont considérablement régressé durant la période 1980 à 1998 en Algérie. En effet, l'analyse des statistiques indique que le sol qu'elles occupaient est passées de 124.000 ha (1980 à 84) à 77.000 ha (1997 -1998). Au niveau de la répartition spécifique, les différentes espèces ont toutes enregistré une diminution de leurs superficies au cours de cette période. *La fève et la féverole* : occupent le premier rôle, en effet de 52.484 ha en 1980. *Le pois chiche* est à la seconde de part sa superficie qui ne dépasse pas les 29.550 ha en 1998. *Le pois*, qui est 3<sup>ème</sup> rang à connu une nette progression entre 1980 et 1987 puisqu'il a atteint les 18.500 ha en 1987, mais en 1998, sa superficie n'était plus que 7.790 ha. Quant à la lentille (1.500 ha) sa situation est dramatique. Le haricot sec occupe une superficie d'environ 1.500 ha en 1998.

La production de grain qui demeure très faible a connu quelques variations, mais le niveau annuel est resté assez stable. Par espèce le classement de la production est identifié à celui des superficies. Ainsi, la fève et la féverole dont la production a énormément varié entre 1980 (24.318 tonnes) et 1997 (9.067 tonnes) sont à la première place avec 21.300 tonnes en 1998 (*DSA EE/ MA, 1980 -98*). (*Zaghouan N et al. ,2000*).

Durant la période **1993 à 2003**, les statistiques indiquent une insuffisance considérable en matière de superficie agricole des légumes secs, elle est de l'ordre de : **82.301 ha** et une production de l'ordre de : **411.867 Qtx** c'est-à-dire **3 à 5 Qtx /ha** entre 1993 et 2003 (*M.A 1993-2003*). (Tableau 01).

**Tableau 01** : Principaux légumes secs produits en Algérie  
(Moyenne 1993-2002) Source (M.A 1993-2003).

Légumes secs	Superficies		Productions		Rendement s Qtx/ha
	Ha	%	Qtx	%	
<b>La fève et la féverole</b>	40299	84.96	207042	50.27	3.13
<b>Le pois chiche</b>	<b>30487</b>	<b>37.04</b>	<b>161799</b>	<b>30.28</b>	<b>3.30</b>
<b>Pois sec</b>	8627	10.48	29793	7.23	3.45
<b>la lentille</b>	1271	1.54	5021	7.23	3.95
<b>Le haricot</b>	1240	1.50	6480	1.22	3.22
<i>Le pois</i>	377	0.46	1732	0.42	4.59
<b>Total</b>	<b>82301</b>	<b>100</b>	<b>411867</b>	<b>100</b>	<b>5.00</b>

### 3 Classification des légumineuses

La famille des Légumineuses est une des plus importantes parmi les dicotylédones. C'est la famille végétale qui fournit le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales.

La famille des légumineuses est aussi appelée couramment Légumineuses (Leguminosae) ou légumineales, mais ces ne sont pas de vrais synonymes. Chaque nom s'applique à une condition particulière. Selon la classification de **Hutchinson**, on distingue trois 03 grandes familles qui sont □ les Caesalpiniaceae, les Mimosaceae, □ et les Fabaceae ou Papilionaceae, il apparaît trois sous-familles : qui sont □ **les Caesalpinioideae** avec une fleur pseudo-papilionacée, **les Mimosoideae** avec une fleur régulière; □ et **les Faboideae ou Papilionoideae** avec une fleur typique en papillon (*Sprent, 1990 ; Alexander, 1982 ; Mahmoud, 1989*).

#### 3.1 La famille des papilionacée

C'est l'une des plus grandes familles des légumineuses, elle est réponde dans plusieurs pays du monde (*Bishop et autres, 1984*), elle comprend 10.000 espèces appartenant au stade herbacés et peu d'arbustes (*Demelon, 1966*), les fleurs de cette famille ont la forme d'un papillon d'où son nom (*Bonnier et Douin, 1990*). Les feuilles de cette plante sont symétrique sur la tige et chaque feuille est composé de petites feuilles en couple sur la même tige (*William et autres, 1962*).

D'après *Izat et autres (1991)* en Algérie cette famille est la plus réponde, de nombreuses espèces sont utilisées comme fourrages pour les animaux, on parle de culture fourragère, d'autres comme aliments indispensable pour l'homme, ou même comme plantes ornementales ou utilisé même comme plante médicinales (*Bonnier et Douin, 1990 ; Hamed, 1991*).

#### 3.2. Importance économique des légumineuses

La culture des légumineuses a joué un rôle important dont l'alimentation de l'homme, après directement les cultures céréalières, pour la richesse de ses graines en protéines en comparaison avec celles des céréales 2 à 3 fois plus que le blé

L'importance des légumineuses réside dans le fait de fixer l'azote atmosphérique par les nodules bactériens d'où une économie considérable d'engrais azotés dans la production agricole, ainsi que l'amélioration des caractéristiques des sols.

Du point de vue écologie la plupart des légumineuses n'ont pas besoin de grandes quantités d'eau en raison de leurs racines qui puisent l'eau en profondeur (*Salunkhe, 1982*).

## II- Le pois chiche « *Cicer arietinum* »

Le pois chiche est considéré parmi les plus anciennes cultures des légumineuses à travers le monde, 95 % de cette culture est situé en Moyen Orient et au Sud –est de l'Asie (*Govil et al, 1986*).

Il est connu sous le nom de « Chickpea » en anglais, son nom scientifique est *Cicer arietinum*, c'est une espèce qui se développe surtout en Palestine en Irak en Turquie et à l'ouest de l'Asie puis il s'est répandu en Inde et en Europe (*Ahmed, 1989*), il est cultivé en Pakistan, au Maroc, l'Inde, le Mexique à l'est de la méditerranée, en Espagne et la Russie (*El Sabagh, 1989*).

C'est une espèce diploïde à 2n chromosome son cycle de développement est compris entre 90 et 180 jours selon les variétés ainsi que les facteurs biotiques et abiotiques (*Auckland et Singh, 1975*).

### 1. Origine

*Van Der Measen (1972)* a cru que les espèces sont provenues du Caucase méridional et de la Perse Nordique. Cependant, *Ladizinsky (1975)* a rapporté que le centre d'origine était la Turquie du Sud-est. *Van Der Measen (1987)* a identifié la région du Sud-est de la Turquie touchant la Syrie comme centre possible d'origine du pois chiche basée sur la présence des espèces annuelles étroitement liées.

## 2. Taxonomie

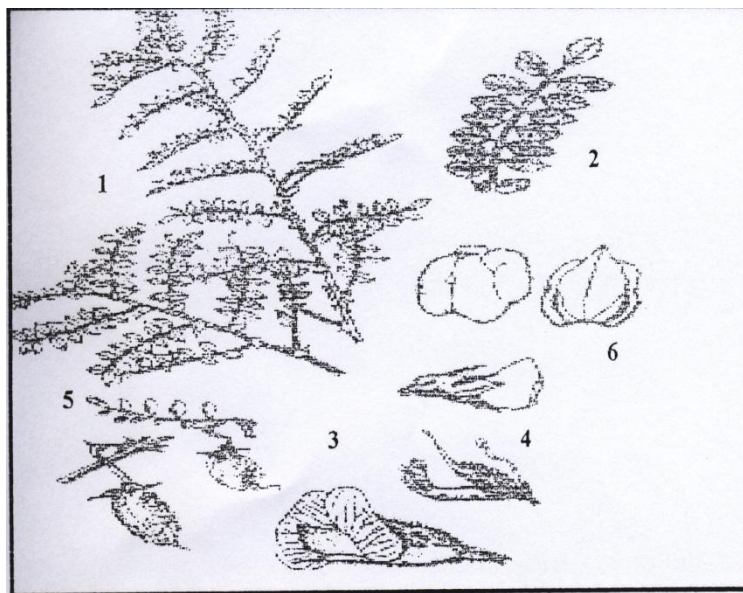
D'après *Paterson et al, 2000 ; Wojciechowski et al, 2000 ; Gillet, 2001* la classification phylogénétique du *Cicer arietinum L.* est la suivante :

**Tableau 02 :** Taxonomie du pois chiche « *Cicer arietinum L.* »

01	<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
02	<b>Sous- embranchement</b>	Angiosperme
03	<b>Classe</b>	Dicotylédones
04	<b>Sous classe</b>	Dialypétales
05	<b>Ordre</b>	Rosales
06	<b>Famille</b>	Légumineuses
07	<b>Sous famille</b>	Paipilionacées
08	<b>Genre</b>	Cicer
09	<b>Espèce</b>	arietinum

## 3. Morphologie et biologie florale

La plante du pois chiche peut être décrite comme des tiges embranchées, droites ou étendues, beaucoup embranché parfois arbustif, vert pubescent, olive vert foncé ou bleuâtre grands et glandulaire de 0.2 à 1 m. Le système de racine est robuste, jusqu'à 2 m de profondeur, mais la partie principale peut atteindre jusqu'à 60 cm (*Duke, 1981 ; Cubéro, 1987 ; Van Der Measen, 1987*).



**Figure 01 :** Morphologie et biologie florale du pois chiche (1) tige, (2) feuille, (3) fleur, (4) pollen, (5) gousses, (6) graines

#### 4 Composition chimique

La graine de pois chiche renferme 38 à 59 % d'hydrate de carbone, 3% de fibre, 4.8 à 5.5 % de pétrole, 3% de cendre, 0.2% de calcium, 0.3 % de phosphore. La digestibilité de la protéine change de 76 à 78 % et de son hydrate de carbone de 57 à 60 % (*Hulse, 1991 ; Huisman et Vander Poel, 1994*).

Les graines entières crues contiennent par 100 g ,357 calories, 4.5 à 15 g de protéines, 69 % d'humidité, 6.4 % de graisse, 2.1 à 11.7 g de fibre, 2 à 4.8 g de cendre, 140 à 440 magnésium de calcium, 190 à 382 magnésium de phosphore, 5.0 à 23.9 de fer de magnésium, équivalent de B carotène de 0 à 225 mg, 0.21 à 1.1 de thiamine de magnésium, 0.12 à 0.33 de riboflavine de magnésium, 1.3 à 2.9 de niacine de magnésium. Ils détiennent un double record : haute teneur en glucides assimilables et pourcentage élevé en protéines végétales (*Duke, 1981; Huisman*).

#### 5. Ecologie

Le pois chiche est une récolte auto –pollinisée, la croisée pollinisation est rare ; seulement 1% sont rapportés (*Sing, 1987 ; Smithson et al, 1985*). Elle survit dans les régions semi arides, les conditions optimales incluent des températures de jours de 18 à 26° C, la nuit de 21 à 29 °C et des précipitations annuelles de 600 à 1000 mm (*Duke, 1981 ; Muehlbauer et al, 1987 ; Smithson et al, 1985*).

Le pois chiche peut être cultivé comme récolte unique ou être mélangé à l'orge, au lathyrus, au lin oléagineux ou au blé. Dans la rotation, il suit souvent le blé, l'orge, le riz, (*Van der Measen, 1972*).

#### 6. Les différents variétés de pois chiche

Il existe 03 variétés de pois chiche selon la taille et le calibrage et la couleur des graines :

**1- Les variétés à petites graines :** sont appelés Dési (locale) cette variété est caractérisé par une fleur de couleur rose et une petite graine rugueuse foncé, dont l'enveloppe externe est épaisse et le taux de fibre et de protéines est élevés, elle représente 80% de la production mondiale (*Saxena et Singh, 1986*). Cette variété est cultivée en Asie (*Planquaert et al, 1988*), cette variété résiste au flétrissement et la pourriture des racines qui attaque le pois chiche, néanmoins elle est sensible a certaines maladies tel que *Ascochyta rabiei* (*Haware et Nene, 1982 ; Jiménez Diaz et al, 1989*).

2- **Les variétés à grosses graines** : sont appelés Type Kabuli, cette variété est caractérisé par une fleur de couleur blanche et une graine banche jaunâtre volumineuse, dont l'enveloppe externe est mince, le taux de fibre et de protéines est moins élevé que le Type Dési, elle renferme un taux élevé de sucre et de protéines et un taux moindre de fibres cellulosiques. Cette variété est cultivée dans les régions de la méditerranée, utilisé comme légumineuses alimentaire ou fourragère, elle est sensible au flétrissement et la pourriture racinaires (*Planquaert et al, 1988*).

3- **Les variétés à graines moyenne** : sont appelés Type gulabi, elle est caractérisé par des graines lisses de couleurs claire, la spécificité de cette variété est sa capacité de fournir au sol une quantité considérable d'azote (50 à 60 kg/ha/an) (*Haware et al, 1982 ; Singh et Sescena, 1986 ; Nene et Shella, 1989*).

## 7. Les différentes étapes de développement du pois chiche

D'après *Hamadache (2001)*, le développement du pois chiche se divise en deux étapes essentielles qui sont :

### 1- phase végétative

Elle commence par la levée et se termine par la floraison, la vitesse de la levée est liée à l'humidité du sol, et à la température, le nombre de graines germés est lié à sa faculté germinative et la technique d'ensemencement, le taux de salinité du sol diminue la faculté germinative du pois chiche.

Le développement de l'ensemble des organes végétatifs (feuilles et tiges) se fait doucement durant les jours qui suivent la germination, le nombre des tiges principaux varie entre 1 et 8, par contre le nombre de tiges secondaires varie entre 2 et 12 celles qui portent le plus grand nombre de feuilles. Cette phase se caractérise par sa sensibilité en vers les maladies et les mauvaises herbes.

### 2- phase reproductrice

Elle commence par la floraison et se termine par la maturation physiologique ce qui représente les graines de pois chiche récoltées, cette phase dure tout l'hiver. Cette phase se caractérise par sa sensibilité en vers la sécheresse, les graines mûrissent lorsque la tige devienne jaune claire et les graines durcissent.

## 8. Les conditions favorables du développement du pois chiche

### 1- la température

La température idéale pour le développement de la récolte du pois chiche se situe entre 18 et 26 °C, par contre la température favorable pour la germination des graines varie selon les variétés (*Norredine et Moustapha, 1994*), la température du sol doit être supérieur à 4°C, mais la température idéale pour la germination est de 15°C et pour avoir une bonne récolte, la floraison doit se faire dans une journée ensoleillée, une humidité élevée diminue le taux de floraison et le développement des graines (*Ahmed, 1989*).

La sécheresse peut être le problème numéro un pour la croissance du pois chiche, principalement la récolte développée sur l'humidité résiduelle et exposé par la suite à une sécheresse terminale (*Johansen et al, 1994*). Pendant la période de floraison une température très élevée est néfaste pour la fécondation et le remplissage des graines (*Abdel adim et Nimat et Tahar, 1989*) et provoque une perturbation dans le développement de la fonction des nodules.

En Asie occidentale et les pays du Nord Africains, la basse température, entraîne des dommages ou la mort de congélation. Le rendement est énormément réduit (*Singh, 1987*). Les problèmes de la chaleur et de la salinité sont des résultats relativement importants de la sécheresse et du froid (*Sing et al, 1980*).

### 2- la lumière

Elle joue un rôle très important sur le développement et la germination, ainsi que sur la floraison et en particulier la photosynthèse, par contre la lumière a un effet quantitatif sur la floraison (*Mohamed et Mohamed, 1995*).

La réponse de la récolte vis-à-vis de la lumière peut aller jusqu'à 16 heures et elle varie selon les variétés du pois chiche (*Nazih, 1980*).

### 3- le sol

La récolte du pois chiche se pratique sur des sols bien aérés qui favorisent la formation des nodules bactériens. La récolte de pois chiche est très sensible à l'humidité excessive surtout avant la maturation. Le pois chiche préfère un sol à texture sablo argileuse dépourvu de sels dont le PH varie entre 6 et 9 (*Lafou et al 1996*).

Sa récolte sur des sols acides, favorise le développement des champignons tel que le *fusarium*, il est très sensible à des taux d'humidité très élevés, c'est pour cela que l'ensemencement se fait après les pluies sur des sols peu humides sans irrigation.

## 9. La Moisson

Les pois chiche mûrissent en 3 à 7 mois et les feuilles tournent au brun –jaune, pendant la maturité, pour les graines sèches, ils sont moissonnés à la maturité ou légèrement plutôt en les coupant près de la terre ou en les déracinant .Ils sont empilées dans le domaine quelques jours pour sécher et plus tard la récolte est battue en piétinant ou en battant avec des branches en bois. Les paillettes sont séparées du grain par le vannage.

## 10. Les maladies nuisibles pour le pois chiche

En plus des obstacles et des problèmes affectant la récolte du pois chiche, les maladies sont parmi les facteurs qui conduisent à la diminution du rendement de ces récoltes. Le pois chiche peut être affecté de plus de 70 facteurs maladiques répertoriés dans plusieurs pays du monde (*Nen et al, 1981*).

On peut diviser les maladies en deux types par les champignons et les virus et par les insectes :

**1-les maladies par les champignons et les virus** : la récolte du pois chiche est exposé à un nombre important de maladies qui sont le résultat de plusieurs facteurs, la pluie, température, la variété, la technique de l'ensemencement ...etc. ces maladies causent d'énormes dégâts sur les récoltes et causent des pertes financières considérables parmi ces maladies il faut citer :

**1-1 l'Anthracnose** : causé par l'attaque d'un champignon dangereux il s'agit de : La rouille *d'Ascochyta rabiei* qui est la maladie la plus sérieuses en Inde du Nord, la Pakistan, les Etats Unis et le Moyen-Orient, causant parfois 100% de pertes (*Smithson et al, 1985*).

La rouille cause des taches brunes sur les feuilles, les tiges, les gousses et les graines d'autres mycètes sont connus pour attaquer le pois chiche. Cette dernière attaque la partie aérienne de la plante, la tige, les feuilles, les symptômes de cette maladie sont des taches circulaires de couleur marron sur les feuilles, rectangulaire sur les tiges il se développe à travers les graines (*Nene, Redy, 1987*), ce dernier vit à la surface des sols et sur les restes des récoltes pendant trois 3 ans (*Haware et al, 1982*). Les lésions apparaissent au dessous des tiges quand le climat est trop humide supérieur à 80 % (*Nene, Redy , 1987*), et quand la température varie entre 10 et 20°C .

Ce champignon peut causer la destruction de toute la récolte, parce que la maladie est transmise d'une plante affectée à une autre saine à travers l'eau et le vent *Nene et Reddy (1987)*.

D'après *Hamadach (2001)* il existe plusieurs façons pour lutter contre cette maladie, parmi eux il faut utiliser des variétés résistantes, brûler les restes des récoltes infectés, traitement chimiques des graines et de la récolte, utiliser une agriculture profonde.

**1-2 le Fusarium Wilt :** Les mycètes principaux qui affectent le pois, sont *Fusarium Oxysporum Schlechtend*, ils vivent dans le sol sous la forme clamydospore et restent vivants pendant 5 ans ils sont transmis à travers les graines infectés, l'attaque précoce cause des dégâts plus importantes que l'attaque tardive (*Sharma et Gupta, 1983 ; Singh, 1984*), l'attaque précoce conduite a des pertes dans les récoltes que peuvent aller jusqu'à 70% de toute la récolte.

Les symptômes de cette maladie apparaissent sous forme de flétrissement total de la plante suivi d'un changement de la couleur des feuilles verte pour devenir jaune, puis la perte totale des feuilles. La maladie apparaisse quant la température avoisine les 25°C (*Ahmed, 1989*), la lutte contre ce champignon se pratique par l'utilisation de fongicides sur les graines tel que «le Benlat » (*Hamadach, 2001*).

**2- Les insectes :** Beaucoup d'espèces d'insectes, parasites sérieux, touchant spécifiquement le pois chiche stocké. Généralement les évaluations des différentes pertes s'étendent de 5 à 10% dans des régions tempérées de 50 à 100% dans des régions tropicales (*Van Emden et Rao, 1988*).

Le pois chiche « *Cicer arietinum* » contient des substances anti-nutritionnelles qui protègent théoriquement des attaques des espèces d'insectes granivores non spécialisées, comme les charançons du genre *Sitophilus*, sa récolte est parmi les récoltes les moins touchés par les insectes (*Saxena, 1987*).

On a pu dénombrer 22 espèces d'insectes pouvant attaquer les récoltes de pois chiche en causant des dégâts considérables.

Parmi les insectes les plus vulnérables il faut citer :

**2-1 La Noctuelle :** appartenant à la famille des *Lépidoptère*, elle se nourrit des fleurs du pois chiche, comme elle pond ces œufs sur les fleurs, les larves se nourrissent des fleurs ensuite des graines, on peut lutter contre cet insecte au moyens d'insecticides ou de bactéries. Les variétés de pois chiche qui secrète de grandes quantités d'acide Malique sont plus résistants a cet insecte (*Reed et al, 1975*).

**2-2 : les Charançons :** appartenant à la famille des *Diptère*, c'est une mouche de petite taille, elle est considérée parmi les insectes les plus dangereux qui attaquent le pois chiche en Algérie, elle détruit les feuilles de la plante donc diminue la faculté de la plante à réaliser la photosynthèse ainsi que la diminution du rendement (*Meki et Fayçal, 1989*), on peut lutter contre cet insecte par le traitement chimique en utilisant « Deltaméthrine », et l'utilisation de variétés plus résistantes.

## 11. Production mondiale de pois chiche

Elle avoisine les 8 millions de tonnes, le pois chiche est bien acclimaté aux climats de type méditerranéen, comme l'Espagne, la Turquie, le Maghreb et le sud de la France. Sa culture valorise les sols secs et elle est excellente en rotation, notamment en trois années après un blé.

La Production mondiale du pois chiche avoisine les : 7.122.650 tonnes, les Principaux pays producteurs sont : l'*Inde* : 4.130.000 tonnes, le *Pakistan* : 671.700 tonnes, la *Turquie* : 600.000 tonnes, l'*Iran* : 255.000 tonnes, le *Mexique* : 240.000 tonnes, en revanche l'*Algérie* occupe la 18ème place avec 15.000 tonnes. Les principaux pays importateurs du pois chiche sont : l'*Inde* : 217.553 tonnes, le *Pakistan* : 182.062 tonnes, l'*Espagne* : 58.063 tonnes, le *Bangladesh* : 56.819 tonnes.

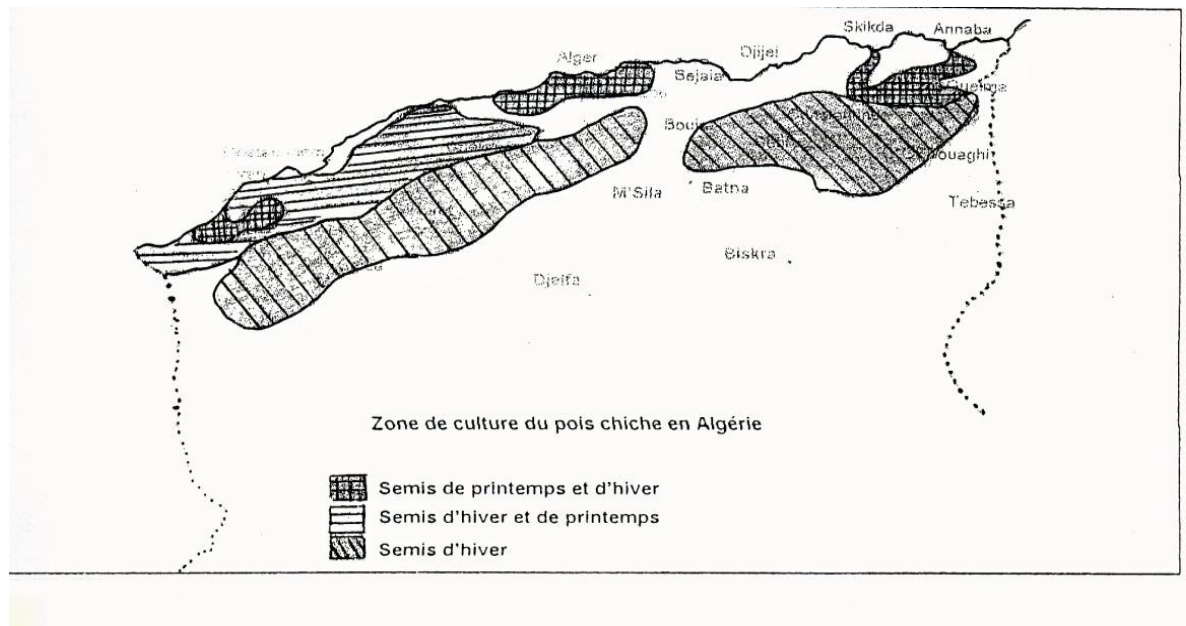
Par contre les Principaux pays Exportateurs du pois chiche sont : le *Mexique* : 142.679 tonnes, l'*Iran* : 139.716 tonnes, le *Canada* : 111.573 tonnes, la *Turquie* : 104.671 tonnes. Source : Données *FAOSTAT, année 2004*.

## 12. Production du pois chiche en Algérie

Le pois chiche est classé en deuxième place après Les fèves et occupe 20% de la superficie totale des légumineuses alimentaires. Dans le domaine alimentaire le pois chiche est considéré comme une source de protéines végétale et d'acides aminés en particulier la Lysine.

*Benbelkacem (1982)* a montré que les besoins de la culture du pois chiche augmentent d'une année à une autre. La production a augmenté de 5000 à 6000 tonnes en **1971**, jusqu'à 47000 tonnes en **1978**, 52000 tonnes en **1979**, 89000 tonnes en **1984**, la superficie agricole a augmenté de 82.280 ha en **1971** à 125.590 ha en **1981**.

La production actuelle en pois chiche est insuffisante pour les besoins du pays pour des raisons naturelles et humaines, elle ne dépasse pas guère les 5 ou 6 quintaux à l'hectare.



**Figure 02** : Carte des régions de production du pois chiche en Algérie D'après Hamadach, 2001

### 13 Utilisation médicinales traditionnelles :

Parmi les légumineuses de nourriture, le pois chiche est l'agent *hypocholestérolémiant*, on a rapporté que le pois chiche germé est efficace dans le contrôle de la cholestérolémie chez les rats (*Geervani, 1991*).

La sécrétion glandulaire des feuilles, des tiges et des gousses se compose d'Acides maliques et oxaliques, donnant un goût aigre. En Inde ces acides étaient moissonnés en répandant la mousseline mince au dessus de la récolte pendant la nuit, le matin le tissu imbibé est extorqué dehors, et les acides sont rassemblés dans des bouteilles. Les applications médicinales incluent l'utilisation pour l'aphrodisiaque, la bronchite, la cataracte, le cutaménia, le choléra, la constipation, la diarrhée, la dyspepsie, la flatulence, l'insolation et les verrues, ces acides sont censés abaisser les niveaux de cholestérol dans le sang. Ces graines sont considérées anti bile (*Duc, 1981*).

# **Chapitre II :**

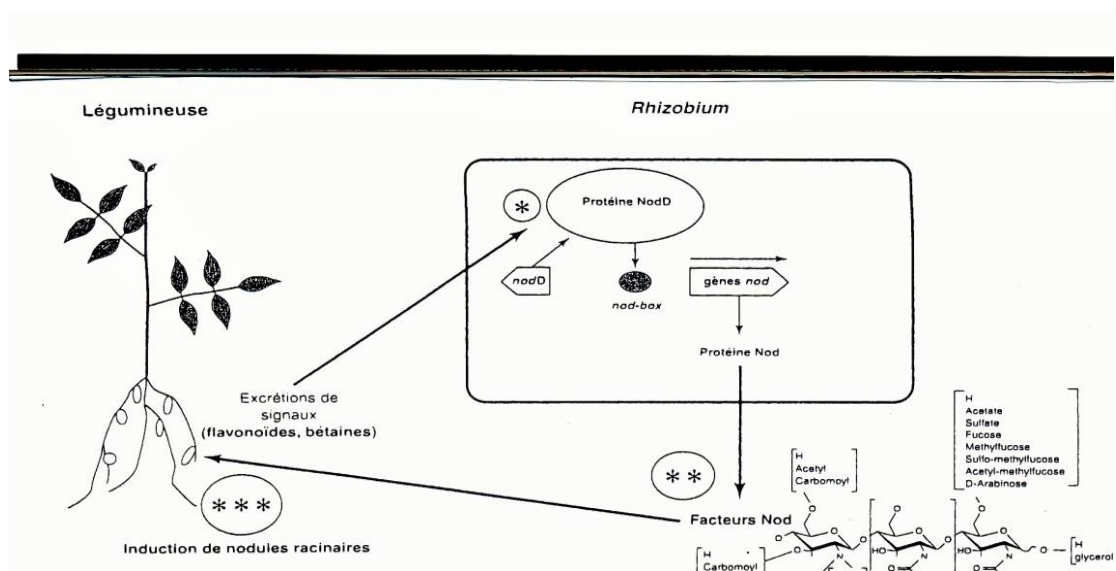
# **Interactions Symbiotiques**

# **Légumineuses-Rhizobium**

## I-Relation symbiotique légumineuse-symbiose

Il s'agit d'une association entre les légumineuses et les bactéries qui aboutit à la formation d'un petit organe au niveau des racines « **le nodule** », au sein duquel les bactéries, fixent l'azote atmosphérique et transfèrent celui-ci à la plante sous une forme assimilable. En contrepartie, la plante fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la bactérie.

C'est donc une véritable symbiose avec un échange bénéfique pour les 2 partenaires. Grâce à cette association symbiotique, les légumineuses participent à la revégétalisation des écosystèmes pauvres en azote, en s'établissant comme flore pionnière, initiatrice d'une succession écologique. Elles constituent par ailleurs une source d'alimentation extrêmement importante aussi bien pour l'homme (soja, pois, haricot...) que pour l'animal (trèfle, luzerne...).



**Figure 03** : Echange de signaux contrôlant les interactions Symbiotiques précoces et la spécificité d'hôte

Si les légumineuses ont été utilisées empiriquement depuis l'Antiquité pour améliorer ou entretenir la fertilité des sols, il n'y a qu'une quinzaine d'années que le mécanisme moléculaire régissant la mise en place de cette symbiose a été découvert.

Il s'agit d'un véritable dialogue moléculaire permettant la reconnaissance entre les deux partenaires (*Foucher et al, 2000*).

Elles sont par ailleurs capables d'induire la formation de nodules aussi bien sur les racines que sur les tiges de certaines légumineuses aquatiques tropicales. Les bactéries qui prolifèrent à la surface du système racinaire, sans aboutir dans ce dernier cas à la formation d'un nodule, permettent cependant une augmentation de la croissance de la plante et de sa production (*Moulin et al, 2001*).

## II-Importance de l'azote pour la plante

L'azote est considéré comme l'un des facteurs principaux pour la production des récoltes, il représente 4 à 6 % de la matière total de la plante, comme il représente 8 à 30 % du poids sec de la plante (*Beevers, 1976 ; Hamza, 1990*). , il est classé en quatrième position en besoin nutritif de la plante, L'atmosphère terrestre est composée à près de 80% de N<sub>2</sub>, c'est-à-dire 77.000 tonnes d'azote sur la surface de chaque hectare sur terre.

L'azote joue un rôle essentiel dans le développement de la plante et dans le rendement des récoltes en stimulant la croissance végétative par l'augmentation de la densité florale de la couverture végétale et les préservations des feuilles par le retardement de la vieillesse de la plante (*Robert et Catesson, 1999 ; Ameziane, 1994*).

L'azote est un élément important dans la constitution de nombreuses molécules organiques (les acides aminés et protéines en particulier (*Zahran, 1999*).

D'après *Hassan (1992) ; Richter (1993) et Sahaf (1989)*, la diminution de l'azote dans la plante provoque un jaunissement des feuilles en raison de la perte de la chlorophylle.

*Brill (1977) et Clakson (1985)* ont montré que l'étage supérieur des feuilles présente une couleur vert clair et une diminution du développement de la plante qui se traduit par de petites feuilles et une plante de petite taille, ces observations ont été confirmés par *Ibrahim Khalil (1998)*, il a montré qu'une carence en azote donne la mort aux bourgeons apicales ce qui provoque l'arrêt du développement de la plante ainsi que le système racinaire.

D'après *Shanmugam et al (1997)*, la carence en l'azote conduit a une diminution du nombre des fleurs des plantes fruitières, et même en cas de formation de cette dernière leur développement sera très lent avec une petite taille et une chute rapide.

*Shah et al (1984); Neupert et Schatz (1981)* ont montré que les protéines sont les premiers touchés par la carence en azote, en diminuant la synthèse de ces molécules, en causant une atrophie des cellules et ralentit la division cellulaire.

### III-Le cycle de l'Azote

Les plantes ne peuvent pas assimiler l'azote moléculaire (atmosphérique), ce dernier est assimilé par les racines sous forme de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ou parfois, d'ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Ces ions proviennent de la décomposition de la matière organique azotée dans le sol.

L'Azote se déplace sans cesse entre sa forme minérale et sa forme organique. Les molécules organiques contenant de l'azote se décomposent dans le sol sous l'action des microorganismes du sol. Cette décomposition produit de l'azote sous forme minérale (des nitrates). Les plantes utilisent les nitrates puisés par leurs racines pour fabriquer de la matière organique azotée et le cycle commence *Drevon et al (2004)*.

- Les plantes produisent de la matière organique azotée (acides aminés et autres molécules organiques azotées) à partir des sucres fabriqués par photosynthèse et d'ions  $\text{NO}_3^-$  puisés dans le sol.
- Les animaux utilisent la matière organique azotée des plantes pour fabriquer leurs propres matières organiques azotées. Les protéines de la viande, par exemple, sont produites à partir des acides fabriqués par les plantes et mangés, sous forme de protéines végétales, par l'animal.
- Les décomposeurs du sol (les bactéries, mycètes) transforment la matière organique azotée provenant des plantes ou des animaux morts en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Au contact de l'eau, l'ammoniac se transforme en ions  $\text{NH}_4^+$ .
- D'autres bactéries du sol, les bactéries nitrifiantes transforment le  $\text{NH}_4^+$  en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) qui peut être assimilé par les plantes. Certaines plantes peuvent assimiler l'ion  $\text{NH}_4^+$  qui se forme directement à partir d'ammoniac.

#### 1- la fixation de l'azote

C'est le processus de la fixation biologique de l'azote qui permet de produire des substances protéiques à partir de l'azote gazeux présent dans l'atmosphère et l'environnement.

C'est une réduction enzymatique de  $\text{N}_2$  (azote moléculaire) en azote ammoniacal, ou ammonium ( $\text{NH}_3$ ) ; cette forme de N combiné, appelé intermédiaire -clé, représente la fin de la réaction de fixation et le début de l'incorporation de l'azote fixé dans le squelette carboné (*Gillet, 2001*).

## 2- Les bactéries fixatrices libres

Il existe des bactéries libres qui vivent dans le sol et assurent la fixation de l'azote, soit seules, soit en symbiose avec d'autres bactéries, ce sont principalement :

- Des bactéries aérobies : *Azotobacter*, *Azomonas* ;
- Des bactéries anaérobies : *Clostridium* ....

D'autres bactéries vivent en symbiose avec des plantes. Certaines bactéries fixant l'azote vivent en liberté, mais la plupart des espèces économiquement importantes, telles que les bactéries du *Rhizobium*, vivent au sein des nodosités spécialisées sur les racines des légumineuses. La formation de ces nodosités exige une relation génétique intime entre les bactéries et la plante puisqu'on connaît de nombreuses mutations dans leurs génomes respectifs qui peuvent bloquer le développement d'une nodosité fonctionnelle.

Ainsi les plantes appartenant à la famille des légumineuses vivent en association étroite avec des bactéries fixatrices d'azote appartenant au genre ***Rhizobium***.

Les légumineuses constituent l'une des familles les plus abondantes et diversifiées des plantes supérieures (plus de 17.000 espèces). Les rhizobiums peuvent fixer l'azote grâce à une enzyme, la Nitrogénase (***Howard et Rees, 2000***).

## VI-Notion de *Rhizobium*

Les rhizobiums, ou rhizobia (genre *Rhizobium*), sont des bactéries aérobies du sol appartenant à la famille des Rhizobiaceae. Ces bactéries présentent la capacité de former une symbiose avec des plantes, les légumineuses.

Cette symbiose confère aux légumineuses, l'aptitude unique parmi les plantes de grande culture de se nourrir à partir de l'azote de l'air.

En condition limitante en azote combiné, les rhizobiums vont induire la formation de nodules au niveau racinaire ou caulinaire des légumineuses. Ces nodules vont représenter de véritables organes d'échanges métaboliques entre les bactéries et les plantes. Cette symbiose à bénéfice réciproque va permettre aux bactéries de bénéficier d'un micro habitat exceptionnellement favorable ; les légumineuses leur procurant un apport en substrat carbonée issu de la photosynthèse, en échange les bactéries vont fixer et réduire l'azote atmosphérique en ammonium, directement assimilable par les plantes hôtes (***Moulin et al, 2001***).

**1-Taxonomie :**

La biodiversité microbienne forme une ressource naturelle énorme pour la vie sur terre. Les bactéries de racine (rhizobia) sont en particulier utiles par leur capacités symbiotiques et à la fixation d'azote dans la symbiose avec leurs plantes hôtes (les légumineuses).

Les rhizobia sont divisés en 40 espèces et 07 genres. Actuellement dans la relation symbiotique, des espèces fixatrices d'azote ont été également décrites parmi les genres *Burkholderia* et *Cupriavidus* dans la sous classe des  $\beta$ - Protéobactéria (Moulin et al, 2001).

Cette classification est très loin de celle décrite dans le Bergey's Manual par **Jordan (1984)**, basé sur un ensemble de caractères phénotypiques, notamment la vitesse de croissance, ou le genre *Rhizobium* regroupe les souches à croissance rapide, et le genre *Bradyrhizobium*, les souches à croissance lente.

Actuellement la taxonomie bactérienne moderne se base sur plusieurs techniques moléculaires, chacune puisant l'information à des niveaux cellulaires différents (surtout ADNr 16S comme marqueur taxonomique, les protéines totales, les acides gras,.....), et de ce fait prend une nouvelle approche, la taxonomie poly phasique (**Vaandamme et al, 1996 ; Zakhia et al, 2004**). A partir de là, la classification des rhizobia évolue chaque année, regroupant les B.N.L. (ou Bactéries Nodulant les Légumineuses) préférant au terme de rhizobia.

**Tableau 03 :** Classification des B.N.L et fixatrices d'azote symbiotique des légumineuses d'après ICSP (Subcommittee on the taxonomy of Rhizobium and Agrobacterium)

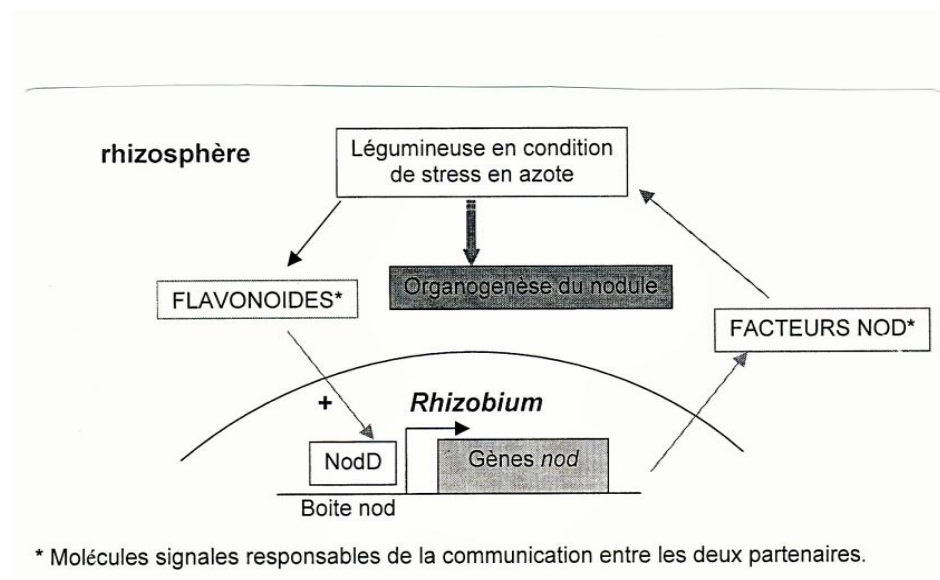
Espèces	Plante-hôte	Références
Classe : $\alpha$ - Protéobactéria		<b>Franck, 1889</b>
Ordre : Rhizobiales		
Famille : Rhizobiaceae		
Genre : Rhizobium		
<i>R.leguminosarum</i>		<b>Franck, 1889, Jordan, 1984</b>
<i>biovar viciae</i>	<i>Pisum sativum, Vicia</i>	<b>Franck, 1889, Jordan, 1984</b>
<i>biovar trifolii</i>	<i>Lathyrus, Lens</i>	<b>Franck, 1889, Jordan, 1984</b>
	<i>Trifolium pratens</i>	
<i>biovar phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris.L</i>	<b>Franck, 1889, Jordan, 1984</b>
<i>R.tropici</i>		
Type II A	<i>P.vulgaris L, Leucaena</i>	
Type II B	<i>P.vulgaris L, Leucaena</i>	<b>Martinez Roméro et al, 1991</b>
R.etli		
<i>biovar phaseoli</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<b>Segovia et al, 1993</b>

## 2- Génétique de la fixation :

Certaines bactéries fixant l'azote vivent en liberté, mais la plupart des espèces symbiotiques comme le genre *Rhizobium* vivent au sein de nodosités spécialisées sur les racines de légumineuses. La formation de ces nodosités exige une collaboration génétique intime entre les bactéries et la plante (*Michelle, 2006*).

### a) Les flavonoïdes :

Du nom latin flavus, jaune sont des substances généralement colorées très répandues chez les végétaux, ou ils interviennent dans la symbiose entre les fabacées et les bactéries du groupe *Rhizobium*. Ces exsudats qui sont émis par les cellules des racines de légumineuses vont attirer la bactérie, les Isoflavones sont spécifiques des fabacées ou ils jouent fréquemment le rôle de phytoalexine (*Guignard, 2000*).



**Figure 04** : Communication moléculaire entre *Rhizobium* et légumineuses

La plante sécrète dans le sol des flavonoïdes qui sont perçus par le rhizobium via une protéine régulatrice (NodD). Celle-ci déclenche l'expression des gènes nod (nod pour nodulation) aboutissant à la synthèse d'une molécule signal : le facteur Nod (FN). Les gènes nodA, nodB et nodC sont requis pour la synthèse du squelette de base du FN, consistant en un dérivé lipochito-oligosaccharidique.

Selon la bactérie, des décorations variées sont greffées sur ce squelette (sulfate, acétate, méthyle...).

La perception du FN par la plante va déclencher un enchaînement d'événements aboutissant à la formation du nodule (*Beringer, 1974*).

#### **b) Les gènes *nod* communs :**

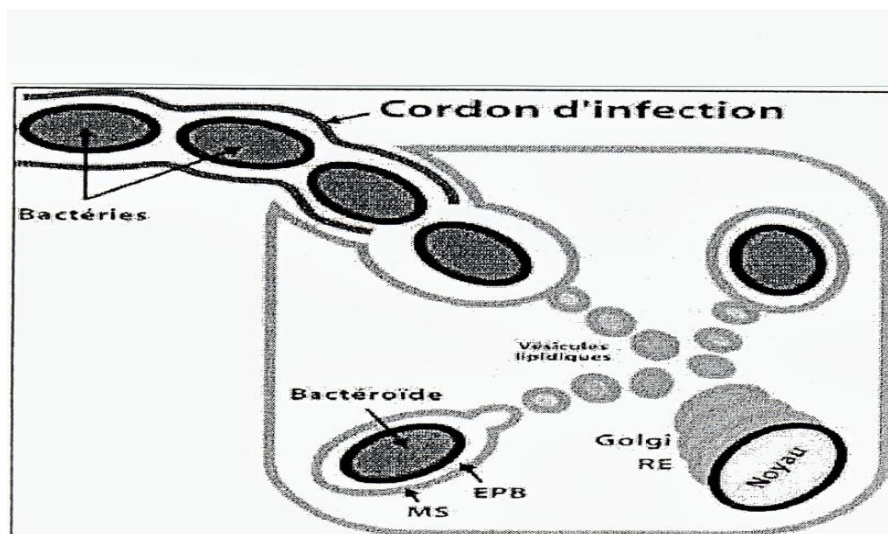
Les gènes *nod* communs sont les gènes fonctionnellement identiques que l'on trouve chez tous les rhizobiums. Ils sont interchangeableables entre les différentes espèces et interviennent à l'origine dans la détermination du spectre hôte. Ils sont nécessaires à l'infection et à la nodulation.

Les gènes *nodD* est associé étroitement aux gènes communs : ses produits interagissent avec les molécules signaux de la plante (flavonoïdes et isoflavonoïdes), activant la transcription des autres gènes *nod* inductibles et pourraient en outre, jouer un rôle dans la spécificité (*Guignard, 2000*).

## V-Phénomène de la Nodulation

### 1 Formation des bactéroïdes

L'envahissement des bactéries dans des cellules de la plante hôte est débuté par la formation d'une gouttelette d'infection. Les gouttelettes d'infection peuvent former au bout des fils intracellulaires courts d'infection. Les bactéroïdes mûr de membrane de cellules de la plante continuent à accumuler de grandes quantités de PHB ou polyhydroxybutyrate (*Juergen et al, 2006*).



**Figure 05** : Infection intracellulaire et différenciation du Symbiosome chez les légumineuses

Les bactéries sont déversées dans la cellule végétale par fusion des vésicules lipidiques avec l'extrémité du cordon d'infection. La différenciation en bactéroïdes commence alors **EPB**, espace pér bactéroidien ; **MS**, membrane du symbiosome ; **RE**, réticulum endoplasmique (*Patricaria et al, 2004*).

### 2-Les étapes de la nodulation :

#### - Pré infection :

L'interaction entre la plante et la bactérie débute dans la rhizosphère, la croissance des bactéries se fait de manière sélective par la plante. Les rhizobia sont attirés vers les poils racinaires par une large gamme de substance de type flavonoïdes et iso flavonoïdes, principalement par des phynélopropanoïdes exsudés par la racine. Une production plus importante de ces composés est observée en condition de carence azotée (*Patricaria et al, 2004*).

Les flavonoïdes présents dans les exsudats racinaires induisent l'expression des gènes Nod bactériens qui gouvernent la production des facteurs Nod, des lipochitoooligosaccharides (*Guignard, 2000*).

Les facteurs Nod induisent des événements morphologiques, physiologiques et moléculaires chez la plante hôte.

La déformation du poil racinaire est observé environ 12 à 24 heures; les poils absorbants changent leur direction de croissance et forment une structure en crosse de berger, courbés, renflés, déformés, branchés ou joint qui enferme les *Rhizobium*. Elle fait intervenir des changements dans l'arrangement des microtubules; plus précisément, les poils racinaires peuvent adopter différentes formes en fonction de leur stade de développement (*Timmers et al, 1999*).

- **L'infection :**

L'infection des racines peut avoir lieu à travers les poils absorbants ou des blessures, ou à travers l'espace intercellulaire (*Rasanen, 2002*). Au cours de l'infection, la pénétration de la bactérie est facilitée par la courbure du poil racinaire et par conséquent la bactérie est entourée par la paroi végétale dans une zone confinée. La croissance des nodosités se poursuit dans les régions infectées de l'écorce et du péricycle, jusqu'à ce que ces deux masses de cellules fusionnent et forment la nodosité.

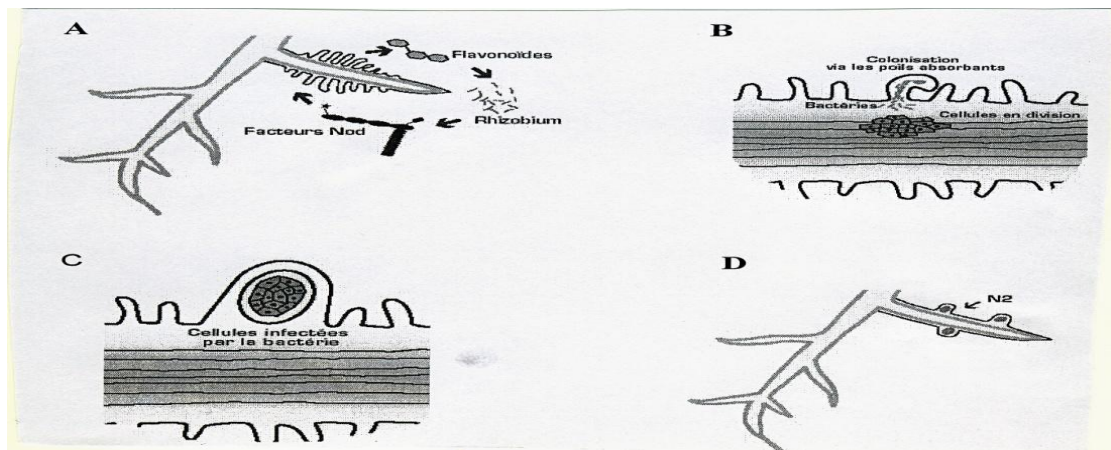
- **Développement du nodule :**

L'infection de la plante par le Rhizobia induit la différenciation et la division des cellules du cortex (*Foucher et Kondorosi, 2000*). Les nodules de type indéterminé (*Médicago truncatula, Pisum sativum*) sont formés à partir du cortex interne alors que les nodules de type déterminé (*Glycine max, Phaseolus vulgaris*) sont formés à partir du cortex externe.

La persistance du méristème chez les espèces à nodules de type déterminé et très éphémère et la croissance en longueur du nodule est limitée. Une croissance en épaisseur a lieu par hypertrophie des cellules corticales et par des divisions de cellules contenant déjà des rhizobia. Ce processus se traduit par une forme sphérique et un état de différenciation identiques pour toutes les cellules. Dans le cas des espèces à nodule de type indéterminé, la zone méristématique est persistante ce qui se traduit par une forme allongée. Dans les deux cas, les cellules du cortex se divisent de manière anticline puis péricline (*Timmers et al, 1999*).

Toutes les cellules du cortex ne se divisent pas, ce qui semble la susceptibilité de ces cellules pourrait être liée à un statut particulier, notamment une modification de la concentration des hormones (*Mathesius et al, 2000*).

De manière concomitante, les cellules voisines développent des cordons de pré infection, constitués de ponts cytoplasmiques alignés de façon radiale (*Van Brussel et al, 1992*). Ces structures guident la croissance des cordons d'infection en direction du primordium nodulaire en formation. L'utilisation d'inhibiteurs de transport d'efflux d'auxine entraîne la formation de « pseudo nodules » (*Fang et Hirsch, 1998*) suggérant un rôle de l'auxine dans la formation des nodules. De plus les facteurs Nod produits par *Rhizobium* avant l'infection entraînent une modification de la balance hormonale de la plante.



**Figure 06** : Schéma général des différentes étapes de la nodulation

**A : Communication *Rhizobium*-légumineuses.** Les bactéries vont percevoir les flavonoïdes sécrétés par les tiges des plantes et vont y répondre spécifiquement en synthétisant des facteurs Nod. **B : Les facteurs Nod** vont agir au niveau des racines et permettre l'entrée des bactéries dans les racines et leur colonisation, contrôlée par les cellules de la plante. **C : L'infection des cellules par les bactéries** va conduire à la formation d'un nodule, organe rempli de bactérie différenciée en bactéroïdes (bactéries fixatrices d'azote). **D : Les nodules vont permettre la fixation d'azote atmosphérique** par les bactéroïdes au bénéfice de la plante, et l'apport de nutriment pour les bactéries via la plante.

Les mécanismes moléculaires responsables de ces changements sont inconnus mais il semble que les facteurs Nod agissent sur les flux d'auxines à deux niveaux : une inhibition du transport de l'auxine (*Mathesius et al, 1998*) et l'induction de la synthèse de flavonoïdes (*Mathesius et al, 2000*).

Les flavonoïdes sont susceptibles de provoquer l'accumulation de l'auxine en réduisant son oxydation de manière directe (substrat de l'enzyme) ou indirecte (en réagissant avec F<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ; Leur rôle dans l'inhibition du transport de l'auxine est également supposé (*Mathesius et al, 2000*).

Des travaux récents montrent que l'extinction par la technique d'ARN interférent de l'expression du gène de la chalcone synthase (CHS) chez *M.truncatula* entraîne une augmentation du transport de l'auxine associée à une inhibition de la nodulation (*Wasson et al, 2006*).

# **Chapitre III :**

# **Les Phyto-hormones**

## I-Notion d'hormones végétales

La notion d'hormone (du grec hormao : exciter le terme fait son apparition en 1905) s'applique à des substances organiques biologiquement actives et fait intervenir 3 idées essentielles :

1. *Activité à de très faibles concentrations (aucun rôle énergétique ni nutritif)*
2. *Synthèse par l'organisme lui-même*
3. *Transport du site de synthèse au site d'action où elle influence spécifiquement des cellules cibles.*

Se sont des composés organiques synthétisés par la plante qui à de très faibles concentrations ont une action sur le métabolisme et le développement généralement dans des tissus différents du lieu de production. Ils sont impliqués dans les communications intercellulaires.

Certaines substances qui ont des effets analogues à ceux des hormones mais qui ne sont pas synthétisées par les végétaux sont appelées **régulateurs de croissance**. Ce sont généralement des substances chimiques de synthèse qui sont abondamment utilisées en agriculture et horticulture.

### 1-Les différents types d'hormones végétales :

La véritable mise en évidence d'une hormone végétale remonte à **1926** il s'agit des travaux de **WENT** sur l'auxine. Jusqu'en 1950 on considéra que l'auxine représentait la seule phytohormone mais après cette date d'autres hormones végétales ont été découvertes, dont l'importance s'est confirmée avec les années. Chronologiquement il s'agit des *gibberellines* (1950), des *cytokinines* (1955), de *l'éthylène* (1960), de *l'acide abcissique* (1965) et des *brassinostéroïdes* (1995).

A l'heure actuelle on connaît donc 6 types d'hormones végétales pour lesquels on peut distinguer :

Des hormones stimulatrices (qui induisent ou stimulent un phénomène physiologique) tel que les *Auxines*, les *Gibbérellines*, les *Cytokinines*, les *Brassinostéroïdes*.

Pour ces hormones on observe des familles de molécules actives, en parallèle on distingue des hormones à effets mixtes comme : *l'éthylène* et *l'acide abcissique*.

## II-Les Cytokinines

### Définition

Les cytokinines sont des substances proches des *bases puriques*, (adénines substituées). C'est une famille de phytohormones indispensables au développement de la plante. Les cytokinines présentent comme les précédentes des effets biologiques multiples mais l'effet initialement mis en évidence porte sur la division cellulaire, plus particulièrement sur la cytokinèse d'où le nom de cytokinines.

### 1- Historique

La découverte des cytokinines a été associée à la recherche des exigences hormonales des cultures d'organes ou de tissus végétaux *in vitro*. Ces tissus ou organes isolés de la plante exigent en effet pour se développer des éléments divers dans le milieu et en particulier des hormones.

En 1941 *Van Overbeek* met en évidence les propriétés actives du lait de noix de coco vis-à-vis de la croissance de jeunes embryons de *Datura stramonium*. Ce milieu est toujours utilisé en culture de tissus végétaux.

En 1954 Le groupe de *Skoog* montre que la croissance *in vitro* des tissus de moelle de tabac ne peut se faire avec la seule présence d'auxine (faible croissance pas de division, seulement grandissement cellulaire). La recherche de substances actives conduit à mettre en évidence l'action positive du lait de noix de coco, d'extrait de levure, de DNA autoclavé.

En 1955 *Miller* obtient à partir de sperme de Hareng autoclavé (très riche en acides nucléiques) une substance capable d'induire la division cellulaire des tissus de moelle de tabac à de très faibles concentrations 1 µg/litre.

Cette substance a été identifiée il s'agit de la *6-furfurylaminopurine* ou *kinétine* actuellement encore utilisé comme régulateur de croissance.

D'autres substances synthétiques de nature voisine et des dérivés de l'adénine isolés des végétaux ont une action comparable. L'ensemble de ces substances est regroupé sous le terme *de cytokinines* : Adénines substituées ayant une action sur la croissance et la différenciation des tissus végétaux en culture « *in vitro* ».

## 2- Nature chimique

A côté de la *kinétine* d'autres substances synthétiques à activités cytokinine existent dont la plus connue est la *benzyladénine* disponible commercialement très utilisée en culture « in vitro ».

Des activités cytokinines ont été initialement caractérisées dans divers extraits végétaux : lait de noix de coco, extraits de divers fruits mais sans identification des structures actives.

En 1964, 9 ans après la découverte des cytokinines *Letham* identifie dans les endospermes laiteux de maïs (*Zea Mays*) la *4-hydroxy-3méthyl-2butényl amino purine* ou *Zéatine*. Depuis cette molécule a été caractérisée dans de nombreuses plantes ; elle est responsable de l'activité biologique du lait de noix de coco. Par la suite on a abouti à la caractérisation chez les végétaux de l'*isopentenyladénine* libre ou sous forme de *riboside* qui semble la plus largement répandue. Ces cytokinines naturelles sont plus efficaces que les cytokinines synthétiques.

## 3-Liste des cytokinines connues

### 1. Cytokinines de synthèse

- benzyl adénine ou benzylaminopurine ou BAP.
- kinétine .

### 2. Cytokinines naturelles

- zéatine (la plus répandue dans le règne végétal).
- isopentényladénine (IPA).

## 4- Les cytokinines dans la plante

Il est classiquement admis que les cytokinines sont produites de façon préférentielle dans les racines, bien que les embryons, les jeunes fruits, les bourgeons aient aussi une autonomie de production. Elles sont présentes dans les racines en grande quantité et sont synthétisées à partir de précurseurs radioactifs. On retrouve des cytokinines dans les exsudats racinaires de certaines plantes (Maïs). Les feuilles sont dépendantes des racines pour la production des cytokinines.

## 5- Fonctions physiologiques

### 1. Au niveau cellulaire

Un des effets des cytokinines est de permettre *la cytokinèse* c'est-à-dire la formation d'une paroi transversale assurant la séparation de deux cellules filles. C'est en raison de cette action spécifique sur cette phase de la division cellulaire que le nom de cytokinine a été donné à ces hormones. Il faut également remarquer que dans les conditions des essais biologiques les cytokinines seules sont sans action sur la division cellulaire mais qu'elles ne peuvent agir qu'en présence *d'auxine*.

Elles ont des propriétés activatrices de la division cellulaire, mais elles sont également impliquées dans la croissance et la différenciation cellulaire, entre autres.

- Elles Favorisent la formation et production des chloroplastes (*Harvey et al, 1974*).
- Elles Favorisent l'accumulation de l'amidon, les protéines et les acides nucléiques (*Palmer et Smith, 1969*).
- Elles Augmentent le taux de respiration dans les tissus végétaux cultivé dans des conditions artificielles (*Prud'homme, 1965*).
- Favorisent le déchargement de composés sucrés par le phloème et augmente le taux des sucres tel que l'amidon et la cellulose (*Davies, 1990, Black et Aidelman, 1980*).
- Favorisent la croissance cellulaire et augmentent la vitesse de la division des cellules méristématiques (*Heller et al, 2000*).
- Augmentent l'efficacité de quelques enzymes, ainsi que le niveau des différentes enzymes mitochondriales (*Miller et al, 1955 ; Von Schwaetzenber et al, 1998*).

### 2. Au niveau de l'organisme

D'après (*Heller et al, 2000*), les cytokinines induisent la néoformation des bourgeons et font régresser l'inhibition exercée par la dominance apicale; alors qu'au contraire elles limitent le développement des racines, lèvent la dormance de nombreuses graines, provoquent le développement des ébauches florales chez certaines espèces en conditions photopériodiques défavorables, stimulent la transformation des proplastes en chloroplastes, ralentissent le turn-over de la chlorophylle et retardent la sénescence des feuilles.

- Elles dynamisent la division normale des tissus végétaux cultivés (*Heller et al, 2000*).
- Elles favorisent l'augmentation du volume des cellules, comme elle a un effet inhibiteur pour le développement en longueur et stimule le développement latéral (*Hopkins, 1995*).

- Impliquées dans les morphogénèses, elles activent le développement des bourgeons latéraux et inhibent le développement apical (*Heller et al, 1999*).
- Retardent la sénescence foliaire, l'activation de l'ouverture des feuilles et favorisent leur développement (*Heller et al, 1999*).
- Elles favorisent la maturation précoce des fruits (*Mazliak, 1975*).
- Elles influent sur le développement des racines adventives (*Luttge et al, 1994*).
- Elles stimulent la floraison dans des conditions de luminosité défavorable (*Ahmed, 1988*).
- Favorisent la formation de jeunes pousses et la différenciation de bourgeons sur des tissus en culture leur action est contrebalancée par celle des auxines qui favorisent la production de racines, la différenciation du tissu dépendant en fait de l'équilibre (*Heller et al, 2000*).
- Les cytokinines jouent un rôle plus général dans la germination des semences dans les conditions naturelles (*Heller et al, 2000*).
- Stimulent le métabolisme des cellules des jeunes pousses (qui ne sont pas à leur niveau de métabolisme maximal) en réponse à une augmentation de l'eau et des substances minérales disponibles. Elles ont un rôle sur l'action de la dominance apicale (*Mothes, 1968*).
- Conjugées à l'auxine, activent la division cellulaire (l'auxine favorise la duplication de l'ADN; les cytokinines permettent la séparation des chromosomes). Elle a une action sur l'organogenèse, est un antagoniste entre l'auxine, hormone déterminante dans la rhizogenèse et les cytokinines, déterminantes dans la colagenèse (néoformation des rameaux) (*Skoog et Miller, 1975*).
- L'ajout de Benzyl-aminopurine (BAP) stimule l'ouverture des stomates et la transpiration et retarde la sénescence des feuilles (*Hopkins, 1995*).
- La cytokinine peut partiellement atténuer les effets négatifs du stress hydrique par la stimulation de l'ajustement osmotique pour le pois chiche par Benzyl-aminopurine (BAP) ou Vigna par la kinétine (*Yadava et Dand, 1977*).
- La cytokinine a des effets sur les paramètres photosynthétiques directement par exemple, la synthèse des protéines de la chlorophylle, la composition des chloroplastes et leurs structures, le transport des électrons, l'ouverture des stomates, ou indirectement par exemple changement dans la croissance morphologie et anatomie (*Kaminek et al, 1992*).
- L'application du BAP diminue l'effet négatif du Na Cl sur la teneur en chlorophylle dans les feuilles de quelques espèces et augmente l'activité photochimique dans le contrôle du stress hydrique (*Mansour et al, 1994*).

# **Chapitre V :**

# **Résultats & Discussions**

## I -Analyse du sol

Les caractéristiques physico-chimiques et biologiques du sol utilisé dans notre expérimentation sont données selon les résultats du **Tableau 08**.

**Tableau 08** : Caractéristiques physico-chimiques et biologique du sol

N°	Echantillon	Horizon 01
01	Profondeur	0-40 cm
02	Argile %	32.6
03	Limon fin %	38.91
04	Limon grossier %	20.13
05	Sable fin %	6.23
06	Sable grossier	2.13
07	Calcaire actif %	8
08	Calcaire total %	28
09	PH	8.2
10	Conductivité électrique $\mu\text{s}/\text{cm}$	0.54
11	Azote total %	0.013
12	Phosphore assimilable %	138.32
13	Potassium échangeable%	0.17
14	Carbone %	1.55
15	Matière organique	2.66
16	C/N	45.63

Les interprétations des résultats analytiques sont données selon les interprétations de (*Calvet et Villemin 1986*).

### 1- La composition granulométrique

La composition granulométrique montre que le sol analysé présente une texture fine (argileuse à argilo-sableuse), ce qui est favorable à la culture du pois chiche (*Globe et al, 1990*).

Dans le premier horizon qui ne dépasse pas les **45 cm** de profondeur, la densité apparente estimée à **1.65**, la teneur en argile dépasse **32%**, l'humidité varie entre **25** et **30%**, ce qui traduit une forte rétention du sol en eau (*Duchoufour et Souchier, 1983*).

### 2- Le calcaire

Notre sol se caractérise par une teneur moyenne en calcaire total de **28%** et une teneur assez faible en calcaire actif de **15%**, qui donne un avantage à la circulation libre de certains éléments indispensables, ces résultats permettent d'avoir une idée de la nature géologique du sol qui est calcaire (*Baise et Jabiol, 1995*).

### 3- Le PH

Le sol présente un PH alcalin de l'ordre de **8.2**, ce qui est favorable au bon développement du pois chiche ainsi qu'une bonne fixation de l'azote (*Lafou et al, 1996*).

### 4- La matière organique

La teneur en carbone organique est de **1.55%**, ce qui explique que le sol est très riche en matière organique.

### 5- L'Azote

La teneur en azote total est très faible, de l'ordre de **0.013**, l'azote nitrique et l'azote ammoniacal n'existent dans le sol qu'en très petites quantités, c'est un sol pauvre en azote. (*Soltner, 2003*).

### 6- Le phosphore assimilable

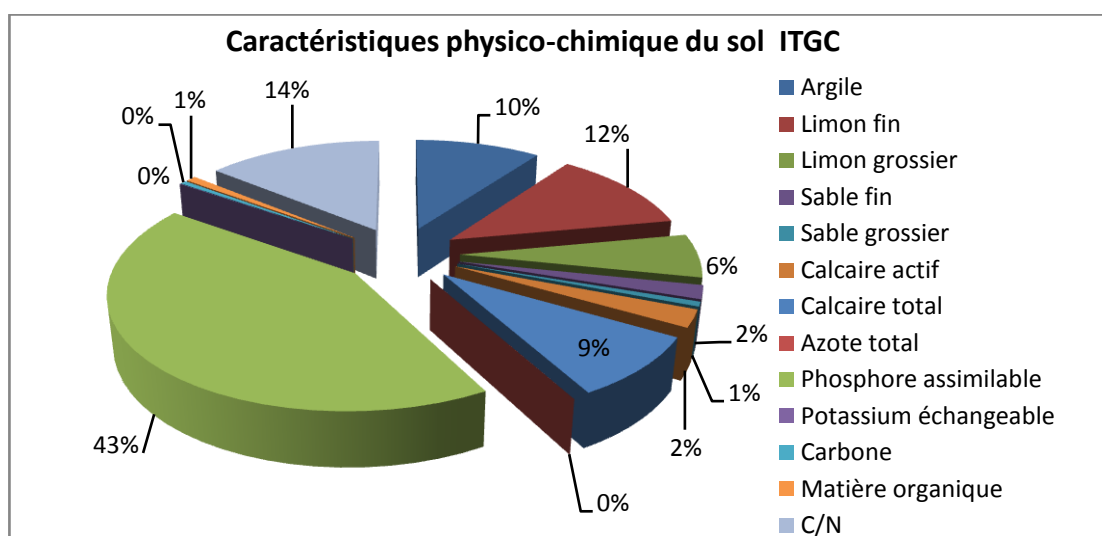
Les résultats obtenu du dosage du phosphore montre une teneur importante de l'ordre de : **138.32** sol est riche en phosphore assimilable.

### 7- La Conductivité électrique

Elle est très faible indiquant l'absence des sels dans le sol (*Ricard, 1954*), la culture du pois chiche est favorable dans un milieu pauvre en sel, ce dernier affecte le rendement du pois chiche et influe sur l'activité bactérienne du rhizobium, une teneur élevé en sel ne permet pas le développement du rhizobium dans le sol (*Werry, 1986*).

### 8- Le rapport C/N

Il est de l'ordre de **45.63** ce qui explique une activité très importante des micro-organismes du sol, ainsi qu'une teneur élevé de matière organique (*Duchoufour et Souchier, 1983*).

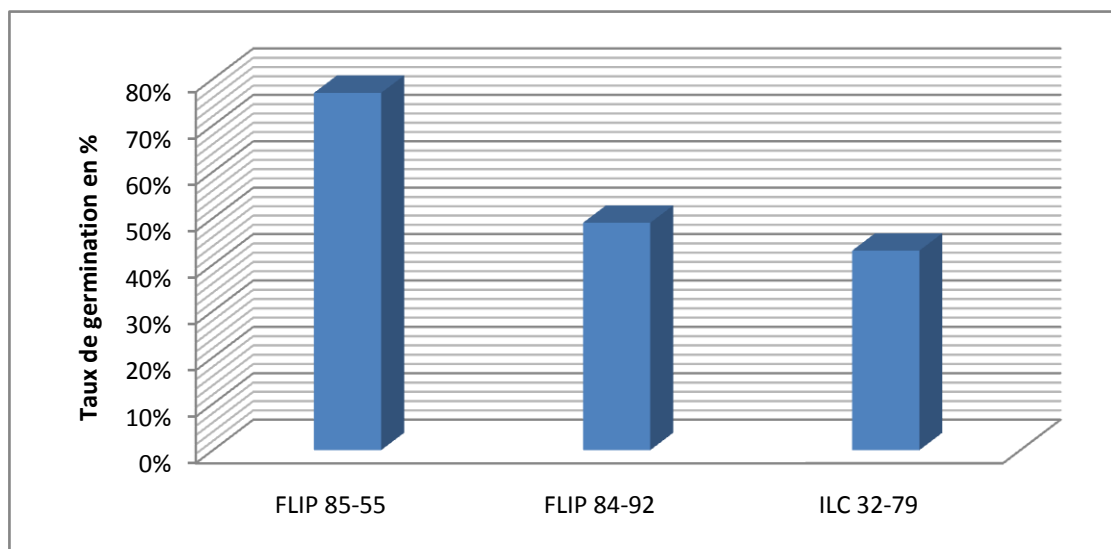


**Figure 21** : Caractéristiques physico-chimique du sol analysé

## II - Le pouvoir germinatif

D'après la **Figure 22** on constate que le pourcentage de la germination chez la variété FLIP 85-55 est de 77%, par contre celui de la variété ILC 32-79 est de 43%, et enfin celui de la troisième variété FLIP 84-92 est de 49%.

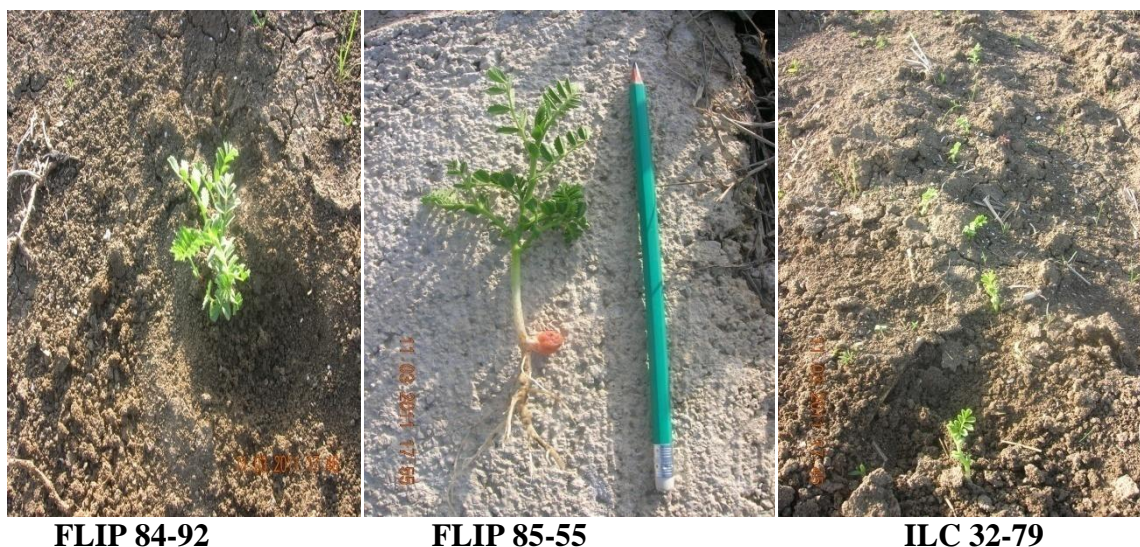
En constate que le pouvoir germinatif chez la variété FLIP 85-55 est plus élevé que celui des deux autres variétés avec un écart qui se situe entre 34 et 28%.



**Figure 22 :** Histogramme des valeurs exprimées en (%) du pouvoir germinatif des 03 variétés

On peut déduire que la variété FLIP 85-55 a donné de meilleurs résultats de germination par rapport aux deux autres variétés, ce qui explique l'adaptation de cette variété aux différents facteurs écologiques du milieu (climat, sol.etc).

A savoir que le cycle végétatif de la variété FLIP 85-55 est tardif, très résistante aux différentes variétés climatiques et a la gelé, cette variété est connue par sa productivité élevée.



**Figure 23 :** Germination des 03 variétés du pois chiche étudiés

### III- Les Evénements Phénologiques en jours

**Tableau 09:** Evénements phénologiques en jours

Variétés	Traitements	Ramifications	floraison	Formation des gousses	Remplissage des gousses	Maturité
<b>FLIP 85-55</b>	Témoin	107	96	116	125	150
	K1 = 20 mg/l	99	99	115	125	150
	K2 = 30 mg/l	102	98	116	122	150
	Témoin	100	99	117	122	150
	H1 = 40 mg/l	99	99	117	124	148
	H2 = 60 mg/l	99	98	117	124	151
<b>FLIP 84-92</b>	Témoin	104	95	111	120	145
	K1 = 20 mg/l	100	103	112	120	147
	K2 = 30 mg/l	98	99	114	120	147
	Témoin	103	102	112	120	146
	H1 = 40 mg/l	98	101	115	118	147
	H2 = 60 mg/l	100	97	115	119	148
<b>ILC 32-79</b>	Témoin	105	100	106	123	147
	K1 = 20 mg/l	99	97	101	124	152
	K2 = 30 mg/l	98	100	104	126	151
	Témoin	102	99	102	126	150
	H1 = 40 mg/l	99	102	104	129	151
	H2 = 60 mg/l	98	100	103	128	152

Les résultats obtenus dans le **Tableau 09** montrent que la kinétine n'a pas d'influence sur la durée de **ramification** et cela pour les trois variétés étudiées et pour les deux modes d'application soit par pulvérisation ou par trempage, le nombre de jours le plus élevé est ceux des témoins (P0 = 107, 104, 105 jours) pour la pulvérisation, (T0 = 100, 103, 102 jours) pour le trempage.

Par contre il apparait clairement l'influence de la kinétine sur **la floraison** des trois variétés étudiés, elle a accentué le phénomène pour les trois variétés en comparaison avec les témoins, pour le mode d'action pulvérisation il apparait clairement qu'a une concentration PK1 = 20 mg/l on obtient 103 j pour la variété FLIP 84-92 par rapport à 95 j du témoin, et 99 j pour la variété FLIP 85-55 par rapport à 96 j du témoin, la variété ILC 32-79 n'a pas été influé par le traitement par la kinétine.

Pour le mode d'action trempage le traitement avec la kinétine n'a pas donné une meilleure réponse pour les deux variétés FLIP 84-92 et FLIP 85-55, cependant pour la variété ILC 32-79 on a constaté qu'à une concentration de 40 mg/l on obtient 102 j supérieur par rapport au témoin de 0 mg/l, 99 j et à celle traitée à une concentration de 60 mg/l, 100 j.

La kinétine a un effet très positif sur la vitesse du phénomène précoce de la floraison, d'où l'ouverture d'un grand nombre de fleurs et cela pour les plantes traitées par pulvérisation.

De ces résultats on peut dire que la kinétine favorise le passage de la plante du stade végétatif vers le stade de la floraison, et la préservation des organes floraux contre les chutes pendant la période de fécondation et cela est dû à la l'accumulation des hormones dans les organes floraux, cela a été démontré par *Sebanek et al (1978)* lorsqu'il a traité les tulipes et les Hyacinthe par le dibenzyl ce qui a favorisé le développement végétatif et une floraison précoce caractérisée par la taille et un grand nombre des fleurs on compare avec les plantes non traitées, les témoins. En général les cytokinines sont connues par leur vitesse de floraison et une ouverture précoce des fleurs de plusieurs variétés des plantes cela a été montré par *Chehat (2000)*, *Kadem et Rais (1982)*.

Pour la phase **formation des gousses**, l'effet des différentes concentrations de la Kénitine a favorisé le développement des gousses au niveau des 03 variétés, et cela par la diminution de la durée de formation des gousses, à chaque fois qu'on augmente les concentrations il y a diminution de la durée de formation des gousses.

Pour le mode d'action pulvérisation il y a une diminution de 02 à 05 j pour une concentration de 20mg/l et de 10 à 12 j pour une concentration de 30 mg/l, pour les trois variétés étudiées. Pour le mode d'action trempage, il apparaît le même phénomène à chaque fois qu'on augmente les concentrations il y a diminution de la durée de formation des gousses. 02 à 05 j pour une concentration de 40 mg/l et 13 à 15 j pour une concentration de 60 mg/l pour les trois variétés étudiées.

Pour la phase de **remplissage des gousses** on a remarqué un remplissage précoce pour une concentration de 20 mg/l de 2 à 7 jours de moins que le témoin pour le mode d'action pulvérisation et de 2 à 6 jours pour une concentration de 40 mg/l pour le mode d'action trempage pour les trois variétés étudiées. Le traitement par la kinétine pour les deux modes d'application a favorisé le remplissage des gousses. La kinétine agit positivement sur la formation des gousses et influe en même temps sur le remplissage de ces derniers.

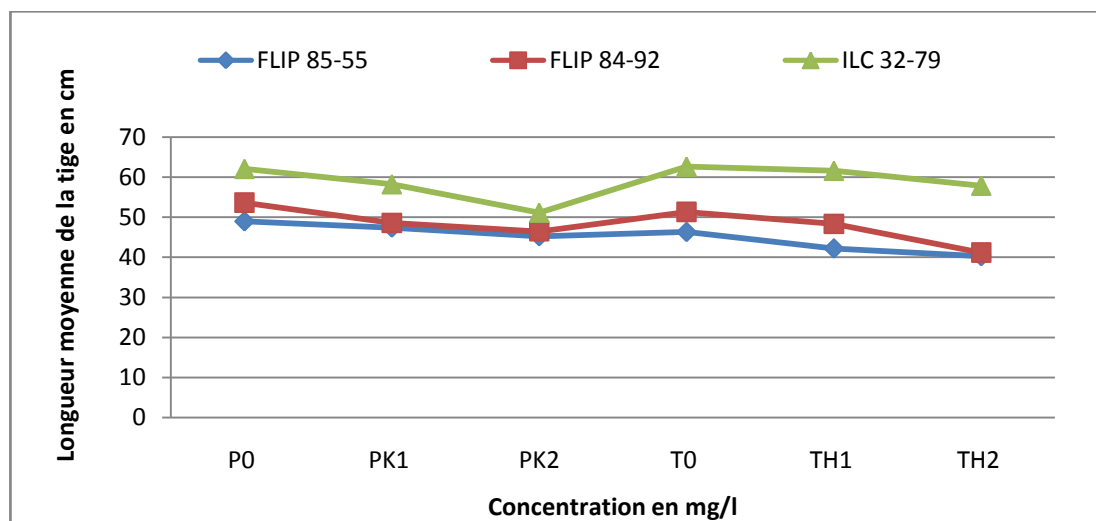
Pour le stade **de maturité**, on a constaté une nette augmentation de la durée de maturation pour des concentrations de 30 mg/l pour la variété FLIP 84-92 et ILC 32-79, de 60 mg/l pour les 03 variétés. Les concentrations de la kénitine ont influé sur la phase de maturité. Pour le mode d'action pulvérisation la durée de maturation est de 152 j par rapport au témoin qui est de 150 j pour FLIP 84-92, pour ILC 32-79 la durée de maturation est de 151 j par rapport au témoin qui est de 150 j. Pour le mode d'action trempage la durée de maturation est de 151 j par rapport au témoin qui est de 148 j pour FLIP 84-92, pour ILC 32-79 la durée de maturation est de 152 j par rapport au témoin qui est de 151 j.

**ILC 32-79****FLIP 85-55****FLIP 84-92****Figure 24 : Développement des 03 variétés du pois chiche étudiés**

De ces résultats on peut conclure que le cycle de vie de la variété ILC 32-79 est plus courte par rapport à celui des deux variétés FLIP 85-55 et FLIP 84-92, cela nous permet de dire que la variété ILC 32-79 est une variété non tardive et que les deux autres variétés FLIP 85-55 et FLIP 84-92 sont tardives.

## VI -Etudes des paramètres morphologiques

### 1-Influence de la kinétine sur la moyenne de la longueur de la tige (LT)



**Figure 25:** Influence de la kinétine sur la moyenne de la longueur de la tige des 03 variétés du pois chiche

D'après les résultats obtenus **Figure 25** on a constaté qu'à chaque fois que les concentrations augmentent la longueur des tiges diminue, les concentrations de la kénitine influent de la même façon sur les trois variétés étudiées.

On a remarqué que la plus grande valeur concernant la longueur des tiges caractérise les témoins pour les deux modes d'applications par pulvérisation ainsi que par trempage.

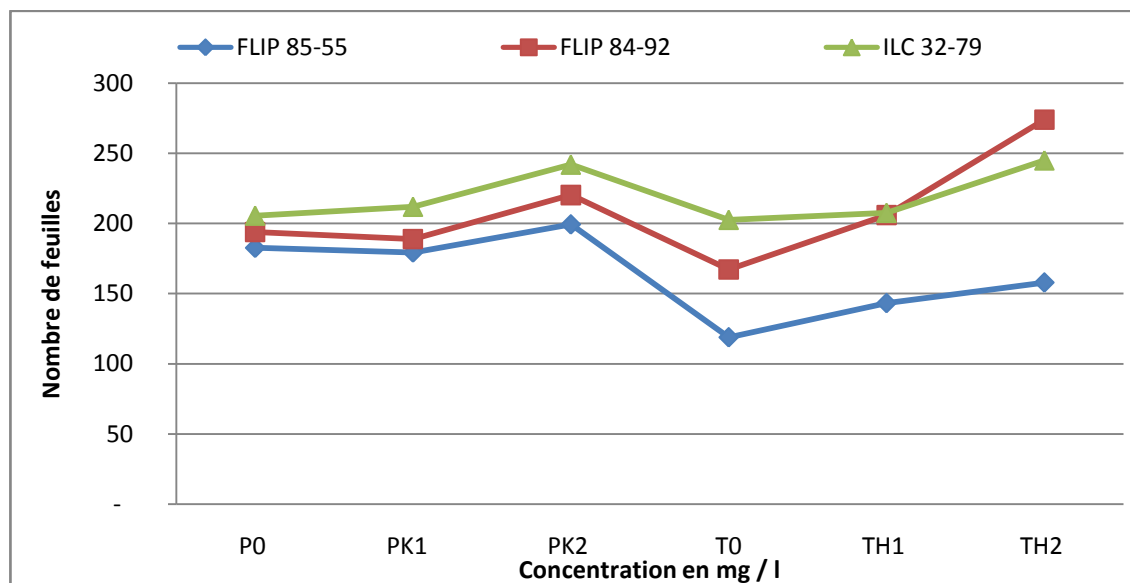
Ces résultats montrent que la kénitine ne permet pas le développement en longueur des tiges, cela s'explique par le fait que les cytokinines bloquent ou diminuent la dominance apicale chez les plantes.

*Derhoef et Van-Stahl (1975)* ont montrés que le complexe zéatine kénitine benzyl adénine n'est que des cytokinines qui ont une action inhibitrice des auxines qui jouent un rôle dans l'élongation des tiges des fèves du soya. Ces produits jouent le même rôle inhibiteur que ceux du complexe Actomycin et le Cychlohescimide.

A la base de ce qui a été constaté on peut dire que l'action biologique des cytokinines diffèrent de ceux des gibberilines ou des auxines, ces dernières jouent un rôle important dans l'augmentation des cellules en largeur mais pas en longueur soit pour la partie aérienne ou la partie souterraine de la plante (*Robert et Catesson 1999*).

*Apelbaum et Burg (1971)* ont prouvé que les cytokinines inhibent la croissance en longueur par contre favorisent la croissance en largeur des racines des radis. Et favorisent l'action des cellules du cambium dans la division cellulaire engendrant le développement des racines de petites taille mais de rayon important qui sont formés eux même par des cellules très épaisses résultat par l'action des cytokinines favorisant le développement des cellules parenchymateuses dans son développement en largeur et inhibent sa croissance en longueur .

## 2-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de feuilles (NF)



**Figure 26:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des feuilles des 03 variétés du pois chiche

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 26** on a constaté une augmentation du nombre des feuilles à chaque fois que les concentrations augmentent des sujets traités

Ces résultats sont conformes avec ce qui a été signalé par (*Hidjazi et al, 1971*), les cytokinines stimulent le retard de la sénescence des feuilles et assurent la biosynthèse des protéines et des acides nucléiques, ainsi que l'augmentation du nombre des feuilles, en stimulant la croissance et l'affleurement des bourgeons auxiliaires (*Chehat, 2000*).

Les résultats concernant le nombre des feuilles montrent que pour les trois variétés étudiées du pois chiche traitées par la kinétine permet l'augmentation du nombre des feuilles à chaque fois que les concentrations augmentent ce qui a été confirmé par *Soheir et al (2006)* lorsqu'il a traité des variétés de lentilles par des concentrations de kinétine (10, 20 et 40 mg/l) ce qui a donné des plantes avec un nombre élevé des feuilles, ceci est expliqué par la compétence biochimique de la photosynthèse et la formation des substances *carbo hydratées et azoté au niveau des feuilles*.

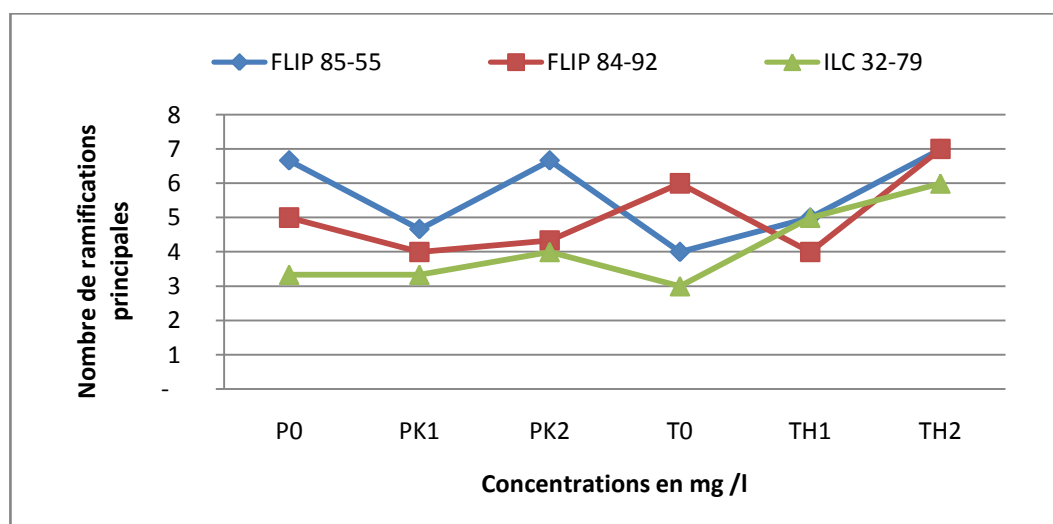
*Black et Aidelman (1980)* ont ajoutés que les cytokinines encouragent le retard du vieillissement des feuilles en préservant le rôle des protéines et des acides nucléiques comme ils assurent leurs contenus des éléments nutritifs pour une longue durée ce qui donne un nombre élevé des feuilles.

(Chehat, 2000) a déclaré que les cytokinines interviennent dans l'augmentation du nombre des feuilles en stimulant le développement et la sortie des bourgeons chlorophylliens qui aide à l'augmentation des rameaux latéraux qui favorisent l'apparition des feuilles., tous ces phénomènes exigent la présence de l'eau parce qu'il est considéré comme le milieu où se dérouleront toutes les réactions chimiques l'eau véhicule les éléments minéraux à travers les cellules de la plante..

Les travaux des *Khalil et Mandurah (1990)* *Almugadam (1997)* ont montrés que le traitement de la tomate par la kinétine augmente le nombre des rameaux ainsi que les feuilles, ceci a été confirmé par *Griga et al (1984)* et *Tomkins et Hall (1991)*.

### 3-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des rameaux

#### 3-1 Les rameaux principaux (NRP)



**Figure 27:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des rameaux principaux des 03 variétés du pois chiche

Le nombre des ramifications primaires est différent d'une variété à une autre, le plus grand nombre des ramifications est constaté chez la variété FLIP 85-55 (07 rameaux), ensuite le FLIP 84-92 (06 rameaux), chez la variété ILC 32-79 (03 à 05 rameaux).

Plus les concentrations augmentent plus le nombre des ramifications augmentent par contre le nombre le moins élevé des ramifications est constaté chez les témoins c'est à dire ceux qui ne sont pas traités.

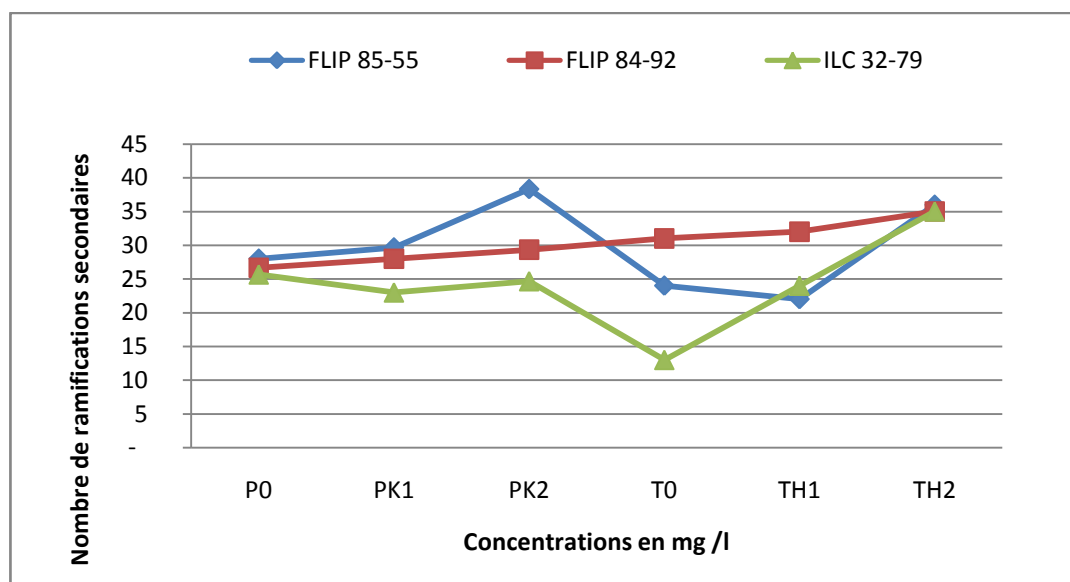
Les résultats montrent que les trois variétés étudiées du pois chiche réponds aux phytohormones la kénitine de la même façon c'est à dire en augmentant la concentration des phytohormones, le nombre des ramifications augmente.

La moyenne du nombre des rameaux primaires chez le témoin pour la variété FLIP est élevée par rapport à celle de ILC, ce qui confirme que la variété FLIP est caractérisée par un grand nombre de ramification par rapport à la variété ILC dont le nombre est réduit. La kinétine est responsable de l'augmentation du nombre des rameaux pour la variété ILC.

Les cytokinines jouent un rôle dont le changement de la morphologie de la plante, ils stimulent le développement des bourgeons latéraux et inhibent la dominance apicale (*Bunet et Brunel, 1968 ; Kaminek et al, 1992*).

Comme l'a signalé *Dawh (1982)* lorsqu' on pulvérise les bourgeons latéraux par les cytokinines, elles se développent rapidement, et éliminent la dominance apicale en présence d'eau et les éléments nutritifs nécessaires, et elles favorisent le développement par son rôle dont l'élargissement des canaux qui véhiculent tous les éléments.

### 3-2 Les rameaux secondaires (NRS)



**Figure 28:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de rameaux secondaires des 03 variétés du pois chiche

On a enregistré des résultats très variables concernant le nombre rameaux secondaires traités par différentes concentrations, ainsi que pour les différentes variétés.

La kinétine à 30 mg/l agit très favorablement sur l'augmentation du nombre des rameaux secondaires par pulvérisation, dont elle stimule la division cellulaire et favorise l'accroissement de la ramification. La kinétine à 60 mg/l par trempage a donné la meilleure réponse puisque la valeur atteinte est de 35 rameaux, la valeur la plus faible est enregistrée avec les témoins 27 rameaux secondaires. On conclue que l'action hormonale agit dans le sens de l'augmentation du nombre de rameaux secondaires.

On peut dire que la variété FLIP 85-55 a une ramification importante, ensuite la variété ILC 32-79 moins de rameaux. Et en augmentant la concentration des phytohormones, le nombre des ramifications secondaires augmente. La moyenne du nombre des rameaux secondaires chez le témoin pour la variété FLIP est élevée par rapport à celle de l'ILC (.30 à 35 contre 20 à 25 rameaux).

Pour la variété FLIP elle est caractérisée par une grande ramification ce qui est traduit par une expansion latérale des ramifications, par contre la variété ILC qui est caractérisée par peu de ramifications.

La kinétine à différentes concentrations a donné une valeur significative (4,10 et 4,50) ce qui traduit l'effet positif de la kinétine sur la croissance des bourgeons latéraux et l'inhibition de la croissance des bourgeons apicaux (*Edgerton, 1978*).

Le traitement des plantes par les cytokinines provoque l'augmentation des ramifications latéraux, car les cytokinines stimulent et favorisent la croissance des rameaux latéraux d'où l'augmentation de leurs nombres. la phase de dormance des bourgeons latéraux sera interrompue par l'effet des cytokinines tel que la kénitine, benzal adénine ..Etc (*Edgerton, 1978*).

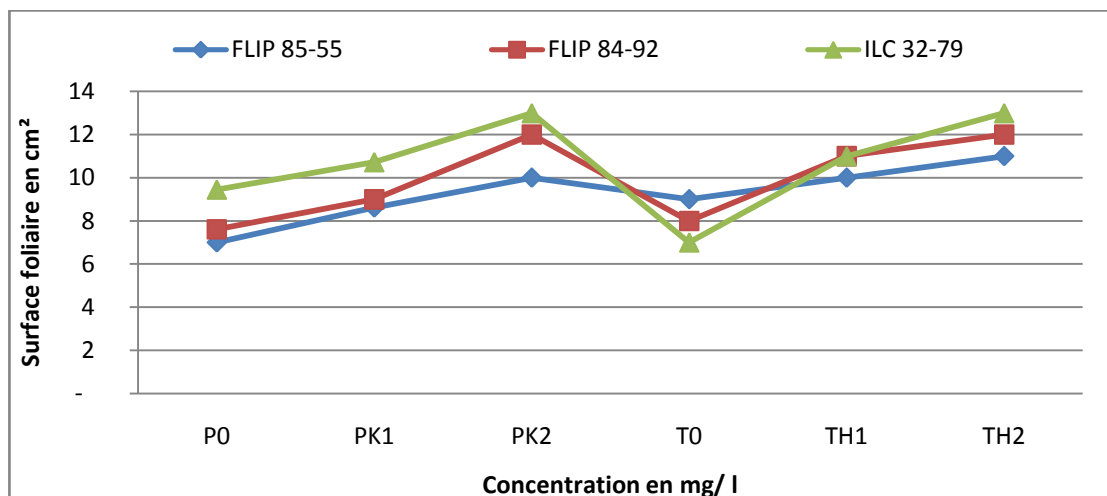
*Wickson et Thiman (1958)* ont pulvérisé les petits pois « Pissum » par la kinétine ce qui a provoqué l'augmentation des rameaux latéraux. L'action de la kinétine à 30 mg/l a été appréciable pour les deux variétés et en particulier pour la variété FLIP. La réponse à l'action hormonale est caractérisée par l'augmentation du nombre des rameaux secondaires pour la variété FLIP par rapport à la variété ILC.

La variété FLIP est caractérisée par une forte ramification par rapport à la variété ILC

Les plantes traitées avec les cytokinines favorisent la biosynthèse des enzymes nécessaires à la croissance et l'élaboration des acides nucléiques ainsi que l'élimination de la dominance apicale (*Wickson et Thiman, 1958*).

Ces mêmes résultats ont été observés par *Bouthaina (2003)* chez l'artichaut *Cynara scolymus*.<sup>1</sup> traité par les cytokinines elle a remarqué une augmentation du nombre des rameaux latéraux

#### 4-Influence de la kinétine sur la moyenne de la surface foliaire (SF)



**Figure 29:** Influence de la kinétine sur la moyenne de la surface foliaire (en cm<sup>2</sup>) des 03 variétés du pois chiche

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 29** on a constaté une augmentation de la surface foliaire chez les sujets traités par la kinétine par pulvérisation pour les variétés ILC 32-79 et FLIP 84-92 à des concentrations de 20 mg/l pour la surface foliaire a atteint 10.5 et 14 cm<sup>2</sup>, les sujets traités par la kinétine par trempage ont répondu favorablement, il s'agit des variétés FLIP 85-55 et FLIP 84-92 la surface foliaire a atteint 10.5 et 17 cm<sup>2</sup>.

L'action de la kinétine est importante sur l'accroissement de la surface foliaire des plantes traitées par trempage par rapport à ceux traitées par pulvérisation.

Les cytokinines facilitent l'absorption et le transport des éléments nutritifs à l'intérieur des tissus végétaux et favorisent la formation des chloroplastes nécessaires à la photosynthèse, ce qui favorise l'accumulation des matières carbo-hydratées ainsi ils encouragent le passage des éléments dans la cellule suite à la différence dans la pression osmotique ce qui explique l'accroissement de la surface des cellules ainsi que la surface foliaire.

Le traitement hormonal stimule, la division cellulaire des différents tissus (épiderme, moelle) et l'accroissement foliaire (*Jones et al, 1991*).

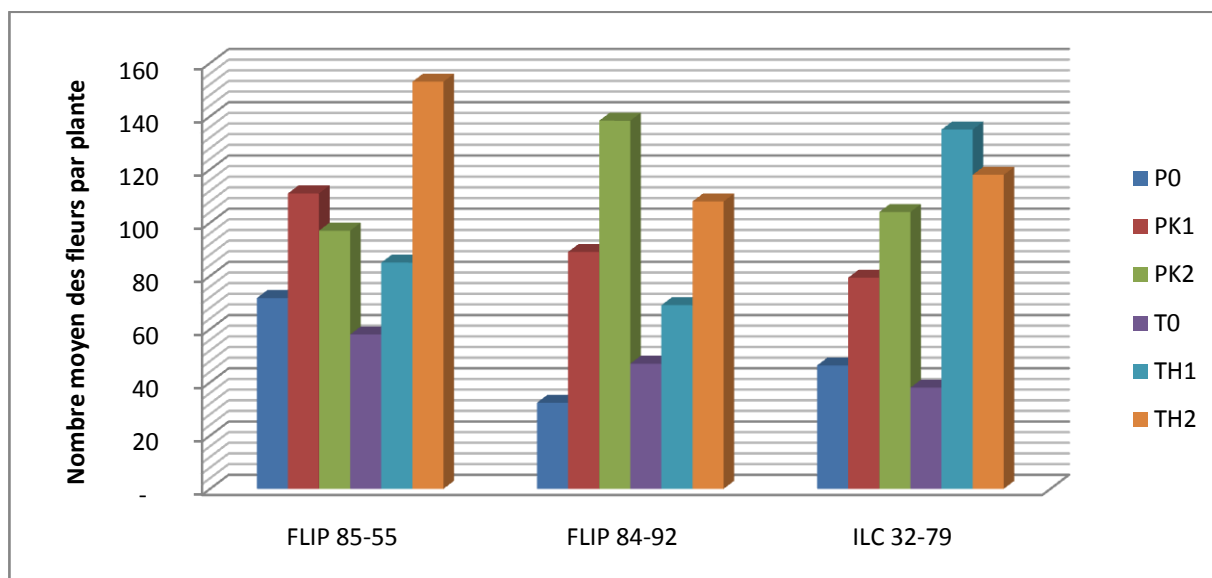
*Kosh-Khu et al, 1978* ont démontrés que le traitement de 04 variétés de « Coléus » par le Benzal adenine à activé de façon spectaculaire la sortie des bourgeons latéraux et leurs croissance ainsi que la formation des bourgeons latéraux en nombre élevés portant des feuilles larges et volumineux en comparaisons avec les mêmes variétés non traitées.

*Hamza, 1990* à signalé que les cytokinines permettent l'élargissement des feuilles et que l'application extérieure sur les plantes en croissance stimule la division cellulaire des différents tissus comme l'épiderme ainsi que l'augmentation de la surface des feuilles (*Jones et al, 1991*).

En plus du rôle de l'eau dans le processus de la photosynthèse, *Lisyuk (1971), Moursi et al (1976)* ont montré que la relation entre l'eau et la photosynthèse est très compliquée, du fait qu'il existe des facteurs responsables à la réussite de cette photosynthèse ainsi que l'acheminement de l'eau et les matières nutritives. La photosynthèse a besoin essentiellement de l'eau qui sert à la division cellulaire ainsi que l'augmentation de la taille des cellules.

## V- Les Composantes du rendement

### 1-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des fleurs (NFL)



**Figure 30:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des fleurs des 03 variétés du pois chiche

Le traitement avec la kinétine a donné une augmentation appréciable pour le nombre de fleurs soit pour les sujets traités par pulvérisation ou trempage. La kinétine a un effet très positif sur la vitesse du phénomène précoce de la floraison, ouverture d'un grand nombre de fleurs, ce qui confirme l'effet conjugué de celle-ci sur la formation des bourgeons floraux et l'apparition des fleurs chez les Chénopodium cité par (*Kortam, 1973*).

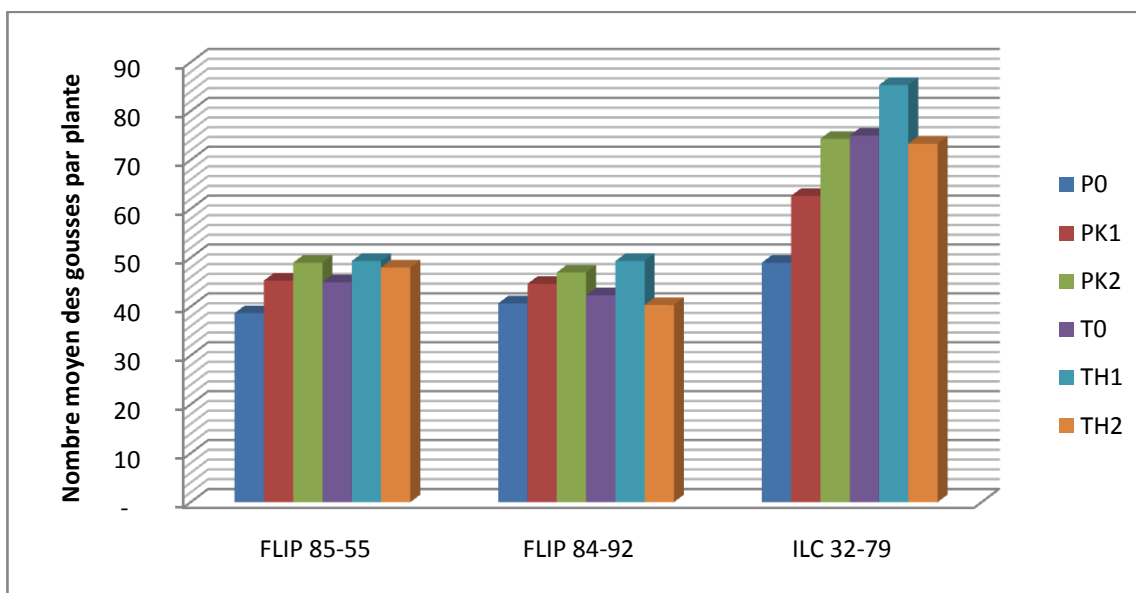
On peut conclure que la kinétine assure la protection des organes floraux pendant la phase de fécondation, par accumulation de ces hormones dans ces pièces floraux, suite au transit à partir des feuilles vers les fleurs, pendant la phase de la floraison, ce qui provoque l'augmentation des fleurs chez la plante (*Heller, 1999*).

D'après les résultats obtenus on peut déduire que le nombre des fleurs par plante après traitement par la kénitine a augmenté de façon significatif, d'après les observations de *Dubing (1996)* *Lynas (1981)* ils ont montrés que la kénitine intervient dans la formation des bourgeons florales ce qui augmente le taux de production des étamines.

Le traitement par les cytokinines augmente le nombre des fleurs dans la plante ce qui concorde avec les résultats de *Mansour et al, (1994)* ce dernier a trempé la plante du safran dans la kénitine pendant quelques heures, ce qui a augmenté le taux du développement végétatif et la formation des bourgeons florales ce qui augmente le taux de production des étamines.

La kinétine a un effet très positif sur la vitesse du phénomène précoce de la floraison, par l'ouverture d'un grand nombre de fleur. Le traitement avec la Kinétine à concentration croissante à engendré une augmentation du nombre de fleurs.

## 2-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des gousses (NG)



**Figure 31:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des gousses des 03 variétés du pois chiche

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 31** on a constaté que le nombre des gousses chez la variété ILC 32-79 est largement supérieur à celle des deux variétés FLIP 85-55 et FLIP 84-92 ils ont atteint 83 gousses pour les sujets traités par trempage à des concentrations de 40 mg/l, ceci s'explique par les caractères génétiques et héréditaires de chaque variété.

La deuxième constatation, c'est que les sujets traités par le kinétine par les deux modes d'action (pulvérisation et trempage) ont donné une réponse positive par rapport aux témoins.

Pour les sujets traités par pulvérisation la concentration de 30 mg/l à donné de meilleurs résultats que la concentration de 20 mg/l. Pour les sujets traités par trempage, la concentration 40 mg/l à donné de meilleurs résultats que la concentration de 60 mg/l.

Les résultats ont montré que le nombre des gousses varie en fonction des concentrations (30 et 40 mg/l) du phytohormone la kinétine, cela est dû à l'efficacité des cytokinines après la fécondation des fleurs, il se développe l'ovule de la fleur qui se transforme en fruit, cela est dû à la vitesse de la division des cellules ovulaires en premier, ainsi que la taille des nouvelles cellules qui augmente au fur et à mesure lors du traitement par les cytokinines qui jouent un rôle dans l'augmentation des cellules et leurs divisions ainsi que l'effet de ces hormones sur la taille des cellules et leur élongation (*Nultsh, 1998*).

La Kinétine provoque la migration des protéines et les glucides vers les fleurs et les fruits, puisque la kinétine stimule le transport sélectif des nutriments des zones végétatives vers les formations reproductives en croissance, ces éléments nutritifs assurent la croissance en volume, et le poids des fruits (*Mazliak, 1997 et 1998*).

Les cytokinines permettent la migration des protéines et les sucres des feuilles vers les fleurs et les fruits, c'est-à-dire des organes mur vers les nouveaux organes, ces derniers sont responsables du transit sélectif des organes chlorophylliens vers les organes reproducteurs nouveaux en développement, ces matières nutritifs permettent l'augmentation de la taille des fruits ainsi que leurs poids (*Mazliak, 1998*).

La kinétine à 30 mg/l agit favorablement sur l'augmentation du nombre des gousses, ce qui reflète sur la production des grains et des fruits cité par (*Crosbey et al, 1978*).

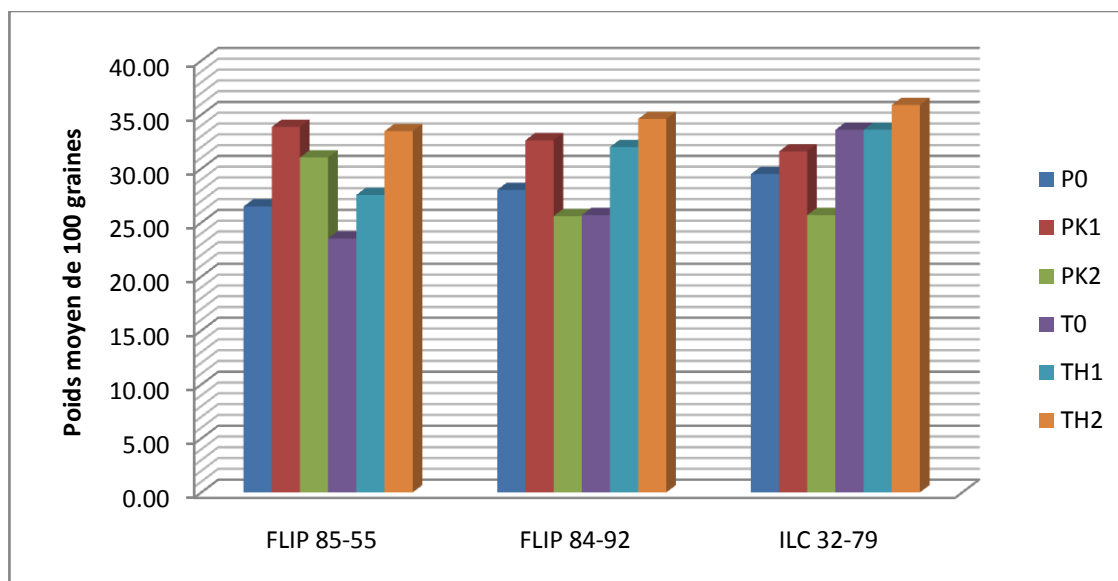
L'augmentation du nombre des gousses est fonction d'une concentration élevée des phytohormones, *Kandeel (1969)* à ajouté que la production des fruits de quelques variétés de raisins a augmenté (nombre de fruit dans une grappe) lors du traitement en période de floraison par les cytokinines (Benzail Adénine et Benzail Amino tétrahydro benzanyl purine) selon l'étude de *Weaver (1965-1966)*.

*Letham (1969) et William (1962)* ont signalés que le traitement des plantes par les cytokinines en période de floraison produit plus de fruits en raison du nombre élevé des nodules, ce même constat a été observé chez quelques espèces d'arbres, elle montre que ces arbres traités par les cytokinines (Benzail Adénine) avant la floraison ont produit plus de nodule et moins de chute et une augmentation de la production fruitière en comparaison avec d'autres arbres non traité avec le même phytohormone.

Le nombre élevé des gousses peut être expliqué selon *Thimann (1977)* par le fait que les cytokinines accélèrent la formation des nodules et augmente son taux d'où une production élevée des fruits cela a été prouvé lorsque il a appliqué le même phytohormone (BAP) sur la fleur du concombre pendant l'hiver.

*Chehat, 2000* a trouvé lorsqu'il a traité les tomates par les cytokinines par pulvérisation en période de floraison qu'il ya une surproduction des fruits, cela est dû aux phytohormones qui empêche la chute des fleurs et des petits fruits en raison du nombre élevé des nodules. A chaque fois qu'on répète cette opération, il ya plus de production de fruit de bonne taille et de poids considérable qui se répercute sur la production en fruits.

### 3-Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de 100 graines (P100)



**Figure 32:** Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de 100 graines des 03 variétés du pois chiche

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 32** on a constaté que les sujets traités par la kinétine par les deux modes d'action (pulvérisation et trempage) ont donné une réponse positive par rapport aux témoins.

Les sujets traités par pulvérisation à une concentration de 20 mg/l à donné de meilleure résultats (poids de 100 graines) que la concentration de 30 mg/l pour les trois variétés, par contre les sujets traités par trempage, la concentration de 60 mg/l à donné de meilleure résultats que la concentration de 40 mg/l.

L'augmentation du poids des graines après traitement par la kénitine s'explique par l'efficacité biochimique de la photosynthèse et la formation des carbohydrates et l'azote dans les feuilles causé par les cytokinines, *Hidjazi et al (1971)* ont découvert que les graines du coton trempé dans la kénitine (1-20 millions) à donné des plantes bien développé du point de vue taille , nombre de feuilles , ramifications portant des fleurs avec un poids considérable et volumineux, ce qui se traduit par un bon rendement des graines.

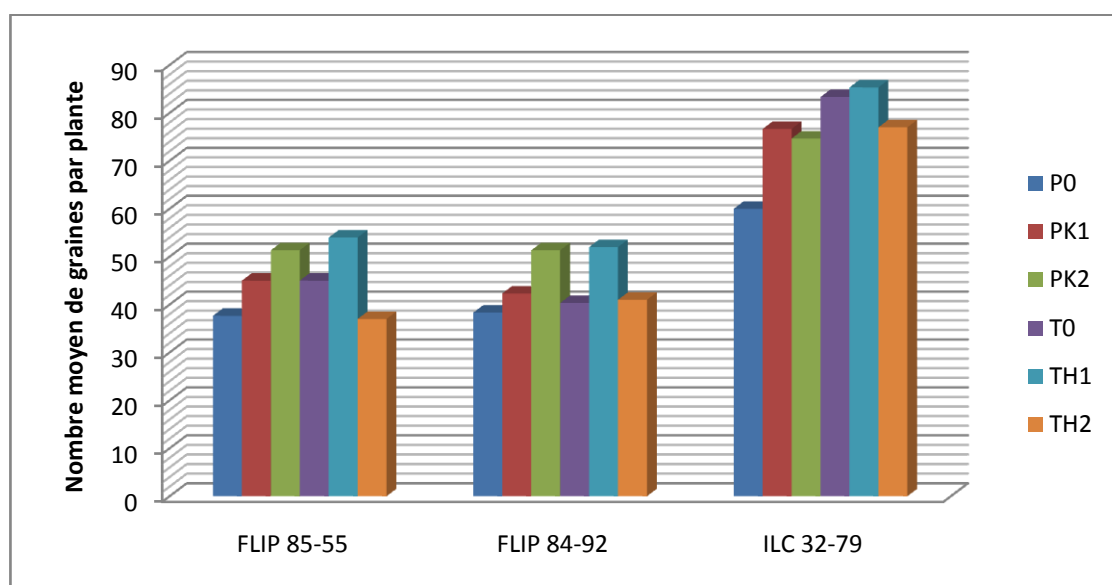
En plus le pois chiche est une plante qui fixe l'azote atmosphérique au niveau des nodules bactériens ce qui provoque l'accumulation des protéines a l'intérieur des graines, le taux de l'azote dans les graines augmente avec le traitement par les cytokinines qui favorisent l'accumulation des acides aminés et la fixation de l'azote atmosphérique, ce dernier participe dans l'augmentation du poids des graines (*Vilain, 1997*).

*Crosbey et al (1978)* ont déclaré que la production de fruits et des graines du fêve soya sera élevé quant le plantes sont pulvérisés avec la kénitine ou BAP, *El Masri (1970)* a souligné que le trempage des grains de blé dans la kénitine (5-25 partie du million) provoque une grande activité et la formation des plantules de **Tillers** ce qui influe sur l'augmentation de la production des graines secs.

*Hassan, 1990* a montré que l'azoté participe dans la production des fruits ainsi que les graines.

En plus de la fixation de l'azote chez le pois chiche qui augmente l'azote dans la plante, ce dernier qui favorise la division cellulaire surtout les cellules méristématiques, donc une augmentation du développement végétatif chez la plante et le rendement en graine (*Anda, 1969*).

#### 4-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de graines (NGR)



**Figure 33:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des graines par plante des 03 variétés du pois chiche

D'après la **Figure 33** le nombre des graines chez les témoins non traités par la kinétine pour la variété ILC 32-79 est supérieur par rapport au deux variétés FLIP 85-55 et FLIP 84-92 dont les valeurs sont respectivement (80 et 85) graines pour ILC 32-79, (49 et 61) pour FLIP 85-55, ( 50 et 51) pour FLIP 84-92.

Pour la variété FLIP 85-55 traité par pulvérisation, l'action de la kinétine à 30 mg/l à donné une meilleure réponse dont le nombre des graines à atteint (50 graines) par rapport à celle traité par la kinétine à 20 mg/l qui a donné (45 graines). Pour la même variété FLIP 85-55 traité par trempage l'action de la kinétine à 40 mg/l à donné une meilleure réponse dont le nombre des graines à atteint (52 graines) par rapport à celle traité par la kinétine à 60 mg/l qui a donné (32 graines).

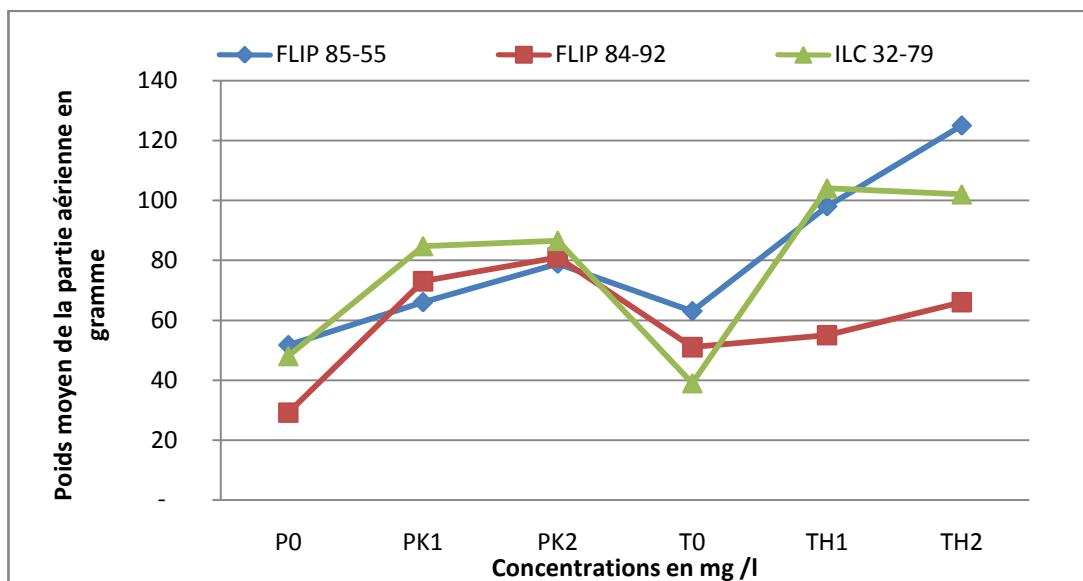
Pour la variété FLIP 84-92 traité par pulvérisation, l'action de la kinétine à 30 mg/l à donné une meilleure réponse dont le nombre des graines à atteint (50 graines) par rapport à celle traité par la kinétine à 20 mg/l qui a donné (42 graines). Pour la même variété FLIP 85-55 traité par trempage l'action de la kinétine à 40 mg/l à donné une meilleure réponse dont le nombre des graines à atteint (52 graines) par rapport à celle traité par la kinétine à 60 mg/l qui a donné (39 graines).

Pour la variété ILC 32-79 traité par pulvérisation, l'action de la kinétine à 20 mg/l à donné une meilleure réponse dont le nombre des graines à atteint (77 graines) par rapport à celle traité par la kinétine à 30 mg/l qui a donné (75 graines). Pour la même variété FLIP 85-55 traité par trempage l'action de la kinétine à 40 mg/l à donné une meilleure réponse dont le nombre des graines à atteint (85 graines) par rapport à celle traité par la kinétine à 60 mg/l qui a donné (82 graines).

Les résultats obtenus montrent que le nombre des graines dans la plante augmente avec l'augmentation des concentrations de la kénitine , parce que les cytokinines jouent un rôle principal dans la division des cellules de l'embryon formant la graine, ainsi que le développement de l'embryon dans les différentes étapes de sa croissance, l'isolement de l'embryon et sa culture dans un milieu artificiel dépourvu de cytokinines provoque l'arrêt de la division cellulaire (*Chehat, 2000*), ainsi le traitement des plantes par cet hormone favorise la division cellulaire chez l'embryon formant la graine ce qui induit une augmentation dans le nombre des graines.

## 5-Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de la matière humide

## 1- le poids humide de la partie aérienne (PMA)



**Figure 34:** Influence de la kinétine sur la moyenne du poids humide de la partie aérienne(en g) des 03 variétés du pois chiche

D'après les résultats de la **Figure 34**, on constate une nette augmentation du poids humide des sujets traités par la kinétine pour les trois variétés étudiées par rapport aux témoins, le poids humide de la partie végétative des trois variétés traitées par la kinétine augmente au fur et à mesure que les concentrations augmentent.

On remarque la différence par rapport aux sujets témoins non traités. La kinétine influe de façon directe sur le poids de la partie aérienne des sujets traités par trempage mieux que les sujets traités par pulvérisation

*Mothes et al (1968)* a constaté que les cytokinines ont la capacité d'attirer les acides aminés des parties non traitées par l'hormone en question vers les parties traitées par les cytokinines pour les transformer ensuite en protéines et acides nucléiques tel que l'**ARN** qui à son tour retarde la vieillesse et conserve la chlorophylle ce qui fait augmenter le poids des feuilles suite à l'accumulation des protéines et des acides nucléiques RNA au niveau des feuilles.

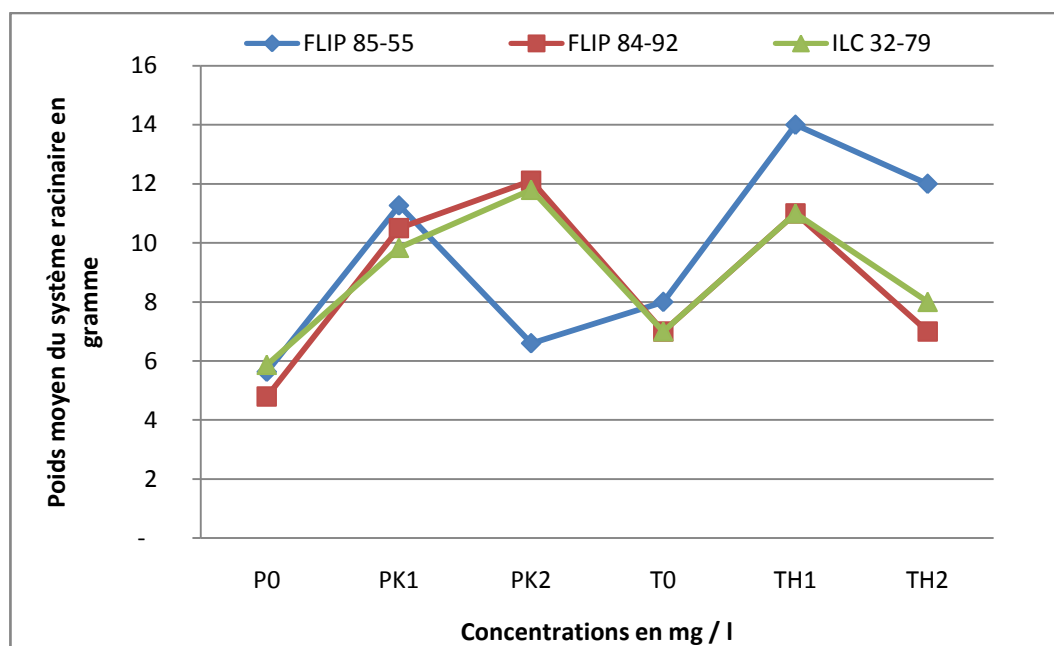
*Harvey et al (1974)* a déduit qu'après le traitement des feuilles de couleurs jaunâtre par les cytokinines qui sont cultivées dans l'obscurité, ces dernières ont produit des corps brillants connus sous le nom de « **Grana** » eux même responsables à la formation du chlorophylle, ces hormones accélèrent la production des **chloroplastes** contenus dans la chlorophylle au cours de sa formation naturelle qui est située dans les cellules des tissus du **mésophylle** ou les cellules des tissus des feuilles qui absorbent la lumière naturelle ou artificielle nécessaire à la photosynthèse qui synthétise des matières organiques ce qui explique un poids élevé des feuilles.

En plus il a été prouvé que les cytokinines ont la capacité de faciliter l'absorption et le cheminement des éléments minéraux à l'intérieur des tissus végétales *Itai (1973)* à signaler que la kénitine facilite l'absorption et le cheminement des cations à l'inverse des anions.

*Hatch et Powell (1971)* ont découvert que les cytokinines ont la capacité d'organiser la distribution et l'acheminement des éléments minéraux dissous dans l'eau dans tous les sens, soit à l'intérieur des cellules des tissus ou au niveau des vaisseaux transportant le xylème ce qui engendre l'augmentation des éléments minéraux à l'intérieur des cellules des tissus végétaux traités par les cytokinines ce qui encourage la diffusion de l'eau qui gonfle les cellules ce qui provoque l'augmentation du volume cellulaire et par la suite l'augmentation du poids de la feuille.

Les cytokinines jouent un rôle dans l'augmentation du volume cellulaire ce qui facilite l'accumulation des sucres et les protéines et d'autres éléments nécessaires à la formation de la membrane cytoplasmique cette accumulation favorise la pénétration de l'eau à l'intérieur ce qui provoque le gonflement et la dilatation des cellules, ce qui aide à l'augmentation du poids des cellules ainsi qu'aux poids frais des feuilles (*Werner et al 2001*).

## 2- Le poids humide du système racinaire (PHR)

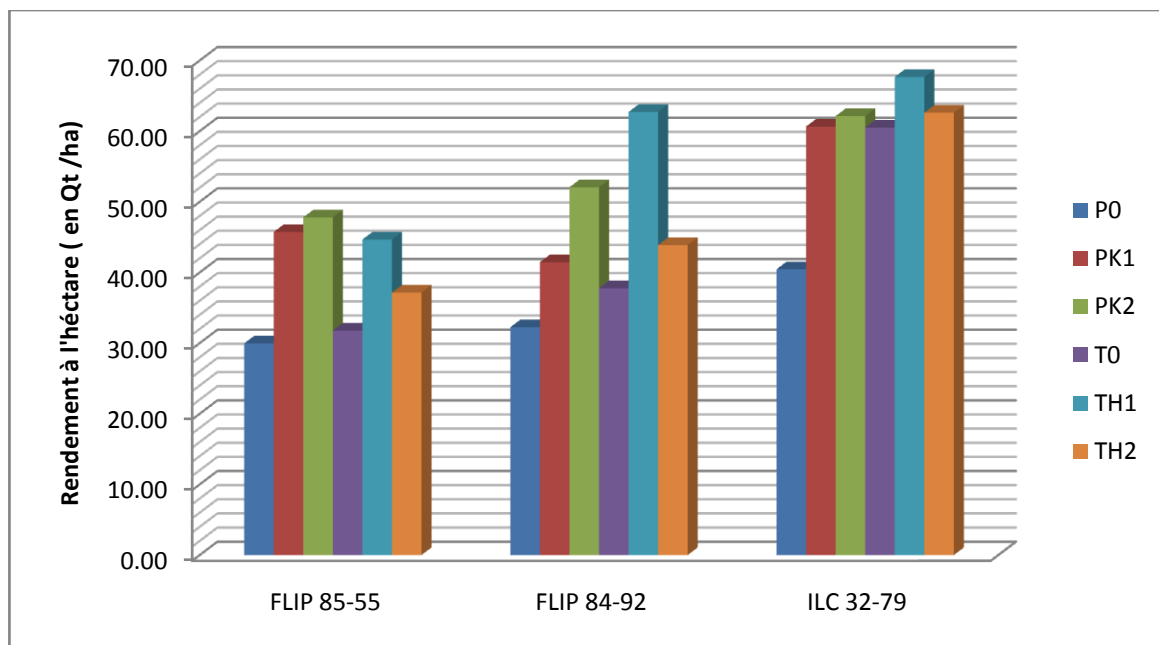


**Figure 35:** Influence de la kinétine sur la moyenne du poids humide du système racinaire (en g) des 03 variétés du pois chiche

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 35**, le poids humide du système racinaire augmente pour les trois variétés étudiées par rapport aux témoins non traités par la kinétine, cette augmentation est fonction d'une concentration de 20 mg/l par pulvérisation et de 40 mg/l des sujets traités par trempage, la variété FLIP 85-55 réagit négativement pour une concentration de 30 mg/l par pulvérisation, ainsi que les trois variétés traitées par trempage à une concentration de 60 mg/l.

Il faut souligner que les cytokinines jouent le rôle d'un moteur dans la division du cytoplasme ce qui augmente le cytoplasme dans les cellules et cela permet à l'augmentation du poids frais. *Skene (1975)* lorsqu'il a traité الترمس avec la kénitine 10 mole /litre il a constaté une augmentation du poids frais et sec du système racinaire de la plante.

#### 6- Influence de la kinétine sur le rendement (RD)



**Figure 36:** Influence de la kinétine sur le rendement à l'hectare(en Qt/ha) des 03 variétés du pois chiche

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 36** on a constaté, que le rendement de la variété ILC 32-79 est nettement supérieur à celle des deux autres variétés FLIP 85-55 et FLIP 84-92.

Les sujets traités par pulvérisation à une concentration de 30 mg/l ont donné un meilleur rendement par rapport à ceux traités à une concentration de 20 mg/l, par contre les sujets traités par trempage à une concentration de 40 mg/l ont donné un meilleur rendement par rapport à ceux traités à une concentration de 60 mg/l.

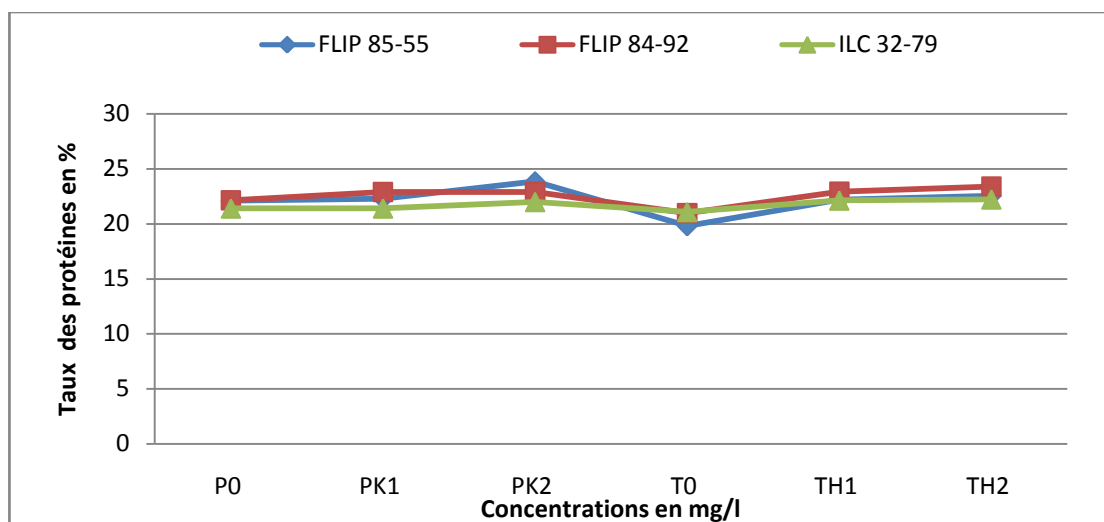
De ces résultats on peut déduire que le rendement en graines augmente avec le traitement des hormones, parce que les cytokinines favorisent le développement végétatif avec l'augmentation du nombre des fleurs ainsi que le nombre des fruits et le nombre des graines dans la plante d'où l'augmentation du rendement et de sa qualité par le taux élevé du sucre et des protéines (*Robert et Catesson ; 1999*)

En plus de la fixation de l'azote chez le pois chiche qui augmente l'azote dans la plante, ce dernier qui favorise la division cellulaire surtout les cellules méristématiques, donc une augmentation du développement végétatif chez la plante et le rendement en graine (*Anda, 1969*).

#### IV - Etudes Biochimiques

L'étude biochimique a été effectuée au laboratoire central du groupe *SMIDE filiale EPE – CENTRAL LABO-Spa à Constantine* en mois d'octobre 2011, les résultats sont donnés selon les bulletins d'analyses en annexes et les tableaux suivants :

##### 1-Influence de la kinétine sur la teneur moyenne en protéines dans les graines (TPG)



**Figure 37:** Influence de la kinétine sur le taux moyen des protéines dans les graines (en %) des 03 variétés du pois chiche

D'après les résultats obtenus dans la **Figure 37**, on constate qu'il ya un effet légèrement positif des différents traitements de la kinétine sur la quantité des protéines dans les graines.

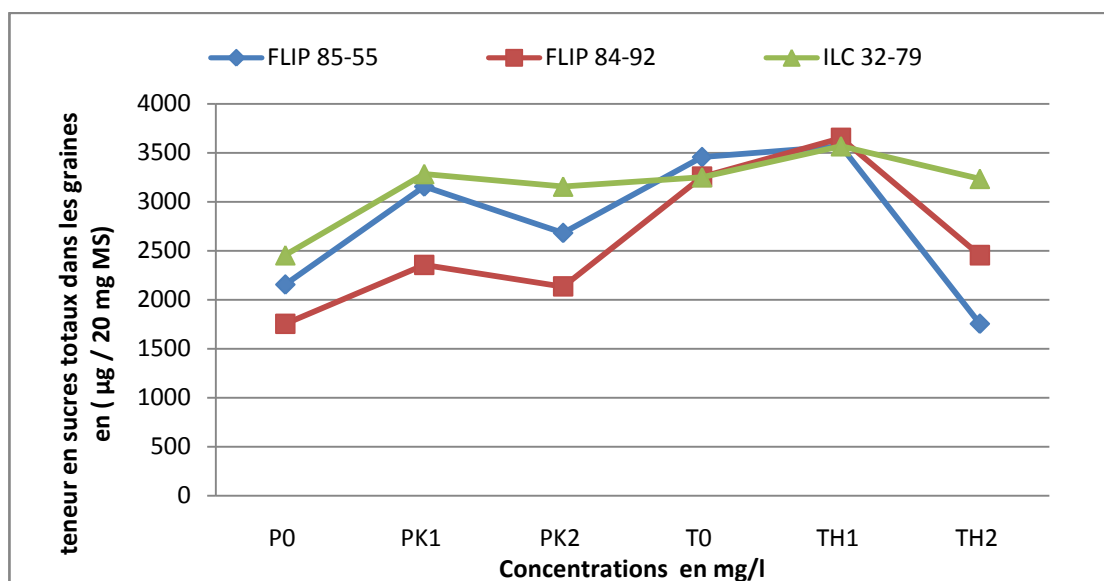
Les sujets traités par la kinétine par pulvérisation ou par trempage à différentes concentrations (20, 30, 40, 60 mg/l) agit de la même façon en augmentant le taux des protéines dans les graines du pois chiche.

Les valeurs enregistrées indiquent que les trois variétés traitées par la kinétine sont caractérisée par une teneur en protéines plus élevées, par rapport aux témoins.

L'action hormonale agit dans le sens de l'augmentation de la biosynthèse des acides nucléiques ainsi que les protéines puisque ces hormones entre dans la composition chimique de ces molécules (*Jones, 1994*).

*Mothes, 1968* à déclaré que les cytokinines attirent les acides aminés vers les parties non exposée à la pulvérisation pour les faire transformés aux protéines et acides nucléiques.

## 2-Influence de la kinétine sur la moyenne de la teneur en sucre dans les graines (TSG)



**Figure 38:** Influence de la kinétine sur la moyenne de la teneur en sucre dans les graines des 03 variétés du pois chiche

Les résultats obtenus dans la **Figure 38** indiquent qu'il y a une influence remarquable des traitements hormonaux sur l'accumulation des carbo-hydrates dans les graines et cela pour les trois variétés. Le meilleur résultat apparaît pour les sujets traités par pulvérisation à une concentration de 20 mg/l, par contre pour le mode d'action trempage le meilleur résultat est celui traité par une concentration de 40 mg/l.

L'action de la kinétine a donné une augmentation de la quantité des carbo-hydrates en fonction de la concentration par rapport aux témoins dont la valeur passe de 1550, 2100, 2900 µg/20 mg de la matière sèche pour les témoins non traités pour les trois variétés à 2800, 2700 et 3100 µg/20 mg de la matière sèche pour ceux traité à des concentrations de 20 mg/l par pulvérisation. Ceux traités par trempage on passe des valeurs de 3100, 3200 et 3500 µg/20 mg de la matière sèche pour les témoins non traités pour les trois variétés, à 3500 µg/20 mg de la matière sèche pour ceux traité à des concentrations de 40 mg/l.

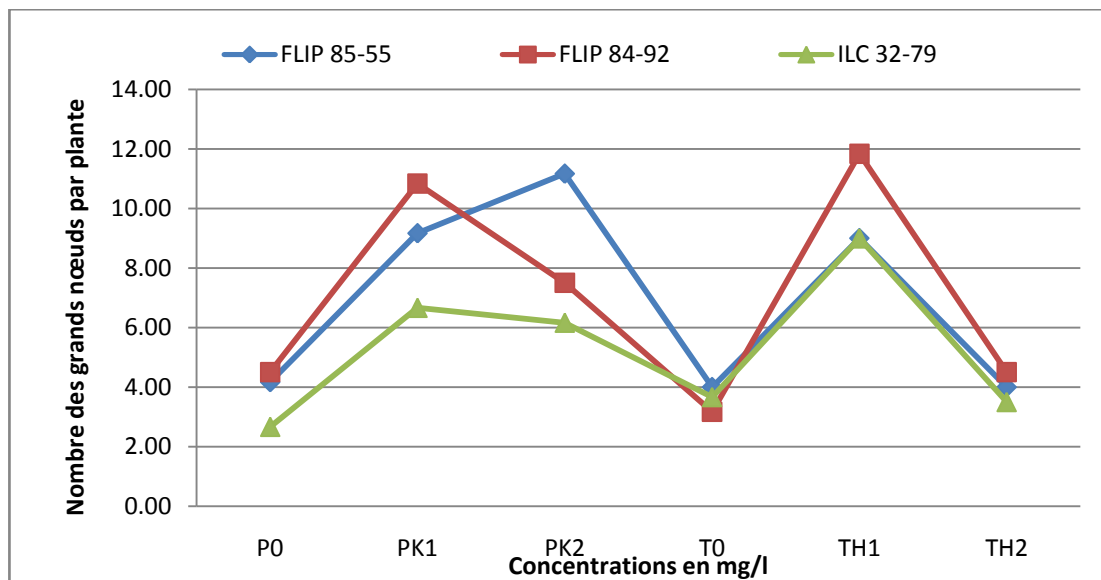
Le taux des sucres totaux diminue pour des concentrations élevées de 30 mg/l pour la pulvérisation et de 60 mg/l pour ceux traités par trempage.

L'action hormonale (cytokinine) agit dans le sens de l'augmentation de la teneur en sucre dans les graines, puisque cette dernière représente le lieu d'accumulation de ces matières glucidiques lors de la photosynthèse (*Jones et Hermann, 1993*).

## VII- Etudes des Nodules

### 1-Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des nodules

#### 1- Le nombre des grands nodules (NGN)



**Figure 39:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des grands nodules des 03 variétés du pois chiche

Selon la **Figure 39**, les résultats obtenus montrent que le traitement par la kénitine a augmenté le nombre des nœuds chez les trois variétés étudiées d'une façon significative, à l'exception des sujets traités par trempage à une concentration de 60 mg/l, ce qui explique qu'au delà d'une concentration supérieure à 40 mg/l de kinétine le nombre des nodules dans le système racinaire diminuent.

On passe de 2 à 4 nodules pour les témoins non traités à 10 à 11 nodules pour des concentrations de 20 mg/l et même 30 mg/l pour la variété FLIP 85-55 par pulvérisation, pour le mode d'action trempage on passe de 2 à 3 nodules pour les témoins non traités jusqu'à 9 à 12 nodules pour des concentrations de 40 mg/l.

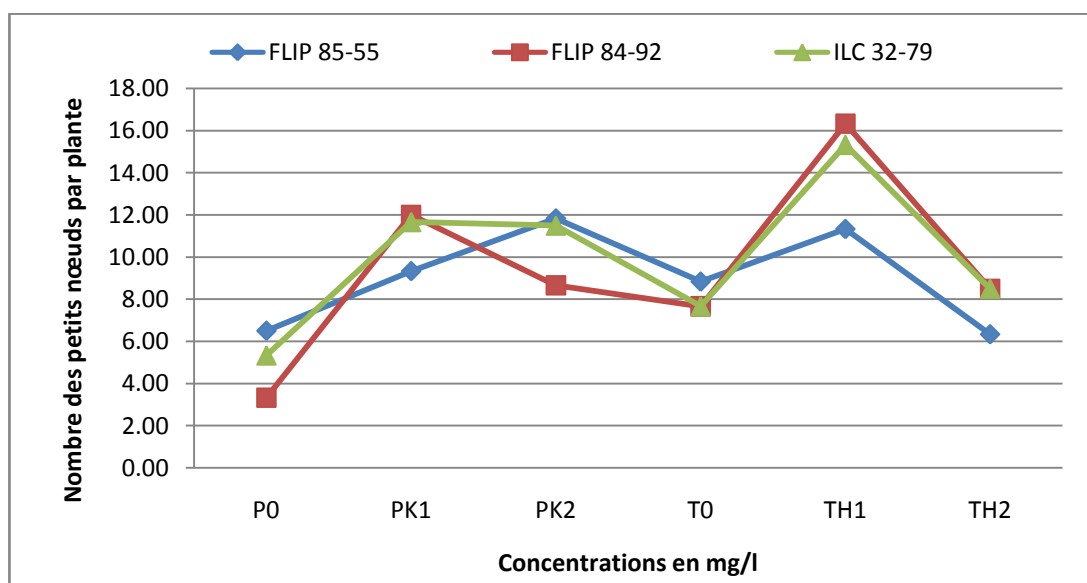
La kinétine est synthétisée au niveau de l'apex racinaire, et se déplace à travers les vaisseaux du xylème jusqu'aux parties aériennes de la plante, surtout au niveau des feuilles par l'intermédiaire de facteurs naturels tel que la pression racinaire.

Les études ont montré que les concentrations de la kinétine se retrouvent surtout dans la sève brute, c'est pour cela que le sens du déplacement des racines vers les feuilles se fait du bas vers le haut on parle de **Acropétal**, l'utilisation de la kénitine radioactif au niveau des racines ou des feuilles ou même la tige et véhiculé par la sève brute et se déplace vers le bas par la pesanteur on parle de **Basipétal –polar**, ce mouvement nécessite l'oxygène (*Chehat, 2000*).

L'application de la kinétine par pulvérisation sur l'ensemble de la plante se déplace vers le bas en direction du système racinaire ou se trouve les nœuds bactériens, à savoir que les rhizobiums produisent une hormone (Acide Indole Acétique) AIA et les cytokinines qui sont des phytohormones qui jouent un rôle important dans le développement et la croissance chez les plantes (*Dommergues et al, 1999*), ces hormones facilitent l'infection racinaire et la division des cellules des racines et forment les nodosités (*Globe et al, 1990*).

Le rhizobium a besoin des cytokinines pour la division des cellules racinaires pour la formation des nodosités, l'ajout des cytokinines à l'ensemble des organes de la plante se déplacent vers le bas en direction du système racinaire, ou il va être en contact avec des rhizobiums qui se préparent à former les nodules ces dernières les aident dans la division des cellules des racines pour former les nœuds de manière plus rapide et plus dense, parce que ces hormones jouent un rôle dans la division cellulaire et la multiplication des chromosomes des cellules vivantes, comme la précise *Pilet, (1961)*, ces dernières favorisent la division cellulaire et donnent un nombre plus élevé des nodules au niveau des racines des légumineuses.

## 2- Le nombre des petits nodules (NPN)



**Figure 40:** Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de petits nodules des 03 variétés du pois chiche

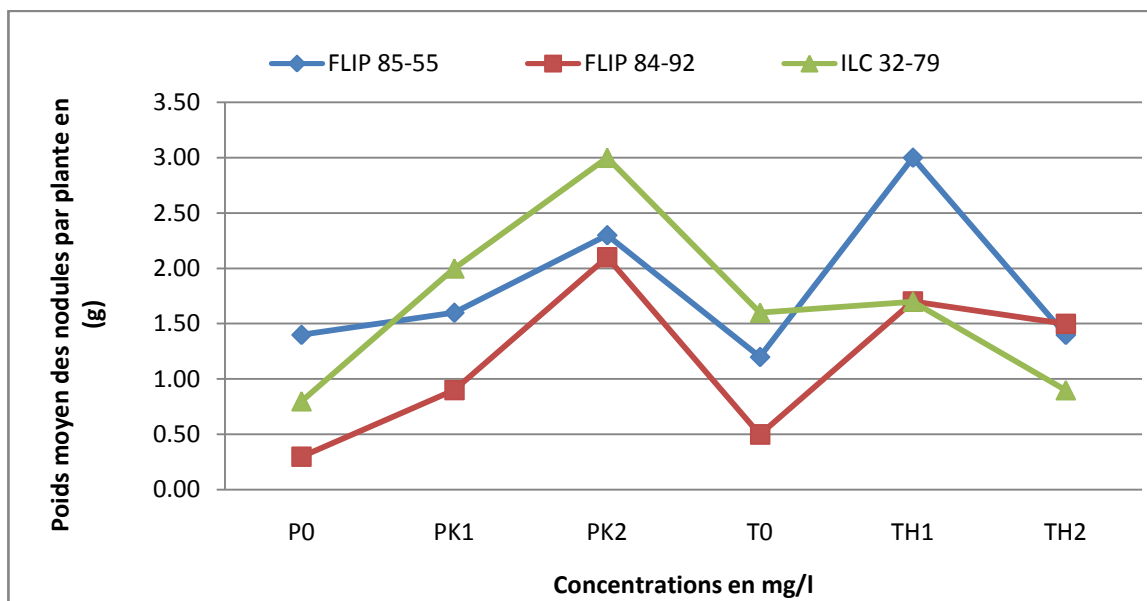
Selon la **Figure 40**, les résultats obtenus montrent que le traitement par la kinétine augmente le nombre des petits nœuds chez les trois variétés étudiées d'une façon plus ou moins apparente pour les sujets traités par pulvérisation pour une concentration de 20 mg/l de kinétine, par contre l'augmentation du nombre des petits nœuds est très élevée pour ceux traités par trempage à une concentration de 40 mg/l surtout pour les deux variétés FLIP 84-92 et ILC 32-79, le nombre des sujets traités par trempage à une concentration de 60 mg/l diminue.

Selon les résultats obtenus on peut déduire que la kénitine a un effet sur la taille, le nombre et le poids des nodules chez les sujets traités par la kinétine est supérieur à celles des témoins (non traités par la kénitine), cela confirme le fait que le traitement par la kinétine soit par pulvérisation ou trempage fait augmenter le nombre et le poids des nodules résultat d'une division cellulaire rapide qui se caractérise par la présence de chromosomes doublés, le traitement d'une masse tissulaire par cette hormone lui donne une allure spéciale d'une taille volumineuse (*Burrows et Carr, 1964 ; Yadava et Dand, 1977*).

*Burrows et al (1964)* ont souligné qu'il existe une relation directe entre la prédisposition des espèces fixatrices d'azote et le nombre ainsi que la taille des nodules, les nœuds de grandes tailles qui contiennent une quantité considérable d'eau en contact avec un sol sec résistent plus.

En réalité il existe une relation même entre la forme et la taille des nœuds, ceux qui sont circulaires présentent moins de surface que celle en forme de bâtonnet, cette dernière est connue sous le nom de grande nodule (exp le pois chiche) qui contient un parenchyme épais et solide formé par des cellules de grandes tailles par rapport à celles des nœuds de petite taille ce dernier joue le rôle d'une barrière qui ne laisse pas échapper les quantités d'eaux qui sont considérées comme un milieu chimique où se déroulent toutes les réactions chimiques à l'intérieur des nœuds. Il faut souligner que les grands nodules sont riches en hémoglobine en augmentant la surface des nœuds cela permet une meilleure fixation de l'azote atmosphérique à l'intérieur de ces nodules *Sprent (1990)*.

## 2-Influence de la kinétine sur la moyenne du poids frais des nodules (PFN)



**Figure 41:** Influence de la kinétine sur la moyenne du poids des nodules des 03 variétés du pois chiche

Selon la **Figure 41**, les résultats obtenus montrent que le poids frais des nodules des plantes traitées par la kinétine a donné de meilleurs résultats par rapport aux témoins.

Le poids des nodules augmente au fur et à mesure que les concentrations de la kinétine augmentent pour les sujets traités par pulvérisation, la concentration PK2 = 30 mg/l a donné un meilleur résultat par rapport à celle traitée à une concentration PK1 = 20 mg/l. Pour les sujets traités par trempage, la concentration TH1 = 40 mg/l a donné un meilleur résultat par rapport à celle traitée à une concentration TH2 = 60 mg/l.

L'augmentation du poids frais des nodules chez les trois variétés de pois chiche traitées par cette hormone qui est la kinétine peut être expliquée par le fait que cette hormone de croissance permet le gonflement des cellules ainsi que leurs dilations en augmentant son contenu en cytoplasme, comme elle permet la diffusion de l'eau ainsi que les éléments nutritifs à l'intérieur de la cellule. D'où l'augmentation de son poids (**Robert et Catesson, 1999**).

**Djekoun (1991)** a souligné que les grands nœuds contiennent un parenchyme épais et solide jouant le rôle d'une barrière qui interdit la perte des quantités d'eau, en cas de forte température et la sécheresse du sol et bien le traitement par la kinétine cela permet la pénétration de l'eau dans les nœuds ceci lui confère une taille volumineuse d'où l'augmentation de son poids. **Inger (1997)**, a souligné que les nodules de grande taille se caractérisent par un nombre réduit de porosité ce qui leur permet de conserver l'eau et l'oxygène nécessaires aux cellules **Bactéroides** de se propager à l'extérieur du nodule.

L'oxygène à l'intérieur des nodules est un facteur indispensable pour la fixation de l'azote atmosphérique (**Durand et al 1987 ; Venkateswarlou et al, 1989**)

# **Chapitre IV :**

# **Matériels & Méthodes**

## I-Contexte naturel

### 1-Site

Le travail expérimental s'est déroulé dans la station expérimentale **ITGC** (Institut Technique des Grandes Cultures) à **El Khroub** qui se situe à 14 Km au sud de la Wilaya de Constantine (culture en champs), campagne agricole 2010/2011.

### 2-Climat

Les caractéristiques climatiques de la station **ITGC d'El Khroub** durant la période de notre expérimentation de février (semis) jusqu'au mois de juin (récolte) de l'année 2011. Concernant les températures minimales et maximales ainsi que les précipitations enregistrées durant cette période d'expérimentation sont ceux des données de l'ONM El Khroub.

### 3-Le sol

Le prélèvement des échantillons de terre sur le terrain et leur analyse est très important pour pouvoir identifier les caractéristiques édaphiques du sol de notre expérimentation. Le prélèvement est effectué après avoir creusé des fosses pédologiques de 15 à 40 cm d'une façon aléatoire en date du 10 février 2011, le jour même des semis de notre culture de pois chiche. La préparation de nos échantillons comprend les étapes suivantes : *le séchage, la réduction des agrégats, et la séparation de la terre fine par tamisage.*

- **Le séchage** : cette opération est effectuée à l'air libre, en couche mince, à température ambiante et à l'abri de la lumière du soleil, l'eau qui est éliminée lors du séchage est de l'eau capillaire et pour partie l'eau liée (*Lozet et Mathieu, 2002*).

- **Réduction des agrégats et tamisage** : les cailloux sont retirés de notre échantillon , les conserver pour la pesé , ensuite on procède au tamisage de la terre séché sur un tamis de 2 mm et réduire les mottes de terre avec les doigt , après avoir bien mélangé pour assurer l'homogénéité des échantillons au laboratoire pour faire les analyses des paramètres du sol qui sont les suivants :

- **Texture argilo sableuses** : la terre prélevée est humide et plastique, dur à pétrir, collant mais gratte, les propriétés dues à l'argile y dominant (*Baize et Jabiol, 1995*).

- **Calcaire total** : le calcaire est dosé par la réaction avec les acides forts tels que, l'acide chlorhydrique qui provoque le dégagement de CO<sub>2</sub>, on mesure le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par comparaison avec la même quantité de CaCO<sub>3</sub> chimiquement pur, grâce au *calcimètre de Bernard*.

- **Calcaire actif** : il est dosé par la méthode *Drovinneau*, pour des échantillons de terre contenant plus de 8% de calcaire total.

- **Le PH :** C'est la concentration en ions  $H^+$  libres dans la solution du sol, à l'acidité titrable, qui est représentée par les ions  $H^+$  échangeables fixés par les colloïdes, il est déterminé avec un simple PH mètre de terrain.

**Le carbone organique :** La détermination du carbone organique est basé sur l'oxydation de ce dernier par le bichromate de potassium en milieu Acide Sulfurique (*Méthode Wakley et Black*).

La décomposition de la matière organique par l'activité biologique, le passage de la teneur en carbone à la teneur en matière organique totale s'effectue généralement en multipliant la teneur en carbone par le coefficient 1.72, le taux de carbone de la M.O étant supposé égal à **58%** (**Waksman, 1936**).

$$\% \text{ M.O.} = \% \text{ C.O} \times 1.724$$

**Le phosphore :** Les teneurs totales varient largement suivant la nature du matériau parental de 0.2 à 4 g de  $P_2O_5$  /Kg pour la plus part des sols. Parmi les méthodes du dosage du phosphore on citera la méthode par fusion alcaline (*Olsen et Sommers, 1982*).

**Azote total :** la méthode employée est la méthode de *Kjeldhal*, qui se déroule en 02 phases :

- Phase de digestion : la matière organique azotée de l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique concentré, à chaud. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de dioxyde de carbone et d'eau. L'azote transformé en ammoniac est fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammoniaque.

- Phase de distillation : l'ion  $NH_4^+$  est ensuite déplacé par l'hydroxyde de sodium est entraîné à la vapeur d'eau puis fixé par l'acide borique à l'état de borate, lui-même dosé par acide sulfurique titré.

## II- Dispositif expérimental

### 1-Station d'El khroub

Il s'agit d'une opération de plantation des 03 variétés du pois chiche sur une parcelle de terrain d'une surface de 200 m<sup>2</sup> ( 21.5 m x 8.5 m) pendant le mois de février 2011 ,avant la mise en place des bassins de culture , la préparation du terrain de laboure s'effectue comme suit :

- Les travaux de laboure été effectués à 30 jusqu'à 45 cm de profondeur par un tracteur en mois d'Aout 2010.
- Utilisation du Cover Cropage et l'ajout d'engrais en mois de Novembre 2010.
- Le Hersage au moyen du Roto herse qui permet le traçage des sillons en mois de février 2011.
- Le traçage des bassins de semis.
- L'Ensemencement des grains de pois chiche selon le plan de semi (voir figure 20) le 10 février 2011.
- Un premier désherbage manuel en mois d'Avril 2011.
- La pulvérisation par solution préparé de l'hormone des bassins concernés en mois d'Avril 2011.
- Un deuxième désherbage manuel en mois de Mai 2011.

### 2-Caractéristiques des variétés de pois chiche étudiés

Notre étude est basé sur l'action des phytohormones sur le développement de 03 variétés de pois chiche et leurs effets sur l'activité bactérienne nodulaire et le taux de formation des nodules, en particulier de celui de la cytokinine à différentes concentrations traités par *trempage* et par *pulvérisation* et leurs influence sur les caractères étudiés de ces variétés de « Cicer arietinum.» en vue d'améliorer le rendement, Il s'agit des variétés suivantes : *FLIP 85-55*, *FLIP 84-92*, *ILC 32-79*.



Figure 07: Photos des 03 variétés du pois chiche étudiées

**Tableau 04.** : Origines et caractéristiques des variétés de pois chiche étudiées  
(Source I.T.G.C El Khroub)

Variétés	FLIP 85-55	FLIP 84-92	ILC 32-79
Origine	Icarda-Syrie	Icarda-Syrie	Stepnoj Ex URSS
<b>Caractéristiques Culturelles</b>			
Cycle végétatif	Tardif	Semi tardif	Non tardif
Floraison		130 jours	150 jours
Maturité		168 jours	210 jours
<b>Caractéristiques Morphologiques</b>			
Ramification	Moyen à fort	Forte	Faible
Port de la plante		Semi érigé	Erigé
Hauteur d'insertion de la 1 <sup>ère</sup> gousse		23 cm	30 cm
Hauteur de la plante		52 cm	70 cm
Couleur de la fleur	Blanche	Blanche	Blanche
Nombre de gousse par plante		170	120
Taille de la gousse	Grande	Moyenne	Petite
Nombre de grains par gousse		1	1
Déhiscence des gousses		Sans	Néant
Couleur du grain	jaune	Beige	Beige
Forme du grain	Ronde	Angulaire	Ronde
Taille du grain	grande	Moyenne	Petite
<b>Comportement à l'égard des aléas climatiques</b>			
Gelée	Tolérante	Tolérante	Tolérante
Froid		Tolérante	/
sechresse		Tolérante	/
Verse physiologique	Résistante	Résistante	/
<b>Productivité</b>			
Rendement	élevé	33.06 Qtx/Ha	26.50 Qtx/Ha
Poids de 100 graines		35 grammes	26 grammes



**Figure 08** : le Hersage au moyen du Roto herse



**Figure 09** : L'ensemencement des grains de pois chiche manuellement



**Figure 10** : le traçage des sillons et des bassins de semis

### 3- Descriptions de l'expérimentation

L'expérimentation a été appliquée selon le système *Split -plot*, il s'agit de cultiver une parcelle de terrain d'une superficie de : **182.7 m<sup>2</sup>** (21.5 m x 8.5 m) ou on a répartis les différents traitements (09 traitements), 03 répétitions des 03 variétés de pois chiche, nous avons alors  $9 \times 3 \times 3 =$  **54 unités expérimental**. (Voir *figure 20*).

1. Longueur du bassin : **1.5 m**
2. Largeur du bassin : **1m**
3. Surface du bassin **1.5 m<sup>2</sup>**
4. Nombre de sillions dans chaque bassin : **06 sillions**
5. Longueur de chaque sillions : **1.5 m**
6. Espace entre chaque sillions : **20 cm**
7. Espace entre chaque graine dans un même sillions : **15 cm**
8. Espace entre les bassins : **50 cm**
9. Nombre de graines cultivés dans chaque bassin : **30 graines**

### 4- Préparation des Concentrations de la phytohormone

#### La Kinétine

Elle est considéré comme la première phytohormone synthétique découverte a partir de la destruction de l'**acide déoxy-ribonécléique** « **DNA** » par la chaleur.

Cette dernière est très active dans la division cellulaire, son nom commerciale est la Kinétine, par contre le nom scientifique est : **6- Furfuryl Anino Purine**, sa formule chimique c'est :  $C_{10} H_9 N_5 O$ , sa masse moléculaire est de : **215.2**, il se dissout facilement dans les solutions organique, son efficacité c'est qu'il contient un noyau **Purine** qui transporte le groupe amine en 6<sup>ème</sup> position, ainsi qu'un atome de carbone qui sépare les le maillon du noyau purine ( *Abdel Adim et Abd El Hadi, 1984 ; Kadem et Rais, 1982*).

**Figure 11** : Formule chimique détaillé de la kinétine.

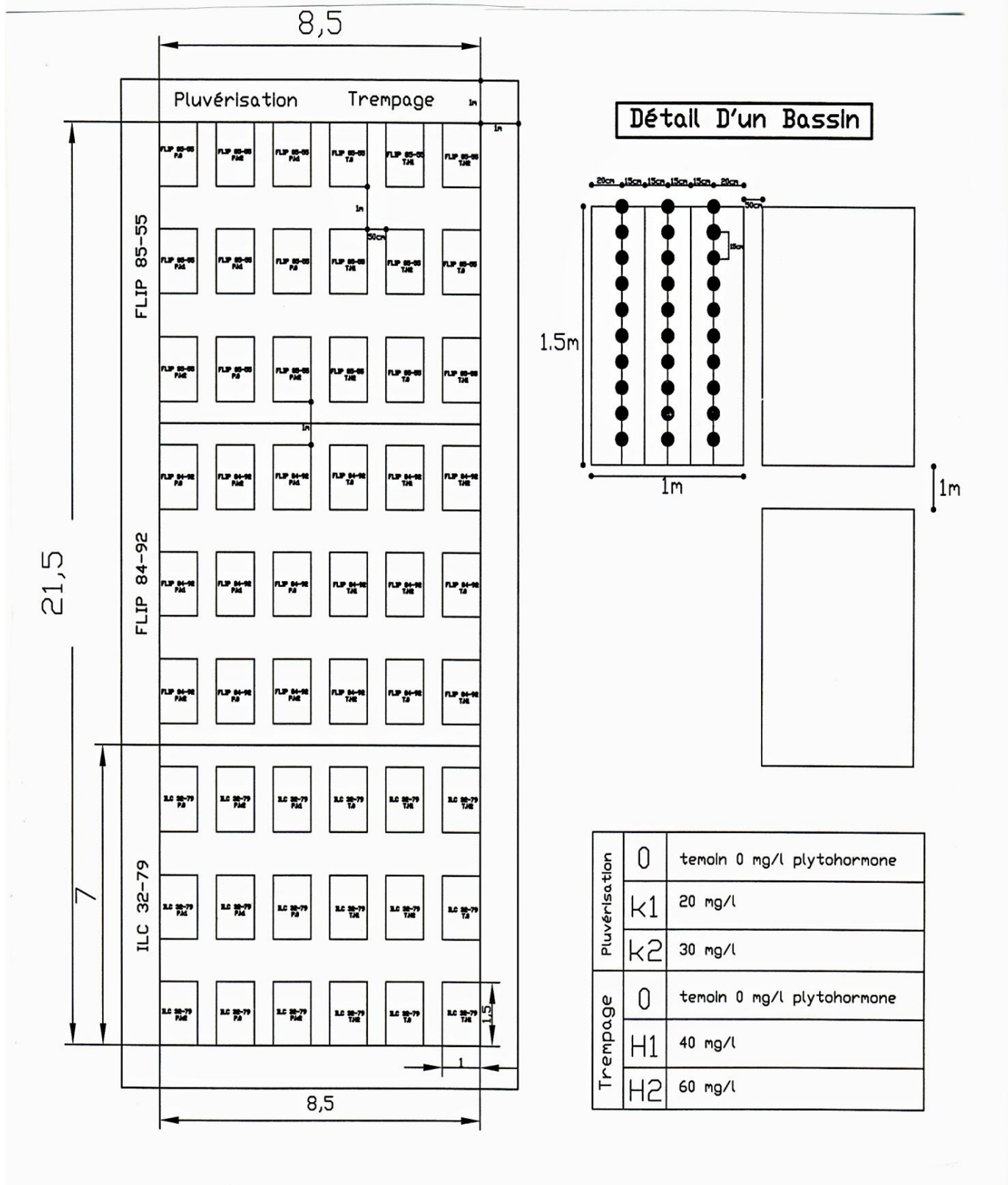


Figure 12 : Plan de l'expérimentation sur terrain de l'ITGC El Khroub

Notre étude consiste à préparer des concentrations de la phytohormone en question, il s'agit de la *Kinetine*, à 0 mg /l, 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l et 60 mg /l selon le tableau suivant :

**Tableau 05** : Différentes concentrations utilisées dans l'étude

Pulvérisation			Trempage		
P <sub>0</sub>	PK <sub>1</sub>	PK <sub>2</sub>	T <sub>0</sub>	TH <sub>1</sub>	TH <sub>2</sub>
Témoin 0 mg/l	20 mg/l	30 mg/l	Témoin 0 mg/l	40 mg/l	60 mg /l

Dans notre expérimentation, la préparation de la solution mère est la suivante : la dissolution de 20 mg de Kinétine dans une solution de soude (*Na OH*) (1N), en ajoutons de l'eau distillé jusqu'à l'obtention de la concentration demandé selon (*Augé et al, 1989*), après avoir préparé la solution mère on procède à la dilution de cette dernière pour avoir les concentrations suivantes (**0, 20, 30, 40, 60 mg /l**) on utilisant de l'eau distillé.

### 5- Mode d'action

L'expérimentation consiste à effectué deux 02 mode de traitements du phytohormone la Kinétine:

- Le 1<sup>er</sup> mode de traitement : **Le Trempage** : 24 Heure dans 03 concentrations d'hormones différentes (0,40, 60 mg/litre).
- le 2<sup>ème</sup> mode de traitement : La **Pulvérisation** : il s'agit de pulvériser les 03 concentrations d'hormones différentes (0, 20,30 mg/litres) pendant le couché du soleil sur les jeunes plantules avant le stade floraison cette opération est effectuée en deux phases :
  - La première en date du : 08/04/2011.
  - La deuxième en date du : 12/04/2011.



**Figure 13 :** Désherbages manuels en mois d'Avril 2011



**Figure 14 :** Premières pulvérisations de la phytohormone



**Figure 15 :** Deuxième pulvérisation de la phytohormone

- Le 11/05/2011 : premier prélèvement d'échantillons pour la collecte des nodules. (mesures du nombre et du poids).
- Le 12/06/2011 : deuxième prélèvement d'échantillons pour l'étude morphologique (mesures de la longueur de la tige, nombre des feuilles, nombre de ramification primaire, secondaire et tertiaire de la plante, surface foliaire).
- Le 04/07/2011 : troisième prélèvement d'échantillons pour l'étude des composantes du rendement (mesures le nombre des fleurs, le nombre, des gousses, le nombre des graines par plante, le poids de 100 graines pour chaque traitement, le poids de la matière humide, la teneur en protéines et des sucres totaux dans les graines).



**Figure 16 :** Prélèvements d'échantillons pour la collecte des nodules



**Figure 17 :** Prélèvements d'échantillons pour l'étude morphologique

## 6- Isolement des nodules

### a) Collecte des nodules

La collecte des nodules est réalisée en mois de mai avant le stade de floraison à partir des racines des différents échantillons de pois chiche cultivés, la collecte est réalisée selon les techniques préconisées par *Vincent, (1970)*. Il s'agit de creuser environ 15 cm autour de la plante et 20 cm dans le sol pour extraire la plante et son appareil racinaire. Manuellement, on se débarrasse de la terre au niveau des racines sans toutefois endommager les nodules.

### b) Conservation des nodules

Au laboratoire les racines avec leurs nodules sont lavées délicatement des restes de terre à l'eau de robinet. Les nodules sont séchés au papier filtre sont mis immédiatement dans le réfrigérateur à 4°C jusqu'à 48 h pour un usage immédiat. Pour une conservation de 48 heures, il est recommandé d'utiliser un dessiccateur spécial : le chlorure de Calcium (Ca Cl<sub>2</sub>) (*Vincent, 1970*). Sur chaque flacon sont mentionnés le nom de la plante, date et lieu de collecte et la date de conservation et le type de traitement ainsi que la variété utilisée.

### c) Classification des nodules

La classification des nodules est basée essentiellement sur leurs diamètres, on distingue 06 catégories selon le tableau

**Tableau 06** : Classification des nodules

Catégorie	Diamètres	Classement
01	$\emptyset < 1 \text{ cm}$	Nœud très petit
02	$1.5 \text{ cm} < \emptyset \leq 1 \text{ cm}$	Nœud petit
03	$2.5 \text{ cm} < \emptyset \leq 1.5 \text{ cm}$	Nœud moins petit
04	$2.5 \text{ cm} < \emptyset \leq 2 \text{ cm}$	Nœud moyen
05	$3 \text{ cm} < \emptyset \leq 2.5 \text{ cm}$	Nœud grand
06	$3 \text{ cm} \leq \emptyset$	Nœud très grand



**Figure 18:** Nodules collectés dans le système racinaire

## I-Etudes Climatiques

## A- Station d'El khroub :

Les données météorologiques de la station ITGC d'El Khroub durant la période de notre expérimentation de février (semis) jusqu'au mois de juillet (récolte) de l'année 2011, sont données selon le **Tableau 07**.

**Tableau 07** : Les données climatiques durant la période d'essai ville El Khroub (2010-2011) source ONM Ain El Bey

Mois	Précipitations totales en (mm)	Températures en (°C)			Nombre de jours de gelée	Vents moyens (m/s)
		Températures moyennes en (°C)	Températures moyennes Maximales en (°C)	Températures moyennes Minimales en (°C)		
Sep-10	7,0	18,7	25,6	13,2	0	2.6
Oct-10	18,6	13,0	20,6	7,1	0	2.4
Nov-10	3,0	11,5	17,4	6,5	0	4.4
Déc-10	10,8	7,3	13,9	2,3	5	3.4
Jan-11	<b>1,6</b>	6,2	11,9	<b>1,7</b>	<b>5</b>	3.1
Fév-11	58,1	7,0	<b>10,7</b>	3,8	3	4.8
Mar-11	8,1	11,1	17,5	5,8	0	2.3
Avr-11	<b>62,8</b>	14,6	19,8	10,1	0	3.5
Mai-11	16,0	17,9	24,7	11,6	0	2.7
Jui-11	13,7	19,7	25,8	12,4	0	1.4
Jui-11	12.3	25.4	<b>31.5</b>	<b>13.8</b>	0	2.7
Moy	197					

a- **Températures**

La température est un facteur climatique essentiel pour le développement du pois chiche, la température idéale pour la germination est de 15°C, par contre la température favorable pour la germination se situe entre 18°C et 26°C (*Summerfield et al ; 1990*).

La durée de germination s'étend sur une période de **69 jours** et la floraison commence après 69 jours et s'étend jusqu'à **82 jours**, cette période se caractérise par des températures (jours et nuit) faibles se situe entre (2.6°C /6.3°C) et (5.6°C/ 14.00°C), selon les travaux effectués par les chercheurs , un bon développement du pois chiche ne peut se faire que si la moyenne de la température se situe entre 10°C et 31.8°C, par contre les températures idéales se situent entre **14°C** et **26°C** ( une germination rapide), les températures qui ne favorisent pas un développement du pois chiche se situent entre 31.8°C et 33°C ( *Saxena, 1986 ; Ellis et al, 1986*).

Les températures moyennes minimales varient entre **1,7°C** pour le mois de Janvier et **13,8°C** pour le mois de Juillet. Les températures moyennes maximales varient entre **10,7°C** pour le mois de Février et de **31,5°C** pour le mois de Juillet.

b- Précipitations

L'eau de pluie est un élément vital pour le développement des plantes, les précipitations enregistrées selon le **tableau 07** pour l'année 2010-2011 sont faibles, les précipitations moyennes varient entre **1,6mm** pour le mois de Janvier et de **62,8 mm** pendant le mois d'Avril, cette quantité de pluie permette l'approvisionnement du sol en eau nécessaire pour le développement du pois chiche et le stockage de ce dernier par la plante elle-même pour son utilisation à la fin de son développement pour lutter contre le stress hydrique .

Les précipitations moyennes enregistrées durant l'expérimentation est de **197 mm**, la température Maximale du mois le plus chaud a atteint : **31.5°C** au mois de juillet , la températures minimale du mois le moins chaud a atteint : **1.7°C** au mois de janvier , ce qui nous donne un **Quotient ombrothermique Q2 = 29.56** selon la formule suivante: (*Stewart, 1974 ; Emberger, 1959; Seltzer, 1946*)

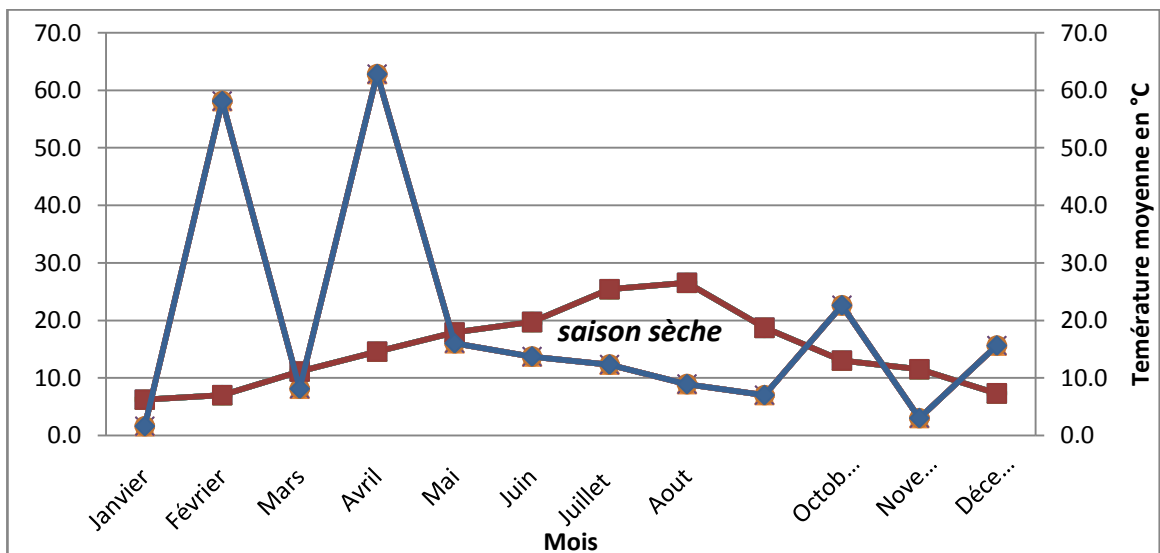
$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{[M + m] (M - m)}$$

**P** : précipitations moyennes annuelles (mm)

**M** : Températures Maximales du mois le plus chaud en (°Kelvin)

**m** : Températures minimale du mois le moins chaud en (°Kelvin)

Cette quantité d'eau est suffisante pour le besoin de la plante, le pois chiche est parmi les légumineuses qui lutte contre la sécheresse, ses besoins physiologiques en eau ne dépasse pas **300 mm** (*Hamadache, 2001*). La saison la plus pluvieuse s'étend de l'hiver au printemps, en particulier le mois de Février, Mars et Avril.



**Figure 19** : Diagramme ombrothermique (*Bagnouls et Gaussen, 1957*) de la ville de Constantine (jan-Déc 2011) Source : (ONM-El Khroub)



Selon la **Figure 19** le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen** permet de calculer la période de la saison sèche en plaçant la moyenne annuelle des précipitations sur une échelle supérieure par rapport à celle de la moyenne annuelle des températures, d'où l'apparition de la saison sèche lorsque les deux courbes se rencontrent (*Bagnouls et Gaussen, 1957*).

La période sèche s'étend trois mois de Mars à Mai **Figure 19**, à la lumière de ces données climatiques, la région **d'El khroub** est située à un étage bioclimatique semi aride à aride qui se caractérise par un hiver froid et un été chaud et sec (*Long, 1974*).

**Figure 20** : Etages bioclimatiques d'Emberger  
Situation d'El khroub dans le climagramme d'Emberger

## 7- les paramètres à étudier

### 1- Les événements phénologiques en jours :

Il s'agit de calculer le nombre de jours des différentes phases de développement végétatif il s'agit de : stade ramifications, stade de floraison, formation des gousses, remplissage des gousses et le stade de maturité de la plante.

### 2- Etudes morphologiques

Pour permettre de savoir plus sur l'effet des hormones végétales de croissance sur le développement végétatif, ainsi que sur le rendement du pois chiche, des mesures ont été effectuées sur trois échantillons de chaque bassin expérimental traité par **la kénitine** à différentes concentrations et selon le mode d'application , il s'agit des mesures suivantes :

- 1- la longueur de la tige **LT**: les mesures se font du bas vers le haut en cm.
- 2- Nombre de feuilles **NF** : on dénombre le nombre des feuilles le long de la tige
- 3- Nombre de ramification primaire **NRP**, secondaire **NRS** de la plante.
- 4- Surface foliaire **SF** (cm<sup>2</sup>) : on calcule la surface foliaire en multipliant la base par la hauteur divisée par 2 et en multipliant avec le nombre des petites feuilles.

### 3- Les composantes du rendement : Il s'agit de calculer:

- 5- Le nombre des fleurs **NFL** : (après 50 % de la floraison de la plante).
- 6- Nombre de gousse **NG** dans chaque plante après la récolte.
- 7- Le poids de 100 graines **P100** pour chaque traitement.
- 8- le poids humide de la partie aérienne **PHA** et du système racinaire **PHR** de la plante.
- 9- Le nombre de graines **NG** par plante et le rendement **RD** à l'hectare en (Qtx /ha), c'est à dire (le poids de 100 graines) x (le nombre de plante par m<sup>2</sup>) x (le nombre des graines par plante).

### 4- Etudes biochimiques

- 1- Dosage des sucres totaux dans les graines **TSG** par spectrophotomètre sur une longueur d'onde de 480 nanomètre (*Dubois et al, 1956*).
- 2- Dosage des protéines dans les graines **TPG** par le calcul du taux d'azote total par la méthode de Kjeldhal (*Gagnard et al, 1984*).

### 5- Etudes des Nodules

1. Le nombre des nodules dans le système racinaire **NGN** et **NPN** selon la taille des nœuds.
2. Le poids frais des nodules dans le système racinaire **PFN**.

# Etudes Statistiques

## VIII- Etudes Statistiques

### Introduction

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus utilisées en statistique. Dès lors que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel  $n$  observations (des individus, des produits, ...) sont décrites par  $p$  variables (des descripteurs, attributs, mesures, ...), si  $p$  est assez élevé, il est impossible d'appréhender la structure des données et la proximité entre les observations en se contentant d'analyser des statistiques descriptives univariées ou même une matrice de corrélation.

#### I- Utilisations de l'ACP

Il existe plusieurs applications pour l'ACP, parmi lesquelles :

L'étude et la visualisation des corrélations entre les variables, afin d'éventuellement limiter le nombre de variables à mesurer par la suite ; l'obtention de facteurs non corrélés qui sont des combinaisons linéaires des variables de départ, afin d'utiliser ces facteurs dans des méthodes de modélisation telles que la régression linéaire, la régression logistique ou l'analyse discriminante

La visualisation des observations dans un espace à deux ou trois dimensions, afin d'identifier des groupes homogènes d'observations, ou au contraire des observations atypiques.

#### II- Principe de l'ACP

L'ACP peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations depuis l'espace à  $p$  dimensions des  $p$  variables vers un espace à  $k$  dimensions ( $k < p$ ) tel qu'un maximum d'information soit conservée (l'information est ici mesurée au travers de la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Si l'information associée aux 2 ou 3 premiers axes représente un pourcentage suffisant de la variabilité totale du nuage de points, on pourra représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation.

### Corrélations ou covariance

L'ACP utilise une matrice indiquant le degré de similarité entre les variables pour calculer des matrices permettant la projection des variables dans le nouvel espace. Il est commun d'utiliser comme indice de similarité *le coefficient de corrélation de Pearson*, ou la covariance. La corrélation de Pearson et la covariance présentent l'avantage de donner des matrices semi-définies positives dont les propriétés sont utilisées en ACP. Néanmoins on peut envisager d'utiliser d'autres indices.

### III- Interprétation des résultats

La représentation des variables dans l'espace des  $k$  facteurs permet d'interpréter visuellement les corrélations entre les variables d'une part, et entre les variables et les facteurs d'autre part, moyennant certaines précautions.

En effet, qu'il s'agisse de la représentation des observations ou des variables dans l'espace des facteurs, deux points très éloignés dans un espace à  $k$  dimensions peuvent apparaître proches dans un espace à 2 dimensions en fonction de la direction utilisée pour la projection.

On peut considérer que la projection d'un point sur un axe, un plan ou un espace à 3 dimensions est fiable si la somme des cosinus carrés sur les axes de représentation n'est pas trop éloignée de 1. Les cosinus carrés sont affichés dans les résultats proposés afin d'éviter toute mauvaise interprétation.

Si les facteurs doivent être utilisés par la suite avec d'autres méthodes, il est intéressant d'étudier la contribution relative (exprimée en % ou en proportion) des différentes variables à la construction de chacun des axes factoriels, afin de rendre les résultats obtenus ensuite facilement interprétables. Les contributions sont affichées dans les résultats,

#### Représentations graphiques

L'un des avantages de l'ACP est qu'elle fournit à la fois une visualisation optimale des variables et des données, et des biplots mélangeant les deux (voir ci-dessous). Néanmoins, ces représentations ne sont fiables que si la somme des pourcentages de variabilité associés aux axes de l'espace de représentation, est suffisamment élevée. Si ce pourcentage est élevé (par exemple 80%), on peut considérer que la représentation est fiable. Si le pourcentage est faible, il est conseillé de faire des représentations sur plusieurs couples d'axes afin de valider l'interprétation faite sur les deux premiers axes factoriels. (*Cattell, 1966*) *Gabriel (1971)* ; *Gower (1996) et Legendre (1998)* *Jobson (1992)*.



L'analyse des résultats obtenus dans cette étude est analysée par une analyse en composantes principales (ACP).

## VI-Analyse en composantes principales (ACP).

### 1- Matrice de corrélations :

Cette analyse est basée sur la corrélation entre les différentes variables mesurés au niveau de la matrice de corrélation selon le **Tableau 11**, cette dernière permet de mettre en évidence les corrélations positives et négatives qui expliquent les différentes mesures effectués soit sur les paramètres morphologiques, les composantes ou du rendement.

Les corrélations obtenues sont les suivantes :

#### ▪ Longueur de la tige LT :

Les corrélations *positives* de la longueur de la tige (LT) avec le nombre des feuilles (NF) ( 0,60), le nombre des rameaux principaux (NRP) (0,70),le nombre des rameaux secondaires (NRS) (0,71) et le nombre des fleurs (NFL) (0,19), les corrélations *négatives* de la longueur de la tige (LT) avec la surface foliaire (SF) (-0,33), le nombre des grands nœuds (NGN) (-0,17), le nombre des petits nœuds ( NPN) (-0,16), le nombre des gousses (NG) (-0,33), le poids de 100 graines (P100G) (-0,77), le nombre de graines ( NGR) ( -0,29),le rendement à l'hectare (RD) ( -0,52), le poids de la matière humide de la partie aérienne ( PHA) (-0,05)et de la partie racinaire ( PHR) ( -0,17), le poids frais des nœuds (PFN) (-0,22), le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) ( -0,56) (TSG)( -0,21).

#### ▪ Nombre de feuilles NF

Des corrélations *positives* du nombre des feuilles (NF) avec le nombre des grands nœuds (NGN) (0,06), le poids de 100 graines (P100G) (0,49), le rendement à l'hectare (RD) ( 0,14 ), le poids frais des nœuds (PFN) (0,39) et le taux des protéines dans les graines (TPG) (0,79), des corrélations *négatives* avec le nombre des rameaux principaux (NRP) (- 0,70), le nombre des rameaux secondaires (NRS) (-0,49), la surface foliaire (SF) (-0,08), le nombre des petits nœuds ( NPN) (-0,07), le nombre des gousses (NG) (-0,08), le nombre des fleurs (NFL) (-0,16), le nombre de graines ( NGR) ( -0,02), le poids de la matière humide de la partie aérienne et la partie racinaire ( PHA) (-0,003) ( PHR) ( -0,02), et le taux des sucres dans les graines (TSG)( -0,28).

#### ▪ Nombre de rameaux principaux NRP

Des corrélations *positives* du nombre de rameaux principaux (NRP) avec le nombre des rameaux secondaires (NRS) (0,60), la surface foliaire (SF) (0,13), le nombre des grands et des petits nœuds (NGN) (0,06) ( NPN) (0,25), le nombre des gousses (NG) (0,13), le nombre de graines ( NGR) ( 0,19),le rendement à l'hectare (RD) ( 0,04 ) et le taux des sucres dans les graines (TSG)( 0,37), des corrélations *négatives* avec le nombre des fleurs (NFL) (-0,16), le poids de 100 graines (P100G) (-0,23), le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire ( PHA) (-0,39) ( PHR) ( -0,49), le poids frais des nœuds (PFN) (-0,65) et le taux des protéines dans les graines (TPG) (-0,27).

- **Nombre de rameaux secondaires NRS**

Des corrélations *positives* du nombre des rameaux secondaires (NRS) avec le nombre des grands nœuds (NGN) (0,01), le nombre des fleurs (NFL) (-0,04), le poids frais des nœuds (PFN) (0,13) et le taux des protéines dans les graines (TPG) (0,03), des corrélations *negatives* avec la surface foliaire (SF) (-0,52), le nombre des petits nœuds (NPN) (-0,08), le nombre des gousses (NG) (-0,52), le poids de 100 graines (P100G) (-0,33), le nombre de graines ( NGR) ( -0,30), le rendement à l'hectare (RD) ( -0,42 ), le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire ( PHA) (-0,46) (PHR) (-0,53) et avec le taux des sucres dans les graines (TST)( -0,23).

- **Surface foliaire SF**

Des corrélations *positives* de la surface foliaire (SF) avec le nombre des grands nœuds (NGN) (0,66), le nombre des petits nœuds (NPN) (0,82), le nombre des gousses (NG) (1,00), le poids de 100 graines (P100G) (0,57), le nombre de graines ( NGR) ( 0,93), le rendement à l'hectare (RD) ( 0,92 ),le taux des sucres dans les graines (TST)( 0,91). Des corrélations *negatives* avec le nombre de fleurs (NFL) (-0,66), le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,27) (PHR) (-0,11), le poids frais des nœuds (PFN) (-0,61) et le taux des protéines dans les graines (TPG) (-0,11).

- **Nombre de grands nœuds NGN**

Des corrélations *positives* du nombre de grands nœuds (NGN) avec le nombre des petits nœuds (NPN) (0,96), le nombre des gousses (NG) (0,66),le poids de 100 graines (P100G) (0,69), le nombre de graines ( NGR) ( 0,88), le rendement à l'hectare (RD) ( 0,92 ), le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (0,39) (TST)( 0,65). Des corrélations *negatives* avec le nombre de fleurs (NFL) (-0,95), le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,85) (PHR) (-0,68) et le poids frais des nœuds (PFN) (-0,21) .

- **Nombre de petits nœuds NPN**

Des corrélations *positives* du nombre de petits nœuds (NPN) avec le nombre des gousses (NG) (0,82), le poids de 100 graines (P100G) (0,67) , le nombre de graines ( NGR) ( 0,96) , le rendement à l'hectare (RD) ( 0,90 ) , le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (0,20). (TST)(0,82). Des corrélations *negatives* avec le nombre de fleurs (NFL) (-0,92), le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,75) (PHR) (-0,58) et le poids frais des nœuds (PFN) (-0,41)

- **Nombre de gousses NG**

Des corrélations *positives* du nombre de gousses (NG) avec le poids de 100 graines (P100G) (0,57), le nombre de graines (NGR) (0,93), le rendement à l'hectare (RD) (0,92), le taux des sucres dans les graines (TST) (0,91). Des corrélations *negatives* avec le nombre de fleurs (NFL) (-0,66), le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,27) (PHR) (-0,11), le poids frais des nœuds (PFN) (-0,61) et le taux des protéines dans les graines (TPG) (-0,11).

- **Nombre de fleurs NFL**

Des corrélations *positives* du nombre de fleurs (NF) avec le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (0,83) (PHR) (0,75) et le poids frais des nœuds (PFN) (0,36). Des corrélations *néglatives* avec le poids de 100 graines (P100G) (-0,62), le nombre de graines (NGR) (-0,87), le rendement à l'hectare (RD) (-0,78), le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (-0,46) (TST) (-0,58).

- **Poids 100 graines P100**

Des corrélations *positives* du poids de 100 graines (P100G) avec le nombre de graines (NGR) (0,68), le rendement à l'hectare (RD) (0,83), le poids frais des nœuds (PFN) (0,10), le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (0,60) (TST) (0,60). Des corrélations *néglatives* avec le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,51) (PHR) (-0,28).

- **Nombre de graines NGR**

Des corrélations *positives* du nombre de graines (NGR) avec le rendement à l'hectare (RD) (0,96), le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (0,13) (TST) (0,88). Des corrélations *néglatives* avec le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,50) (PHR) (-0,30) et avec le poids frais des nœuds (PFN) (-0,31).

- **Rendement RD**

Des corrélations *positives* du rendement (RD) avec le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (0,23) (TST) (0,88). Des corrélations *néglatives* avec le poids de la matière humide de la partie aérienne et de la partie racinaire (PHA) (-0,50) (PHR) (-0,30), et avec le poids frais des nœuds (PFN) (-0,38).

- **Poids humide de la partie aérienne PHA**

Des corrélations *positives* du poids humide de la partie aérienne (PHA) avec le poids de la matière humide de la partie racinaire (PHR) (0,93), le poids frais des nœuds (PFN) (0,12). Des corrélations *néglatives* avec le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (-0,55) (TST) (-0,39).

- **Poids humide du système racinaire PHR**

Une corrélation *positive* du poids humide de la partie racinaire (PHR) avec le poids frais des nœuds (PFN) (0,25). Une corrélation *néglative* avec le taux des protéines et des sucres dans les graines (TPG) (-0,57) (TST) (-0,19).

- **Poids frais des nœuds PFN**

Une corrélation *positive* du poids frais des nœuds (PFN) avec le taux des protéines dans les graines (TPG) (0,33). La corrélation *néglative* avec le taux des sucres dans les graines (TST) (-0,56).

- **Taux de protéines dans les graines TPG**

Une corrélation *néglative* avec le taux des sucres dans les graines (TST) (-0,14).

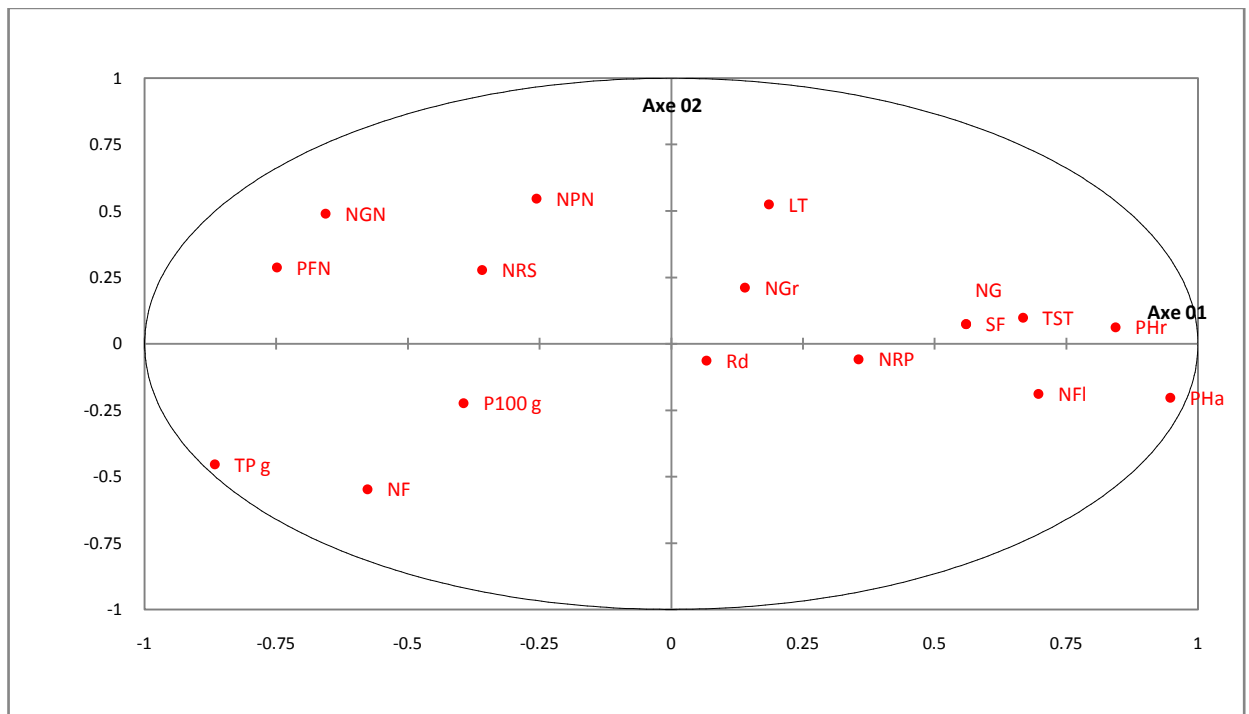
**2- Distribution des paramètres étudiés sur les axes principaux :**

L'analyse des composantes principales permet d'expliquer les variables étudiées sur deux axes (01 et 02) par rapport au *coefficient de corrélation*. Les variables sont situées au niveau du cercle de corrélation ce qui nous permet de connaître les caractères principaux et leurs effets par rapport aux différentes concentrations utilisés.

**1-2- Corrélation des variables étudiées avec les composantes principales CP sur deux axes 01et 02 :**

D'après la **figure 44** on constate que sur les deux axes orthogonaux X et Y, apparaissent les variables étudiées (TSG, TPG, PFN, PHR, PHA, RD, NGR, P100, NFL, NG, NPN, NGN, SF, NRS, NRP, NF, LT).

Le cercle de corrélation permet de montrer l'éloignement et le rapprochement de quelques variables les uns par rapport aux autres, de ce fait les variables suivantes (LT, SF, NF, RD, NGR, NG, NRP, TSG, PHR, PHA) participent dans la formation de l'axe 01 de point de vue positif ( côté droit), les autres variables (P100, NF, TPG, NRS, NPN, NGN, PFN) participent dans la formation de l'axe 02



**Figure 44 :** Distribution des paramètres étudiés sur les axes principaux

**Tableau 11 : Matrice de corrélations**

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :

Variables	LT	NF	NRP	NRS	SF	NGN	NPN	NG	NFI	P100 g	NGr	Rd	PHa	PHr	PFN	TP g	TST
LT	<b>1</b>																
NF	<b>-0.811</b>	<b>1</b>															
NRP	<b>0.606</b>	<b>-0.709</b>	<b>1</b>														
NRS	<b>0.710</b>	-0.493	<b>0.605</b>	<b>1</b>													
SF	-0.332	-0.081	0.131	<b>-0.524</b>	<b>1</b>												
NGN	-0.178	0.060	0.134	0.019	<b>0.668</b>	<b>1</b>											
NPN	-0.169	-0.077	0.253	-0.083	<b>0.829</b>	<b>0.961</b>	<b>1</b>										
NG	-0.332	-0.081	0.131	<b>-0.524</b>	<b>1.000</b>	<b>0.668</b>	<b>0.829</b>	<b>1</b>									
NFI	0.190	-0.160	-0.162	0.045	<b>-0.664</b>	<b>-0.959</b>	<b>-0.924</b>	<b>-0.664</b>	<b>1</b>								
P100 g	<b>-0.772</b>	0.490	-0.231	-0.333	<b>0.577</b>	<b>0.699</b>	<b>0.678</b>	<b>0.577</b>	<b>-0.628</b>	<b>1</b>							
NGr	-0.290	-0.021	0.194	-0.302	<b>0.937</b>	<b>0.880</b>	<b>0.967</b>	<b>0.937</b>	<b>-0.871</b>	<b>0.686</b>	<b>1</b>						
Rd	<b>-0.523</b>	0.148	0.043	-0.425	<b>0.921</b>	<b>0.817</b>	<b>0.903</b>	<b>0.921</b>	<b>-0.787</b>	<b>0.839</b>	<b>0.960</b>	<b>1</b>					
PHa	-0.052	-0.003	-0.395	-0.469	-0.277	<b>-0.851</b>	<b>-0.752</b>	-0.277	<b>0.835</b>	<b>-0.515</b>	<b>-0.589</b>	<b>-0.505</b>	<b>1</b>				
PHr	-0.174	-0.028	-0.492	<b>-0.532</b>	-0.119	<b>-0.684</b>	<b>-0.580</b>	-0.119	<b>0.756</b>	-0.287	-0.429	-0.306	<b>0.936</b>	<b>1</b>			
PFN	-0.226	0.395	<b>-0.658</b>	0.139	<b>-0.611</b>	-0.215	-0.416	<b>-0.611</b>	0.362	0.104	<b>-0.525</b>	-0.381	0.129	0.252	<b>1</b>		
TP g	<b>-0.562</b>	<b>0.794</b>	-0.274	0.036	-0.113	0.391	0.204	-0.113	-0.460	<b>0.602</b>	0.132	0.236	<b>-0.554</b>	<b>-0.573</b>	0.335	<b>1</b>	
TST	-0.218	-0.285	0.379	-0.239	<b>0.913</b>	<b>0.653</b>	<b>0.827</b>	<b>0.913</b>	<b>-0.583</b>	<b>0.602</b>	<b>0.885</b>	<b>0.886</b>	-0.391	-0.195	<b>-0.564</b>	-0.143	<b>1</b>

*Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05  
les corrélations significatives sont affichées en gras.*



# Conclusions

## Conclusions

L'objectif de cette étude expérimentale consiste à déterminer l'effet des différentes concentrations des phytohormones des cytokinines selon deux modes d'action par pulvérisation et trempage, sur le développement de trois variétés de pois chiche « *Cicer arietinum.L* », le rendement, et les effets sur le phénomène de nodulation.

Le travail expérimental s'est déroulé dans la station expérimentale ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures) à El Khroub qui se situe à 14 Km au sud de la Wilaya de Constantine (culture en champs), campagne agricole 2010/2011.

L'expérimentation a porté sur trois variétés de pois chiche FLIP 85-55, FLIP 84-92, ILC 32-79 d'origine respectivement syrien et russe, cette dernière a été appliquée selon le modèle Split-Plot selon 54 unités expérimentales. La variété FLIP 85-55 a donné de meilleurs résultats de germination 77 % par rapport aux deux autres variétés, ce qui explique l'adaptation de cette variété aux différents facteurs écologiques du milieu (climat, sol....etc).

A travers l'analyse des résultats obtenus on peut conclure de ce qui suit :

1. L'analyse physico-chimique du sol a montré une texture fine argileuse à argilo-sableuse, à PH alcalin, le rapport C/N =45.63 d'où une activité très importante des micro-organismes du sol et une teneur élevée de matière organique ce qui est très favorable à la culture du pois chiche.
2. Les conditions climatiques étaient assez favorables pour la croissance du pois chiche, la saison pluvieuse s'étend de l'hiver au printemps, avec une température optimale, au début du cycle végétatif et s'élève en fin de cycle ce qui est favorable au développement du pois chiche « *Cicer arietinum.L* » selon les études, ce qui a donné un bon développement chez les trois variétés étudiées.
3. On ce qui concerne les événements phénologiques on peut conclure que le traitement par la kinétine n'a aucun effet sur l'étape de ramification, par contre on a remarqué que la kinétine a un effet sur la vitesse de floraison d'où une diminution des jours dans les étapes de la formation et le remplissage des gousses, ainsi une diminution du temps nécessaire pour leur maturité, ceci est dû essentiellement à la capacité des cytokinines qui sont connues par leur vitesse de floraison et une ouverture précoce des fleurs de plusieurs variétés de plantes.

**4.** Les mesures des paramètres morphologiques ont montré que le traitement des trois variétés du pois chiche étudiés (FLIP 85-55, FLIP 84-92, ILC 32-79) par la kinétine sur la croissance des tiges ne permet pas le développement en longueur des tiges, cela s'explique par le fait que les cytokinines bloquent ou diminuent la dominance apicale chez les plantes.

Les résultats concernant le nombre des feuilles montrent que pour les trois variétés étudiées du pois chiche traitées par la kinétine permet l'augmentation du nombre des feuilles à chaque fois que les concentrations augmentent, ce qui concerne la surface foliaire, l'action de la kinétine est importante sur l'accroissement de la surface foliaire des plantes traitées par trempage par rapport à ceux traitées par pulvérisation, les surfaces foliaires les plus importantes sont ceux de la variété ILC 32-79, d'un autre côté on observe l'augmentation du nombre des rameaux et le nombre des feuilles chez toutes les variétés traitées par les différentes concentrations de la phytohormone qui est la kinétine.

On a enregistré une augmentation dans le poids frais des trois variétés, le poids le plus grand est celui de la variété FLIP 85-55 et ILC 32-79 traité par trempage à une concentration de 40 mg/l.

On peut conclure de ces mesures de croissance que le traitement par la kinétine favorise la croissance végétative en largeur pour les deux modes d'action par pulvérisation à une concentration de 20 mg/l ou par trempage à une concentration de 40 mg/l.

**5.** Les mesures des composantes du rendement ont montré que la kinétine augmente le nombre de fleur, le nombre de gousses des trois variétés du pois chiche étudiés et le nombre de graines surtout celui de la variété ILC 32-79. Les mesures du poids de 100 graines et le rendement ont montré une augmentation après traitement par la phytohormone à des concentrations de 20 mg/l pour le mode pulvérisation et 60 mg/l pour le mode trempage.

On peut conclure des mesures des composantes du rendement que le traitement des plantes par cette hormone induit une augmentation dans les composantes du rendement chez les trois variétés étudiées.

**6.** L'étude biochimique a montré que les trois variétés traitées par la kinétine sont caractérisées par une teneur en protéines plus élevées, par rapport aux témoins. Ainsi que l'accumulation des carbo-hydrates dans les graines et cela pour les trois variétés, le meilleur résultat apparaît pour les sujets traités par pulvérisation à une concentration de 20 mg/l, par contre pour le mode d'action trempage le meilleur résultat est celui traité par une concentration de 40 mg/l. On peut conclure des mesures biochimiques que le traitement des

plantes par cette hormone induit une augmentation dans les teneurs des protéines et des sucres dans les graines chez les trois variétés étudiées.

7. Les résultats obtenus de l'étude du phénomène de nodulation et des cellules du rhizobium ont montré que le traitement par la kinétine favorise la division cellulaire et donnent un nombre plus élevé et de grandes tailles ainsi que l'augmentation du poids frais des nodules chez les sujets traités par pulvérisation à une concentration de 20 mg/l et 40 mg/ l pour le trempage. Le nombre le plus élevés est enregistré chez la variété FLIP 84-92 ensuite ceux de la variété FLIP 85-55 et enfin la variété ILC 32-79. De même qu'on a enregistré nodules chez les trois variétés de pois chiche traitées par la phytohormone.

On peut conclure à la fin de cette étude que le traitement des plantes par cette hormone selon les deux modes d'action (par pulvérisation ou par trempage) favorise et augmente la croissance végétative du pois chiche et l'accumulation des protéines et des sucres ainsi que le nombre des nodules , leur taille et leur poids en plus du nombre de rhizobium dans ces nodules et joue un rôle important dont l'amélioration de sa production et l'augmentation du rendement des récoltes en favorisant le développement des bactéries du sol pour l'enrichir en azote. Le pois chiche est donc considéré comme une plante qui présente une grande importance économique, étant donné sa richesse en tant que source de protéines végétale pour l'alimentation humaine et animale. La culture du pois chiche ne nécessite pas l'apport d'engrais azotés, c'est une source de matière grasse et de bois, ainsi le pois chiche est une mine d'or du point de vue nutritionnel. Du point de vue agronomique, la culture du pois chiche présente un avantage considérable de part sa capacité de fixer l'azote atmosphérique dans le sol, son adaptation aux différents climats difficiles surtout au climat semi aride, grâce à son système racinaire très développés lui confère une place importante en agriculture.

## المراجع باللغة العربية

- 1 - أحمد عبد المنعم حسن (1989). الخضر الثانوية. الدار العربية للنشر و التوزيع.97.
- 2 - أحمد عبد المنعم حسن (1989). سلسلة العلم و الممارسة في المحاصيل الزراعية الطماطم الدار العربية للنشر و التوزيع.97.
- 3 - إبراهيم خليل م.ع.ع (1998). العلاقات المائية و نظم الري – الأراضي الرملية، الزراعات المحمية، محاصيل الخضر – منشأة المعارف .مصر.ص.442.
- 4 - حمداش .ع.ح (2001). زراعة محصول الحمص بالمناطق الساحلية و الشبه الساحلية . المعهد التقني للمحاصيل الحقلية .21 ص.
- 5 - محمود.ع.ع.خ (1989). محاصيل الخضر التقسيم النباتي – الوصف المرفولوجي- الأصناف . منشأة المعارف بالإسكندرية . جلال حزي و شركاه.336 ص.
- 6 - حامد .ك (1991). محاصيل العلف الجزء النظري مطبعة الإتحاد دمشق .ص 58.
- 7 - الصباغ .ع .أ (1989). موسوعة النبات العام . منشورات عويدات بيروت .باريس و ديوان المطبوعات الجامعية . الجزائر .637 ص.
- 8 - عبد العظيم .ع ، نعمت ، طاهر .ف ( 1989 ). مقدمة من المحاصيل. أساسيات الإنتاج. الطبعة الأولى، الدار العربية للنشر و التوزيع.184 ص..
- 9 - عبد العظيم .م ، عبد الهادي ر ( 1984 ). فسلجة النبات. ( الجزء الثاني) تصحيح دار الكتب للطباعة و النشر 711-704 .
- 10 - محمد و، محمد أ ( 1995 ). فيزيولوجيا النبات العام الجزء الأول . مطابع الرياض. 124 ص.
- 11 - نزيه ر ( 1980 ) إنتاج المحاصيل الحقلية. الجزء الأول ، محاصيل الحبوب و البقوليات . جامعة تشرين كلية الزراعة .394 ص.
- 12 - كاضم م.ع.ع.د. و، و الرئيس ع.ه. ( 1982 ). فسلجة النبات. الجزء الثاني Sigma-Rotomag . فرنسا ص 824-409.
- 13 - مكي ع.خ ، فيصل ع.ه.م ( 1989 ) . إنتاج الفاكهة و الخضر. بيت الحكمة للنشر و الترجمة و التوزيع .جامعة بغداد .388 ص.
- 14 - بيشوب س.ر ، تشابمان و .ف ، كارتر ب.ل.ب . ( 1984 ) . علم المحاصيل و إنتاج الغذاء . ترجمة محمد خيرى السيد . دار ماكجروهيل للنشر .543 ص.

- 15 - عزت ق.، عبد الوهاب أ، حسين إ.ع، سمير ع.ت، إبراهيم خ.أ (1991). أساسيات تصنيف الأشجار و تعريف الأخشاب . منشأة المعارف بالإسكندرية ، جلال حزي و شركاه 234 ص.
- 16 - نور الدين م، مصطفى د. (1984) . دراسة حول .دراسة حول قصاديات الحمص الشتوي و الربيعي في محافظتي حلب و الحسكة . سلسلة العلوم الزراعية. ص 173-180.
- 17 - حمزة ق.ح (1990). فسيولوجيا النبات و الإستقلاب .منشورات كلية العلوم ، جامعة حلب ، ص 569.
- 18 - حسن أ.ع.م ( 1992 ) . أساسيات إنتاج الخضر و تكنولوجيا الزراعات المكشوفة و المحمية – الصعوبات- الدار العربية للنشر و التوزيع .730-707.
- 19 - الصحاف ع.أ . (1989). تغذية النبات التطبيقي .بيت الحكمة ، بغداد ، ص 258.
- 20 - جلوب ح.ع ، طالب أ.ع ، و حامد م.ج (1990). محاصيل البقول . طبع بمطابع التعليم العالي في الموصل . بغداد .259.ص.
- 21 - سلاف ك (2005). تأثير المعاملة بهرموني الكينيتين و ال BAP على نمو و إنتاج ثلاث أصناف من الحمص ، Cicer arietinum L ، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير تخصص إنتاج و تحسين النبات .المركز الجامعي العربي بن أمهيدي.
- 22 - الشحات ن.أ.ز (2000). الهرمونات النباتية و التطبيقات الزراعية ط2 . الدار العربية للنشر و التوزيع.
- 23 - مرسي م.ع، عبد الجواد ع.ع (1972). محاصيل الحقلية . الجزء الأول ( محاصيل الحبوب و البقوليات) جامعة تشرين كلية الزراعة . ص 270-283.
- 24 - روبرت م.د ، و فرنسيس ه.و (1998). فسيولوجيا النبات . الدار العربية للنشر و التوزيع.

# Références Bibliographiques

## Liste des références en Arabe

- 1 - أحمد عبد المنعم حسن (1989). الخضر الثانوية. الدار العربية للنشر و التوزيع. 97.
- 2 - أحمد عبد المنعم حسن (1989). سلسلة العلم و الممارسة في المحاصيل الزراعية الطماطم الدار العربية للنشر و التوزيع. 97.
- 3 - الصباغ ع.أ (1989). موسوعة النبات العام . منشورات عويدات بيروت . باريس و ديوان المطبوعات الجامعية . الجزائر . 637 ص.
- 4 - الصحاف ع.أ . (1989). تغذية النبات التطبيقي .بيت الحكمة ، بغداد ، ص 258.
- 5 - الشحات ن.أ.ز (2000). الهرمونات النباتية و التطبيقات الزراعية ط2 . الدار العربية للنشر و التوزيع.
- 6 - إبراهيم خليل م.ع.ع . (1998) العلاقات المائية و نظم الري – الأراضي الرملية، الزراعات المحمية، محاصيل الخضر – منشأة المعارف .مصر.ص.442.
- 7 - بيشوب س.ر ، تشابمان و.ف ، كارتر ب.ل.ب . (1984) . علم المحاصيل و إنتاج الغذاء . ترجمة محمد خيرى السيد . دار ماكجروهيل للنشر . 543 ص.
- 8 - بلاك م. و. إيدلمان ج (1980). نمو النبات . دار الكتب للطباعة و النشر ، بغداد ص 642.
- 9 - جلوب ح.ع ، طالب أ.ع ، و حامد م.ج (1990). محاصيل البقول . طبع بمطابع التعليم العالي في الموصل . بغداد . 259 ص.
- 10 - حمداش ع.ج (2001). زراعة محصول الحمص بالمناطق الساحلية و الشبه الساحلية . المعهد التقني للمحاصيل الحقلية . 21 ص.
- 11 - حامد بك (1991). محاصيل العلف الجزء النظري مطبعة الإتحاد دمشق ص 58.
- 12 - حسن أ.ع.م (1992) . أساسيات إنتاج الخضر و تكنولوجيا الزراعات المكشوفة و المحمية – الصعوبات- الدار العربية للنشر و التوزيع . 707-730.
- 13 - روبرت م.د ، و فرنسيس ه.و (1998). فسيولوجيا النبات . الدار العربية للنشر و التوزيع.
- 14 - سلاف ك (2005). تأثير المعاملة بهرموني الكينيتين و ال BAP على نمو و إنتاج ثلاث أصناف من الحمص ، Cicer arietinum L ، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير تخصص إنتاج و تحسين النبات . المركز الجامعي العربي بن أمهيدي.
- 15 - عزت ق.، عبد الوهاب أ، حسين إ.ع، سمير ع.ت، إبراهيم خ.أ (1991). أساسيات تصنيف الأشجار و تعريف الأخشاب . منشأة المعارف بالإسكندرية ، جلال حزي و شركاه . 234 ص.

- 16 - عبد العظيم ع ، نعمت ، طاهر ف ( 1989 ). مقدمة من المحاصيل . أساسيات الإنتاج . الطبعة الأولى ،  
الدار العربية للنشر و التوزيع . 184 ص .
- 17 - عبد العظيم م ، عبد الهادي ر ( 1984 ). فسلة النبات . ( الجزء الثاني ) تصحيح دار الكتب للطباعة و  
النشر 711-704 .
- 18 -
- 19 - كاضم م . ع . د . و ، و الرئيس ع . ه . ( 1982 ). فسلة النبات . الجزء الثاني Sigma-Rotomag . فرنسا  
ص 824-409 .
- 20 - محمود ع . ع . خ ( 1989 ). محاصيل الخضر التقسيم النباتي – الوصف المرفولوجي - الأصناف . منشأة  
المعارف بالإسكندرية . جلال حزي و شركاءه . 336 ص .
- 21 - مرسي م . ع ، عبد الجواد ع . ع ( 1976 ). محاصيل الحقلية . الجزء الأول ( محاصيل الحبوب و البقوليات )  
جامعة تشرين كلية الزراعة . ص 283-270
- 22 - محمد و ، محمد أ ( 1995 ) . فيزيولوجيا النبات العام الجزء الأول . مطابع الرياض . 124 ص .
- 23 - نزيه ر ( 1980 ) إنتاج المحاصيل الحقلية . الجزء الأول ، محاصيل الحبوب و البقوليات . جامعة تشرين  
كلية الزراعة . 394 ص .
- 24 - مكي ع . خ ، فيصل ع . ه . م ( 1989 ) . إنتاج الفاكهة و الخضر . بيت الحكمة للنشر و الترجمة و التوزيع  
جامعة بغداد . 388 ص .
- 25 - نور الدين م ، مصطفى د . ( 1984 ) . دراسة حول . دراسة حول قتصاديات الحمص الشتوي و الربيعي  
في محافظتي حلب و الحسكة . سلسلة العلوم الزراعية . ص 180-173 .

## Références bibliographiques

- 1- Abeles F, Morgan P, Salveit M (1992). Ethylene in plant biology. Academic press. San Diego.
- 2- Abou Zied et El Shereef A (1978). Bull.N.R.C.EGYPT.3, 411.
- 3- Almugadam L.A (1997). Physiological response of tomato plant to high temperature stress and hardening .Ph .D. thesis Girls College of Science Dammam, Saudi Arabia.
- 4- Alexander .M (1982) Soil microbiology, Second edition .John Wiley and Sons, New York, PP .360-390.
- 5- Ameziane .T.H (1994) .Agronomie moderne .Hatier-aupelf –UREF ,544 .P
- 6- Anda T, Baker J, and Drake M (1969).Root. C.E.C. Measurement Byli. Exchange .Plant and soil .31.P.473.
- 7- Auckland .A.K et Singh.K.B (1975). Chickpea breeding ET ICRISAT –international work shop on Grain legumes-January 13-16, 1975.P.3.
- 8- . Apelbaum A et Burg S. (1971). Plant physiol.48, 648.
- 9- Augé. R, Beauchesme G, Baccon –Gibot .J, Decourtye .L, Jalouzot .R, Minier. R, Morand. J , Reynoid .J.P, Strullu D.G et Vidalie. H (1989). La culture in vitro et ses applications horticoles .3 ed, tec.et doc. Lavoisier, Paris, 8-97.
- 10- Baize.D, Jabiol . B (1995). Guide pour la description des sols .INR. Paris P.354.
- 11- Beevers L (1976) Nitrogen metabolism in plants .Arnold. London.PP.74-87.
- 12- Bagnoul .M et Gaussen .H (1957). Les climats biologiques et leurs classifications ann .Géogs.F1.
- 13- Benbelkacem.A (1982). Situation et Evolution des légumes secs céréalicultures N° 14.P.7-9.
- 14- Beringer J.E (1974). R-factor transfert in Rhizobium leguminosarum .J.Gen. Microbiol.84: 188-198.
- 15- Binet P et Brunel J.P (1968). Physiologie végétale, éditions Doin-Paris .3, 1038-1090.
- 16- Brill.W.J (1977). Biological nitrogen fixation .Sci.Am .236 :68.
- 17- Bonnier G, etR. Douin (1990). La grande flore .Belin (ed) .Paris .P.216 et 286-287.
- 18- Bouthaina D (2003). Un système intégré de micropropagation de l'artichaut ' Cynara scolymus l). Thèse en vue de l'obtention du doctorat ( PhD) en sciences agronomiques et Biologie Appliquées : Biotechnologie cellulaire et génétique Academich jaar Universiteit Gent . P : 44-57.
- 19- Burrows W and Carr D (1964). Physiol plant .22: 1105.
- 20- Calvet .G, Villemin .P.(1986). Interprétation des analyses de terre (IPAS) .Ed.Scpa.Paris .P.25.
- 21- Cattell, R. B. (1966). The scree test for the number of factors. Multivariate Behavioral Research, 1, 245-276.
- 22- Clakson. D.T (1985). Factors affecting mineral nutrient acquisition .Ann .Rev .Plant physiol. 7 :77.

- 23- Crosby K et al (1978).** Plant growth regul. Proc. Work Groupe.5:86.
- 24- Cubéro. J.I (1987).** Morphologie du pois chiche .P.35-66 dans : Saxena .M.C ; Singh E.D, le pois chiche. Cabine .International, Wllingford, oxon, R-U.
- 25- Davies .P.J (1990).** The plant hormones. Their role in plant growth and development.24-477.
- 26- Davis P.J (1988).** The plant hormones: their nature, occurrence and function development. Davies P.J. ed, Kluver academic publishers, Dordvecht Baston London, 1-11.
- 27- Dawh .A (1982).** Ph-D .Thesis Fac.Agric Cairo Univ.Egypt.
- 28- Devilin R (1979).** Plant physiol.3 Ed.Delhi.Modras.India.
- 29- Demelon .A (1966)** .Principes d'agronomie .Tome 1. Dynamique du sol. Dumond .Paris. P.434-478.
- 30- Djekoun A. (1991)** .Photosynthèse, fixation symbiotique de l'azote t résistance à la sécheresse chez le soja (Glycine max. L. Merill).Thèse de Doctorat d'Etat .Université de Constantine .P.144.
- 31- Dommergues Y, Emille D et Hong G.O (1999).** Les arbres fixateurs d'azote caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux .Edition espaces 34. CIRAD, FAO et IRO .498.P.
- 32- Drevon J.J, Hinsinger P (2004).** Nutrition phosphate et réponse des plantes et de la symbiose rhizobienne à la déficience en phosphore.
- 33- Dubing C.D and Westagate M.E (1996).** Genotypic variation in rareme-applied cytokinin effect on pod set and seed yield in soybean (Glycin max). PGRSA- Quarterly, 24: 177-187.
- 34- Duchoufour. Ph et Souchier. B (1983).** Pédologie, pédogenèse et classification .Masson.Paris 1.P.491.
- 35- Dubois .M, Gilles K.A, Hamilton.J.K, Rebers .P.A and Smith.F (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chem, 28: 305-356.
- 36- Duc. J.A (1981).** Manuel des légumineuses d'importance économique du monde pression d'espace, New York.P.52-57
- 37- Duke. J.A (1981)** .Handbook legumes of world economic importance Ed.plnum press, New- York and London, 25p.
- 38- Durand J.L, Sheery J.E and Minchin F.R (1987).** Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soy bean plants experiencing water deprivation. Journal of experimental botany.38: 311-321.
- 39- Edgerton .L (1978)** .Proc .Plant growth regul.Work Group .5: 188.
- 40- Ellis R.H, Covell.S, RobertsE.H.and Summerfield R.J (1986)** .The influence of temperature and seed germination rate in grain legumes II. Interspecific variation in check pea (Cicer arietinum L) at constant temperatures. Journal of experimental botany .37 (183) : 1503-1515.
- 41- El Masri R (1970).** Ph.D. Thesis .Fac. A gric .Cairo.Univ.k. Egypt.

- 42-Emberger. J.H (1959).** Quotient pluviométrie. Cahier de la recherche de l'Académie des Sciences. 234. pp.2508-2511.
- 43-Fang Y et Hirsch A M (1998).** Studying early nodulin gene ENOD 40 expression and induction by nodulation factor and cytokinin in transgenic alfalfa.Plant Physiol. 116: 53-68.
- 44-Foucher. F et Kondorosi. E (2000).**Cell cycle regulation in the course of nodule organogenesis in Medicago. Plant Mol Biol. 43: 773-786.
- 45-Franck B (1889).** Uber die Pilzsumbiose der Leguminosen . Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft .7, 332-346.
- 46-Gillet.K.E (2001).** Nitrogen fixation in tropical cropping systems 2<sup>nd</sup> ed. CAB. International walling Ford. ISBN: 0859472.P.423.
- 47-Cattell, R. B. (1966).** The scree test for the number of factors. Multivariate Behavioral Research, 1, 245-276.
- 48-Gabriel K.R. (1971).** The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 58, 453-467.
- 49-Gagnard .J, Gautier P et Martin –Prevel P(1984).** Analyse végétale dans le contrôle. Alimentation des plantes tempérées et tropicales. Ed. Technique et documentation .Ed . Lavoisier Paris, 782 p.
- 50-Geervani. P (1991).** Utilisation du pois chiche en Inde et les usages d'alternative .P.47-54.
- 51-Govil .J.M, Murty .B.R et Rana B.S. (1986) .**Varietal resistance of chick pea to wilt in India Africa and Middle-East Countries.Genetica Agraria .40: 291-300.
- 52-Gower J.C. and Hand D.J. (1996).** Biplots. Chapman and Hall, London.
- 53-Griga M, Tejklova E and Novak F.J (1984).** Growth regulator action on pea ( Pisum sativum, L). shoot apices in invetro culture. Rostlinna-Vyroba 30: 623.
- 54-Grignac P, Werry J (1992).** La famille des légumineuses. In FAO (ed) Fichier technique de la symbiose Rhizobium –légumineuses .Rome.
- 55-Hatch C et Powell (1971).** Photosynthesis and photorespiration .Wiley-Interscience, New York.
- 56-Haware.M.P, Nene.Y.L et Rao.N (1982).** Additional sources of résistance to wilt and root –rots of chick pea.International Chick pea .Newsletter.4: 18P.
- 57-Haware.M.P, Nene.Y.L et Mthre S.B. (1986).** Seed .Borne diseases of chick pea Technical Bulletin From the Danish Government .Institute of seed pathology for developing. Countries N°1, Dannemark in coll.With ICRISAI.32.P.
- 58-Heller. R, Esnault. R et Lance. C (1999).** Physiologie végétale, 2 vol .Dunod .Paris
- 59-Harvey .B et al .(1974).** Con J. Bot , 52: 2581.
- 60-Hegazy .A et al (1971).** Planzen , noden kunde. 128(3) 186.

- 61-Hooda R.S, Sheoran I.S, Singh R (1990).** Partitioning and utilization of carbon and nitrogen in nodulated roots and nodules of chickpea ( *Cicer arietinum* L) growth at two moisture levels. *Ann .Bot. London .Academic press*, 65 (2): 111-120.
- 62-Hopkins W .G (1995).** Introduction to plant physiol .Wiley.
- 63-Huisman .J, Van der Poel (1994).** Aspect de la qualité et de l'utilisation alimentaire des légumineuses fraîches de nourritures de saison chez l'alimentation des animaux P.53-76.
- 64-Hulse. J.H (1991).** Nature, composition et utilisation des légumineuses de grain P.11-27 .Dans : utilisations des légumineuses tropicales.
- 65- Inger A. (1997).** Biological cycles lest 25-26. *Plant biochemistry I and II* .10: 714-732.
- 66-.Itai C et al (1973).** *Physiol. Plant.*29:355.
- 67-Jean .D (1973)** .Eléments d'écologie et d'agronomie .Tom II : Exploitation et amélioration du milieu Bases d'une nutrition efficace végétale. Editions .J-B .BAILLIERE .P : 250-497. 197-262.
- 68-Jiminez Diaz .R.M, Basallote Urba Maria J, et Hava Rapport.( 1989).** Colonisation and pathogenesis in chickpeas intected by races of *Fusarium Oxysporum* .f.Sp.Ciceri in vascular with diseases of plant .Ef .EC.Tjomos and C.Beckman springer verglas Vol.17.Berlin.28P.
- 69-Jobson J.D. (1992).** Applied multivariate data analysis. Volume II: Categorical and Multivariate Methods. Springer-Verlag, New York.
- 70-Johansen. C ; Baldev.B ; Brouwer.J.B; Erskine.W; Jermyn.W.A; Li-Juan.L; Malik.B.A; Ahad.Miah.A et Silim.S.N( 1994).** Efforts biotiques et abiotiques contraignant la productivité des légumineuses fraîches de nourritures de saisons en Asie, en Afrique et Océanie.P.175-194.Editeurs d'universitaire de Kluwer .Dordrecht, Pays Bas.
- 71-Jones A.M (1994).** *Annu .Rev .Plant physiol. Plant Mol.Biol.*45.393-420.
- 72-Jones A.M and Hermann E (1993).***Plant physiol* .101, 595-606.
- 73-Jones A.M, Cohran D.S, Lamerson P.M, Evan M, and Cohen J.D. (1991).***Plant physiol.*97.352-358.
- 74-Jordan D C (1984)** .Family III .Rizobiaceae Conn 1938. p .234-254 .In : N.R .Kreig and J H. Holt ( ed) . *Bergey's manual of systematic bacteriology* .vol 1. The Williams & Wilkins Co .Baltimore.
- 75-Kaizer .W.J (1992).** Epidémiologie de rabiei d'*Ascochyta* .P.117-134 dans : Sing.K.B et Saxena. M.C
- 76-Khalil S and Mandurah H.M (1990).** Impact of water stress and growth substances on reproduction abd seed quality of cowpea plants. *J. Agron .and Crop Sci*, 164: 159-165.
- 77-Kaminek M. Mok D.W.S et Zazimoloba E( 1992).** Physiology and biochemistry of cytokinins in plants. SPB Academic publishing, La Hague, 507 p.
- 78-Kandeel M. (1969).***M. Sci .Thesis .Fac. Agric. Cairo Univ .Egypt.*

- 79-Khaldoun A , Ameroune R, Bellah F, Boufenar F, Amroun A, Khaldoun S, et Taibi R (1999).** Identification des causes de la variabilité des rendements des légumineuses alimentaires en Algérie. Situations actuelles et perspectives Ed .ITGC El –Harrach Alger, 31-40p.
- 80-Kortam M. (1973).** M.Sc .Thesis, Fac.Agric.Ainshams Univ Egypt.
- 81-Kosh-Khu M et al (1978).** Can .I.Plant Sci.58(4).971.
- 82-Ladizinsky.G (1975).** Un nouveau cicer de Turquie. Notes de jardin botanique royal. Edimbourg 34 : 201-202.
- 83-Lafou . J.P, T rond. C; Levy .G, (1996).** Biologie des plantes cultures .Ed d’après Angers .PP.170.
- 84-Legendre P. and Legendre L. (1998).** Numerical Ecology. Second English Edition. Elsevier, Amsterdam, 403-406.
- 85-Letham D (1969).**Life Sci.8:569.
- 86-Lisyuk K (1971).** Field crop ABST.25:3033 (1972).
- 87-Long .G(1974).** Diagnostic phytoécologie et aménagement du territoire T1. Principes généraux et méthodes .Mosson.
- 88-Lozet .J, Mathieu. C (2002).** Analyse chimique des sols, méthodes choisies.Clement M et Françoise P016 : 292.
- 89-Luttge U, Kluge .M et Baur .G (1994).** Traité fondamental de botanique .Paris, tec. Et doc. Lavoisier .PP.213-218.
- 90-Lynas C (1981).** Cytokinins, photoperiod and flower bud development in phaseolus vulgaris .CB. Cambridde 3DX, UK, pp : 184.3.
- 91-Mansour F.A, El Shahaby O.A, Mostafa H.A, Gaber A.M , and Ramadan A.A (1994).** Effect of benzyladenine on growth, pigments and productivity of soybean .Egypt. J. PHYSIOL, 18: 345-364.
- 92-Mathesius U, Charon C, Rolfe B G, Kondorosi A et Crepsi M (2000).** Temporal and special order of events during the induction of cortical cell divisions in white.
- 93-Mathesius U, Schelman H R, Spaink H P, Of Sautter C, Rolfe B G et Djordjevic M A( 1998).** Auxin transport inhibition precedes root nodule formation in white.
- 94-Martinez Roméro E, Segovia L, Mercante F M, Franco, Graham P, M A (1991).***Rhizobium tropicia* novel species nodulating Phaseolus vulgaris L. beans and leucaena sp. Trees.Int J .Syst. Bacteriol.41, 417-426.
- 95-Michelle .I, Lindeque (2006).** Diversity of root nodule bacteria associated with phaseolus coccineus and phaseolus vulgaris species in south Africa . University of Pretoria .50 , 17-27.
- 96-Miller. C.O, Skoog. F, Saltza. M.H, et Ron. String .F.F (1955).**Kinetin, a cell division factors from deosy ribonucleic acid. J. Aamer .Chem.Soc .77.1329-1334.

- 97- **Mok D.W, Mok M.C (2001).** Cytokinin metabolism and action .Annu. Rev plant physiol. Plant Mol boi .52:89-118.
- 98- **Mothes K (1968).** In biochemische genetic, springer. Berlin –Heidelberg. N-Y, Hess.D.PP.170.
- 99- **Moulin L, Munive A, Dreyfus B, Boivin –Masson C (2001).** Nodulation of legumes by members of the beta –subclass of proteobacteria .Nature 411, 948-950.
- 100- **Muehlbauer. F.J et Singh.K.B, (1987).** La génétique du pois chiche .P.99-125. Dans : Saxena .M.C ; Singh E.D, le pois chiche. Cabine .International, Willingford, oxon, R-U.
- 101- **Nene.Y.L, et Shella.V.K, (1989).** Important diseases problems of kabuli chickpea. ICRISA, ICARDA.21p.
- 102- **Nen .Y.L; Reddy .M.V (1987).** Cick pea diseases and their control. In: the chick pea. Ed . Saxena .M.C; Singh K.B, C.A.B .International walling ford.U.K .PP .233-270.
- 103- **Nen .Y.L; Haware .M.P et Reddy .M.V (1981).** Cick pea diseases resistance screening techniques. ICRISAT. Info. Bull .10.India.10P.
- 104- **Neupert W, Schatz (1981).** How proteins are transported into mitochondria. TIBS. 6:1.
- 105- **Nultsch W. (1998)** .Botanique générale. Thiem Verlage.
- 106- **Olsen.S.R et Sommers. C.E (1982).** Phosphorus in Methods of soil Analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Propreties, Sec .édition .Page403-430.
- 107- **Palmer. C and Smith. O (1969-1970).** Plant cell physiol. 10 :657 ; 11-303.
- 108- **Pilet P.E (1961)** .Les phytohormones de croissance méthode chimie, biochimie, physiologie, applications. pratiques .Masson Cie éditeurs. 22-594.
- 109- **Plancquaert .P.H, et Braun.P (1988).** Le pois chiche – culture et utilisation .Rapport d’activité .ITCF 5-11p.
- 110- **Paterson. A.H, Bowers .J.E, Burow. M.D, Draye .X, Elsik . C.G, Jiang .C.X, Cathrine .S.k, M, Lan .T.H, Lin .Y.R, Ming .R et Wrught .R.J (2000).** Comparative genomics of plant chromosomes. Plant Cell-12 : 1523-1539.
- 111- **Patricaria E J, Taté R, Ferraili S et Laccarino M (2004).** Organogenesis of legume root nodules. Int Rev. Cytol .234: 201-262.
- 112- **Prud’homme .J.R (1965).** Etude complémentaire de l’influence des substances de croissance sur la nouaison des tomates de primeurs. Al Awamia. 17, 35-48.
- 113- **Rasanen L (2002)** .Biotic and abiotic factors infl uencing the development of N<sub>2</sub> –fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis* thèse de doctorat de l’université de Hilsinki. Finland.
- 114- **Reed W; Cardona.C; Sithantham.S and Lateef .S.S (1975).** Chick pea insect pest and their control. *Heliothis Armigera* .PP.283-302.

- 115- **Ricard. L.D (1954)**. Diagnoses and improvement of saline and alkaline soils agriculture Hand Book, 60.U.S.Dep. Of Agr.
- 116- **Richter .G (1993)**. Métabolisme des végétaux, physiologie et biochimie .Laussane, presses polytechniques et universitaires romandes.P.526.
- 117- **Robert D et Catesson.A.M (1999)**. Biologie végétale .Vol 1 .Organisation cellulaire .Paris .Doinn.
- 118- **Rubio.L.Met Luden P.W (2005)**. Maturation of nitrogenase : a biochemical puzzle.
- 119- **Salunkhe. D.K (1982)**. Legumes in human nutrition: current status a future research needs.Curent Science .51(8): 387-394.
- 120- **Saxena .M.C; Singh E.D (1986)**.The chickpea .P.109 .ICARDA, Aleppo, Syrie.
- 121- **Saxena. M.C (1987)**. Agronomy of chick pea the chick pea .Ed. C.A.B. International P: 207-232.
- 122- **Sebanek J, et al (1978)** .Acta univ.Agric.Br no.Fac .Agron .24 (3).387.
- 123- **Segovia L, Young P W and Martínez-Roméro E (1993)**. Reclassification of America *Rhizobium leguminisarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp .nov.Int.J.Syst .Bacteriol.43 (2), 374-377.
- 124- **Seltzer. P (1946)**. Le climat de l'Algérie. Université d'Alger .Institut de Météorologie et de Physique du Globe .219 p.
- 125- **Shanmmugam K.T, O'Gara F, Anderson K, Valentine R.C (1997)**. Biological nitrogen fixation .Ann.Rev.Plant physiol, 29: 263-276.
- 126- **Shah V.K, Ugale R.A, Imperial J, Brill W.J (1984)**. Molybdenum in nitrogenase .Ann.Rev.Biochemi.53:263.
- 127- **Sharma. B.L et Gupta. R.N (1983)**. Survival of *Fusarium oxysporum* .F.sp .Ciceri causing wilt of Bengal grain during summer month.India phytopathology .36 (3) .PP.561-562.
- 128- **Siddique K.H.M, Walton G.H, and Seymour M (1993)**. Acomparaison of seed yield of winter grain legumes in Western Australia: Seasonal growth and yield .Aust. J. Agri. Res.37: 245-261.
- 129- **Sing .K.B (1987)**. Multiplication du pois chiche .P.127.162 dans : Saxena .M.C ; Singh E.D, le pois chiche. Cabine .International, R-U.
- 130- **Singh .V.P et Singh .R.P (1984)**. Effects of date of sowing on the incidence of sclerotina stem rot wilt of gram ( *Cicer arietinum*.L ) .Phytopathol.Z.109.PP.245-260.
- 131- **Sing.H.D ; Ail .k ; Kushand and Singh. L (1980)**. Genetic variation in growth and nodulation in chick pea .International chick pea Newsletter .3: 16-18.

- 132- **Skene K (1975)**. Cytokinins production by roots as a factor in the control of plant growth. Acad. Press .Inc. New York. P .365.
- 133- **Smithson .J .B, Thompson. J.A; Summerfield .R.J.(1985)**. Pois chiche arietinum de cicer. P.312-390. Dans: Summerfield .R.J; Robert E.h, cultures légumineuses de grain .Collins, Londres, R-U.
- 134- **Sohair K, El Saeid H.M, and Magda S(2006)** .The role of Kinetin in Flower Abscission and Yield of Lentil Plant Botany Department , National Research Centre, Dokki, Cairo, Egypt.Journal of Applied Science Research, 2(9) : 587-591.
- 135- **Soltner. D(2003)**. Les bases de la production végétale .T1. Le sol. Collection science et techniques agricoles. 486P.
- 136- **Sprent .J.I, et Sprent .P (1990)** .Nitrogen fixing organisms. Chapman and Hall. (ed) . London .P.1-84.
- 137- **Stewart. P (1974)**. Un nouveau climagramme pour l'Algérie. Bulletin de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord. Tome 75. Fascicule 1 et 2 .pp.239-252.
- 138- **Summerfield .R.J, Minchin F.R, Roberts E.H et Hadley P (1990)**. The effects of photoperiod and air temperature on growth yield of chickpea (*Cicer arietinum L*).Proceedings international workshop on chickpea improvement .Ed ICRISAT ( International Centre for Agricultural research in the dry areas) : 121-144.
- 139- **Timmers A C, Auriac M C et Truchet G (1999)**. Refined analysis of early symbiotic steps of the Rhizobium –Medicago interaction in relationship with microtubular cytoskeleton rearrangements. Development. 126: 3617-3628.1617-1629.
- 140- **Thimann K (1977)**. Hormone action in the whole life of plants .Univ Mass .Press.P.448.
- 141- **Tomkins J.P and Hall M.H (1991)** .Stimulation of alfalfa bud and shoot development with cytokinins. Agron .J, 83: 577-581.
- 142- **Truchet.G, Claude J, Denarie J (1993)** : Symbiose bactéries –légumineuses: un dialogue moléculaire .La recherche N° 250. Janvier .24 : 92-94.
- 143- **Vaandamme P, Pot B, Gillis M, de Vos P, Keresters K, and Swings J (1996)**.Polyphasic Taxonomy, a Consensus Approach to Bacteriol Systematic .Microbiological .Rev .60(2), 407-438.
- 144- **Vilain M (1997)**. La production végétale .T1. Les composantes de la production .3ed . Tec Doc. Paris. P.478.
- 145- **Van Brussel A A, Bkhuizen R, Van Sprosen P C, Spaink H P, Tak T et Lugtenberg B J J (1992)**. Induction of preinfection thread structures in the bleguminous.
- 146- **Van Der Measen. L.J.G (1987)**. Origine, histoire et taxonomie du cicer L du pois chiche .p.11-34 dans : Saxena .M.C ; Singh E.D, le pois chiche.

- 147- **Van Der Measen .L.J.G (1972)**. Cicer L .une monographie genre, de son écologie et culture.
- 148- **Van derhoef L and Stahl C (1975)**. Proc .Nat .Acad.Sci.72:1822.
- 149- **Van Emden. B et Rao. M.R (1988)**. Problème de la maladie et d'herbe de parasite en fève de lentille et de pois chiche .P.519-534. Dans Summerfield R.J, récoltes du monde : Légumineuses fraîches de nourritures de saison, Pays Bas.
- 150- **Venkateswarlu B, Maheswari M, and Saharan N (1989)**. Effect of water stress on N<sub>2</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) fixation in cowpea and groundnut . Plant soil. 114: 69-74.
- 151- **Vincent, J.M (1970)**.A manual for the practical study of the root-nodule bacteria .IBP handbook No 15. Blackwell Scientific Publishers, Oxford.
- 152- **Von Schwaetzenberg K, Kruse S, Reski , Moffatt B, and Laloue .M (1998)**.Cloning and characterisation of an adenosine kinase from *Physcomitrella patens* involved in cytokinin metabolism. Plant J 13: 249-257.
- 153- **Wasson A P, Pellerone F I, Mathesius U (2006)**. Silencing the Flavonoid Pathway in *Medicago truncatula* Inhibits Root Nodule Formation and Prevents Auxin Transport Regulation by *Rhizobia* .Plant Cell .18 : 1617-1629.
- 154- **Waksman. S.A (1936)** . Humus, origin, chemical composition and importance in nature, Baillière, Tindall and Cox, London.
- 155- **Weaver R. (1965-1966)**. Nature .206:952.(1966): Hilgardia 37:181.
- 156- **Werner T, Molyka V, Sternad M, Schmiilling T (2001)**. Regulation of plant growth by cytokinins. Proc. Nath. Acad-Sci. USA. 98: 10487-10492.
- 157- **Werry. J (1986)**. Relation entre la nutrition azoté et production des légumineuses plante and soil .P.213.
- 158- **Wickson M and Thimann K. (1958)** .Pysiol plant .11-62.
- 159- **William .B.S et al (1962)**. Microbiology translates by Taha Salah Eddine et al.
- 160- **Wojciechowski.M.F, Sanderson .M.J, Steelek .P et Linston.A (2000)**. Molecular phylogeny of the" Temperate herbaceous tribes" of papilionoid legumes: a supertree approach .In: P.S. Herendeen et A.Burneau ( Eds). Advances in lugume systematic 9, Royal botanic gardens.New.p: 277-298.
- 161- **Yadava U and Dand S (1977)**. Proc .Plant Growth Reg .Worck Group. 4:352.
- 162- **Juergen. P and Philip. P (2006)**. Metabolic changes of rhizobia in legume nodules. School of Biological Sciences, University of Reading, UK, RG6 6AJ.
- 163- **Zaghouane N, Adjout N, Bouchata K, Bouhaouichine L, Branki N, Séba N, (2000)** la réhabilitation et le développement des légumes alimentaires dans le cadre du plan National de développement Agricole ITGC Alger 61-64 p.

- 164- Zahran.H.H (1999).** Rhizobium legume symbiose and nitrogen fixation under severe conditions and in arid climate. *Microbial .Molec. Biol. Rev* .62 (4): 968-989.
- 165- Zakhia F, Jeder H, Domergue O, Willems A, Cleyet-Marel J C, Gillis M, Dreyfus B, et de Lajudie P (2004).** Characterization of wild legume nodulating bacteria (BNL) in the infra-arid zone of Tunisia. *Syst. Appl. Microbiol.*27(3) : 380-395.

# Résumé

**Titre : Impact de quelques phytohormones sur le développement végétatif, le rendement et le phénomène de nodulation de trois 03 variétés de pois chiche « *Cicer arietinum L* » dans les zones semi arides.**

**Mots Clé : Pois Chiche ( *Cicer arietinum L*) – Kinétine – Rhizobium – Rendement**

Cette étude comprends une expérimentation faite sur terrain au niveau de l'ITGC d'El Khroub ( Constantine) durant la campagne agricole 2010/2011, ce travail est réalisé sur trois variété de pois chiche ( *Cicer arietinum L* ) , il s'agit d'un traitement par une phytohormone de cytokinine ( Kinétine) slon deux modes d'action par pulvérisation et par trempage à différentes concentrations ( 0,20,30,40,60) mg/l.

L'expérimentation à été appliquée selon le système *Split –plot*, il s'agit de cultiver une parcelle de terrain ou on a répartis les différents traitements 09 traitements, 03 répétitions des 03 variétés de pois chiche, donc 54 unités expérimental. L'objectif consiste à déterminer l'effet de l'hormone cytokinine sur la croissance et le développement de la plante (*Cicer arietinum L*). Les paramètres mesurés sont d'ordres morphologiques et biochimiques, le rendement et ses composantes, les nodules ont été déterminés en nombre, en volume et en poids.

Les résultats ont montré que le traitement hormonal à des effets significatifs sur toutes les variables étudiées. Cet effet de la phytohormone est apparent à travers des mesures sur les trois variétés étudiées du pois chiche (FLIP 85-55, FLIP 84-92, ILC 32-79).

A propos les caractères morphologiques, les caractères biochimiques et le rendement, il apparait que les deux concentrations par pulvérisation à 20 et par trempage à 40 mg/l assurent un meilleur développement végétal pour les trois variétés du point de vue biomasse aérienne et rendement en grains.

Concernant les nodules racinaires, le plus grand nombre est enregistré chez la variété FLIP 84-92 ensuite ceux de la variété FLIP 85-55 et enfin la variété ILC 32-79.

Le traitement des variétés du pois chiche avec les concentrations de l'hormone la kinétine permet l'augmentation des cellules du rhizobium à l'intérieur du nodule qui joue un rôle important dont l'amélioration de la production et l'augmentation du rendement des récoltes en favorisant le développement des bactéries du sol pour l'enrichir en azote dans les zones semi arides.

# Summary

***Title: Impact of some phytohormones on the vegetative growth, yield and nodulation of the phenomenon of March 3 varieties of chickpea "Cicer arietinum L" in semi-arid.***

**Keywords:** Chickpea (Cicer arietinum L) - Kinetin - Rhizobium – Yield.

This study includes an experiment done on land at the El Khroub ITGC (Constantine) during the crop year 2010/2011, this work is carried out on three varieties of chickpea (Cicer arietinum L), this is a treatment with a phytohormone cytokinin (Kinetin) slon two modes of action by spraying and dipping at different concentrations (0,20,30,40,60) mg / l.

The experiment was applied according to the system Split-plot, it is to cultivate a plot of land and was distributed to various treatments 09 treatments, 03 replicates of 03 varieties of chickpeas, then 54 experimental units. The goal is to determine the effect of the hormone cytokinin on growth and development of the plant (Cicer arietinum L). The measured parameters are morphological and biochemical levels yield and its components, the nodules were identified by number, volume and weight.

The results showed that the hormone to have significant effects on all variables studied. This effect of the phytohormone is apparent through measures on the three studied varieties of chickpea (FLIP 85-55, FLIP 84-92, ILC 32-79).

About the morphological, biochemical characteristics and performance, it appears that the two concentrations by spraying and dipping 20 to 40 mg / l provide better plant development for the three varieties in terms of biomass and grain yield.

On root nodules, the highest number is registered with the variety FLIP 84-92 followed by those of the variety FLIP 85-55 and finally the ILC 32-79 varieties.

Treatment of chickpea varieties with concentrations of the hormone kinetin can increase Rhizobium cells inside the nodule, which plays an important role with improving production and increasing crop yields promoting the development of soil bacteria to enhance nitrogen in semi arid areas.

## ملخص

**العنوان :** تأثير بعض الهرمونات النباتية على النمو الخضري و ظاهرة تكوين العقد على ثلاث أصناف من الحمص " *L arietinum Cicer* " في المناطق الشبه الجافة.

**الكلمات الرئيسية :** الحمص - Kinetin - *L arietinum Cicer* -- Rhizobium - المردود.

تشمل هذه الدراسة تجربة عملية على الأرض في ITGC الخروب (قسنطينة) خلال السنة الزراعية 2010/2011 ، ويتم هذا العمل على ثلاثة أصناف من الحمص (*L arietinum Cicer*) ، وهذا عن طريق المعاملة بهرمون نباتي السيتوكاينين أو Kinetin عن طريق الرش والغمس بتركيزات مختلفة (0،20،30،40،60) ملغم / لتر.

[ وقد طبقت هذه التجربة وفقا لنظام Split-Splot ، إستعملت قطعة أرض وزعت عليها مختلف 09 المعاملات ، 03 متماثلة من 03 أصناف من الحمص ، أي 54 وحدة تجريبية.

والهدف من ذلك هو تحديد تأثير هرمون السيتوكاينين على النمو والتنمية محصول (*L arietinum Cicer*). و هذا بقياس المتغيرات المورفولوجية والبيوكيميائية و المردود ، و كذا حجم ، عدد ووزن العقد .

وأظهرت النتائج أن هرمون السيتوكاينين له تأثيرات كبيرة على كافة المتغيرات التي شملتها الدراسة. هذا التأثير الهرموني النباتي هو ظاهر على الأصناف الثلاثة من الحمص (FLIP 85-55 ، FLIP 84-92 ، ILC 79-32).

فيما يخص النتائج الخاصة بالخصائص المورفولوجية ، البيوكيميائية و المردود ، يبدو أن اثنين من تركيزات الرش والغمس بتركيز 20-40 ملغم / لتر قدمت أفضل مردود في الأصناف الثلاثة من حيث الكتلة الحيوية وعدد الحبوب .

أما عن العقد الجذرية، نسجل أعلى نسبة مع مجموعة متنوعة FLIP 84-92 تليها تلك التي متنوعة FLIP 85-55 ، وأخيرا صنف ILC 79-32.

إن معاملة أصناف الحمص بتركيزات الهرمون النباتي kinetin يؤدي في زيادة خلايا الريزوبيم داخل العقد ، والتي تلعب دورا هاما في تحسين الإنتاج وزيادة غلة المحاصيل و تعزيز التنمية من بكتريا التربة لتعزيز النيتروجين في المناطق الشبه الجافة.

# ANNEXES

## Annexes 01

Mois	Précipitations totales en (mm)	Températures en (°C)			Nombre de jours de gelée	Vents moyens ( m/s)
		Températur es moyennes en (°C)	Températures moyennes Maximales en (°C)	Températures moyennes Minimales en (°C)		
Sep-10	7,0	18,7	25,6	13,2	0	2.6
Oct-10	18,6	13,0	20,6	7,1	0	2.4
Nov-10	3,0	11,5	17,4	6,5	0	4.4
Déc-10	10,8	7,3	13,9	2,3	5	3.4
Jan-11	<b>1,6</b>	6,2	11,9	<b>1,7</b>	<b>5</b>	3.1
Fév-11	58,1	7,0	<b>10,7</b>	3,8	3	4.8
Mar-11	8,1	11,1	17,5	5,8	0	2.3
Avr-11	<b>62,8</b>	14,6	19,8	10,1	0	3.5
Mai-11	16,0	17,9	24,7	11,6	0	2.7
Jui-11	13,7	19,7	25,8	12,4	0	1.4
Jui-11	12.3	25.4	<b>31.5</b>	<b>13.8</b>	0	2.7
Moy	197					

Données climatiques de la ville de Constantine (2010-2011)

Source : (ONM-El Khroub)

## Les événements phénologiques en jours

variétés	Traitements	Ramifications	Stade de floraison	Formation des gousses	Remplissage des gousses	Maturité
FLIP 85-55	Témoin	<b>107</b>	96	116	125	150
	K1 = 20 mg/l	99	99	115	125	150
	K2 = 30 mg/l	102	98	116	122	150
	Témoin	<b>100</b>	99	117	122	150
	H1 = 40 mg/l	99	99	117	124	148
	H2 = 60 mg/l	99	98	117	124	151
FLIP 84-92	Témoin	<b>104</b>	95	111	120	145
	K1 = 20 mg/l	100	103	112	120	147
	K2 = 30 mg/l	98	99	114	120	147
	Témoin	<b>103</b>	102	112	120	146
	H1 = 40 mg/l	98	101	115	118	147
	H2 = 60 mg/l	100	97	115	119	148
ILC 32-79	Témoin	<b>105</b>	100	106	123	147
	K1 = 20 mg/l	99	97	101	124	152
	K2 = 30 mg/l	98	100	104	126	151
	Témoin	<b>102</b>	99	102	126	150
	H1 = 40 mg/l	99	102	104	129	151
	H2 = 60 mg/l	98	100	103	128	152

## Annexes 02

Influence de la kinétine sur la moyenne de la longueur de la tige (en cm) **LT**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	49 cm	47 cm	45 cm	46 cm	42 cm	40 cm
<b>FLIP 84-92</b>	54 cm	49 cm	47 cm	51 cm	48 cm	41 cm
<b>ILC 32-79</b>	62 cm	58 cm	51 cm	63 cm	62 cm	58 cm

Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de feuilles **NF**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	183	179	181	119	167	203
<b>FLIP 84-92</b>	179	189	186	143	206	208
<b>ILC 32-79</b>	199	220	242	203	208	245

Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de rameaux **NR**Les rameaux principaux **NRP**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	7	5	7	4	5	7
<b>FLIP 84-92</b>	5	4	4	6	4	7
<b>ILC 32-79</b>	3	3	4	3	5	6

Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre de rameaux **NR**Les rameaux secondaires **NRS**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	28	30	38	24	22	36
<b>FLIP 84-92</b>	27	28	29	31	32	35
<b>ILC 32-79</b>	26	23	25	13	24	35

**Influence de la kinétine sur la moyenne de la surface foliaire (en cm<sup>2</sup>) SF**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	13	9	8	11	17	10
<b>FLIP 84-92</b>	8	14	14	8	11	8
<b>ILC 32-79</b>	9	11	7	14	11	13

**Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des fleurs NFL**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	72	111	97	58	85	153
<b>FLIP 84-92</b>	32	89	138	47	69	108
<b>ILC 32-79</b>	46	79	104	38	135	118

**Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des gousses NG**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	39	45	49	45	49	48
<b>FLIP 84-92</b>	41	45	47	42	49	40
<b>ILC 32-79</b>	49	63	74	75	85	73

**Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de 100 graines P100**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	26.50	33.87	31.03	23.50	27.60	33.50
<b>FLIP 84-92</b>	28.03	32.63	25.60	25.70	32.00	34.60
<b>ILC 32-79</b>	29.50	31.60	25.70	33.60	33.60	35.90

**Influence de la kinétine sur la moyenne du nombre des graines NG**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	38	45	51	45	54	37
<b>FLIP 84-92</b>	38	42	51	40	52	41
<b>ILC 32-79</b>	60	77	75	81	85	82

**Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de la matière humide PMH****Le poids de la matière humide du système aérien (en g) PHA**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	52	66	79	63	98	125
<b>FLIP 84-92</b>	29	73	81	51	55	66
<b>ILC 32-79</b>	48	85	87	39	104	102

**Influence de la kinétine sur la moyenne du poids de la matière humide PMH****Le poids de la matière humide du système racinaire (en g) PHR**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	6	11	7	8	14	12
<b>FLIP 84-92</b>	5	11	12	7	11	7
<b>ILC 32-79</b>	6	10	12	7	11	8

**Influence de la kinétine sur le rendement en Qtx/ha RD**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	29.95	45.72	47.79	31.77	44.66	37.15
<b>FLIP 84-92</b>	32.24	41.44	52.05	37.75	62.71	43.83
<b>ILC 32-79</b>	40.44	60.64	62.12	72.12	67.67	76.96

**Influence de la kinétine sur la teneur moyenne en protéines dans les graines TPG**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	22.11	22.26	23.48	19.8	22.17	22.54
<b>FLIP 84-92</b>	22.14	22.89	22.89	20.98	22.92	23.39
<b>ILC 32-79</b>	21.41	21.41	22	21.08	22.13	22.23

**Influence de la kinétine sur la teneur moyenne en sucres totaux dans les graines TSG**  
**En ( µg / 20 mg MS)**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	2156.3	3156	2136.5	3456.8	3568	1756.2
<b>FLIP 84-92</b>	1756.2	2356.5	2136.8	3256.8	3652.5	2456.5
<b>ILC 32-79</b>	2456.5	3285	3156.7	3251.8	3568.4	3235.6

**Influence de la kinétine sur Le nombre moyen des nodules dans le système racinaire**  
**Le nombre moyen des grands nodules NGN**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	4.17	9.17	11.17	4.0	9.0	4.0
<b>FLIP 84-92</b>	4.50	10.83	7.50	3.2	11.8	4.5
<b>ILC 32-79</b>	2.67	6.67	6.17	3.7	9.0	3.5

**Influence de la kinétine sur Le nombre moyen des nodules dans le système racinaire**  
**Le nombre moyen des petits nodules NPN**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	6.50	9.33	11.83	8.8	11.3	6.3
<b>FLIP 84-92</b>	3.33	12.00	8.67	7.7	16.3	8.5
<b>ILC 32-79</b>	5.33	11.67	11.50	7.7	15.3	8.5

**Influence de la kinétine sur Le poids moyen des nodules dans le système racinaire PFN**

	<b>P0</b> (0 mg/l)	<b>Pk1</b> (20 mg/l)	<b>Pk2</b> (30 mg/l)	<b>T0</b> (0 mg /l)	<b>TH1</b> (40 mg/l)	<b>TH2</b> (60 mg /l)
<b>FLIP 85-55</b>	1.40	1.60	2.30	1.20	3.00	1.40
<b>FLIP 84-92</b>	0.30	0.90	2.10	0.50	1.70	150
<b>ILC 32-79</b>	0.80	2.00	3.00	1.60	1.70	0.90

## Annexes 03

## Variété 01 : FLIP 84-92



FLIP 84-92 ( 0mg/l)



FLIP 84-92 ( 20mg/l)



FLIP 84-92 ( 30mg/l)



FLIP 84-92 ( 0mg/l)



FLIP 84-92 ( 40mg/l)



FLIP 84-92 ( 60mg/l)

Annexes 04

Variété 02 : FLIP 85-55



FLIP 85-55 ( 0mg/l)



FLIP 85-55 ( 20mg/l)



FLIP 85-55 ( 30mg/l)



FLIP 85-55 ( 0mg/l)



FLIP 85-55 ( 40mg/l)



FLIP 85-55 ( 60mg/l)

Annexes 05

Variété 01 : ILC 32-79



ILC 32-79 ( 0mg/l)



ILC 32-79 ( 20mg/l)



ILC 32-79 ( 30mg/l)



ILC 32-79 ( 0mg/l)



ILC 32-79 ( 40mg/l)



ILC 32-79 ( 60mg/l)