



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

**MÉMOIRE DE MASTER**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière: Sciences biologiques

Spécialité: Biotechnologie et valorisation des plantes

Réf.:.....

---

Présenté et soutenu par:

**SOUNDOUS MGHEZZI BAKHOUCHE**

**KHAOULA MOUSTIRI**

**Le Thème :**

**Effet des phytohormones sur la morphologie, la  
croissance et le rendement des plantes**

---

**Jury :**

Ms.	<b>Tarek BENMEDOUR</b>	MCA	Université de Biskra	Président
Mme.	<b>Soulef KRIKER</b>	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Ms.	<b>Zian LAIADI</b>	MAA	Université de Biskra	Examineur

**Année universitaire :2021 -2022**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### Remerciement

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude*

*Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre directrice de mémoire, Mme. kriker soulef nous la remercions de nous voir encadré, orienté, aidé et conseillé. Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant notre recherche.*

*Nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail et nous excusons pour tous ceux que nous avons sans doute oubliés*

*Nous remercions nos chers parents, qui ont toujours été là pour nous. Nous remercions notre famille pour leur encouragement.*

## Dédicace

*Une chance nous a été offerte aujourd'hui pour citer des personnes qui nous sont très chères.  
Je dédie le fruit de mon labeur à la mémoire de mes défunts grands-parents qui viennent de  
nous quitter, qu'ils reposent en paix.*

*A mes très chers parents qui m'ont montré la voie de la réussite et qui ont fait tant de  
sacrifices pour me permettre de réussir.  
vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et  
l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Vos prières  
et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Je vous  
aime*

*A mes très chères sœurs **Sara et Salsabile***

*Mes tante **Mariam et Saida***

*Mes cousines **Anfel, Amina***

*A toute ma famille qui m'ont été le support dans la vie, les mots ne suffisent  
Guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.  
Mes chères amies de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous je vous  
dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite **Absi Dounia,**  
**Moustiri khaoula,***

*Mes chères copine : **Nahla, Hana, Malak***

*Et sans oublier le soutien de mon chère amie **Halim***

***\*\*Qu'Allah vous accorde longue vie dans la santé et le bonheur\*\****

*A toute ma promotion (2021/2022).*

**SOUNDOUS**

**Dédicace**

*Je dédie ce travail à :*

*Ma mère et mon père, sources de mes joies, secrets de ma Force vous serez toujours modèle  
Papa , L'encyclopédie qui me donne des conseils pour tracer mon chemin de vie, je t'aime  
Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour nous  
Mercie pour tous vos sacrifices pour que vos enfants grandissent et prospèrent  
. Que Dieu vous protège de tout mal.*

*Mon chère frère : **Farouk** mon jumeau mon bras sur lequel s'appuie*

*Ma chère sœur : **Ashwak** mon exemple de diligence et de volonté, Merci d'avoir donné  
naissance à **Isaac**, qui a ajouté une saveur à cette vie.*

*Ma chère sœur : Oum Koulthoum notre*

*Projet futur médecin je t'aime*

*Un spécial dédicace à mon neveu **Isaak***

*Je remercie Dieu infiniment de m'avoir donné une telle famille.*

*Mes grands-parents : **Ahmed**, Hada et **Rokaya** La miséricorde de Dieu sur eux .*

***Mohamed Lakhdar**, Yamina et **Fatouma** je vous aime .*

*Mes chères collègues : **Nahla** , **Malak** , **Hana**, **AMA***

*Mes amies : **Dounia Absi** et **Mghezzi Bekhouche Soundous** mes soeurs que ma mère n'a pas  
enfantées, Merci beaucoup d'être entré dans ma vie  
je vous aime*

*A toutes mes copines Et à toutes les personnes que j'aime et respecte*

*Remerciements*

*A toute ma promotion (2021/2022).*

**KHAOULA**

**1. Table des matières**

<b>Liste des tableaux</b> .....	
<b>Listes des figures</b> .....	
<b>Liste des abréviations</b> .....	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>

**Chapitre 1 : Les phyto hormones**

1. Les phytohormones .....	3
1.1. Définition de phytohormone.....	3
1.2. Effet de phytohormones .....	3
2. Les gibbérellines.....	3
2.1. Définition.....	3
2.2. Structure chimique .....	4
2.3. Lieux de synthèse .....	4
2.4. Transport et migration .....	5
2.5. Métabolisme .....	5
2.6. Effet des gibbérellines .....	6
2.6.1. Effets sur la croissance et l'allongement des entre nœuds .....	6
2.6.2. Effet sur la floration.....	6
2.6.3. Effet sur la croissance des feuilles.....	7
2.6.4. Effet des gibbérellines sur la germination des semences et des bourgeons.....	7
2.6.5. Effet des gibbérellines sur la synthèse d'alpha-amylase .....	7
2.6.6. Effet sur la sénescence.....	8
2.6.7. Effet sur les croissances des fruits.....	8
3. L'Auxine .....	8
3.1. Définition.....	8
3.2. Structure chimique .....	8
3.3. Lieux de synthèse .....	9
3.4. Le transport.....	9
3.5. Métabolisme .....	9
3.6. L'effet de l'auxine .....	10
3.6.1. Auxèse.....	10
3.6.2. Elongation cellulaire.....	10
3.6.3. Croissance des organes végétatifs .....	10
3.6.4. Abscission .....	11
3.6.5. Calogène.....	11
3.6.6. Rhizogenèse.....	12
3.6.7. Dominance apicale .....	12
3.6.8. Phototropisme.....	12
3.6.9. Maturation des fruits.....	12

---

4. Les Cytokinines .....	12
4.1. Définition.....	12
4.1. Structure chimique .....	13
4.2. Lieux de synthèse .....	13
4.3. Transport .....	13
4.4. Métabolisme .....	13
4.5. Effet physiologiques des cytokinines .....	13
5. L'éthylène.....	14
5.1. Définition.....	14
5.2. Structure chimique de l'éthylène.....	14
5.3. Lieux de synthèse .....	14
5.4. Transport de l'éthylène.....	14
5.5. Métabolisme .....	14
5.6. Effets physiologiques de l'éthylène.....	15
6. L'acide Abscissique .....	15
6.1. Définition.....	15
6.2. Structure chimique .....	15
6.3. Transport de L'ABA.....	16
6.4. Lieux de synthèse .....	16
6.5. Métabolisme .....	16
6.7. Effet de ABA.....	17
<b>Chapitre 2. Matériel et Méthodes</b>	
1. Matériels (Cabello-Conejo et al.2014) .....	18
2. Méthode de travail .....	19
3. Matériels (Elankavi <i>et al.</i> ,2009) .....	23
→ Matériel végétal.....	23
→ Matériel biochimique .....	23
4. Méthode (Elankavi <i>et al.</i> , 2009).....	23
<b>Chapitre 3. Résultats et discussions</b>	
1. Résultats de (Cabello-Conejo et al.,2014).....	24
2. Résultats de (Elankavi <i>et al.</i> ,2009).....	25
<b>Discussion.....</b>	<b>27</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
<b>Reference bibliographies .....</b>	<b>32</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> caractéristiques physicochimiques du sol serpentinite utilisé dans l'expérience ( MI Cabello-Conejo et al.,2014). .....	19
<b>Tableau 2.</b> Concentration pseudo-totale en métaux ( $\text{mg kg}^{-1}$ )(MI Cabello-Conejo et al.,2014). .....	20
<b>Tableau 3.</b> Effet des phytohormones, biochimiques et biofertilisants sur les caractères de croissance du riz .....	25
<b>Tableau 4.</b> Changements induits par les phytohormones dans l'accumulation de proline chez les plantes. (Noushina Iqbal et al 2014) .....	27



## Listes des figures

<b>Figure 1.</b> Exemple sur les structures chimiques d'acide gibbérellique (GA3) (Tais et Zegar, 2010). .....	4
<b>Figure 2.</b> Biosynthèse des gibbérellines (Souza et al ,2001).....	6
<b>Figure 3.</b> Structure chimique de quelques auxines naturelles et de synthétiques (Heller et al, 2000).....	8
<b>Figure 4.</b> Exemple de structure chimique des Cytokinines (Shmuling, 2004).....	13
<b>Figure 5.</b> Structure chimique de l'éthylène (Tais and Zeger, 2010).....	14
<b>Figure 6.</b> La biosynthèse de l'éthylène (Souza and al, 2001).....	15
<b>Figure 7.</b> Lastructure chimique de l'acide Abscissique (Heller et al, 2000).....	16
<b>Figure 8.</b> La biosynthèse de l'acide Abscissique (Heller et al, 2000).....	16
<b>Figure 9.</b> Effet de différents traitements PGR sur biomasse des pousses de six répétitions (MI Cabello-Conejo et al.,2014).....	25

## Liste des abréviations

AIA : acide indol-acétique.

GA : gébérelline.

Ck : cytokinine.

ABA : acide abscissique.

TIBA : triodobenzoïque.

NpA : naphthylphthalate.

Ni : nickel.

Co : monoxyde de carbone.

Cr : chrome.

Cu : cuivre.

Mn : magnésium.

Zn. Zinc.

EC : électro conductivité

DW : dry weight

## Introduction

Depuis la découverte des régulateurs de croissance naturels et artificiels des plantes sont de plus en plus utilisés en agriculture et en horticulture pour modifier les plantes cultivées en contrôlant les processus de développement des plantes (germination, croissance végétative, développement reproductif, maturité, vieillissement et sénescence) (Basra, 2000).

Les hormones végétales ou phytohormones correspondent exactement à la définition des hormones du règne animal ; ce sont des substances organiques de poids moléculaire moyen, diffusibles et cristallisables qui peut produire par certaines cellules, ils sont souvent transportés à distance de leur site de formation et régulent des processus physiologiques spécifiques à des doses microscopiques.

Les gibbérellines et l'auxine sont des hormones endogènes essentielles qui sont présente dans les plantes qui peuvent contrôler la croissance des plantes en régulant de nombreux mécanismes physiologiques (Hooley, 1994). Peut stimuler l'allongement des tiges et des racines, l'extension des feuilles, la floraison, Vieillissement des fruits, germination (Hedden et Suppel, 2015). Il excite la transcription des gènes impliqués dans l'allongement et la division cellulaire, survient pendant la croissance (Soleil, 2004).

En plus de la gibbérelline et l'auxine, il faut ajouter la cytokinine, de l'acide abscisique et de l'éthylène, une substance qui agit comme une hormone. Par ailleurs, d'autres substances restent hypothétiques, comme les hormones de floraison et les hormones de la plaie ; la première est liée aux gibbérellines et la seconde aux cytokinines ou aux acides de la plaie découverts de longue date. On peut encore supposer l'existence de phytohormones aux propriétés inconnues, ce qui pourrait expliquer certaines des réponses.

Ainsi que le rapport des différentes hormones affecte le taux de croissance et le stade de différenciation d'un tissu ou d'un organe. La présence de plusieurs hormones, stimulées ou inhibées, peut contrôler divers aspects du développement.

Pour être une phytohormone, une substance doit être:

\*endogène (c'est-à-dire non fournie par l'environnement).

\*oligodynamique (c'est-à-dire agir à faible dose, de l'ordre de la micromole).

\*vectrice d'une information (apportée à une cellule cible sélectivement sensible à son action et dont elle influence le fonctionnement).

Ce sont ces exigences qui permettent de faire la distinction entre une phytohormone et une substance trophique.

Dans ce contexte on propose une étude qui nous montre l'effet de phytohormone sur la morphologie, la croissance et le rendement des plantes.

Notre travail présentera en deux grandes parties:

La première partie sera consacrée pour les données bibliographiques qui englobent un seul chapitre :

Généralité sur les phytohormones

La deuxième partie comprend l'expérimentation qui contient deux chapitres :

Matériels et Méthodes :

Résultats et discussion :

Cette expérimentation se termine par une discussion des résultats obtenus.

# **Partie**

# **Bibliographiques**

# **Chapitre 1.**

## **Les phytohormone**

# Chapitre 1 : Les phyto hormones

## 1. Les phytohormones

### 1.1. Définition de phytohormone

Selon Lafonet *al.*, (1988). Les phytohormones ou hormones végétales sont des substances chimiques organique endogènes qui circulent dans les plantes dans des directions précises et à des points précis ou assure la communication entre les plantes . Ils sont conçus pour susciter des réponses dans une zone donnée en réponse à des stimuli externes ou interne.

Les hormones végétales sont généralement divisées en cinq groupes :

La gibbérelline (GA), L'auxine (AIA), la cytokinine (Ck) : des phytohormones de croissance ; améliore le développement et les caractéristiques des plantes.

L'éthylène (Et) et l'acide abscissique (ABA) : des phytohormones de stress.

### 1.2. Effet de phytohormones

Les phytohormones jouent un rôle important dans la médiation des réponses des plantes aux stress abiotiques. Au fil des ans, les plantes ont développé de multiples mécanismes physiologiques et biochimiques grâce auxquels elles survivent indépendamment sous des conditions de stress.

Les phytohormones sont produites naturellement par les plantes et sont essentielles aux réponses physiologiques des plantes, telles que la formation des feuilles et des fleurs, l'allongement de la tige, le développement des fruits et la maturation. (Sampath Kumar *et al.* 2015).

## 2. Les gibbérellines

### 2.1. Définition

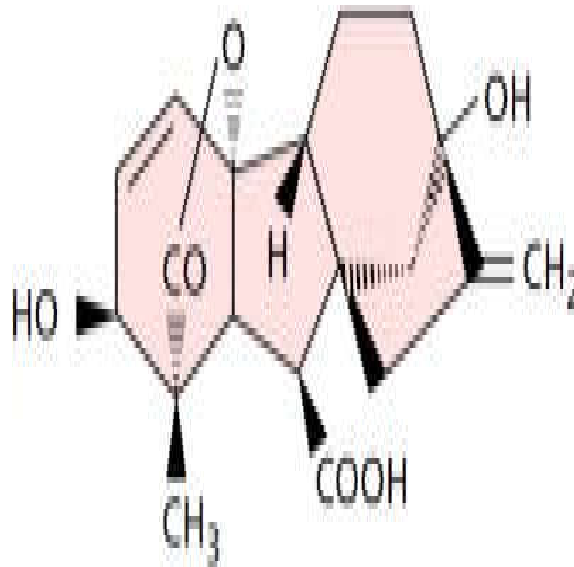
Selon Matthieu R. (2006) les gibbérellines composent un deuxième groupe de substances de croissance qui actuellement possède une grande importance que les auxines dans le développement de la plante.

Les gibbérellines sont produites à la fois par les champignons et les plantes supérieures une application exogène de gibbérellines provoque un allongement prononcé de tiges intactes.

Les gibbérellines sont également très impliquées dans la germination des graines et dans la mobilisation des réserves de l'albumen lors des stades précoces de la germination ainsi que

dans le développement des fleurs et des fruits (Hopkins, 2003).

## 2.2. Structure chimique



**Figure 1.** Exemple sur la structure chimique d'acide gibbérellique (GA3) (Tais et Zegar, 2010).

## 2.3. Lieux de synthèse

Synthèse des gibbérellines s'effectue dans des régions très diverses de la plante pourvu qu'il s'agisse notamment des lieux de divisions actives, les tissus immatures (graines en formation, fruit en cours de développement) ont constitué des matériels de choix pour l'étude des gibbérellines (Heller *et al.*, 2000).

Selon Crespy, (1992) les gibbérellines sont synthétisées notamment dans les pépins en formation ce qui assure le grossissement des baies (Heller *et al.*, 2000).

Cette synthèse est aussi particulièrement intense dans la partie terminale des jeunes pousses, les pétioles et les jeunes feuilles (Heller *et al.*, 2000). Johnes et Phillips (1964) ont montré que les ébauches foliaires produisent davantage de gibbérellines que les méristèmes apicaux. Les racines synthétisent ces régulateurs de croissance de manière très active. Les graines et les embryons, les fruits sont de bonne source de gibbérellines (Mazliak, 1998).

Les jeunes fruits et graines contiennent des quantités importantes de gibbérellines en particulier au moment d'augmentation rapide de leur taille (Hopkins, 2003).



D'une manière générale, les teneurs en gibbérellines sont plus élevées dans les tissus reproducteurs ( $1\text{ à }10\mu\text{ g}^{-1}\text{MF}$ ) que dans les tissus végétatifs ( $1\text{ à }10\text{ng g}^{-1}\text{MF}$ ) (Heller *et al.*, 2000).

#### **2.4. Transport et migration**

Selon Crespy (1992) la migration des gibbérellines est principalement effectuée par le phloème. Cependant, les gibbérellines migrent rarement (Hopkins, 2003). La gibbérelline est transportée par le phloème et le xylème selon Mazliak (1982).

#### **2.5. Métabolisme**

##### **→ La biosynthèse de l'acide gibbérellique**

Biosynthèse de l'acide gibbérellique à partir du diphosphate de géranyle (GPP), la biosynthèse produit à travers un noyau commun, aboutissant aldéhyde GA-12, dont toutes les gibbérellines sont dérivées. Elle se passe en deux étapes, la première dans le chloroplaste et la seconde dans le cytosol, sous l'action de la copolydiphosphate synthase. Le GPP est d'abord changé en un composé bicyclique l'acide copolyphosphorique (CPP), puis en présence de kaurène synthase pour produire un composé tétracyclique : l'ent-kaurène. Le groupe méthyle en C-19 est oxydé séquentiellement en alcool, aldéhyde et acide et C-7 est hydroxylé, passer par le cycle B hexagonal d'ent-kaurène à une forme pentagonale par éjection du cycle C-7, obtenant ainsi la fonction aldéhyde, de sorte que la molécule a une structure ent-gibbérelline. Cela conduit à l'aldéhyde GA12. (fig.2)

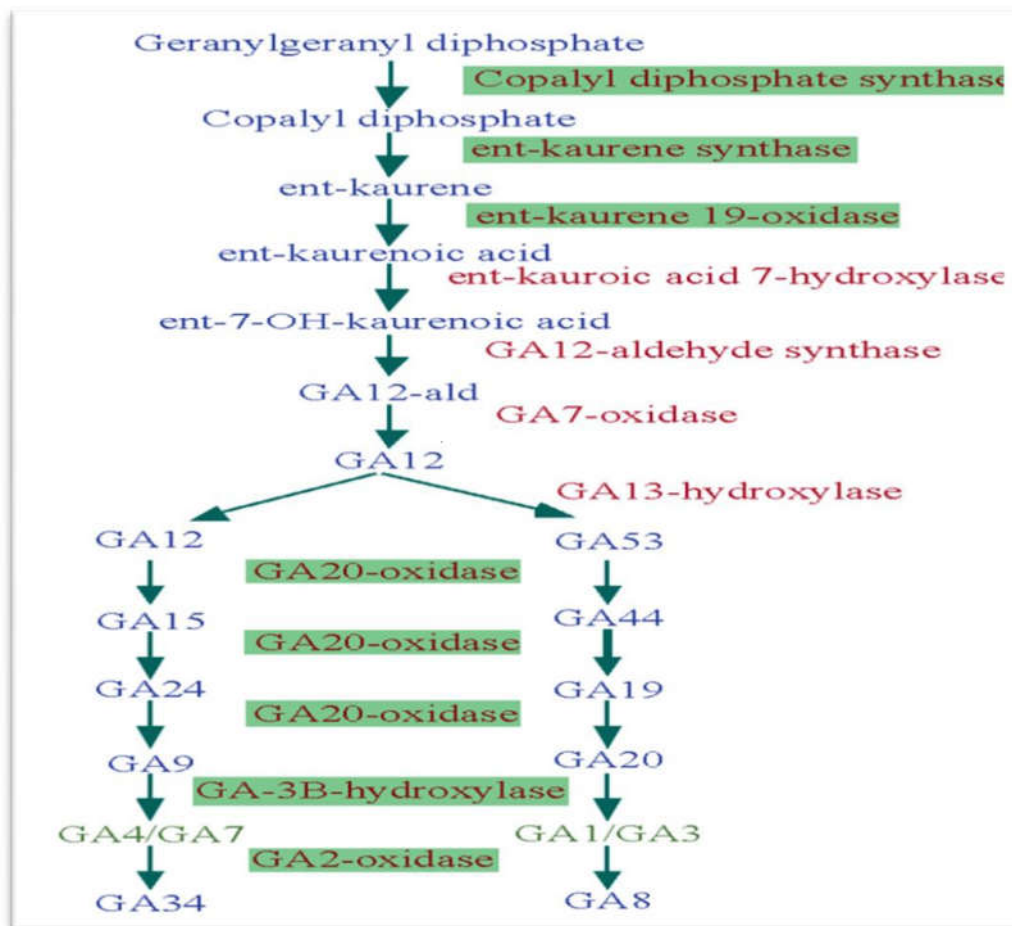


Figure 2. Biosynthèse des gibbérellines (Souza *et al.*,2001).

## 2.6. Effet des gibbérellines

### 2.6.1. Effets sur la croissance et l'allongement des entre nœuds

L'action la plus évidente des gibbérellines est leur influence sur la croissance des entre nœud, c'est-à-dire sur le fonctionnement des méristèmes intercalaires. Elles sont non seulement responsables de l'augmentation et l'élongation cellulaires, mais surtout de l'accroissement de l'activité mitotique (Lafon *et al.*, 1998).

Selon Mazliak(1998), il ne fait aucun doute que l'effet de la gibbérelline sur la croissance est, au moins dans certains cas, en partie dû à la stimulation de la division cellulaire. Cet allongement cellulaire est précédé d'une augmentation marquée de l'activité du lexique due à la prolifération du réticulum endoplasmique et à une augmentation du contenu cellulaire en polysomes. Ces changements antérieurs étaient le résultat d'une synthèse et d'une excrétion accrue des composants de la paroi cellulaire (Mathieu R., 2006).

### 2.6.2. Effet sur la floraison

L'effet de la gibbérelline sur la dislocation des entre-nœuds peut expliquer l'effet

stimulant de la gibbérelline sur la floraison chez certaines plantes. Leur effet n'est pas universel et on pense que leur désalignement entre les nœuds est à l'origine de leur effet de floraison. Période de floraison courte (Mazliak, 1998).

### **2.6.3. Effet sur la croissance des feuilles**

Selon Heller (1985), l'application de gibbérellines à fortes doses (ou en synergie avec des cytokinines) entraîne une croissance anormale des feuilles, généralement jusqu'à deux fois la surface normale (trèfle, radis).

### **2.6.4. Effet des gibbérellines sur la germination des semences et des bourgeons**

Les gibbérellines font germer les graines, ont une dormance tolérante à la lumière ou au froid et empêchent la dormance des bourgeons chez les plantes ligneuses telles que la vigne. Les gibbérellines régulent la synthèse des hydrolases des graines pendant la germination (Mazliak, 1982).

Selon Heller (1985), l'acide gibbérellique administré à des doses assez élevées ( $10^{-3}$  g.ml<sup>-1</sup>=2.9.10<sup>3</sup>M) rompt la dormance ainsi que la lumière rouge C'est encore plus efficace.

La gibbérelline a soulagé l'inhibition de la germination causée par l'acide abscisique, inversant peut-être l'effet stimulant de la gibbérelline (Lafon *et al.*, 1998).

Par l'application de gibbérellines, en particulier la dormance des bourgeons des arbres et arbustes (pêchers, sycomores, bouleaux, groseilles, etc.), il est possible que les gibbérellines agissent ici également comme antagonistes de l'acide abscisique (Lafon *et al.*, 1998).

### **2.6.5. Effet des gibbérellines sur la synthèse d'alpha-amylase**

Sous l'action de la gibbérelline, la synthèse d'alpha-amylase dégrade l'amidon en monosaccharides afin que les réserves puissent être utilisées pour assurer l'éclatement des bourgeons (Crespy, 1992). Dans les grains d'orge, le gaz synthétisé dans l'embryon diffuse à travers les cellules protéiques remplies d'amidon et induit la synthèse d'alpha-amylase (plusieurs isoenzymes) dans les cellules d'aleurone, qui décomposent l'amidon en glucose pour l'énergie et augmente la pression osmotique nécessaire aux jeunes croissances de la longueur des organes (Heller, 1985). Selon Guignard (2004), des enzymes qui dégradent la paroi cellulaire se forment également, favorisant ainsi la croissance cellulaire (croissance en longueur). Les graines d'orge ont été cultivées dans un milieu contenant de l'acide gibbérellique. Laisser constater une stimulation très prononcée de l'activité alpha-amylase après quelques heures.

### 2.6.6. Effet sur la sénescence

C'est-à-dire que la teneur en protéines et en chlore des feuilles isolées de la plante a été réduite dans le lierre (Mazliak, 1998).

### 2.6.7. Effet sur les croissances des fruits

Les gibbérellines ont un effet sur le développement du péricarpe des fruits (Crespy, 1992). Les gibbérellines ont une action très comparable à celle de l'auxine et comme avec cette dernière on peut obtenir des fruits parthénocarpiques par des gibbérellines à des ovaires non fécondés, les fruits obtenus (poires, pêches, tomates, concombres) sont tout à fait comparables aux fruits normaux, si un n'est l'absence de pépins ou de noyaux (Heller, 1985).

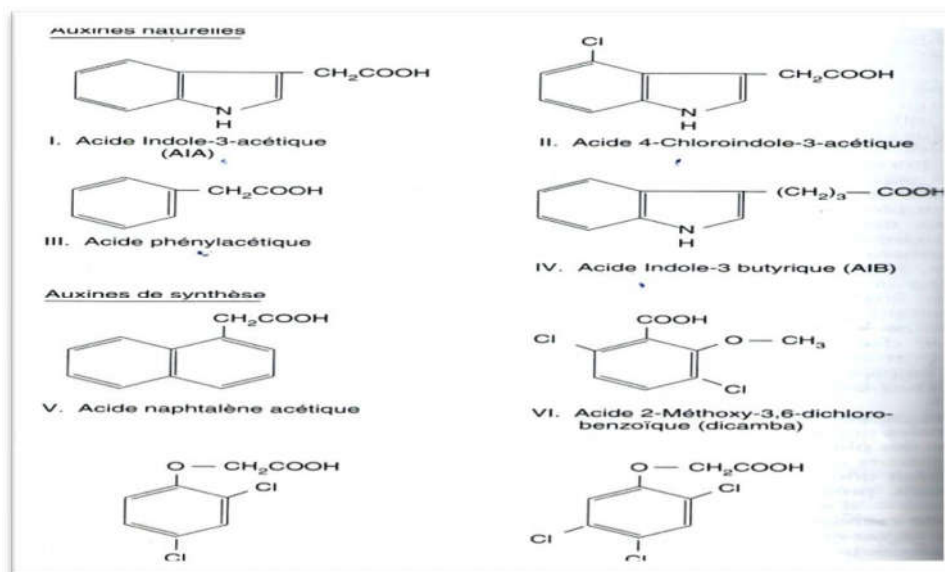
Les gibbérellines agissent sur le péricarpe des fruits charnus et un traitement approprié permet d'obtenir des parthénocarpiques (Lafon *et al.*, 1998).

## 3. L'Auxine

### 3.1. Définition

Le terme Auxine est dérivé du mot grec qui signifie de croître. Composées sont généralement considérées comme les auxines si elles peuvent être caractérisées par leur capacité à induire l'élongation des cellules dans les tiges et autres ressemblent à l'acide indole-acétique (la première auxine isolée) en activité physiologique (Heller *et al.*, 2000). (fig.3)

### 3.2. Structure chimique



**Figure 3:** Structure chimique de quelques auxines naturelles et de synthétiques (Heller *et al.*, 2000).

### 3.3. Lieux de synthèse

Selon Heller *et al.*(2000).La synthèse de l'auxine se produit dans les extrémités des pousses, les méristèmes et les jeunes feuilles des bourgeons terminaux. Ceux-ci acceptent des précurseurs, tels que le tryptophane qui est produit dans les feuilles plus âgées. Pour la coléoptile, la synthèse se produit également au niveau apical et le précurseur (tryptamine) a été synthétisé par la plante mère et stocké dans la graine. Le méristème intercalaire responsable de la montaison est également un site de synthèse très actif. Certains adultes ligneux (frêne, ginkgo) forment des auxines dans la tige, assez loin du bourgeon terminal, à deux ou trois entre-nœuds ou à quelques centimètres.

### 3.4. Le transport

Dans la partie coléoptile, le transport se produit dans toutes les cellules. Dans la tige, il se produit dans le parenchyme de la gaine périvasculaire. AIA se déplace de  $1 \text{ cm.h}^{-1}$  du sommet à la base (direction basale) : c'est un transport unidirectionnel propre à AIA. Les thyrotropines toxiques (triiodobenzoïque TIBA, naphthylphtalate NpA) spécifiques de ce transport bloquent la progression de l'auxine en se liant aux transporteurs membranaires. Le transport à sens unique est indépendant de la gravité. (Mazliak, 1998).

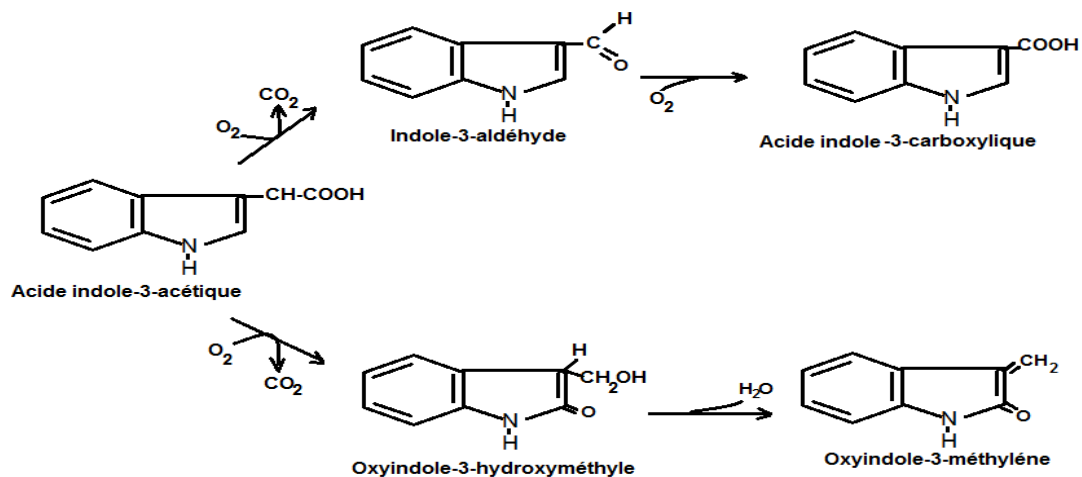
Nous avons trouvé de l'AIA dans les racines appliquées aux tiges. Ces deux flux d'auxine proviennent du canal déférent. Le flux de la valve supérieure est situé dans les cellules de la colonne centrale et le flux basal est situé dans le tissu épidermique, et TIBA inhibe les deux flux. La translocation de l'AIA synthétisé dans les feuilles se produit passivement, se déplaçant des feuilles vers la partie apicale ou basale via le phloème, les auxines et d'autres solutés à des vitesses similaires au transport unidirectionnel. (Mazliak, 1998).

### 3.5.Métabolisme

#### → Photoxydation de l'auxine

Selon Heller *et al.*,( 2000).L'acide indole-acétique AIA en solution s'oxyde en présence d'oxygène en présence de lumière pendant plusieurs jours. Dans les tissus, la dégradation de l'auxine est également favorisée par la lumière, mais beaucoup plus prudemment. Les longueurs d'onde les plus efficaces sont l'UV et le bleu (max autour de 280 et 450 nm).Les voies suivies sont diverses : une via l'indole-3-aldéhyde et conduisant à l'acide indole-3-carboxylique ; une variante via l'indole-3-carbinol et l'indole-3-aldéhyde. Une autre voie passe

par l'oxyindole-3-hydroxyméthyle et conduit à l'oxyindole-3-méthylène .(fig.4)



**Figure 4.** Voies de décarboxylation oxydative de l'acide indole-acétique (Heller *et al.*, 2000).

### 3.6. L'effet de l'auxine

#### 3.6.1. Auxèse

La croissance d'un organisme est le résultat de la croissance de ses cellules, rappelons l'augmentation de leur taille ou auxiliaire, qui conduit à leur division ou au début des cerises. Comme son nom l'indique, l'auxine fait augmenter la taille des cellules. Son effet sur la plasticité (extensibilité irréversible) de la paroi peut être mis en évidence sur la coléoptile (Heller *et al.*, 2000). Ont montré que l'auxine augmente non seulement la plasticité mais aussi l'élasticité sur les segments de collenchyme des pétioles de céleri soumis à une tension variable (quelques grammes).

#### 3.6.2. Elongation cellulaire

La cinétique de l'élongation sous l'effet de l'hormone présente généralement trois phases :

Une phase de latence d'une dizaine de minutes ;

Une phase de stimulation intense, ou le taux de croissance augmente très rapidement ;

Une phase de régression de la stimulation (Heller *et al.*, 2000).

#### 3.6.3. Croissance des organes végétatifs

- **Feuilles et bourgeons**

Les pétioles et les gaines ont leur élongation stimulée par l'auxine à la manière des

tiges. (Heller *et al.*, 2000). Les limbes des feuilles de dicotylédones ont leur croissance inhibée par l'auxine, d'autant plus que la dose appliquée est plus forte. Au contraire les limbes des Monocotylédones réagissent comme les tiges ; nous retrouvons la conclusion dégagée dans l'étude de l'étiollement les limbes des monocotylédones sont assimilables sur le plan physiologique à des gaines de dicotylédones (Heller *et al.*, 2000).

- **Les racines**

Effet de l'auxine sur l'allongement des racines est complètement différent de son effet sur les tiges. Elle se résume à un effet inhibiteur sans effet de l'auxine à des concentrations plus faibles, avec éventuellement un effet très prudemment positif à des valeurs très faibles (5 pM à nM,  $10^{-12}$  g.ml<sup>-1</sup>). Ce ralentissement de l'allongement des racines a l'effet inverse, produisant un effet très stimulant sur la rhizosphère, c'est-à-dire sur l'apparition de nouvelles racines et leur ramification (Heller *et al.*, 2000).

#### **3.6.4. Abscission**

La mue est la chute des feuilles, des fleurs et des fruits. Ce phénomène se produit dans la zone d'abscission à la base du pétiole. La formation d'abscission précède la formation de feuilles mortes. Pendant la sénescence, les parois cellulaires de cette zone sont affaiblies et les feuilles tombent. Des niveaux élevés d'AIA dans les jeunes feuilles étaient très faibles dans les feuilles sénescents (Heller *et al.*, 2000).

#### **3.6.5. Calogène**

Les tiges et les pousses végétatives sont produites à partir des bourgeons terminaux et axillaires. Leur formation ou autogenèse comporte deux étapes : la formation de nouvelles pousses et leur germination (Heller *et al.*, 2000).

##### **a) Néof ormation des bourgeons**

En présence de faibles doses d'auxine, la cytokinine induit un néogène ou une différenciation des pousses, et nous avons constaté que l'auxine est nécessaire au fonctionnement de la cytokinine (Heller *et al.*, 2000).

##### **b) Le débourrement des bourgeons**

L'application de fortes concentrations d'auxine a empêché le développement des pousses, de sorte que l'on s'est demandé si cette inhibition n'était pas la cause de la dominance apicale, étant donné que les pousses apicales sécrètent l'hormone de croissance (Heller *et al.*, 2000).

### 3.6.6. Rhizogenèse

L'un des effets les plus significatifs de l'auxine (Thimann., 1934) s'est concentré sur sa capacité d'enracinement, l'auxine, appliquée à des concentrations assez élevées allant de ( $10^{-7}$  à  $10^{-5}$  g.ml<sup>-1</sup>) entraînant des racines.

### 3.6.7. Dominance apicale

Chez les plantes, les bourgeons apicaux inhibent la croissance des bourgeons axillaires : c'est la dominance apicale. La décapitation des bourgeons terminaux a inhibé la croissance des bourgeons axillaires. L'AIA remplace les bourgeons apicaux pour maintenir cette inhibition. Les concentrations optimales d'AIA pour la croissance des pousses étaient plus faibles que pour les tiges (Mazliak, 1998).

### 3.6.8 Phototropisme

Sous l'action de la lumière, une polarité latérale se forme au sommet de la tige et l'AIA migre du côté clair vers le côté obscur, de sorte que la croissance des cellules placées à l'ombre est plus prononcée. Le mécanisme de ce transport latéral reste inconnu (Guinard, 2004).

### 3.6.9. Maturation des fruits

L'ovaire commence à se développer. Après fécondation, la croissance des fruits dépend de l'AIA de la graine en formation. Les protéines interviennent tôt dans la croissance du fruit, puis l'embryon prend le relais et devient la principale source d'AIA en fin de maturation. Quelques espèces produisent naturellement des fruits sans pépins (parthénocarpie). L'auxine induit ce processus dans les fleurs non méridiennes. Indépendamment de cette voie de décarboxylation oxydative, il existe également une voie principalement non décarboxylase dans certains matériaux qui conduit à l'acide oxyindole-3-acétique (maïs) ou à l'acide dioxyindole-3-acétique (haricots, riz) (Mazliak, 1998).

## 4. Les Cytokinines

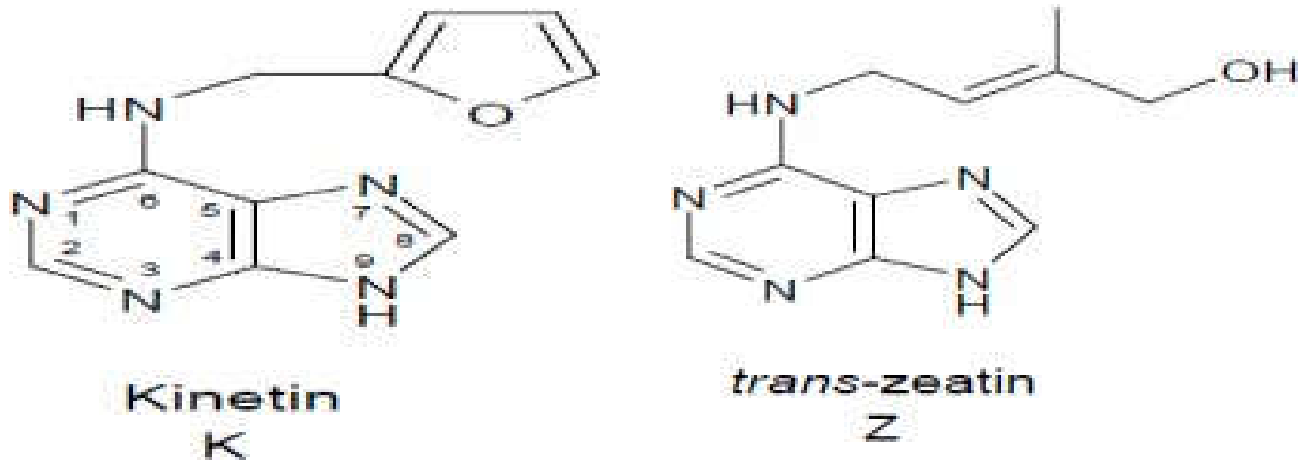
### 4.1. Définition

Les cytokinines sont produites préférentiellement dans la racine d'où elles migrent vers les différents organes. Récemment, des synthèses et des effets locaux ont été mis en évidence dans les zones en croissance, sous l'influence de l'auxine. Les cytokinines favorisent la division et la croissance cellulaires. Elles ne sont efficaces qu'en coopération avec les auxines (Waniet *al.*, 2016). La cytokinine comme leur nom l'indique (kutus, cellule) (Heller *et*



*al.*,2000).

#### 4.1. Structure chimique



**Figure 5.** Exemple de structure chimique des Cytokinines (Shmuling, 2004).

#### 4.2. Lieux de synthèse

Se rencontrent dans presque tous les tissus. Elles sont particulièrement abondantes dans les graines (albumen et embryon), et dans les fruits (Heller et *al.*, 2000). Le site de synthèse des cytokinines serait principalement localisé dans la pointe des racines (Jaimes-miranda, 2006).

#### 4.3. Transport

Sont transportées par le xylème depuis les racines jusqu'aux tiges et feuilles (Jaimes-miranda,2006; Mort-gaudryetPrat,2009).

#### 4.4. Métabolisme

##### a) La biosynthèse

La synthèse des cytokinines des plantes est catalysée par une cytokinine synthase, l'enzyme est similaire aux prényltransférases active dans la synthèse des autre isoprénoides.La prényltransférase spécifique des cytokinines assure le transfert du groupe isopentényl de  $\Delta^2$ - IPP à l'AMP. Le produit de la réaction, le ribotide, n'est pas la cytokinine majeure des plantes. (Mazliak,1998).

#### 4.5. Effet physiologiques des cytokinines

Interviennent dans le contrôle de la division cellulaire et jouent un rôle clé dans les cytokines (la cytokinèse est la division du cytoplasme dans la dernière phase de la méiose et de la mitose, pour former des cellules filles), Stimulent la croissance des bourgeons latéraux, Retardent la sénescence des feuilles (Mort-gaudryet Prat, 2009).

## 5. L'éthylène

### 5.1. Définition

Selon Hopkins, (2003) et Nabors, (2008), L'éthylène est un hydrocarbure gazeux simple, Leur synthèse se fait sous l'action des concentration se levées en auxine, des stress et d'autres phénomènes de développement.

### 5.2. Structure chimique de l'éthylène

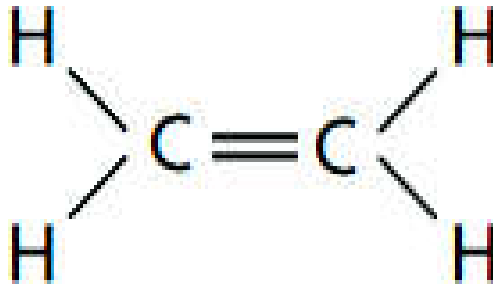


Figure 6. Structure chimique de l'éthylène (Tais and Zeger, 2010).

### 5.3. Lieux de synthèse

Leurs lieux de synthèse coïncident généralement avec leurs sites de présence ou l'intervention (Heller et al, 2000).

### 5.4. Transport de l'éthylène

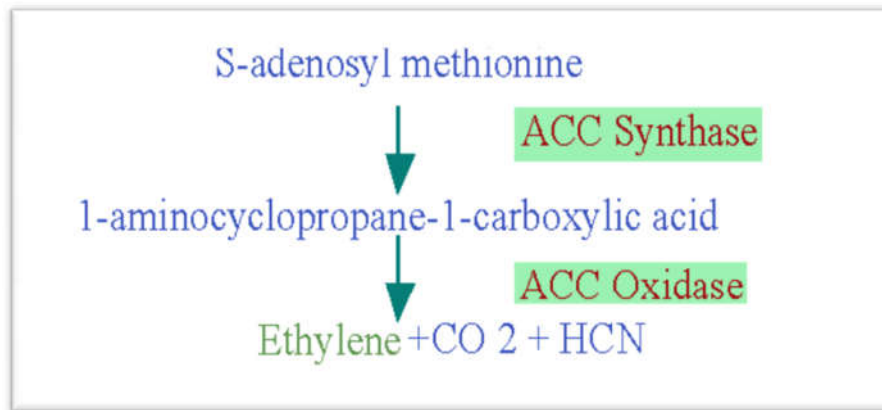
L'éthylène se déplace par diffusion dans les tissus ; sa solubilité dans l'eau, ainsi que dans les systèmes lipophiles, facilite grandement son transport. Il ne se propage pas à travers la cuticule. Bien que présente dans toute la plante, son rendement varie avec l'activité respiratoire, la qualité de la lumière, la température, et surtout la concentration en auxine à l'endroit considéré, et les dégâts stimulent la production d'éthylène (Lafon, 1998).

### 5.5. Métabolisme

#### → La biosynthèse de l'éthylène

La découverte de voie de biosynthèse de l'éthylène est restée mystérieuse pendant longtemps

son précurseur immédiat, l'Acid 1-aminocyclopropane-1-carboxylique ou ACC. (fig.7)



**Figure 7.** La biosynthèse de l'éthylène (Souza *et al.*, 2001).

## 5.6. Effets physiologiques de l'éthylène

Régule la maturation de certains fruits, Excite l'allongement des tiges, des pétioles des racines, et des structures florales, des plantes aquatiques ou semi-aquatiques. L'éthylène peut améliorer la germination des graines, l'inhibition de la dormance des bourgeons, réduire la dominance apicale. Généralement, il suspend ou empêche la floraison, sauf chez les Broméliacées (ex : l'ananas).

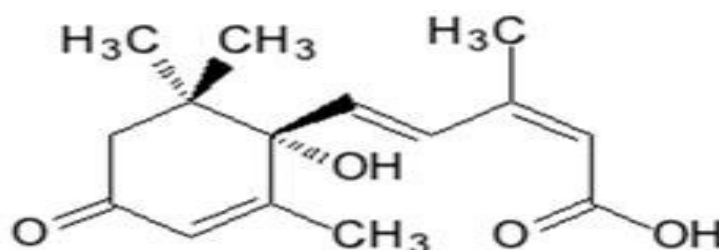
Il stimule la floraison (Hopkins, 2003). Il inhibe l'élongation des racines et le débourrement des bourgeons axillaires (Lafon, 1998).

## 6. L'acide Abscissique

### 6.1. Définition

D'après Raven *et al.* (2000), l'Acide Abscissique (ABA), est un sesquiterpène qui intervient dans la régulation de la germination des graines, dans la production de la synthèse des protéines de réserve et dans la réaction de stress hydrique (Hopkins, 2003).

### 6.2. Structure chimique



**Figure 8.** La structure chimique de l'acide Abscissique (Heller *et al.*, 2000).

### 6.3. Transport de L'ABA

Transporté par des vaisseaux conducteurs (Mazliak, 1998 *et al.*).

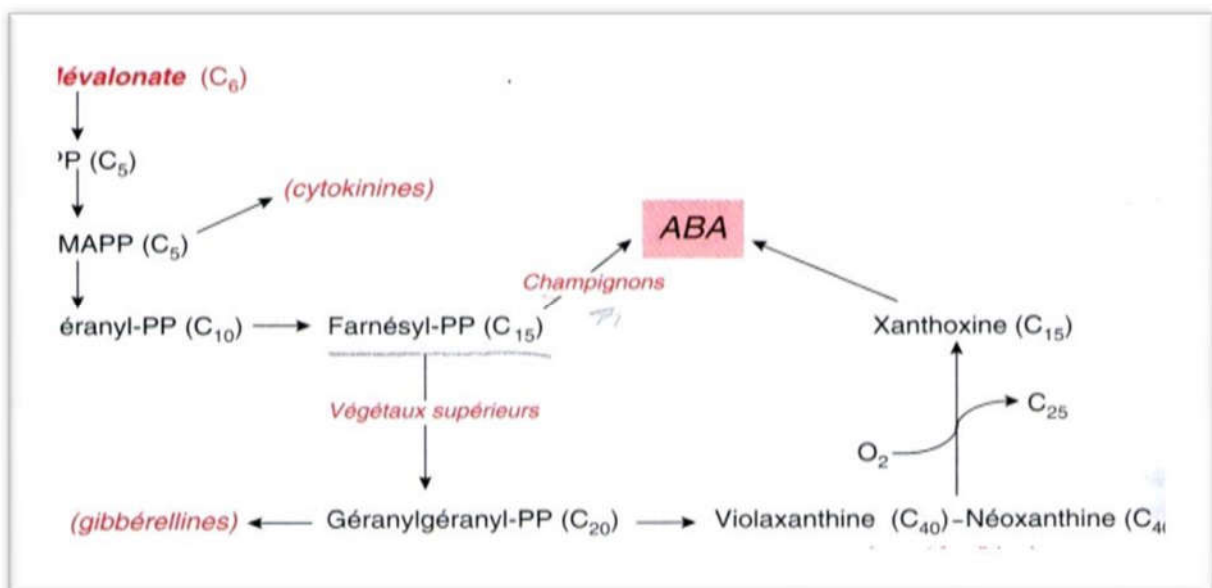
### 6.4. Lieux de synthèse

Est présent dans tous les organes des plantes, de coiffe racinaire aux bourgeons apicaux. Sa synthèse s'effectue dans les cellules contenant des Chloroplastes et des Amyloplastes. L'ABA transporté par des navires de commandement et synthétisée dans les feuilles adultes, particulièrement en réponse à un stress hydrique (Lafon, 1998).

### 6.5. Métabolisme

#### → La biosynthèse

La formation de farnésyle di phosphate (FPP) à partir de l'ABA, par deux voies : une voie directe qui ne comporte que quelques réactions, a été confirmée par l'étude de mutants de champignons (*Cercosporarosicola*, *C. cruenta*) qui sécrètent de grandes quantités d'ABA dans les milieux de culture. La voie indirecte que montre que chez les végétaux supérieurs, le mévalonate marqué au  $C^{14}$  ou au  $H_3$  n'est que faiblement incorporé dans l'ABA, de plus certains mutants (Maïs, tomate, orge *arabidopsis*) qui manifestent des troubles dans la synthèse des caroténoïdes présentent aussi des teneurs réduites en ABA (Heller *et al.*, 2000).



**Figure 9.** La biosynthèse de l'acide Abscissique (Heller *et al.*, 2000).

### **6.7. Effet de ABA**

En conjonction avec des travaux récents, le rôle de l'acide abscissique (ABA) dans l'accumulation temporellement abondante au cours de la maturation des graines, son rôle dans l'éventuelle induction de la dormance, son implication dans l'étape de déshydratation, et enfin son rôle comme inhibiteur de la germination sont discutés. Une attention particulière est accordée à la nécessité d'études dynamiques à tous les niveaux, en tenant compte de la synthèse de l'ABA, des sources potentielles, de la direction du métabolisme, de l'évolution dans le temps et de la localisation éventuelle des hormones (Bulard, 1988).

# **Partie Expérimental**

# **Chapitre 2.**

## **Matériels et méthodes**

## Chapitre 2. Matériel et Méthodes

La présente étude consiste à rechercher dans la littérature des publications qui ont discuté l'effet biologique des phytohormones sur les plantes par l'analyse de leur impact sur la morphologie, la croissance et le rendement. En se basant sur la recherche bibliographique de bases de données scientifiques dans la plateforme : Google scolaire, SNDL, Pub Med.

Parmi les articles obtenus, nous avons utilisé 15 articles dans la partie expérimentale dont des articles analysant les composées et l'activité des phytohormones et leurs effets sur les plantes.

Cette partie contient deux expériences : la première expérience (Cabello-Conejo *et al.* 2014) et la deuxième expérience (Elankavi *et al.*, 2009).

### 1. Matériels (Cabello-Conejo *et al.* 2014)

#### → Matériel végétal

Etude de utilisation :

Dans un sol serpentinière, ils utilisent quatre espèces végétales hyper accumulatrices de Ni.

- *Alyssum corsicum*: ces graines ont été collectées en Turquie (Koycegiz).
- *Alyssum malacitanum* : est endémique de la péninsule ibérique (Asensi *et al.*, 2004 ; Brooks *et al.*, 1981) et des graines ont été récoltées à Sierra Bermeja, Málaga (Espagne).
- *Alyssum murale* : collecté de 'Kotodesh' en Albanie.
- *Noccaea Goingense*: ont été récoltées à Redlschlag (Est de l'Autriche).

#### → Matériels chimiques

- L'eau déminéralisée
- Une solution de macronutriments contient : de 2 mM MgSO<sub>4</sub>, 0,8 mM Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 2,5 mM KNO<sub>3</sub>, 0,1 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 20 μM FeEDDHA, 10 μM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 2 μM MnCl<sub>2</sub>,
- 1 μM ZnSO<sub>4</sub>, 0,5 μM CuSO<sub>4</sub>, 0,2 μM Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> et 300 μM NiSO<sub>4</sub> (Chaney *et al.*, 2008)
- Quatre phytohormones :



- Solution **B** (Berelex-L® acheté à Kenogard, Barcelone, Espagne) : est basé sur d'acide gibbérellique (GA3 :16 000mg.L<sup>-1</sup>).
- Solution **C** (de Daymsa, Saragosse, Espagne) : basé sur Naturel algueex-tracts et possède une cytokinine (activitééquivalentpour400mgL<sup>-1</sup>kinétine.).
- Solution **K** (de Daymsa, Saragosse, Espagne) : Venir de l'extraits d'algues marines (contient 11 mg /L d'auxines (AIA, acide indoleacétique).
- Solution **P** (Promalin® acheté à Kenogard, Barcelone, Espagne) : est mélange de CK (benzyladénine) et GA.

Le **C** et le **K** : tous deux contiennent des substances favorisant la croissance des plantes en petites quantités comme les polysaccharides, des micronutriments et/ou des vitamines, mais sont libre de métaux lourds.

## 2.Méthode de travail

Selon Cabello-Conejo *et al.*, (2014) le travail est basé sur des étapes :

### → La collecter de sol, analyse et préparation de pots expérimentaux

Le sol a été recueilli dans cette expérience à partir de la serpentinitic région de Barazón, (Est Située en Galice nord-ouest de l'Espagne). Le séchage de sol se fait à l'air, et tamisé par un tamis en acier inoxydable (2mm) et mélangé pour la préparation du pot et l'analyse du sol.

Le tableau 1 au-dessous donne Les propriétés générales du sol utilisé. Le pH de 0 à 6,7prévu pour le sol serpentinitic.

**Tableau 1.** Caractéristiques physicochimiques du sol serpentinitic utilisé dans l'expérience (Cabello-Conejo *et al.*, 2014).

pH	6,7 ±0,0
C%	1,97±0,04
N%	0.15±0,01
CEC (cmol.kg <sup>-1</sup> )	4.48±0,62
Ca/Mg	0,32±0,02

Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -Ni extractible (mg kg <sup>-1</sup> )	3,63 ± 0,02
P disponible (Olsen) (mg kg <sup>-1</sup> )	11,49± 0,98

**Tableau2.** Concentration pseudo-totale en métaux de sol serpentín (mg.kg<sup>-1</sup>) (Cabello-Conejo *et al.* 2014)

Co	174.6± 4,7
Cr	1346± 9,5
Cu	16.9± 0,2
Mn	1884 ± 44
Ni	2092 ± 16
Zn	28.4± 1,1

Le sol, beaucoup plus contient, selon Cabello-Conejo *et al.*, (2014) :

Des concentrations élevées de Ni, Co et Cr (2092, 175 et 1346 mg kg<sup>-1</sup>, respectivement),

- Le C et N organiques du sol étaient de C 1,97 % et N 0,15 %.
- Les Engrais de fond ajoutés et mélangés au sol soigneusement pour obtention d'un mélange homogène. Ajouté respectivement :
  - L'azote sous forme de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> à 100 kg.ha<sup>-1</sup>,
  - Le phosphore forme de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> à 100 kg.ha<sup>-1</sup>,
  - Le potassium sous forme aussi de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 125 kg.ha<sup>-1</sup>.
- En suit mélangé le sol avec de la perlite (un rapport de 10:1 (v/v)) aide et améliore l'aération et le drainage. Après peser environ 700g de terre dans chaque pot.
- En dernier on obtient : 312 pots de 12,5 cm de diamètre et nous les avons utilisés. Les

pousses ont ensuite été rincées avec de l'eau désionisée afin d'éliminer toutes les particules de sol. Le poids frais des pousses a été enregistré.

#### - **Conditions de germination et de croissance des plantes**

La germination des grains (Quatre espèces végétales hyperaccumulatrices de Ni) se fait dans une chambre de croissance dans des conditions précises

- Température 22–25 °C,
- PFD de  $190 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , sous un cycle lumière/obscurité de 16/8 h sur un sable de quartz : mélange de perlite (2 : 1 v/v).
- L'arrosage de graines se fait quotidiennement avec l'ajout de l'eau déminéralisée jusqu'à la germination.

Après en continu l'arrosage des graines deux fois après une semaine avec une solution de macronutriments de type serpentine. Transférés les semis âgés de trois mois (2 à 3 cm de haut) dans les pots contenant le sol de serpentine.

#### - **Traitements avec des régulateurs de croissance des plantes**

Cultivés Les semis dans des pots pendant un mois avant tout traitement pour les acclimater au nouveau substrat et se remettre transplantation. Après cette période d'ajustement, appliquée quatre phytohormones différentes disponibles dans le commerce : **B** (Berelex-L®) et **P** (Promalin®) et **C** et **K**.

Appliquées Trois concentrations différentes de chaque produit :

Pour le **B** à une concentration de 0,1, 1 et 10 mg L<sup>-1</sup> (B1, B2 et B3, respectivement),

Pour le **C** à 1,5 et 10 mg L<sup>-1</sup> (C1, C2 et C3, notamment),

Pour le **K** à 0,01, 0,05 et 0,1 mg L<sup>-1</sup> (K1, K2 et K3, respectivement)

Pour le **P** à 5, 30 et 50 mg L<sup>-1</sup> (P1, P2 et P3, respectivement).

Un traitement témoin sans PGR a été inclus. Les concentrations de traitement étaient basées sur celles précédemment utilisées par Cabello-Conejo et al. (2013).

Établir Six répétitions de chaque traitement et disposer les pots selon une

conception en blocs complets aléatoire. Appliqués Les traitements en pulvérisation foliaire;(pulvérisés 20 ml /pot) de chaque solution trois fois à 2 semaines sur les pousses des plantes).

Les plantes ont été arrosées tous les deux jours avec de l'eau d'ionisée au sommet du pot (environ 20 ml /pot) et cultivées sur un sol serpentin pendant un total de 90 jours avant la récolte.20 ml s'est avéré être le volume optimal pour pulvériser les plantes sans pertes élevées dues aux gouttes foliaires.

#### - **Croissance des plantes**

Lors de la récolte, la séparation des pousses de la racine se fait avec la coupe de la tige (1 cm au-dessus du sol).

Les pousses ont ensuite été rincées avec de l'eau dés ionisée afin d'éliminer toutes les particules de sol adhérentes et le poids frais des pousses a été obtenu et enregistré. Pour les traitements notés ayant un effet sur la biomasse des pousses, les racines ont également été isolées, lavées soigneusement dans de l'eau dés ionisée et le poids frais déterminé.

#### - **Échantillonner et peser pour déterminer (poids sec)**

Echantillons ont été séchés pendant 48 h à 60 ° C. Pour chaque plante, le nombre de branches à la récolte été enregistré. La longueur de la tige principale a été déterminée pour chaque plante de l'espèce *Alyssum* a été déterminée ; de même, dans le cas de *N. goingingense*, la largeur et la longueur de la plus grande feuille ont été enregistrées pour chaque plante. Les tissus végétaux ont été digérés dans un mélange 2: 1 (65%) HNO<sub>3</sub>: HCl (37%) et Ca, Co, Fe, K, Mg, Mn, Ni, P et Zn ont été mesurés optiquement par spectroscopie d'émission optique à plasma à couplage inductif (ICP-OES; Vista Pro; Varian Inc., Australie).

Le rapport de concentration de Ni pousses : racines déterminé comme la concentration de Ni dans les pousses fractionné par la concentration de Ni dans les racines.

#### - **L'efficacité de l'extraction du Ni par les plantes (la phytoextraction)**

Elimination du Ni du sol a été calculée comme le produit du poids sec de la pousse et de la concentration de Ni dans la pousse par rapport à la teneur totale en Ni du sol.

### 3. Matériels (Elankavi *et al.*, 2009)

#### → Matériel végétal

- Le matériel végétal utilisé : variété de riz (La variété de riz de courte durée ADT 36).
- Le sol utilisé dans cette étude est un sol de texture argileuse d'un :  
pH 6,7 /EC 0,34 dsm, /Faible en N disponible (246,50 kg/ha)/Moyen en P disponible (18,5 kg/ha)/Elevé en K disponible (280,75 kg/ha).

#### → Matériel biochimique

- Un produit biochimique Penshibao contient :  
Sous forme d'urée : l'acide citrique, zinc, bore, de l'azote et du phosphore, du potassium : comme des substances organiques et des agents de dissolution.

### 4. Méthode (Elankavi *et al.*, 2009)

Ces expériences ont été réalisées sur le terrain à la ferme agronomique de la faculté d'agriculture de l'université Annamalai, Tamilna du pendant les saisons humides et sèches de 2001 à 2003. ces expériences étaient mesurées sur le terrain. Le sol est de texture argileuse de (pH=6.7 et EC 0,34 dsm,) contient une teneur faible en N (246,50 kg/ha) moyen en P (18,5 kg/ha) et élevé en K (280,75 kg/ha).

Le produit utilisé Penshibao (produit biochimique). Les graines ont été disposées en blocs randomisés avec trois répétitions aléatoirement.

Un semis de vingt-deux jours a été planté dans des parcelles de 5 x 4 m avec un espacement de 12,5 x 10 cm. La variété a été menée dans des conditions optimales d'irrigation, d'apport de nutriments et de protection des plantes.

Les traitements impliquent :

T8. Trempage des graines dans Azospirillum (1200 g ha<sup>-1</sup>) + Penshibao (100ppm) + pulvérisation foliaire de GA<sub>3</sub> 5 ppm à 45 JAT,

T9. Trempage des graines dans Azospirillum (1200 g ha<sup>-1</sup>) + Penshibao (100ppm) + pulvérisation foliaire Miraculan (Triacantanol) 500 ppm + GA<sub>3</sub> 5 ppm à 45 JAT,

T10. Trempage des graines dans Azospirillum (1200 g ha<sup>-1</sup>) + Penshibao (100ppm) + pulvérisation foliaire de Penshibao 100 ppm à 30 JAT + Miraculan (Triacantanol) 500 ppm + GA<sub>3</sub> 5 ppm à 45 DAT).

Après les observations sur les paramètres de croissance et les traits de culture de cinq plantes sélectionnées au hasard. Les valeurs moyenne est suggérée par Panse et Sukatame (1978) ont été utilisé pour l'analyse statistique.

**CHAPITRE 4**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

## Chapitre 3. Résultats et discussions

### 1. Résultats de (Cabello-Conejo et al., 2014)

#### - Effets des applications de régulateurs de croissance sur la croissance des plantes et la production de biomasse

Les espèces étudiées montrent une croissance normale et aucune observation de symptôme visuel de toxicité après l'application des traitements (Cabello-Conejo et al., 2014).

Chez les plantes témoins montre : Une Augmentation de la biomasse des pousses plus de 2 fois supérieure à celle d'*A. malacitanum* (0,42 g pot<sup>-1</sup>) et d'*A. corsicum*, d'*A. murale* et de *N. goingense* (Rendement poids sec moyen de 1,07 ; 1,18 et 0,89 g pot<sup>-1</sup> respectivement), Soit aucun effet n'a été observé, soit ils ont entraîné une augmentation significative de la production de biomasse, Aucun des traitements n'a affecté négativement la croissance des plantes. (Fig 9)

L'efficacité sur la production de biomasse était trouvée après le traitement avec **K** et **P** (effet plus élevée).

Cette augmentation de la biomasse était basée sur de la concentration et de l'espèce (uniquement dépendante de l'espèce dans le cas de **P**) (Cabello-Conejo et al., 2014).

Le rendement des pousses a été significativement augmenté par rapport aux plantes témoins après l'application de potassium chez les quatre espèces étudiées.

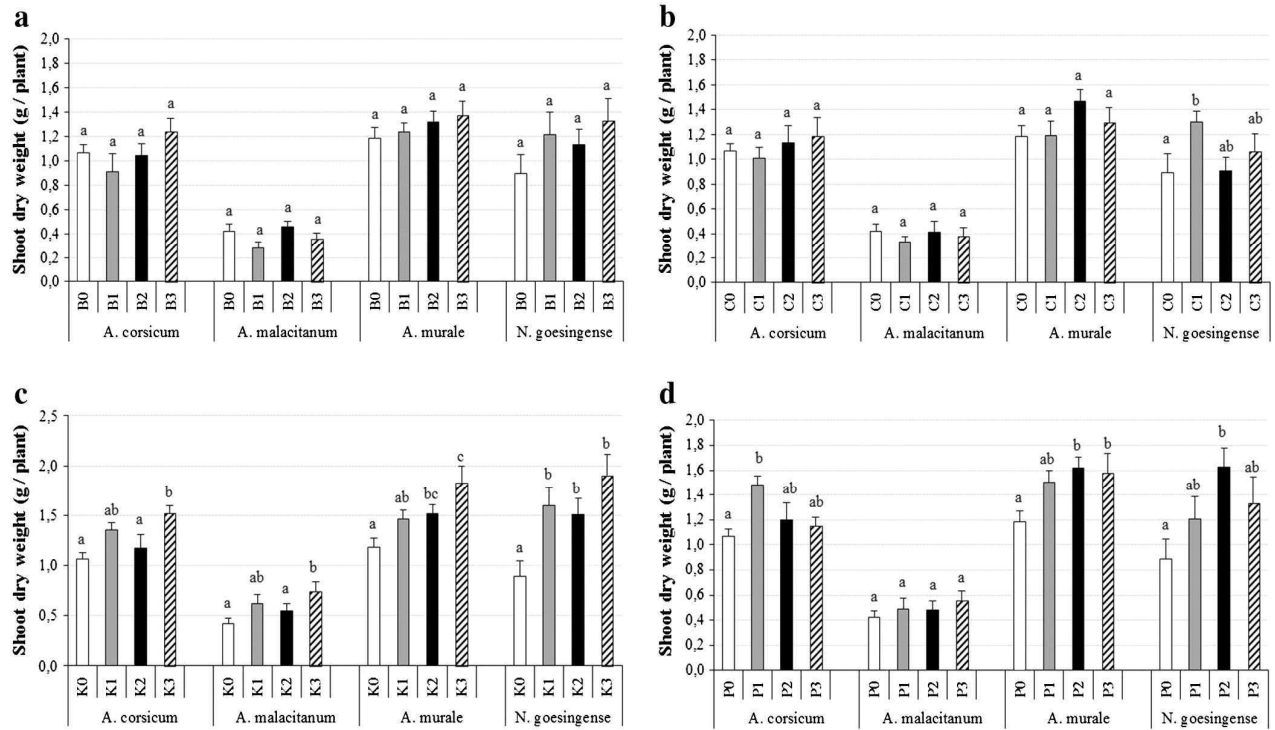
En plus, le rendement à augmenter avec une augmentation de la concentration de traitement (**K**<sub>1</sub> à **K**<sub>3</sub>).

Application de traitement **K**<sub>3</sub> fait une augmentation pour les quatre espèces :

- Les rendements de Ps des pousses ont augmenté chez *A. corsicum*, *A. malacitanum*, *A. murale*, *N. Goingense* par (1,4 fois ; 1,8 fois ; 1,6 fois ; 2,1 fois, respectivement)
- L'influence de traitement de **k** été observée chez *N. goingense* (Cabello-Conejo et al., 2014). Après le traitement de **k** le rendement de Pois sec des pousses été augmenté et a accompagnée d'une augmentation significative des rendements de poids sec des racines.



Ils ont observé Aussi une augmentation la biomasse des pousses, l'effet était le plus rendu à la concentration la plus élevée chez les quatre espèces étudiées.



**Figure 9.** Effet de différents traitements des regulateur des plantes sur la biomasse des pousses de six répétitions (Cabello-Conejo et al.,2014)

**2. Résultats de** (Elankavi *et al.*,2009)

Les biochimiques, les bio fertilisants et les phytohormones est influés significativement sur les paramètres de croissance : la hauteur de la plante, l'indice de surface foliaire, la teneur en chlorophylle et la production de matière sèche. (tableau 3)

**Tableau 3.** Effet des phytohormones, biochimiques et biofertilisants sur les caractères de croissance du riz

Traitements	Hauteur de la plante (cm)		Indice de surface foliaire		Teneur en chlorophylle (mg.g <sup>-1</sup> )		Production de matière sèche (t.ha <sup>-1</sup> )	
	Humide	sec	Humide	sec	Humide	Sec	Humide	sec
T8	88,84	85,66	5.81	5.51	3,59	3,50	12.34	15.46
T9	93,74	90,42	6.17	5,88	3,77	3,65	13.40	18.60

T10	96.08	92,73	6.32	6.01	3,84	3,72	13.85	19.93
-----	-------	-------	------	------	------	------	-------	-------

## Discussion

Effet des différentes phytohormones sur la morphologie, la croissance et le rendement :

### → Effet de l'accumulation de proline sur la croissance :

Les résultats pour ce paramètre sont illustrés dans la (tableau 4) Il ressort que l'accumulation de proline varie selon des différentes phytohormones.

L'ajout de GA<sub>3</sub> sur l'espèce *Triticum aestivum* (Thon *et al.*, 2008) rapporte une augmentation de teneur de proline par contre chez les deux autres espèces *Zea mays*, *Anabaena oryzae* une diminution de teneur de proline (Noushina *et al.*, 2014)

L'addition de ABA donne une augmentation d'accumulation de proline chez les deux espèces *Arabidopsis* et *Oryza sativa* (Abraham *et al.*, 2003) en revanche chez les semis de l'espèce *Spinacia* ou *Pennisetum* sur la teneur de proline on n'a rien remarqué (Noushina *et al.*, 2014).

Les résultats indiquent une augmentation de teneur de proline chez les trois espèces utilisées.

*Helianthus annuus* (Álvarez *et al.*, 2003), *Triticum aestivum* (Thon *et al.*, 2008), *Jatropha curcas*.L (Joshi, 2011)

**Tableau 4.** Changements induits par les phytohormones dans l'accumulation de proline chez les plantes (Noushina Iqbal *et al.*, 2014).

Phytohormones	Accumulation de proline	Plante	Références
Gibbérelline	Augmenter	<i>Triticum aestivum</i>	Thon <i>et al.</i> , (2008)
	Diminuer	<i>Zea mays</i>	Kaya <i>et al.</i> , (2006)
	Diminuer	<i>Anabaena oryzae</i>	Autre et Gahiza (2007)
Acide abscissique	Augmenter	<i>Arabidopsis</i>	Abraham <i>et al.</i> , (2003)
	Augmenter	<i>Oryza sativa</i>	Chouet <i>et al.</i> , (1991)
	Aucun effet	<i>Spinacia</i> ou <i>Pennisetum</i>	McDonnell <i>et al.</i> , (1983)
Éthylène	Augmenter	<i>Helianthus annuus</i>	Álvarez <i>et al.</i> , (2003)

	Augmenter	<i>Triticum aestivum</i>	El Bassiouny et Bekheta(2005)
	Augmenter	<i>Jatropha curcas</i> L	Joshi(2011)

- Ces résultats de (Noushina et al 2014) implique et prouve que :

Il y a des interactions positives et négatives entre l'AG et la proline ont été rapportées dans la littérature. Thon et al.,(2008) ont montré que l'application foliaire de GA<sub>3</sub> augmentait la teneur en proline, neutralisant certains des effets néfastes de la salinité en maintenant la perméabilité membranaire et en augmentant les niveaux de macro et micronutriments (Noushina et al.,2014).

Ont rapporté une production de proline plus élevée dans les plantes de exposées à GA<sub>3</sub> et Ca<sup>2+</sup>. Cette accumulation accrue de proline peut représenter une adaptation biochimique majeure dans l'osmo régulation des plantes. Contrairement à ces rapports (Kaya et al.,2006). Le traitement GA a réduit l'accumulation de proline dans les plantes de maïs stressées par le sel (Noushina Iqbal et al.,2014).

L'accumulation de proline apparaitre Médie par la voie de signalisation dépendante et indépendante de l'ABA (lièvre *et al.*, 1999). Il a été montré que l'ABA est responsable de l'induction de la production de proline chez les plantes stressée (Makela et al., 2003).

#### → Effet sur le teneur en chlorophylle

D'après Emad et Abbas (2011) et Fabian U et al, (2015) et Ewa et Jozef (1980) ont que l'appliquées des phytohormones GA<sub>3</sub> et IAA sur les trois espèces *Daucus Carota L.*, *Chlorella sorokiniana IAM-C212*, *scenedesmus quadricauda* pourrait élevée le poids ; c'est du à la division cellulaire, l'expansion des feuilles, l'élargissement des cellules.

L'augmentation de teneur en chlorophylle c'est à cause du renforcement de l'acide gibbérellique de la formation de pigments chlorophylliens (Abbas ,2011).

#### → Effet sur la hauteur de plantes

Après les résultats qui montrent les espèces influencée significativement par les traitements ; La hauteur de plante est augmentée après une pulvérisation foliaire avec la gibbérelline dans le cas de :

- L'espèce de riz par pulvérisé différente concentration de GA<sub>3</sub> (T8, T9, T10) (Elankavi et al.,2009).

- L'espèce d'oignon après application de différentes concentrations de GA<sub>3</sub> (25mg/L, 50mg /L, 75mg/L) (Sravani et al., 2020) et cette augmentation à cause de l'extensibilité de la paroi cellulaire par GA<sub>3</sub>. Aussi signalé que GA<sub>3</sub> augmente de la plasticité de la paroi cellulaire (Sravani *et al.*, 2020) par contre après le traitement des graines de blé avec l'ABA les résultats sont montrés qu'il y a une affection significative sur la hauteur des plantes (Gurmani AR *et al.*, 2009).
- ❖ Application de l'ABA provoque une diminution significative de la hauteur des plantes, l'ABA atténue l'effet néfaste de la salinité en augmentant le poids sec des pousses et des racines. (Gurmani et al., 2009).
- ❖ L'ABA provoque :
  - ✓ De cesser de croître, l'ABA est synthétisé et transporté vers d'autres parties de la plante, supprimant la croissance et induisant une transition vers un état de repos. Dans les chloroplastes des feuilles vertes (Xingfeng Han *et al.*, 2018).
  - ✓ Une excitation de la synthèse de proline à partir de l'acide glutamique. (Noushina Iqbal *et al.*, 2014)
  - ✓ Le chlorure de potassium a amélioré l'accumulation de proline produite par l'ABA dans les feuilles détachées d'*Oryza sativa* (Noushina Iqbal et al., 2014)
  - ✓ Les traitements d'ABA exogènes n'avaient aucune influence sur l'accumulation de proline dans les semis de *Spinacia* ou de *Pennisetum* (Noushina Iqbal et al., 2014)
  - ✓ Augmentation de teneur de proline sous stress thermique inhibant la biosynthèse de l'ABA
  - ❖ Le teneur d'éthylène et en proline a augmenté chez l'espèce *Triticum aestivum* sous stress salin (Noushina Iqbal et al., 2014).
  - ✓ L'éthylène bonifie l'efficacité photosynthétique de l'utilisation de l'azote et soutient la photosynthèse chez les types de Brassica dont la capacité photosynthétique diffère (Noushina Iqbal et al., 2014).

#### → Effet sur les feuilles

- Sur le nombre, longueur, largeur de feuille

L'application de GA<sub>3</sub> et IAA avec différentes concentrations enregistre le nombre maximal des feuilles par plante comme le cas de :

- Addition unique de GA<sub>3</sub> l'espèce d'oignon (*Allium cepa* L.) (Sravani et

al.,2020).

- Addition de deux régulateurs GA<sub>3</sub> et AIA sur l'espèce d'oignon (*Allium cepa* L.) (Md.abdul Hey.et al ;2002).Et même aussi l'application d'AIA selon Md.abdul Hey et al (2002) augmente le nombre et la longueur et le diamètre des feuilles mais l'GA était plus efficace que l'AIA.

Selon Sravani et al (2020) L'augmentation du nombre de feuilles par plante est principalement due à l'augmentation de l'allongement et de la division cellulaire. Il a amélioré l'activité de photosynthèse, de respiration et de catalyse dans la plante.

#### → Effet sur la biomasse et le rendement

L'application de phytohormone (AIA) sur la biomasse de ces espèces *Phaseolus vulgaris*, *N. goingingense*, *A. corsicum* *A. malacitanum*, *A. murale* montre une augmentation significative des rendements et aussi le GA<sub>3</sub> et l'IAA augmentes significativement le rendement d'espèces *Allium cepa* L. (Sravani et al.,2020).

Le traitement **K** (basée sur l'auxine) provoque une augmentation plus marquée de la croissance des plantes chez les quatre espèces utilisées et la Matteucci fougère-à-l'autruche (Marie-Ève Leclerc et al.,2007).

- La cytokinine améliore l'expression de nouveaux bourgeons (Leclerc et al.,2007).
- IAA est impliquée dans les processus de division cellulaire et le taux de croissance des plantes, ce qui pourrait expliquer les augmentations de croissance observées.
- Après l'application de AIA montre des améliorations significatives de la croissance et du rendement des plantes tandis qu'augmentait la longueur et le poids frais et sec et stimule la transcription (Marie-Ève Leclerc et al., 2007).
- Selon Fortin l'AIA provoque l'élongation cellulaire, dans la multiplication cellulaire et dans la différenciation : l'auxine stimule la dominance apicale, c'est-à-dire la capacité à pousser en hauteur et non en largeur.

Après l'application de GA sur l'espèce de niébé (*Vignaun guiculata* L.), les résultats montre qu'il a un effet sur les caractères morphologiques : effet sur la croissance et sur le rendement.

Les résultats ont montré que traitée avec la plus faible concentration de GA<sub>3</sub>augmenté le nombre de feuilles par rapport au témoin (Mshelmbula, et al.,2021)

# **Conclusion**

## Conclusion

Les phytohormones sont des messagers chimiques produits dans une partie de la plante et transférés à d'autres parties, et ils jouent un rôle clé dans la régulation de la réponse de la plante à des niveaux de stress très faibles. Les hormones végétales sont des produits naturels appelés régulateurs de croissance des plantes.

Notre étude rentre dans ce cadre d'un traitement de phytohormone a été appliqué sur différentes plantes

Pour connaître leurs effets sur la morphologie, la croissance et le rendement.

On a basé dans cette étude synthétique a confronté plusieurs articles publiés pour savoir les effets des phytohormones sur la morphologie, la croissance et le rendement des plantes.

Suite aux tests réalisés. On peut surtout retenir que :

Les régulateurs de croissance des plantes (RPG) sont utilisés en agriculture depuis leur découverte pour Contrôler les processus végétaux (germination, croissance végétative, développement reproducteur,

Maturation, sénescence).

Les gibbérellines l'auxine, et cytokinine l'acide abscissique ABA sont des régulateurs de croissance des plantes associés à de nombreuses activités physiologiques des plantes qui ont été utilisées commercialement pour améliorer et développer les caractéristiques morphologiques et phénotypiques, ainsi que la précocité et le rendement de nombreuses cultures maraîchères et ornementales.

La modification que les régulateurs de croissance des plantes peuvent provoquer sur le phénotype, la croissance et le développement des plantes en altérant le contenu hormonal et leur équilibre peut jouer un rôle important dans la modification des cultures.

Dans le but de compléter cette étude, il serait intéressant :

De réaliser une étude approfondie sur les autres phytohormones afin de fournir plus d'articles et de Faciliter les recherches.

Mener des recherches approfondies en Algérie et fournir des articles pour ces études.



# **Reference Bibliographies**

## Reference bibliographies

- Abbas E. D., Effect of GA 3 on Growth and Some Physiological Characterizes in Carrot Plant (*Daucus Carota* L.), Haitham Journal for Pure and Applied Science (January ,2011), p 7.
- Alessandro Miceli, Filippo Vetrano, Leo Sabatino, Fabio D'Anna and Alessandra Moncada, Influence of Preharvest Gibberellic Acid Treatments. Australian journal of crop science, 1835-2707(2011), 726-734.
- Arteca R.1996.Plant Growth Substance.Principales and application: New york.Chapman et Hall.pp:56-58,70.
- Belaid., 1988-Aspect de la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. Alger. Pp.05-06.
- Environmental and Experimental Botany 100, December 2013 (2014), 34– 42 FL, États-Unis,.
- Ewatakoyska, Josef buczek, Effect of phytohormone's on the growth of *scendesmus quardicaudra* (Turp.) Bréb ,(October ,1979),50-328.
- Fabian U. Ozioko, Nneka V. Chiejina and James C. O gbonnal, Effect of some phytohormones on growth characteristics of *Chlorella sorokiniana* IAM-C212 under photoautotrophic conditions, African Journal of Biotechnology Vol. 14(30) ( July, 2015) pp. 2367-2376.
- Gebe Kaniko M., Ltoh H., Inukaiy., Sakamoto T., Tanaka u M., Ashikari M, and Matsuoka M., 2003-Where do gibberellin biosynthesis and gibberellin signaling occur in rice plants. *The Plant Journal*. 35, 104-115.
- Gurmani A.R, A. Bano, J. Din, S.U Khan1 and I. Hussain ,Effect of phytohormones on growth and ion accumulation of wheat under salinity stress, African Journal of Biotechnology Vol. 8 (9),( May, 2009) pp. 1887-1894.
- Hedden, P.; Sponsel, V. Un siècle de recherche sur la gibbérelline. J. Plant Growth Science of the total environment 494-495, june 2014, (2014) ,1-8
- HELLER R., ESNAULT R., et LANCE C., 2000-Physiologie végétale. Ed. Dunod. Paris.Pp.69-112.
- Hooley R. 1994. Gibberellins: perception, transduction et réponses.
- HOPKINS., 2003-Physiologie végétale. Ed. Deboek. Paris.Pp.309-683.
- JAIMES MIRANDA F., 2006-  
La régulation transcriptionnelle dépendant de l'éthylène. Caractérisation fonctionnelle d'un cofacteur transcriptionnel du type MBF1 et d'un facteur de transcription de la famille des ERF chez la tomate. Thèse Doctorat. Ecole Doctorat Sciences Agronomiques, spécialité, Biologie moléculaire et physiologie végétale. Institut national polytechnique de Toulouse. PP. 09-21.
- Jean-Simon Fortin, L'influence des phytohormones sur la croissance des plantes, Amélie Nadeau 800 6<sup>e</sup> rue ,p 17.
- Lafon J; Thadau-Prayer C et L'evy G. 1998. Biologie des plantes cultivées . Physiologie du développement génétique et amélioration . Tome 2<sup>ème</sup> édition . Tec et Doc :L'avoisier .pp :66-73.

- Lafon P.J., 1998-Biologie des plantes cultivées. Ed. Lavoisier. Paris. PP.34-46.
- M.I. Cabello-Conejo , Á. Prieto-Fernández, P.S. Kidd, Exogenous treatments with phytohormones can improve growth and nickel yield of hyperaccumulating plants,
- Majid Ghorbani Javid, Ali Soroo shzadeh, Foad Moradi, Seyed Ali Mohammad ModarresSanavy, Iraj Allahdadi, The role of phytohormones in alleviating stress in crop plants,
- Marie-Ève Leclerc, Line Lapointe et Alain Olivier, L'effet de phytohormones sur la multiplication végétative de la matteuccie fougère -à-l'autruche, Research gate, Volume 131, numéro 1 – Hiver 2007.
- Mathieu R. 2006. Biologie Camp Belle Recès. Ed Boeck : Paris. pp :346.
- MAZLIAK P., 1998-Physiologie végétale II croissance et développement. Ed. ISBN. Paris. Pp. 15-46.
- Md. Abdul Hey, Md .ShahidulHaque ,M.Abdulkarim, Influence of Growth Regulators and Their Time of Application on Yield of Onion, Pakistan Journal of Biological Sciences ( October ,2002),1021-1023.
- MORT-GAUDRY J F et PRAT R., 2009-Biologie végétale. Croissance et développement. Ed. Dunod. Paris. Pp. 11-24.
- Mshelmbula, bp; ogale, e; bello, s; kana ha; sulayman, my; Allahnanamh; sirajo, sa, Impact of Gibberellic Acid (GA3) on Growth, Yield and Nodulation on Two Accessions of Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp), J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 25 (8) August 2021, p 1435-1439.
- Noushina Iqbal , Shahid Umara , Nafees A. Khan b, M. Iqbal R. Khan b, A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: Regulation of proline metabolism,
- S. Elankavi, G. Kuppaswamy, V. Vaiyapuri and R. Raman, Effect of Phytohormones on growth and yield of rice, Oryza vol.46. No.4(2009),310-313.
- Shmulling t., 2004-Cytokinin. Encyclopedia of Biological Chemistry (Eds. Lennarz, W., Lane, M.D.).1-7.
- Soleil, T.P, 2004. Transduction du signal de la gibbérelline dans l'allongement de la
- SOUZA MG., SIMOES QC., OLIVEIRA CK., GARAYM H., FIORINI C L., GOMES FS., and DASIVAMA., 2001-  
The sugar cane signal transduction (SUCAST) catalogue: prospecting signal transduction in sugar cane. *Genetics and Molecular Biology*. 24(4), 25-34.
- TAIS and ZEGGER, 2010-Plante physiologie, Sunderland. *Sinauer Associates*. 423-559

- Tarakhovskaya E.R, Yu. I. Maslov, and M. F. Shishova ,Phytohormones in algae, Russian Journal of Plant Physiology, 2007, Vol. 54, No. 2, pp. 163–170.
- Xingfeng Han, Huiru Zeng Pietro Bartocci, Francesco Fantozzi and Yunjun Yan, Phytohormones and Effect on Growth and Metabolites of Microalgae, fermentation(April2018),p 15.
- JAIME SMIRANDAF.,2006 La régulation transcriptionnelle dépendant de l'éthylène. Caractérisation fonctionnelle d'un Co facteur transcriptionnel du type MBF1et d'un facteur de transcription de La famille des ERF chez la tomate. Thèse Doctorat. Ecole Doctorat : Sciences Agronomiques, spécialité, Biologie moléculaire et physiologie végétale. Institut national poly technique de Toulouse. PP. 09-21.
- NABORS., 2008-Biologie végétale structure, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Ed. Pearson. Pp. 231-237.
- SHMULLING T., 2004-Cytokinin. Encyclopedia of Biological Chemistry (Eds. Lennarz, W., Lane,M.D.). 1-7.
- Crespy A. 1992. Viticulture d'aujourd'hui. Tec et Doc. L'avoisiner : paris. 46-50p
- Guignard J L. 2004Biochimie végétale. 2<sup>ème</sup> éd. Paris : Dunod.274 p.
- Heller R. 1985. Abrèges de physiologie végétale. Développement. 6<sup>ème</sup>ed. El Masson : Paris. pp : 64-68, 118-130
- Sampath Kumar I., Ramgopal Rao S. et Vardhini BV.,2015- *Role of Phytohormones during Salt Stress Tolerance in Plants. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy.* Vol.9. n°=4.pp.334-343.
- Wani H., Kumar V.Shriramcv. Et Kumar SahdS.,2016-*Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. The corp journal.*vol.4. pp.162-176.

# Résumé

## ملخص

من خلال عملنا الذي استند على تحليل 15 مقالة منشورة لمعرفة تأثيرات الهرمونات ، تم تطبيق العلاج الهرموني النباتي على نباتات مختلفة من أجل تحديد تأثيرها على الشكل والنمو والانتاجية . أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة أن الهرمونات النباتية: الجبيريلين ،الأوكسين و السيتوكينين لها تأثير معتبر على الشكل والنمو والمحصول حيث أدت الى : زيادة انقسام الخلايا مما يؤدي إلى استتالة الجدار الخلوي وزيادة ارتفاع طول النبات وتمدد جدار الخلية وزيادة عدد وحجم الأوراق. في حين عمل حمض الأبسيسيك ABA على إثارة تخليق البرولين وانخفاض في طول النبات له تأثير سلبي مقارنة بالهرمونات النباتية الأخرى المستخدمة .

**الكلمات المفتاحية :** الجبيريلين، السيتوكينين ،الأكسين ، حمض الأبيسيسيك ،الهرمونات النباتية.

## Résumé

A travers notre travail, un traitement de phytohormone a été appliqué sur différentes plantes dans le but de connaître leurs effets sur la morphologie ,la croissance et le rendement. On a basé dans cette étude synthétique sur 15 articles publiés pour savoir les effets des phytohormones sur la morphologie, la croissance et le rendement sur les plantes.

Les résultats obtenus de cette étude ont montré que les phytohormones :

Le Gibbérelline GA3, le cytokinine et l'auxine ont un effet significatif sur la morphologie, la croissance, le rendement. Tandis que : augmentent la division cellulaire qui résulte l'allongement de la tige, augmentent la hauteur de plante, l'extensibilité de la paroi cellulaire.

Augmentent le nombre et la taille des feuilles.

L'acide abscissique ABA : une excitation de la synthèse de proline, Une diminution de la hauteur de plante, un impact négatif par rapport les autres phytohormones utilisés.

**Mots clés :** Gibbérelline GA3, Auxine, Cytokinine, Acide abscissique, phytohormones.

## Abstract

Through our work, a phytohormonal treatment was applied to different plants in order to know their effects on morphology, growth and yield.

This synthetic study was based on 15 published articles to find out the effects of phytohormones on morphology, growth and yield on plants.

The results obtained from this study showed that phytohormones:

Gibberellin GA3, cytokinin and auxin have a significant effect on morphology, growth, yield. while it:

increase cell division which results in stem elongation, increase plant height, cell wall extensibility and increase the number and size of leaves.

ABA abscisic acid: stimulation of proline synthesis, reduction in plant height, negative impact compared to other phytohormones used.