الجمهوريـة الجزائـريـة الديمقراطيـة الشعبيـة
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Ref :……

Centre Universitaire

Abdelhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie
Département de la nature de la vie et de la science

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master
En : - Filière : Sciences biologiques
-Spécialité : Biologie appliquée et environnement : Biotechnologie et amélioration des plantes

Thème

Etude de l'effet des hormones végétales sur la croissance de blé dur cultivé dans un milieu salin (*Triticum durum Desf*.)

Préparé par : Aissous Ibtissam

Soutenue devant le jury :
- Président : Himour S Grade : M A-A
- Examinateur : Boukaria S Grade : M A-A
- Promoteur : Benmakhlouf Z Grade : M A-A

Année universitaire : 2014/2015

Remerciements

Tout d'abord, louange à «**ALLAH** » qui m'a guidé sur le droit chemin Tout au long de ce travail et m'a inspiré les bons pas et les justes Réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute

Ma reconnaissance et remerciements

À *mon promoteur*

M^me^ Benmakhlouf Z

Qui initié mon travail. Elle m'a beaucoup appris.

J'exprime également mes sincères remerciements à ***M^me^ Himour S*** Maître de conférences classe A au centre universitaire de Mila, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon mémoire.

Mes remerciements s'adressent aussi à ***M^me^ Boukaria S*** Maître de conférences classe A au centre universitaire de Mila d'avoir accepté d'examiner et discuter ce travail.

Au personnel de laboratoire de département de Science

De la Nature et de la Vie, je vous **merci**!

Dédicace

J'adresse mes dédicaces pour ce modeste travail à :

Mon exemple dans ma vie, mon très cher père ***Sakhri***

La femme que son amour est creusé dans mes fons les plus profond

depuis ma naissance, ma très chère mère ***Hafida***

A mon fiancé : ***Nabil et sa famille Hanachi***

Mes chers frères : ***Sabar, Samir, Fateh et leurs épouses Nadia, Djahida, et Soumia***

respectivement, Abdel Rahman et Massoud.

Mes chères sœurs : ***Nadjah, Zahia, et Dalal et leurs maris et Saliha.***

A toute ma famille paternelle ***Aissous*** *et maternelle* ***Zouaghi.***

Mes chères amies : ***Wafa, Khadidja, Meriem, Salima, Samira,***

Selaf, Ilham, Afaf, Rim.

Et toutes les filles de ma famille

A mes amies d'université

Et tous ce que j'aime et qui m'aiment

A tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à

l'achèvement de ce travail.

Ibtissam

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

Chapitre I : Etude bibliographique

I -Le blé……04

1-Historique et origine du blé……....04

2-Classification botanique……04

3-Morphologie de blé dur……..05

3-1- L'appareil végétatif……05

3-1-1- Système radiculaire……05

3-1-2-Tige et feuille……05

3-2- L'appareil reproducteur……05

4- Aperçu sur le cycle biologique du blé dur……...05

4-1-Période végétative……...06

4-1-1-Germination-levée……...06

4-1-2-Tallage……..06

4-2- Période reproductrice……06

4-2-1- Montaison-Gonflement……07

4-2-2- Epiaison- floraison……07

4-2-3- Remplissage du grain……..07

5-Exigences du blé……..…….09

5-1- Exigences climatiques…….09

5-1-1-Température…….09

5-1-2-Eau…….09

5-1-3-Photopériode…….09

5-2-Exigences pédologiques……...10

5-2-1-Exigences physiques…….10

5-2-2-Exigences chimiques…….10

II-Les stress biotique et abiotique…….10

1-Le stress salin……...11

2- l'origine de la salinité…….12

3-Effets de la salinité sur les plantes…….13

4-Mécanismes de résistance à la salinité chez les végétaux……13

4-1-Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes…….14

4-2-Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes……...14

- ✓ **Sensibilité à Na^+…….14**
- ✓ **Sélectivité ionique : efficacité d'utilisation de K^+……...15**

5- Les moyens de prévenir ou de corriger la salinisation……...15

5-1-Lixiviation…….15

5-2-Drainage……15

5-3-Inondations……...15

5-4-Meilleure utilisation de l'eau d'irrigation……..16

III-Les hormones……16

1-Définition……..16

2-Auxine……..…17

2-1- Définition…….17

2-2-Structure chimique……..17

2-3-Lieu de synthèse et transport de l'auxine……..18

2-4-Rôles de l'auxine et applications…….19

2-4-1-Division cellulaire…….19

2-4-2-Elongation cellulaire, croissance des organes……20

2-4-3-Différenciation des vaisseaux conducteurs…….21

2-4-4-Tropismes, Polarité et symétrie embryonnaire…….21

2-4-5-Croissance des fruits……....21

2-4-6-Hormone de bouturage/ racines adventives……...21

2-4-7-Désherbant/défoliant……22

3- Cytokinine……...22

3-1-Définition……..22

3-2-Biosynthèse et Structure chimique des cytokinines……23

3-3-Répartition et Transport des Cytokinines dans la plante……24

3-4-Activités biologiques des cytokinines……24

3-4-1-Multiplication cellulaire……...24

3-4-2-Différenciation et organogénèse……..25

3-4-3-Effet métabolique des cytokinines……...26

3-4-4-Différenciation de l'appareil photosynthétique…….27

3-4-5-Relations avec les structures membranaires……..27

4-La balance hormonale (Auxine/ Cytokinine)……28

Chapitre II : Matériels et méthodes

I- Matériel et méthode……31

I-1- Matériel végétal utilisé……31

I-2-Les hormones végétales utilisés……...31

- **Les auxines……..31**
- **Les cytokinines……31**
- **La préparation des solutions hormonale……..31**

II-Méthodes d'études……32

II-1-L'étude dans la serre……..32

II-1-1-La salinité……32

II-1-2-Le traitement hormonales des plantes stressées (salinité)……...32

II-2-La méthode de culture et de traitement……32

II-3-Les paramètres mesurés……33

II-3-1- La surface foliaire (cm^2)……33

II-3-2-Dosage de la proline……33

II-3-3- Dosage des sucres solubles……34

II-3-4- Dosage de la chlorophylle (a et b)……35

II-3-5-Etude statistique……..35

Chapitre III : Résultats et discussion

I-Résultats……...36

I-1-Effet du sel sur les paramètres morpho-physiologiques……...36

I-2-Effet d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques……..38

I-2-1- Effet de type d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques.....38

I-2-2- Effet de dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques……....40

I-3- Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les paramètres morpho-physiologiques…….42

I-4- Corrélation entre les différents paramètres étudiés……48

II-Discussion……...50

Conclusion……...54

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des abréviations

°C : Degré celsus.

A C P : Analyse des composantes principales

BAP : Benzyle-amino-purine

C a V : Chlorophylle a stade végétative

C b V : Chlorophylle b stade végétative

CE : Conductivité électrique

CEC : Capacité d'échange cationique.

CM : Centimètre

DOS : Dose

G /l : Gramme / litre

H : Hormone

IAA : Indole acétique acide

IBA : Indole biotirique acide

K : kinétine

MEQ/L : Milli équivalent / litre

Mg/ g MF : Milli gramme / gramme de matière fraiche

mmol/mgMF : Milli mol / milli gramme de matière fraiche

Do : Densité optique

MS/CM : Microsmince / Centimètre

NaCl : Chlorure de sodium

NM : Nanomètre

P V : Proline stade végétative

PH : Potentielle hydrique

ppm : Poids par mille

S F V : Surface foliaire stade végétative

S V : Sucre solubles stade végétative

PF : Poids de la feuille

S : Surface papier

P : Poids du papier

Liste des figures

N° de Figure	Titre de Figure	Page
01	Le cycle de développement du blé	**08**
02	Structure chimique d'auxine	**18**
03	Structure chimique de Cytokinine (zéatine)	**23**
04	La balance hormonale	**30**
05	Effet de sel sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif	**37**
06	Effet de type d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif	**39**
07	Effet de dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif	**41**
08	Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la chlorophylle a et b stade végétatif	**46**
09	Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les sucres solubles et la proline stade végétatif	**47**
10	Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la surface foliaire stade végétatif	**48**
11	Effet de la corrélation entre les facteurs et les variables (les paramètres morpho-physiologiques) stade végétatif	**49**

Liste des tableaux

N° de Tableau	Titre de Tableau	Page
01	Les caractères physico-chimiques du sol utilisé dans l'expérience	**33**
02	Effet de sel sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif	**36**
03	Effet de dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif	**40**
04	Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les paramètres morpho-physiologiques stade végétatif	**44-45**
05	Matrice de corrélation entre les paramètres morpho-physiologiques stade végétatif	**49**

PARTIE BIBIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales constituent la base de notre alimentation, en raison de la facilité des modes de production (Joël et Jaque, 2009). En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière (Djermoun, 2009).

Le blé dur (*Triticum durum Desf*.) est une plante annuelle de la classe des Monocotylédones de la famille des Poaceae, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum.* En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet, 2000).

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Soltner, 1998).

Les terres, sous climats arides et semi arides, représentent un tiers de la surface du globe (Ait Belaid, 1994). Ces écosystèmes sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations (Mnif ; Chaieb et Rezgui et *al*., 2004) associés à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol (Hayek et Abdelly, 2004). Ce qui explique la qualité médiocre (saumâtres) des ressources hydriques disponibles dans ces zones (Ramage, 1980).

La tolérance aux sels tel que le chlorure de sodium, est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces régions. La réponse des espèces végétales au sel dépend de leurs génotypes, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (Mallek-Maalej et *al*., 2004). Le blé est généralement considéré comme relativement plus tolérant au sel (Hamza et Acad, 1967), par comparaison à l'orge (Maas, 1986; Ehret et *al*., 1990) et au triticale (Touraine et Ammar, 1985).

En effet, selon le degré de salinité dans le milieu, les glycophytes en particulier sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Bennaceur et *al*., 2001), biochimique (Grennan, 2006) et minéral (Martinez et *al*., 2007). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique qui joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte

abiotique (Munns, 2006). En effet, la tolérance, dans le cas d'un abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence (Moinuddin et *al*., 2005) grâce au phénomène d'ajustement osmotique. Ce phénomène apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique qui s'expriment par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active des ions tels que les K^+ et Na^+ (Parida et Das, 2005; Navarro et Rubio, 2006) et Cl^- (Munns, 2006; Teakle et *al*., 2007) ou de composés organiques tels que les sucres solubles (Ottow et *al*., 2005) et certains amino-acides comme la proline (Morant-Manceau et *al*., 2004). Ceci permet le maintien de nombreuses fonctions physiologiques (photosynthèse, transpiration, croissance...) (Grennan, 2006; Martinez et *al*., 2007). L'accumulation de ces composés serait une adaptation métabolique notée chez un certain nombre de plantes tolérantes au stress. Wyn et Gorham, (1986) ont indiqué que la tolérance au sel chez le blé est liée à sa faible absorption de Na^+ et Cl^-.

Par ailleurs, la salinité affecte la capacité de germination des graines (El Mekkaoui, 1990; Kayani et *al.*, 1990). De même le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles (Lakhdari, 1986), réduit la surface foliaire (Brugnoli et Lauteri, 1991; Abdelly et *al.*, 1995), la teneur des feuilles en chlorophylles (Gadallah, 1999), la conductance stomatique (Brugnoli et Lauteri, 1991) et le taux de CO2 assimilé (Downton et *al*., 1985). Le métabolisme azoté et la synthèse protéique sont également sévèrement affectés par le stress salin. L'ultrastructure des chloroplastes peut aussi être modifiée par les fortes doses en sel aussi bien chez les halophytes que chez les glycophytes (Salama et *al*., 1994). Il en résulte un développement anormal des plantes et une diminution du rendement.

Les phytohormones sont des composés organiques synthétisés dans une partie de la plante, puis transportés vers une autre partie où ils produisent un effet physiologique à très faible concentration. En effet, les phytohormones se retrouvent habituellement dans les tissus végétaux à des concentrations de moins de 1µM. Les mécanismes par lesquels elles agissent sont loin d'être parfaitement compris, d'autant plus qu'il apparaît maintenant évident que leurs sentiers de transduction du signal ne sont pas linéaires et indépendants, mais bien au contraire s'entrecroisent pour former des interactions et des synergies complexes (Bouatrous et Yakhlef, 2014).

L’objectif de notre travail est d’étudier l’interaction de quatre phytohormones avec différentes doses et le stress salin avec des niveaux différents et comprendre les réponses et le comportement morpho-physiologiques de la variété du blé dur *KEBIR* -1.

I -Le blé

1-Historique et origine du blé

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans (Cherfia, 2010).Le centre d'origine de cette espèce est la Palastine et le Caucase ; l'Afrique du nord est considérée comme un centre secondaire de diversification de l'espèce (Bendjama, 1997).

La culture de cette espèce s'étend le plus souvent de la fin de l'automne à la fin du printemps, les semis s'effectuent dès la mi-décembre et les récoltes s'échelonnent de début juin à la mi -juillet, selon l'altitude et l'aridité de la région (Baldj, 1992). Les variétés du blé dur de printemps, cultivées dans des pays au climat continental sont bien adaptées au Canada et aux Etats-Unis (Behair et Boudab, 2011).

2-Classification botanique

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticeae et du genre Triticum. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre Triticum après le blé tendre (*Triticum aestivum L*) (Anonyme A, 2007). Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et blé dur (*Triticum durum*) mais il existe de nombreuses autres espèces de Triticum qui se différencient par leur degré de ploïdie (blé diploïdes : génome AA ; blé tétraploïde : génomes AA et BB ; blé hexaploïdes : génomes AA, BB et DD) et par leur nombre de chromosomes (14, 28 ou 42) (Feilliet, 2000). Pour le blé dur Bonjean et Picard (1990 in Behair et Boudab, 2011), ont proposé la classification suivante :

L'embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Poales
Famille	Poaceaes ou Graminaceaes
Sous-famille	Festucoides
Genre	Triticum
Espèce	*Triticum durum*

3-Morphologie de blé dur

3-1- L'appareil végétatif

Les graminées sont des plantes herbacées de petite taille (Belaid, 1986), se caractérise par deux systèmes de développement :

3-1-1- Système radiculaire

Un système racinaire qui comprend des racines séminales produites par la graine durant la levée, ainsi que des racines adventices qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Clarke et *al*., 2002) .

3-1-2-Tige et feuille

La tige creuse ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre-nœud (Behair et Boudab, 2011).

Les nœuds sont des zones de croissance de tissus méristématiques ou méristèmes intercalaires à partir desquels s'allongent les entre nœuds (Hamadache, 2001).

Les feuilles sont à nervures parallèles et comprennent deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant à la gaine, et une portion supérieure c'est le limbe (Belaid, 1987).

3-2- L'appareil reproducteur

Le blé comme les autres céréales à talles, est une plante à floraison déterminée : l'apex terminal, à partir d'un certain moment, cesse de fabriquer les ébauches de feuilles pour initier des épillets ; ces épillets se différencient à leur tour : initiation des glumes, des glumelles, des anthères. (Combe et *al*., 1994).

La fécondation est autogame .Cette particularité botanique va avoir d'énormes conséquences sur la stratégie de sélection de variétés nouvelles (Herve et *al*., 1989) .

4- Aperçu sur le cycle biologique du blé dur

Le développement représente l'ensemble des modifications phrénologiques qui appariassent au cours du cycle des cultures, les dates de déclenchement des stades de développement, dépendent essentiellement des températures et des photopériodismes que subisse la culture depuis sa germination (Boufnar et *al*., 2006).

Le blé possède un cycle biologique annuelle comme toutes les céréales à pailles, ce cycle est répartie classiquement en deux périodes principale successives : Période végétative allant de la germination jusqu'à l'ébauche de l'épi et une période reproductrice qui s'étale de l'initiation florale à la maturité (Soltner, 2005).

4-1-Période végétative

Selon Grandcourt et Prats (1970) c'est la phase durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines, elle comprend les stades suivants :

4-1-1-Germination-levée

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². La germination du grain de blé commence quand il en a absorbé environ 25% de son poids d'eau. La racine principale, couverte d'une légère enveloppe ou coléorhize, apparaît, de même que la coléoptile recouvrant la gemmule, il perce la couche superficielle du sol, percé à son tour par la première feuille (Grandcourt et Prats, 1970). La levée est notée quand 50 % des plantes sont sorties de la terre (figure01). Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes, et au froid qui provoque le déchaussage (Karou et *al*., 1998).

4-1-2-Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle des $2^{ième}$ et $3^{ième}$ feuilles de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquels à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid, 1986; Gate, 1995). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Mazouz ,2006).

4-2- Période reproductrice

Prats et *al* (1971) mentionnent que cette période s'étend de la montaison à la fécondation.

4-2-1- Montaison-Gonflement

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1cm, par l'élongation du premier entre-nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maître atteint 1cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage. Durant cette phase la plante est sensible aux basses températures variant entre +4 et 0°C (Gate, 1995).

Selon Baldy (1984) la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé, tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface.

Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui se gonfle : c'est le stade gonflement (Bozzini, 1988).

4-2-2- Epiaison- floraison

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et *al*., 2005b). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis (Abbassenne et *al*., 1998).

4-2-3- Remplissage du grain

Après la fécondation, l'évolution du poids du grain se fait en trois étapes. La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la teneur en eau est élevée. En suite les assimilas provenant de la photosynthèse de la feuille étendard et du transfert des hydrates de carbones non structuraux stockés dans le col de l'épi et s'accumulent dans le grain. La quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser : c'est le pallier hydrique.

Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain : c'est l'échaudage du grain. Enfin la phase de dessèchement du grain, qui perd de son humidité pour atteindre son poids sec final (Wardlaw, 2002 in Boumelit et Messai, 2011).

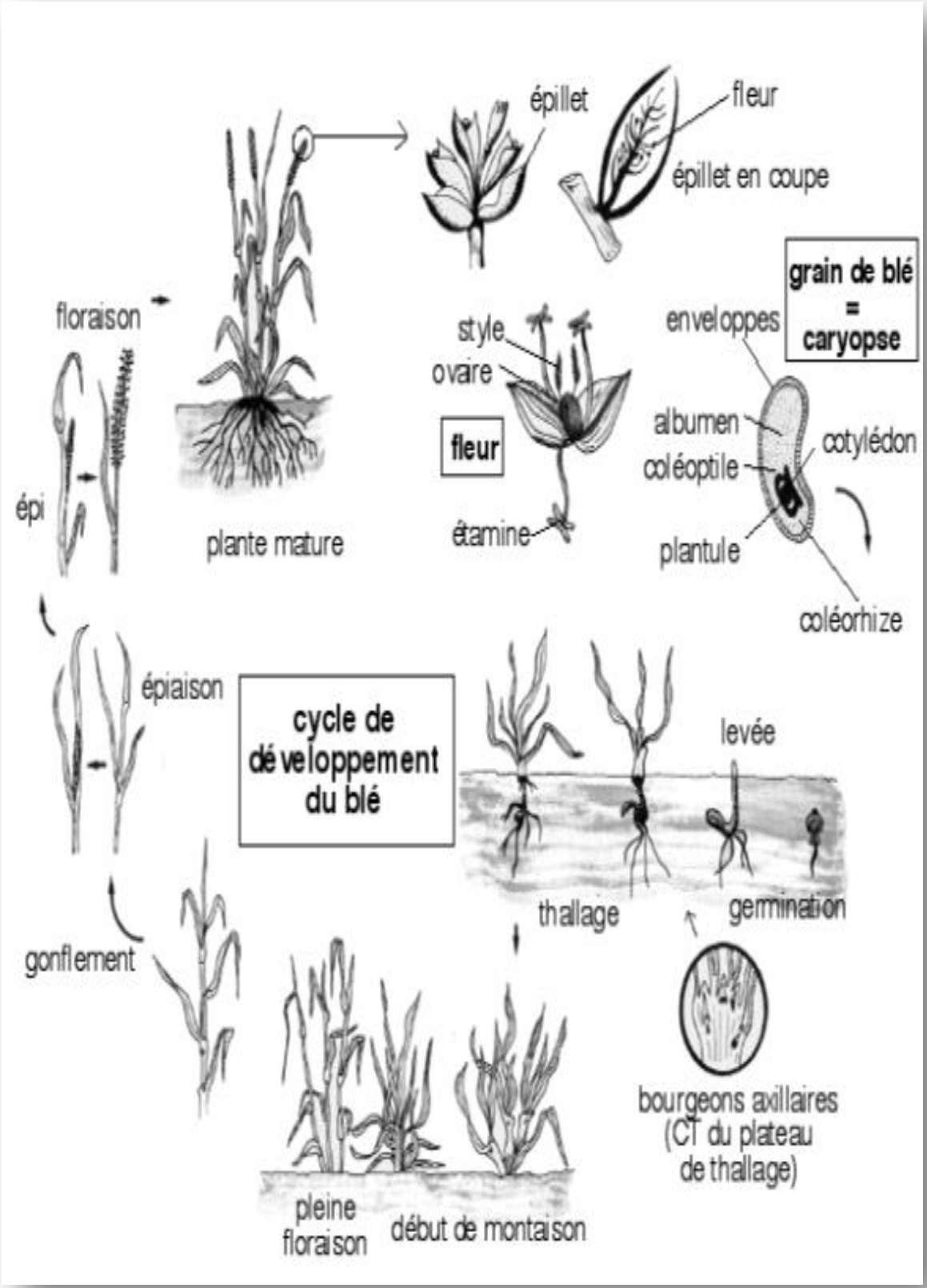

Figure 01 : Le cycle de développement du blé (Morsli Lakhdar, 2010)

5--Exigences du blé

5-1- Exigences climatiques

Selon Soltner (2005) les exigences climatiques du blé sont : la température, l'humidité et la lumière.

5-1-1-Température

Le blé nécessite différentes températures aux différents stades de développement. Selon Prats et *al*., (1970) les sommes de température sont assez variables pour les variétés :

- ✓ Blé d'automne : 1846 à 2373° C.
- ✓ Blé de printemps : 1265 à 1554° C.

Selon Soltner (2005) la température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 0°C est exigée pour la germination. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives dites "d'hiver " pour la mise à fleur. Par la suite, la température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison.

Au moment de la montaison, la température intervient à nouveau dans l'élaboration de la quantité de matière sèche quelle favorise (Prats et *al*., 1970).

5-1-2-Eau

La quantité d'eau influe sur l'élaboration de la matière sèche. Pour le blé, l'eau consommée pour l'élaboration d'un gramme de matière sèche et de 450 à 550 g (Prats et *al*., 1970).

5-1-3-Photopériode

Les céréales sont des espèces dites de jours longs (Gate et *al*., 2003). L'éclairement optimale garantissant un bon tallage.et favorisant une vitesse d'apparition des stades liés au développement floral, se réalise par une durée de jour de l'ordre de 18 heures (Abdalli, Naidja, 2010).

Selon Prats et *al* (1970) un abaissement de l'éclairement provoque une diminution en glucide.

5-2-Exigences pédologiques

5-2-1-Exigences physiques

L'action des facteurs naturels, bien que nécessaire, est souvent insuffisante ou incomplète, c'est pourquoi, il faut envisager le travail du sol par des interventions mécaniques pour améliorer la structure et les propriétés mécaniques des sols (Belaid, 1986). Soltner (2005) désigne trois caractéristiques d'une bonne "terre à blé" :

- ✓ Une texture fine, limono argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, donc une bonne nutrition.
- ✓ Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver.
- ✓ Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïde argile et humus, capable d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements.

5-2-2-Exigences chimiques

Soltner (1999) signale que pour le potassium et le calcium, les besoins sont élevés durant la période végétative. Au-delà de la floraison, les besoin diminuent et même une partie du potassium est restituée au sol par les racines. Pour le phosphore et surtout l'azote, les besoins sont toujours intenses. Il y a même accélération des besoins en azote à la fin de la végétation puisque durant la courte période de la floraison à la maturité, le blé absorbe 40 % de l'azote qui lui est nécessaire pour tout son cycle. Prats et *al.,* (1970) estiment que pour produire un quintal (paille et grain), les besoins du blé sont :

- ✓ 2,1 à 2,7 kg d'azote.
- ✓ 1,0 à 1,6 kg de P_2O_5.
- ✓ 2,2 à 4,8 kg de K_2O.
- ✓ 0,5 à 1,0 kg de CaO

II-Les stress biotique et abiotique

En raison de leur nature sessile, les plantes ont depuis toujours été confrontées à différents stress abiotiques et biotiques dans leur environnement immédiat. Par conséquent, la survie des plantes dépend de leur capacité à adapter leur physiologie, et notamment leur développement et leur croissance, afin d'atténuer ou même de supprimer les effets du stress. Toutes les plantes sont connues pour percevoir et réagir aux signaux de stress comme la sécheresse, la chaleur, la salinité, les herbivores et les pathogènes (Bohnert et

al., 1995; Bartels et Sunkar, 2005). Certains procédés biochimiques sont communs à toutes les réponses des plantes au stress, y compris la production de certaines protéines de stress et de métabolites (Leone et *al*., 2003; Maggio et *al*., 2003; Tuberosa et *al*., 2003). Bien qu'il y ait eu des recherches approfondies dans le domaine de la réponse des plantes au stress, les facteurs qui confèrent à certaines espèces végétales la capacité de coloniser des habitats extrêmes ne sont pas encore connus, et malgré les progrès considérables réalisés dans notre compréhension de la physiologie du stress des plantes, la contribution de la communauté microbienne dans le sol, communément appelée rhizosphère, n'a reçu que récemment une attention accrue (Heribert, 2012).

1-Le stress salin

La salinité représente une contrainte naturelle conditionne le développement de la production des végétaux, elle est enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride cette dernière résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol (Munns et *al.*, 2006) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (Mezni et *al*., 2002). Elle provient aussi de l'irrigation, le plus souvent mal contrôlée (Bennaceur et *al*., 2001). Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols varient autour de 20 millions d'hectare dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'hectares de terres agricoles touchées par la salinité et aujourd'hui, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'hectare soit 23% des terres cultivées dans le monde, (Cheverry, 1995) et selon Cécile (2014) 6% de la surface terrestre est affectée par la salinité. En Algérie L'aridité qui est liée à une perte d'eau par évapotranspiration bien supérieure aux précipitations couvre environ 95% des zones, (de 100 à 400 mm / an) (Halitim, 1985). Dans ces zones, l'apport d'eau par irrigation a entraîné une augmentation et une extension de la salinité des sols (Daoud, 1993) cela soumette les plantes à un stress permanant, baisse les rendements agricoles, limite la répartition des espèces cultivées voire même menacent d'extinction de certaines et modifier la fertilité et la stabilité structurale des sols (Vlentin, 1994).

La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (Ykhlef, 1993; Munns et *al*., 1995; Chougui et *al*., 2004). Cette réponse varie considérablement en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (Epstein et *al*., 1980). La diminution de la croissance est une réponse à la déshydratation ; elle contribue à la

conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Binzel et *al.,* 1988 in Bouatrous, 2013) .

De ce fait, ces changements imposent la réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de les adapter aux nouvelles conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité (Belkhodja et Bidai, 2004; Trinchant et *al*., 2004).

Les emblavures céréalières irriguées sont en grande partie situées dans les régions où les eaux sont relativement salées. Le blé est généralement considéré comme moyennement tolérant au sel (Hamza, 1967), par comparaison à l'orge (Maas, 1986; Ehret et *al*., 1990) et au triticale (Touraine et Ammar, 1985). La salinité diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus (Greenway et Munns, 1980). Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suite à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu (Levigneron et *al*., 1995). La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (Cheeseman, 1988).

L'ajustement osmotique implique l'accumulation d'ions minéraux (K^+, Cl^-, Na^+) et/ou de solutés organiques comme la proline, la glycine-bétaïne, les sucres, les acides organiques, etc. (Morgan, 1984). Chez de nombreuses espèces, céréales comprises, l'accumulation de proline est l'une des manifestations des stress hydrique et salin (Stewart et Lee, 1974; Benlaribi et Monneveux, 1988; Dib et *al*., 1992; Ouerghi et *al*., 2000)

2- l'origine de la salinité

A mesure que les roches et les sols sont érodés par l'eau, de petites quantités des sels minéraux qu'ils contiennent sont entraînées jusque dans les fleuves et les couches aquifères, s'infiltrant ainsi dans l'eau d'irrigation. Si on utilise trop peu d'eau dans un champ, les sels s'incrustent dans le sol.

Mais le plus grave danger pour le sol est l'eau en trop grande quantité qui cause son engorgement et élève, à son tour, le niveau de la nappe phréatique. Le sol fonctionne alors comme une éponge, aspirant l'eau dans la rhizosphère par capillarité. Cet effet peut attirer l'eau à la surface sur environ 1,5 m, selon les sols. L'eau s'évapore et le sel reste autour des

racines, entravant leur capacité d'absorber l'eau. Ce processus se produit en particulier dans les régions arides (FAO, 2002).

3-Effets de la salinité sur les plantes

La salinité a un effet néfaste sur la morphologie et la physiologie des plantes qui se traduit par une régression du nombre moyen de pousses par bourgeon et une réduction de la longueur des feuilles avec une diminution de la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et en chlorophylle a+b et une augmentation de la teneur en proline et en sucres solubles totaux (Belfakih et *al* et J Appl Biosci, 2013).

La salinité, qu'elle soit naturelle ou induite. Ces effets négatifs sont généralement considérés sous trois aspects :

- ✓ L'aspect osmotique qui a eu la prépondérance des études et qui se traduit par une moindre disponibilité en eau pour les plantes peut également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités l'absorption des éléments nutritifs du sol (Jabnoune, 2008)
- ✓ L'aspect ionique et la toxicité des ions Na^+ et Cl^- qui ont un effet néfaste sur les structures membranaires.
- ✓ Le déséquilibre nutritionnel causé par les quantités excessives de Na^+ et Cl^- et qui empêchent certains ions essentiels tels K^+ que d'être prélevés (Chorfi, 2009)

4-Mécanismes de résistance à la salinité chez les végétaux

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et se reproduire dans des conditions de stress salin. Il existe, une large gamme de mécanismes qui ne sont pas exclusifs l'un de l'autre, mais qui peuvent se compléter.

Diverses classifications des mécanismes de tolérance au sel ont été élaborées (Zid et Grignon, 1991). Les plantes peuvent être groupées à cet égard en 2 catégories principales, sur la base de leur comportement vis-à-vis des stress salins :

- les halophytes qui tolèrent des concentrations relativement élevées en sel.

- les glycophytes qui ne tolèrent que des concentrations peu élevées en Na Cl.

4-1-Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes

Chez les halophytes, les types les plus tolérants au sel ont une croissance réduite dans des conditions de faible salinité. Cette adaptation leur permet d'absorber de grandes quantités d'ions tout en maintenant la turgescence cellulaire, et en évitant leur toxicité grâce au compartimentage cellulaire et l'accumulation dans les vacuoles. L'équilibrage osmotique du cytoplasme étant assuré par une synthèse active de composés organiques solubles (Greenway et Munns, 1980).

4-2-Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes

- ✓ **Sensibilité à Na^+**

Les glycophytes les plus sensibles au sel restreignent le transport de Na+ dans les parties aériennes et maintiennent de la sorte des niveaux de sel relativement bas dans les tissus photosynthétiques. D'autres glycophytes tolérants au sel, comme le cotonnier ou l'orge, transportent et accumulent de grandes quantités de Na^+ dans leurs feuilles.

Cette contradiction apparente provient de l'existence de deux comportements distincts concernant la distribution de Na^+ dans les plantes. Les espèces les plus sensibles à la salinité sont incapables de compartimenter le Na^+ dans leurs feuilles, de façon à limiter la concentration cytoplasmique de cet ion. Chez ces espèces, la restriction du transport de sel dans les organes aériens correspond à une protection contre Na Cl.

Au contraire, les espèces glycophytes relativement tolérantes se caractérisent par un transport de grandes quantités de Na Cl dans les feuilles, rendu possible grâce à un bon compartimentage cellulaire du Na+. Ces deux comportements s'observent notamment chez le blé et les espèces sauvages apparentées.

Certaines espèces de graminées tolérantes au Na Cl, comme *Agropyron scirpeum* et *Aegilops searsii*, montrent une concentration élevée en sel dans les tissus foliaires, associée à un compartimentage efficace (Cheeseman, 1988).

Au niveau variétal, une corrélation entre la tolérance au sel et l'aptitude à limiter le transport de Na^+ dans les feuilles existe chez le blé et les triticales : les variétés les plus résistantes sont habituellement celles qui transportent le moins de Na^+ dans leurs feuilles (Bizid et *al.*, 1988).

- ✓ **Sélectivité ionique : efficacité d'utilisation de K^+**

A l'interface racine/sol, l'excès de Na^+ peut limiter l'approvisionnement de la plante en macroéléments essentiels, tels que K^+.

Une composante de la tolérance à la salinité sera donc l'efficacité avec laquelle le K^+ est absorbé et utilisé pour les besoins métaboliques. Une grande variabilité se manifeste à cet égard au sein des espèces et des variétés, ce qui permet d'envisager une sélection pour l'efficacité nutritionnelle en présence de Na^+.

Chez le blé et l'orge, une corrélation existe entre la croissance en milieu salin, la vitesse d'absorption de K^+ et son efficacité d'utilisation (Glass et Perley, 1980 ; Tal ,1984).

5- Les moyens de prévenir ou de corriger la salinisation

5-1-Lixiviation

En donnant aux cultures juste un peu plus d'eau que nécessaire mais sans exagérer on réduit la salinité dans la zone racinaire et les sels sont transportés dans la couche aquifère qui les disperse, à condition que le drainage naturel soit suffisant (FAO, 2002).

5-2-Drainage

Des fossés ou des tuyaux souterrains peuvent emporter l'eau saline. Un tiers des terres salines gorgées d'eau pourraient être bonifiées grâce à un meilleur drainage et à toute une série de techniques adaptées à la situation locale. Par exemple, au cours des 30 dernières années, le programme national de drainage égyptien a affronté la saturation en eau et la salinité des sols en utilisant différents types de drainages et de stations de pompage, ce qui a permis de faciliter l'écoulement et de réutiliser les eaux de drainage (FAO, 2002).

5-3-Inondations

Des terres regorgeant de sel rendues incultivables peuvent parfois être remises en état grâce à la submersion et au drainage. Cette méthode, souvent coûteuse, peut valoir la peine en fonction de la valeur des terres et des cultures. (On a supposé que ce type de régénération pourrait bénéficier du soutien offert par les mécanismes de développement propre du Protocole de Kyoto, car les terres agricoles remises en production permettent de piéger le carbone dans l'atmosphère). Dans les cas où les terres sont encore peu

productives, les agriculteurs peuvent semer une culture tolérant un certain degré de salinité et nécessitant une grande quantité d'eau d'irrigation, comme le riz (FAO, 2002).

5-4-Meilleure utilisation de l'eau d'irrigation

L'irrigation par aspersion est plus efficace que l'irrigation de surface, mais elle peut aussi déposer des sels directement sur la plante si l'eau d'irrigation est saline. Il est préférable de pratiquer l'irrigation au goutte-à-goutte qui mesure la quantité d'eau distribuée à la surface autour de la plante.

Certaines cultures tolèrent mieux le sel que d'autres. Mais il arrive parfois que les agriculteurs - voire des régions entières doivent repenser leur système de cultures pour le rendre plus rentable. Au Cap-Vert, par exemple, les agriculteurs ont abandonné les cultures de canne à sucre nécessitant beaucoup d'eau au profit de l'horticulture de valeur, comme les tomates, irriguées au goutte-à-goutte. La production horticole nationale a triplé, passant à 17 000 tonnes entre 1991 et 1999.

"Nous savons que la salinisation est un grave problème; agriculteurs et techniciens ont besoin de meilleures informations pour mettre au point des stratégies appropriées", ajoute Dr Martínez Beltrán. La collection de la 'FAO en 2002 irrigation and Drainage Papers' contient des directives sur l'évaluation de la salinité des sols en champ et sur les systèmes de drainage pour aider à prévenir la salinisation. La FAO en 2002 a également réalisé des manuels de formation à l'intention des agents de vulgarisation et des agriculteurs intéressés. Des études sont en cours pour déterminer la possibilité d'utiliser la télédétection (images par satellite) en vue de cartographier les zones touchées par la salinisation. Près de 800 millions de personnes sont sous-alimentées dans le monde en développement et la salinisation pourrait menacer 10 pour cent de la récolte céréalière mondiale. Une gestion durable de l'irrigation et du drainage est une question qui doit être affrontée sans délais (FAO, 2002).

III-Les hormones

1-Définition

Les phytohormones ou régulateurs de croissance sont des composés organiques actives synthétisés dans une partie de la plante, puis transportés vers une autre partie où elles agissent à de très faible concentration de 1µM sur les mécanismes physiologiques

notamment la différenciation ou l'élongation racinaires (Silini, 2013; Bouatrous et Yakhlef, 2013) .

De nombreux travaux indiquent que l'utilisation des hormones en tant que molécule-signal ne sont pas destinées seulement aux plantes mais participent également à la communication entre les bactéries et d'autres micro-organismes tels le « *Quorum sensing* » ou la résistance systémique induite ISR (Spaepen et *al*., 2007). Il existe cinq principaux groupes d'hormones: les auxines, les gibbérellines, l'éthylène, les cytokinines et l'acide ascissique. L'acide indole-3-acétique (AIA) est le plus important du groupe des auxines (Ashrafuzzaman et *al*., 2009).

2-Auxine

2-1- Définition

Les auxines sont des hormones végétales, ou phytohormones, présentes dans tout le règne végétal, qui jouent un rôle majeur dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes. Elles interviennent dès les premiers stades de l'embryogenèse, puis contrôlent aussi bien l'organisation du méristème apical (phyllotaxie) et la ramification des parties aériennes de la plante (dominance apicale) que la formation de la racine principale, l'initiation des racines latérales et des racines adventives (rhizogenèse), et interviennent dans les tropismes en réponse à la gravité (gravitropisme) ou à la lumière (phototropisme). Ces multiples effets résultent du contrôle qu'elles exercent sur la division cellulaire, l'élongation cellulaire et certaines étapes de différenciation.

Chez les végétaux supérieurs, l'auxine majoritaire est l'acide indole-3-acétique (AIA), mais d'autres molécules naturelles présentent aussi une activité auxinique. L'auxine est synthétisée principalement dans les jeunes feuilles et est activement transportée vers les autres tissus de la plante pour en coordonner la croissance et faciliter les réponses aux variations de l'environnement (Perrot –Rechenmann, 2015).

2-2-Structure chimique

Le terme d'auxines est élargi à des substances possédant des propriétés physiologiques voisines de l'acide indole-acétique et une formule apparentée. La synthèse s'effectue dans les méristèmes et dans les jeunes feuilles des bourgeons terminaux. Les précurseurs de la molécule, le tryptophane par exemple, sont fabriqués dans les feuilles plus âgées. Synthétisée dans les apex et les entrenœuds, elle doit être distribuée partout, jusqu'aux racines (stockage). L'auxine se déplace préférentiellement de l'apex vers la base :

la lumière provoque une migration d'auxine vers la partie sombre engendrant ainsi un allongement de la racine. Même si on ne comprend pas encore les mécanismes de ce phénomène, il explique en partie en tout cas les tropismes de la plante. Il y a donc différenciation de racines (action rhizogène) à la base (forte dose) et de bourgeons à l'apex (faible dose) (Claire, 2011).

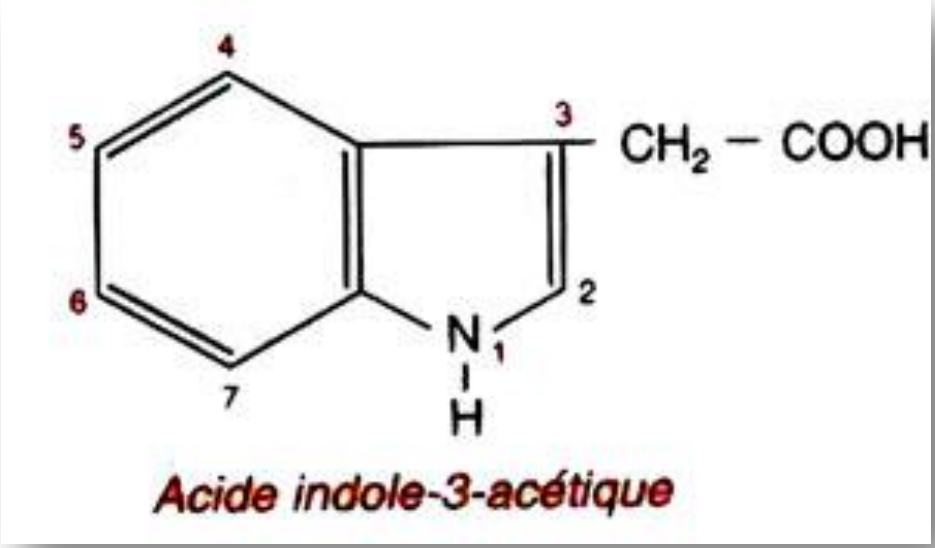

Figure 02 : structure chimique d'auxine (Claire K, 2011).

2-3-Lieu de synthèse et transport de l'auxine

La synthèse de l'auxine s'effectue dans les apex des tiges et dans les méristèmes des jeunes feuilles des bourgeons axillaires. Ceux-ci reçoivent les précurseurs, comme le tryptophane, qui eux sont fabriqués dans les feuilles plus exposées, à la lumière. Les méristèmes intercalaires sont également des lieux de synthèse très actifs.

Vers la fin du 19ème siècle Charles et Francis Darwin notent pour la première fois qu'un signal est transmis de l'apex jusqu'à la base des coléoptiles d'avoine. En 1928, Went et Cholodny in Oostende (2006) découvrent que ce signal est une molécule biochimique et identifient alors l'acide-3-indole acétique (AIA).

Le transport polarisé résulte d'une distribution asymétrique de ces transporteurs sur les différentes faces de la cellule, dirigeant le flux d'auxine dans un seul sens. Deux types

de transport sont mis en évidence : Un transport passif et un transport actif. Le transport passif, passe par le phloème, acheminant l'auxine de tissues sources vers les tissus puits. Le transport actif permet le transport de l'auxine de cellule en cellule et implique des mécanismes complexes de régulation. Au niveau racinaire , ce transport est à la fois acropétal, passant par les cellules du parenchyme xylémien, et basipétal, allant de la pointe des racines vers l'apex caulinaire en passant au travers de la coiffe racinaire puis de l'épiderme et du cortex, dans la zone d'élongation de la racine.

Le transport actif de l'auxine se déroule en deux étapes : l'influx d'auxine dans la cellule suivi de son efflux. La régulation de l'un et l'autre permet de réguler le contenu en auxine intracellulaire et ainsi d'induire des réponses spécifiques à ce contenu (Oostende, 2006).

2-4-Rôles de l'auxine et applications

Il est essentiel de comprendre que pour une même réponse, l'auxine peut soit la stimuler soit l'inhiber selon la concentration locale et pour une même concentration selon le tissu considéré. En d'autres termes les effets de l'auxine résultent à la fois d'un effet dose-dépendant et de différences de capacité de réponses des tissus d'où la notion de sensibilité des tissus. Ce sont là deux notions importantes, qui intègrent bien la complexité des mécanismes d'action de l'auxine (Anonyme B, 2007).

2-4-1-Division cellulaire

L'auxine est impliquée dans le contrôle de la division cellulaire chez les plantes. C'est avant tout un signal permissif pour la division cellulaire c'est-à-dire que l'auxine est requise pour que les cellules puissent entrer dans le cycle cellulaire. C'est un rôle majeur car l'activité des méristèmes ou la formation de tout nouvel organe nécessitent à un moment donné l'initiation de la division des cellules et leur prolifération. La cible moléculaire de l'auxine vis-à-vis de l'entrée dans le cycle n'est pas connue, en revanche il a été montré que l'auxine agissait également sur l'expression d'un certain nombre de gènes impliqués dans des phases spécifiques du cycle cellulaire, en particulier des cyclines (Anonyme B, 2007).

2-4-2-Elongation cellulaire, croissance des organes

De nombreuses études ont montré que l'auxine était capable de stimuler l'élongation des cellules des parties aériennes de la plante. L'élongation est une croissance orientée des cellules, suivant un axe privilégié correspondant le plus souvent à l'axe de l'organe lui-même comme l'hypocotyle et l'épicotyle (pour les dicotylédones), la coléoptile (pour les monocotylédones), la tige, le pétiole. Au cours de la croissance des feuilles, elle semble intervenir également dans la croissance des cellules dans toutes les dimensions, dans ce cas on parle plutôt d'expansion cellulaire. Dans les racines, les cellules issues du méristème racinaire s'allongent petit à petit et seules de très faibles concentrations d'auxine stimulent cette élongation. En revanche, un apport d'auxine exogène inhibe rapidement et sévèrement cette élongation alors que la même concentration stimule la même réponse dans les tissus aériens. Les mécanismes moléculaires expliquant ces différences importantes de sensibilité ne sont pas aujourd'hui connus.

L'auxine semble agir en deux phases distinctes sur la stimulation de l'élongation cellulaire. Tout d'abord une action rapide mesurable après seulement quelques dizaines de minutes où l'auxine provoque une acidification de l'espace extracellulaire (apoplaste) provoquant un relâchement de la paroi des cellules sous l'effet du pH et un étirement des cellules sous l'effet de la pression osmotique. Dans un deuxième temps l'auxine provoque également la production ou l'activation d'enzymes pariétales qui vont hydrolyser certains éléments de la paroi et aider à la capacité d'élongation des cellules ainsi que favoriser la synthèse et la secrétion par les cellules de nouveaux composés pariétaux. En revanche l'auxine ne semble pas être impliquée dans la régulation de la pression de turgescence qui joue un rôle moteur dans la mécanique de l'élongation.

L'auxine n'est pas la seule hormone impliquée dans l'élongation ou l'expansion cellulaire. Ses effets sont combinés à ceux de deux autres phytohormones: l'acide gibbérellique et les brassinostéroïdes. L'auxine agit également en combinaison avec l'éthylène et l'acide jasmonique dans le contrôle de croissance asymétrique (Anonyme B, 2007).

2-4-3-Différenciation des vaisseaux conducteurs

L'auxine détermine les sites de différenciation des vaisseaux conducteurs et contribue à ce que les cellules vasculaires forment des faisceaux connectés les uns aux autres. Dans une jeune feuille, au fur et à mesure que les vaisseaux conducteurs s'organisent et se différencient, la feuille devient un puits d'auxine et le phloème nouvellement formé assure son exportation, ce qui renforce les gradients locaux (Anonyme B, 2007).

2-4-4-Tropismes, Polarité et symétrie embryonnaire

Les plantes répondent à des signaux directionnels (lumière, gravité) par une croissance inégale d'un côté ou de l'autre de la tige ou des racines, provoquant une courbure et donc une réorientation (Anonyme B, 2007).

2-4-5-Croissance des fruits

L'auxine joue également un rôle majeur à toutes les étapes de la reproduction.

Les concentrations les plus élevées en auxine ont été retrouvées dans des fruits en développement. L'auxine est essentielle à la croissance du fruit mais agit également sur les tissus adjacents.

La parthénocarpie (production de fruit sans fécondation de l'ovule) peut être induite chez de nombreuses espèces par des applications d'auxine (Anonyme B, 2007).

2-4-6-Hormone de bouturage/ racines adventives

A la différence de la majorité des animaux, les plantes ont la capacité de pouvoir développer de nouveaux organes à partir de cellules déjà différenciés. Cette plasticité permet en particulier la formation de racines dites "adventives" à partir de tissus aériens (tiges ou feuilles), notamment pour remplacer la racine principale si celle-ci est endommagée. De nombreuses plantes développent naturellement des racines adventives, ce qui apporte par exemple un meilleur enracinement des thalles de céréales, ou une propagation naturelle des plantes par marcottage. L'auxine joue un rôle majeur dans l'apparition de ces nouvelles racines tout comme elle est essentielle au développement du système racinaire. L'addition d'auxine exogène permet ou augmente la rhizogénèse adventive et l'industrie horticulturale s'appuie largement sur les techniques de micropropagation ou de propagation clonale pour la production de plantes ornementales,

d'arbuste ou d'arbres. Ce sont des auxines synthétiques, en particulier 1-ANA et AIB, qui sont vendues commercialement sous l'appellation "hormone de bouturage" et conditionnées soit en solution soit en poudre pour une application facile et contrôlée sur des explants végétaux (Anonyme B, 2007).

2-4-7-Désherbant/défoliant

L'agent défoliant entrant dans la composition de "l'Agent Orange" n'était autre qu'une auxine de synthèse, l'acide trichlorophénoxyacétique (2, 4,5-T). Dans les années 1960, près de 80 millions de litres de cet agent ont été déversés par avion au Viêt Nam sur les cultures et les forêts. L'impact écologique a été considérable. Toutefois, les effets les plus dramatiques de l'Agent Orange sur les populations ont été causés par des produits contaminants appartenant aux dioxines de type TCDD, poison puissant, durable et agissant à très faibles doses et non par l'auxine elle-même.

Les effets désherbants ou défoliants des auxines interviennent pour des concentrations élevées, hors de la gamme de concentration où ces molécules sont biologiquement actives en tant que phytohormones. De plus, certaines auxines synthétiques n'étant pas ou très mal métabolisées par les plantes, elles s'accumulent dans les cellules et deviennent toxiques. Les mécanismes moléculaires de cette action désherbante ou de la sélectivité ne sont pas clairement établis. Il est admis que l'élévation importante d'auxine va rapidement saturer les réponses spécifiquement sous contrôle de cette hormone et de plus va engendrer directement ou indirectement un ensemble de modifications comme une biosynthèse accrue d'autres phytohormones (éthylène, acide abscissique) et des réponses dites de stress (production de formes activées d'oxygène [peroxyde d'hydrogène], réponses de défense, de sénescence (Anonyme B, 2007).

3- Cytokinine

3-1-Définition

Les cytokinines sont une classe d'hormones végétales qui favorise la division cellulaire et différentiation. Ces composés sont des dérivés d'adénine (Malito1 et *al*., 2004)

Elles sont synthétisées au niveau des racines, des graines, des fruits et des feuilles, puis transportées d'une façon acropétale par le xylème vers les autres organes de la plante.

Les cytokinines jouent un rôle dans la croissance des méristèmes apicaux de la tige et elles contribuent à la différentiation des cellules apicales des racines (Marlène, 2013).

Elles sont notamment impliquées dans la production des bourgeons par la plante. Les cytokines activent également la chlorophylle, le pigment vert indispensable à la photosynthèse (phénomène qui permet à la plante de transformer la lumière en énergie (Pierrick, 2014).

3-2-Biosynthèse et Structure chimique des cytokinines

A côté de la kinétine d'autres substances synthétiques à activités cytokinine existent dont la plus connue est la *6-benzyladénine*, *la Zéatine* (Anonyme, 2009).

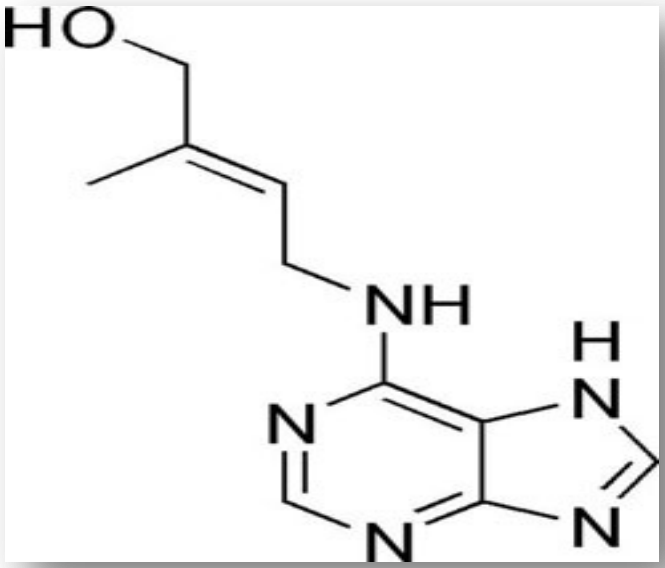

Figure 03 : structure chimique de Cytokinine (zéatine) (Claire, 2011).

Les cytokinines sont des constituants naturels des végétaux qui interviennent dans la synthèse des acides nucléiques. Les cytokinines naturelles connues résultent de la substitution d'un hydrogène du NH2 (en 6) par une chaîne, à 5 atomes de carbone correspondant à une unité isoprène de type pyrophosphate d'isopenténylе. Les cytokinines existent et ils sont actives à la fois à l'état libre à l'état de nucléosides et de nucléotides (Anonyme, 2009).

Ce sont des composés proches des bases puriques. Fabriquées au niveau de l'apex racinaire, elles induisent la différenciation des bourgeons, sous réserve de la présence de faibles doses d'auxine. Pour des concentrations plus fortes, l'auxine inhibe la différenciation des bourgeons. À forte dose, l'auxine inhibe également le débourrement des bourgeons (Claire, 2011).

3-3-Répartition et Transport des 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 de cytokinine. Les cytokinines seraient transportées dans le xylème.

Appliquées de façon exogène au niveau des feuilles elles migrent peu. 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. Ceci est un exemple de complémentarité d'action entre deux substances de croissance => synergie qui doit vraisemblablement se retrouver dans de nombreux cas (Anonyme, 2009).

3-4-Activités biologiques des cytokinines

Les cytokinines exercent plusieurs effets biologiques, notamment sur les phénomènes de croissance, de différenciation, d'organogénèse et de sénescence. Nous décrirons quelques-uns de ces effets.

3-4-1-Multiplication cellulaire

Les travaux pour élucider le mode d'action des cytokinines, ont commencé par la recherche de systèmes biologiques sensibles. Pour ce qui est de la croissance cytokinine-dépendante, très peu de systèmes ont été développés de façon précise.

Au niveau du végétal entier, l'effet des cytokinines sur la croissance a été mis en évidence dans des expériences chez le Soja. Ainsi Holm et Key (1969) montrent qu'après excision des racines, l'arrêt du transport d'hormones vers les parties aériennes, entraîne notamment le ralentissement de la croissance de la tige ou de l'hypocotyle. Dans ces conditions, l'addition d'une cytokinine et d'acide gibberellique permet de rétablir la croissance de la partie apicale des hypocotyles de Soja. Thimann et Sachs (1966) travaillant sur des plantes entières, rapportent la levée de la dominance apicale exercée par l'apex sur les bourgeons axillaires, après l'addition de cytokinine : on observe une reprise de l'activité mitotique, puis la croissance des bourgeons axillaires et la ramification de la plante. L'effet sur la croissance des tissus végétaux a été mieux étudié grâce à la technique de culture in vitro des tissus de parenchyme de tabac et les cultures de suspensions cellulaires qui en dérivent Das et al., 1956 ; Jouanneau, en 1966, les cultures de tissus et de suspensions cellulaires dérivant de cotylédons de Pois. Fosket et Torrey (1969), (Phillips et Torrey, 1973 in Sévérin, 1984), précisèrent le système constitué par les explants provenant de la partie corticale de racine de Pois. Ces études mentionnent qu'une forte activité mitotique n'est provoquée que par l'addition simultanée de kinétine et d'auxine.

La croissance d'une plante constitue un phénomène physiologique complexe, compte tenu des corrélations hormonales variées auxquelles elle est soumise. Ces difficultés rendent délicate l'analyse de l'effet des cytokinines sur la croissance des organes végétaux.

Toutefois, la sensibilité des tissus végétaux aux cytokinines exogènes n'est pas un phénomène général.

3-4-2-Différenciation et organogénèse

Les cytokinines jouent également un rôle important dans les processus de différenciation et d'organogénèse.

Des expériences effectuées sur des cals de Tabac par (Skoog, 1944 in Sévérin, 1984) indiquent des effets d'interaction entre l'auxine, l'adénine et d'autres facteurs. Sur cette base (Skoog, 1950) propose le concept d'une régulation quantitative multifactorielle. De nombreuses études montrent en effet des interactions entre hormones (auxines, cytokinines, gibberel1ines), substrats et facteurs de l'ambiance (Gautheret, 1969; Murashige, 1974).

La division des cellules polyploïdes du parenchyme cortical de la racine de Pois nécessite la présence d'une auxine et d'une cytokinine.

Seules les cellules ayant subi deux cycles de division évolueront en trachéides, après avoir lignifié leur paroi (Torrey et *al*., 1971 in Sévérin, 1984).

Dans d'autres systèmes, les cytokinines contrôlent distinctement la multiplication cellulaire et la différenciation ainsi que l'ont montré (Fosket et Torrey,1969) avec des tissus de Soja, et Oppenoorth en 1976 sur des segments de pétiole de *Phaseolus sp*. Dans ce dernier exemple, une application de kinétine favorise la formation de trachéides et la lignification du sclérenchyme, en même temps qu'elle stimule la division cellulaire au niveau du cambium, du xylème et du parenchyme. Les hormones endogènes auraient donc naturellement une certaine répartition qui contribuerait beaucoup au processus de différenciation.

Le contrôle distinct de la multiplication cellulaire et de la différenciation a été bien mis en évidence dans les expériences de (Skoog et Miller, 1957) chez le tissu de moëlle de tabac. Les phénomènes d'organogénèse apparaissent seulement quand le rapport des concentrations auxine/ cytokinine est loin de l'équilibre. La différenciation ne devient donc possible que lorsqu'est réalisée une balance hormonale déterminée.

3-4-3-Effet métabolique des cytokinines

Des essais biologiques rapides ont été développés sur la base des effets spécifiques des cytokinines dans les cellules: la rétention des chlorophylles dans les feuilles sénescentes traitées avec des cytokinines (Varga et Bruisma, 1973) ; la synthèse cytokinine-dépendante de chlorophylle, dans des systèmes cotylédonaires (Fletcher et *al*., 1973), et également dans le système de suspensions cellulaires de Tabac sensible aux cytokinines pour ce caractère (Jouanneau, 1966)

D'autres essais biologiques des cytokinines sont souvent utilisés comme les biosynthèses de bêta-cyanines (Amaranthine) et d'anthocyanes (Biddington et *al*., 1973).

De nombreux auteurs ont décrit l'effet des cytokinines sur les phénomènes de mobilisation et de transport qui concourent à la formation et au maintien d'organites cellulaires et des structures membranaires. La biosynthèse des chlorophylles et plusieurs autres constituants cellulaires dépendent de ces phénomènes de mobilisation et de transport.

3-4-4-Différenciation de l'appareil photosynthétique

La différenciation chloroplastique, stimulée par les cytokinines a fait l'objet de nombreux travaux. En 1965, Stetler et Laetsch ont constaté que ces hormones étaient indispensables à la maturation des chloroplastes dans une culture de tissu de Tabac dont la croissance est indépendante des cytokinines exogènes. Les proplastes évoluent en chloroplastes lorsque les cultures sont illuminées, pourvu qu'une cytokinine soit présente dans le milieu. En 1'absence de celle-ci, les proplastes ne différencient pas de lamelles chloroplastiques, ni ne synthétisent des pigments chlorophylliens.

La différenciation morphologique et fonctionnelle des chloroplastes s'effectue seulement en présence de cytokinines. Possingham et Smith (1972) in Sévérin (1984) expérimentèrent la N6-benzyladénine, et la zéatine sur des disques de feuilles d'Epinard, et indiquent 1'accroissement du nombre des chloroplastes par cellule.

Feierabend (1969) a montré qu'en appliquant de la kinétine à des plantules étiolés de Seigle, il en résultait après plusieurs jours (96 h), une augmentation spécifique de l'activité d'enzymes localisées dans les chloroplastes, en l'occurrence la carboxydismutase et la glycéraldehyde 3phosphate déshydrogénase NADP-dépendante. Leur vitesse de synthèse était déterminée par la concentration intracellulaire de cytokinine.

Il ressort des travaux de (Fletcher et *al*., 1973) avec les cotylédons de concombre, de (Stobart et Shewry, 1972) sur les feuilles d'Orge, que les cytokinines ont une action sur les activités enzymatiques impliquées dans la voie de biosynthèse de la chlorophylle, notamment celle de l'acide amino-Iévulinique synthétase, une enzyme clé de cette voie.

3-4-5-Relations avec les structures membranaires

Les cytokinines sont impliquées dans la perméabilité membranaire. En ce qui concerne le phénomène de la sénescence, Dennis et *al* (1967) rapportent que les cytokinines exogènes favoriseraient souvent le phénomène de la sénescence dans de jeunes feuilles, par leur hyperstimulation de la formation de la membrane chloroplastique.

En plus de la diminution des chlorophylles, l'intégrité membranaire est un facteur important.

On se basant sur l'incorporation de la (14C)-leucine dans des chloroplastes isolés,

Richmond et Lang en 1957 rapportèrent que l'effet de la kinétine serait pour une grande part, dû à l'hydratation et à la perméabilité membranaire.

Travaillant sur ce même système, (Thimann et *al*., 1971) soulignent le fait que, dans le contrôle du phénomène de la sénescence, la production d'enzymes à l'extérieur du chloroplaste, serait le facteur le plus important. Plusieurs travaux suggèrent que cette action serait due au contenu en acides gras. Chez l *'OignoI T*, Feng et Unger (1972) rapportent qu'une application de kinétine aux cellules épidermiques se traduit par un effet hautement significatif sur la constante de perméabilité, bien que la pression osmotique ne soit pas affectée. Ces auteurs ont suggéré qu'un effet sur les protéines membranaires pourrait être impliqué.

Selon Kull et Buxenstein (1974) une application de la kinétine ou de la zéatine, se traduit par une augmentation du contenu en acide linoléique dans les feuilles de Peuplier. Chez Impatiens, le même traitement foliaire se traduit par une augmentation du contenu en acide palmitique. Ils ont été tentés de suggérer que l'inhibition par la cytokinine de la glucose-6-phosphate-isomerase et de la glucose-6-phosphate déshydrogénase, restreindrait le métabolisme du glucose en faveur de l'isomérisation de l'UDP-glucose en UDP-galactose. Ce dernier, en retour, stimulerait la synthèse de l'acide linoléique des galactolipides (Sévérin, 1984).

4-La balance hormonale (Auxine/ Cytokinine)

L'utilisation de phytohormones, des substances qui régissent la croissance et le développement des plantes, est largement répandue en production horticole commerciale pour faciliter la multiplication végétative (Hartmann et *al*., 1997). Chaque phytohormone produit des effets différents selon sa concentration, son lieu d'action et le stade de développement de la plante.

L'application d'auxines naturelles ou de synthèse sur des boutures de tiges ou de feuilles stimule fortement la formation de nouvelles racines (Srivastava, 2002).sachant que l'acide indole-butyrique (AIB) est l'auxine de synthèse la plus employée commercialement (Hartmann et *al*., 1997 ; Srivastava, 2002). Les cytokinines jouent, quant à elles, un rôle important dans l'initiation des bourgeons et des tiges (Werner et *al*., 2003). La kinétine est l'une des plus utilisées (Srivastava, 2002). Le rapport de concentration auxine/cyto- kinine détermine la différenciation des cellules : un rapport

élevé favorise l'apparition de racines, tandis qu'un rapport faible stimule l'émergence de tiges (Ève Leclerc et *al*., 2007).

Grâce à une balance hormonale adaptée, il est possible d'induire une organogenèse déterminée, à partir d'explant très différent (Boxus et *al*., 1995). Cependant l'utilisation d'auxines et de cytokinines ainsi que leurs concentrations dans le milieu de culture est spécifique du type d'organes à induire. Plusieurs auteurs Margara (1984) ; Zrÿd (1988); Auge et *al* (1989) ; et Boxus et *al* (1995) montrent que :

- Si le rapport cytokinine / auxine > 1 c'est la néoformation des bourgeons qui est généralement induite.
- Si le rapport cytokinine / auxine < 1 il y a une rhizogénèse.
- Si le rapport cytokinine / auxine = 1 il y a formation de cals.

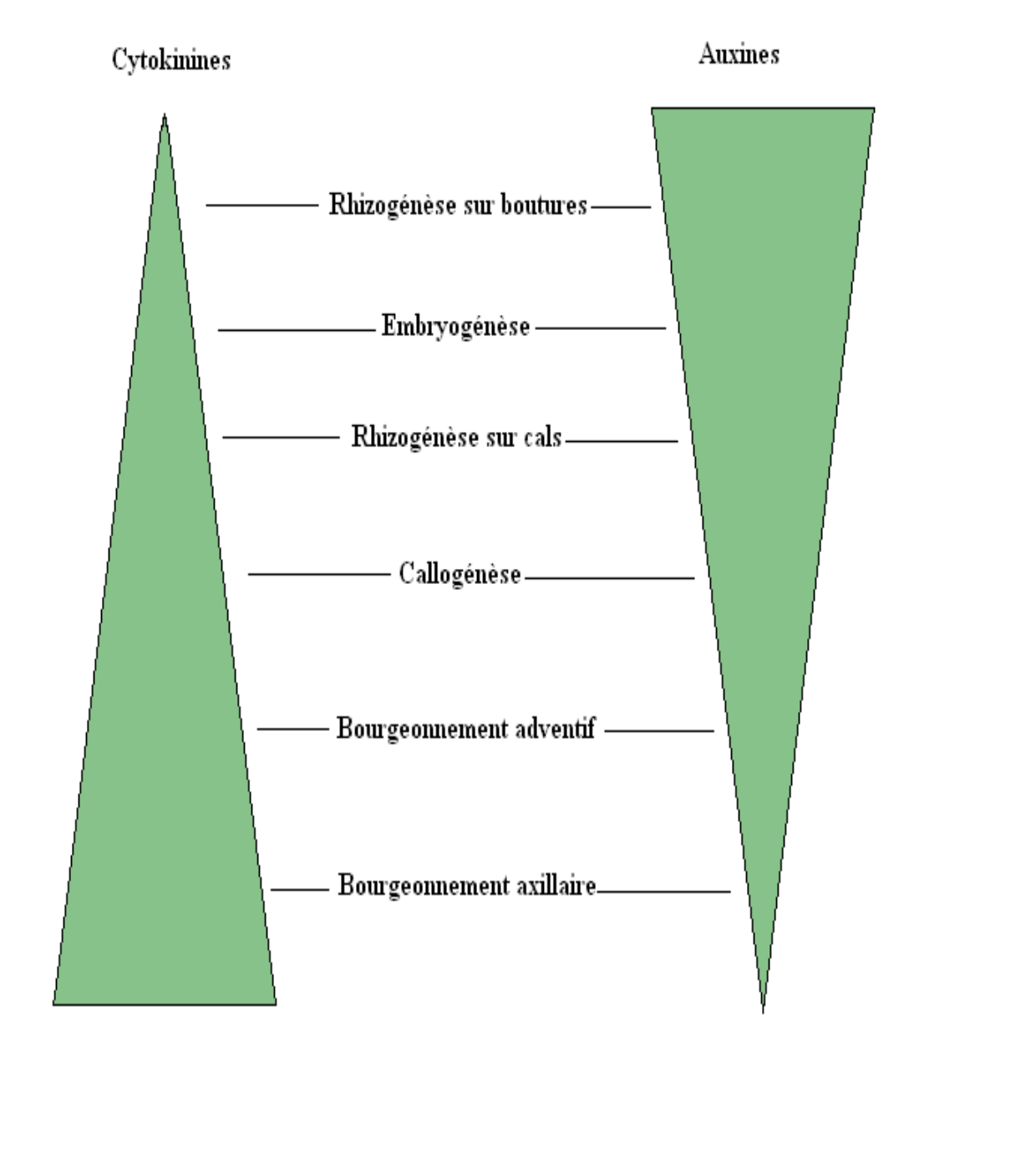

Figure 04 : La balance hormonale (Zrÿd, 1988 in Halfaoui, 2010).

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES

I- Matériels et méthodes

I-1- Matériel végétal utilisé

Notre étude est effectuée sur le génotype *KEBIR* -1 (blé dur) dont les grains proviennent d'ITGC Elkhroub – Constantine.

Ce génotype se caractérise par :

Origine : le Mexique.

Epis : blanches et courtes avec épiées noirs non Surpeuplés**.**

Nombre du grain : 26 grain /épi.

Longueur de la lige : 100 cm (creuse).

Maturité : tardive par rapport aux autres variétés.

Rendement : 2à5t /ha (moyenne).

Vue les études insuffisantes concernant ce génotype nous l'avons choisi pour réaliser notre travail.

I-2-Les hormones végétales utilisés

On a utilisé dans cette étude quatre hormones végétales comme activateurs de croissance deux naturelle (AIA, K) et deux synthétisés (IBA, BAP):

- **Les auxines**

On a utilisé l'indole acétique acide (AIA) naturel et l'indole biotirique acide (IBA) synthétisé avec des différentes concentrations (10-20-30ppm) par pulvérisation.

- **Les cytokinines**

On a utilisé la kinétine (K) naturel et benzyle-amino-purine (BAP) synthétisé avec des différentes concentrations (10-20-30ppm) par pulvérisation.

- **La préparation des solutions hormonale de la croissance**

Pour chaque concentration demandée :

- dissoudre l'hormone dans 1ml d'éthanol.

-compléter le volume avec l'eau distillé jusqu'à 1l.

-Après avoir la solubilité totale de l'hormone, on doit conserver les solutions hormonales dans des flacons en verre opaque (pour éviter leur oxydation par la lumière) et les mettre dans un endroit relativement frais (Parce que c'est le milieu approprié pour la croissance de certains microorganismes).

II-Méthodes d'études

II-1-L'étude dans la serre

Cette expérience est divisée par rapport au traitement par la salinité et les hormones végétales en deux parties :

II-1-1-La salinité

On a utilisé dans cette partie trois niveaux de salinité (0g/L, 10g /L, le 15g /L) de Na Cl.

II-1-2-Le traitement hormonales des plantes stressées (par la salinité)

Les plantes stressées (par la salinité) sont traitées avec les hormones végétales par pulvérisation.

II-2-La méthode de culture et de traitement

Les grains de blé dur sont désinfectés à la solution d'hypochlorite de sodium à 0 ,5 % et rincés plusieurs fois à l'eau distillée puis cultivés dans des pots contenants environ 2kg de sol culturale homogène argileuse, avec un pourcentage important de matière organique, Ph neutre jusqu'à alcalin léger et non salin (tableaux 01) par une moyenne de 12grains /pot cultivées ou fin de novembre. Les pots sont soumis dans la serre à une température entre (17-40°C) et une humidité relative estimé entre (65-90%). l'irrigation se fait avec un taux de1/3 capacité au champ (0,1L) Par l'eau du robinet pendant deux semaines, puis on sélectionne 7 plantes dans chaque pot.

A partir de la troisième semaine on commence l'irrigation chaque semaine par 0,3L pour chaque concentration de salinité (0, 10, 15g /l). A partir de la troisième feuille, après 15jours de traitement de salinité et dès le début du stade tallage (la sixième semaine), on a appliqué le traitement hormonal par pulvérisation, après 15 jours des nombreux paramètres sont mesurés :

- morphologiques (surface foliaire cm2).

-physiologiques (dosage des sucres totaux solubles par la méthode Dubois et *al*., 1956, dosage de proline selon Torll et Lindsely, 1955, chlorophylle A et B par la méthode de Hegazi et *al*., 1998).

Tableaux 01 : Les caractères physico-chimiques du sol utilisé dans l'expérience (فرشة 2001)

Carbonates MEQ/L	Bicarbonates MEQ/L	CEC MEQ/L	CE25° C MS/CM	PH	Calcaire Totale %	Calcaire efficace	La matière organique %
-	2	0 ,135	1,38	7,8	17	9,5	2,38

Sable grossier %	Sable fine %	Limon %	Argile%	la texture du sol
7,37	5,33	20	67	Lumifère- argileux

II-3-Les paramètres mesurés

II-3-1- La surface foliaire (cm2)

La mesure de la surface foliaire, qui est un indice nécessaire pour la détermination de la croissance est réaliser selon la méthode de Paul et *al* (1979). Cette méthode consiste à reproduire la surface d'une feuille sur du papier (dans notre cas la feuille a été photocopier). Ainsi, la surface de la feuille est estimée à partir du poids de la feuille en papier par rapport au poids d'une surface de 1 cm2 du même papier. La surface foliaire est calculée suivant la formule :

$$\mathbf{SF\ (cm^2) = PF.\ S\ (1cm^2) / P\ (1cm^2)}$$

SF : surface foliaire**, PF :** poids de la feuille, **S :** surface papier, **P :** poids du papier

II-3-2-Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindsley (1955) simplifiée et mise au point par Dreir et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986).

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrie.

La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

100 mg de matière fraîche foliaire ou sont prélevés de chaque répétition et mis dans des tubes à essais auxquels on ajoute 2 ml de Méthanol à 40%. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

Après refroidissement, 1 ml de l'extrait a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique.

Ensuite, nous avons ajouté, dans chaque tube, 1 ml de mélange contenant 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique (H3PO4, densité 1,7) et 25 mg de ninhydrine.

Le mélange est porté à l'ébullition durant 30 min. La solution vire vers le rouge. Après refroidissement des solutions, le chromatophore est extrait avec 5 ml de toluène. Deux phases se séparent après agitation au vortex. On prélève la phase supérieure contenant le chromatophore à la qu'elle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium oxydé Na2 SO4 à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. La lecture de la densité optique des échantillons est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm, correspondant à son maximum d'absorption.

La teneur en proline est calculée par l'équation : **Y= Do. 0,62 µg/g MF**

Do : densité optique, **MF** : matière fraiche

II-3-3- Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode Dubois et *al* (1956).

Elle consiste à prendre 100 mg de matériel végétal, dans des tubes à essai, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48 heures. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait (solution à analyser).

Dans des tubes en verre propres, on met 2 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5 % (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; on ajoute rapidement 5 ml

d'acide sulfurique concentré 96% (d = 1,86) tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube.

On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C. La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.

Les sucres solubles sont calculés par l'équation : **Y= Do. 1,657mg/g MF**

II-3-4- Dosage de la chlorophylle (A et B)

Pour calculé la concentration de chlorophylle totale de la feuille végétatif selon la méthode de (Vernon et Seenly, 1966) avec une modification par (Hegazi et *al*., 1998) .

On prend 100 mg de matière fraîche composée des feuilles de semis de chêne liège. Ensuite on y ajoute 10ml d'une solution préparée à partir 75% de d'acétone et de 25% d'éthanol. On les conserve dans des boites noires fermés pendant 48h à 30°C et à l'obscurité. La densité optique est mesurée à 663nm pour la chlorophylle a et à 645nm pour la chlorophylle b.

Les concentrations en chlorophylles a et b, exprimés en mg.g-1 MF sont données par les formules suivantes :

Chl (a) (mg/gMF) = 12.3Do (663) – 0.86(645) Do
Chl (b) (mg/gMF) = 9.3Do (645) – 3.6(663) Do

II-3-5-Etude statistique

L'étude statistique est réalisée à l'aide du logiciel XL STAT par l'analyse de la variance (ANOVA) entre les différents paramètres étudiés (surface foliaire, teneur en proline, chlorophylle A et B, les sucres solubles).

RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats et discussion

I-Résultats

I-1-Effet du sel sur les paramètres morpho-physiologiques

Les résultats de l'analyse de la variance et le test de Bonferroni (Tableau 02) et (figure 05), ont révélé l'existence d'un effet non significatif de NaCl sur la teneur en chlorophylle a et la teneur foliaires en sucres solubles totaux respectivement avec un p=0,482 et p=0,430. Est un effet très significatif avec un p=0,000 pour la teneur en chlorophylle b, on remarque une diminution importante de 294,038 (mg/gMF) à 276,423 (mg/gMF) et 265,500 (mg/gMF) respectivement avec les concentrations 0g/l, 10g/l et 15g/l de la salinité. La différence est aussi très significative avec p= 0,000 dans le cas de la teneur en proline des feuilles, dans le milieu très salin 15g/l on note une augmentation très importante de (565,654 µg/gMF). Mais pour la surface foliaire la réduction est significative avec p=0,002, à la concentration 10g/l avec une moyenne de 11,983cm^2, cependant avec la concentration 15g/l la surface foliaire est plus réduite (11,367cm^2).

Ces résultats sont confirmés par les différents groupes homogènes du test de Bonferroni dans le tableau (02)

Tableau 02 : Effet du sel sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif.

DOS SEL	cav	cbv	pv	sv	sfv
0	0,107 a a	294,038 c c	94,694 a a	0,598 a a	13,578 b b
10	0,163 a a	276,423 b b	179,445 a a	0,476 a a	11,983 a a
15	0,154 a a	265,500 a a	565,654 b b	0,421 a a	11,367 a a
Pr > F	0,482	0,000	0,000	0,430	0,002
Significatif	Non	Oui	Oui	Non	Oui

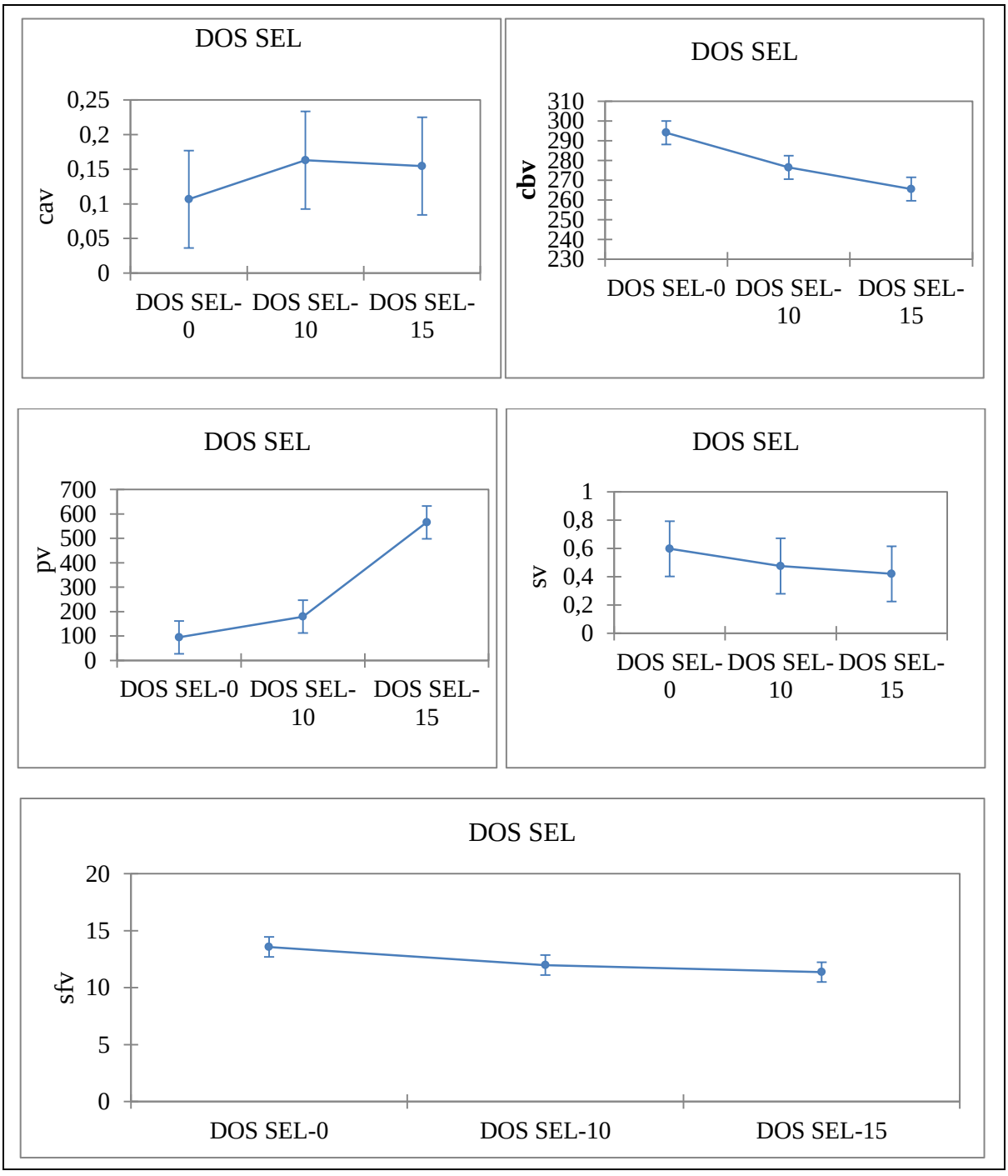

Figure 05 : Effet du sel sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif.

I-2-Effet d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques

I-2-1- Effet de type d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques

Pour le type d'hormone l'étude statistique selon le test de Ficher (LSD) signale que la différence entre le taux de la chlorophylle a stade végétatif le contrôle, BAP, IBA et K n'est pas significative, ces derniers forme un seul groupe homogène (A), tandis que la différence entre eux et l'hormone IAA qui forme le groupe (B) demeure très significative. Les résultats sont mentionnés dans les tableaux (VI-a et VI-b) (annexe) et la figure (06).

Pour la chlorophylle b stades végétatif selon les tableaux (VII-a et VII-b) (annexe) et la figure (06) issus de l'analyse statistique ANOVA et test de ficher (LSD), on constate une différence très significatif entre l'hormone IAA et l'IBA alors qu'elle reste non significatif entre les deux autres hormones et le contrôle.

La différence entre les différentes hormones et le contrôle pour le taux de la proline et les sucres solubles totaux d'après les tableaux (VIII-a, VIII-b, IX-a et IX-b) (annexe) et la figure (06) la différence est non significative et les différences moyennes forment un seul groupe (A) pour chaque paramètre.

Pour la surface foliaire le test de Ficher(LSD) dans le tableau (X-a et X-b) (annexe) et la figure (06)fait ressortir trois groupes homogènes (A) pour l'IAA et BAP avec les moyennes minimales, la k avec une moyenne maximale et dernière groupe (AB) intermédiaire qui comprend l'IBA et contrôle.

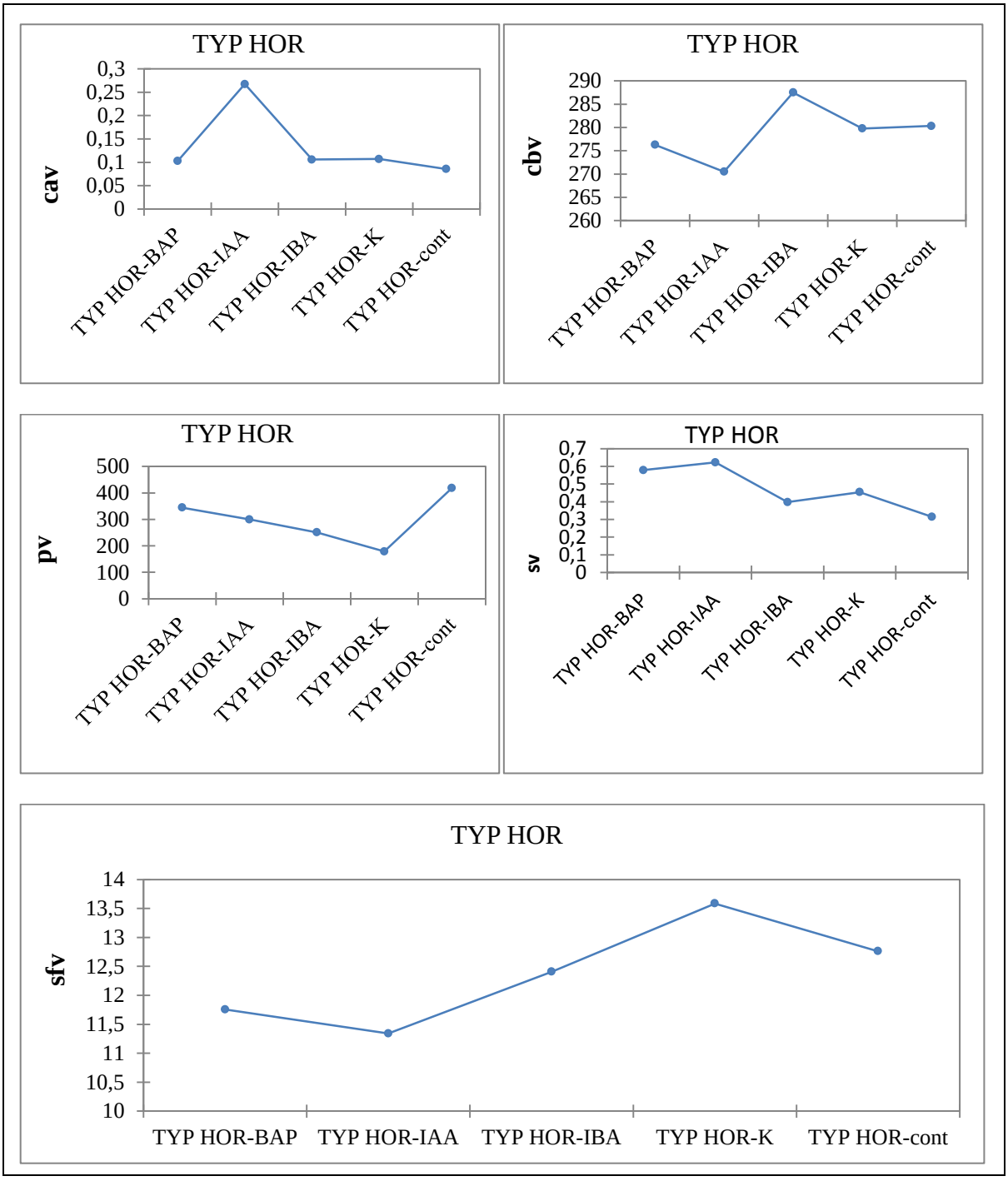

Figure 06 : Effet de type d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif.

I-2-2- Effet de dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques

L'analyse de la variance (Tableau 03) et (figure 07) indique que l'effet de la dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologique est significatif pour la teneur en chlorophylle a, la surface foliaire avec un p=0,013, 0,029 respectivement, par contre pour la teneur en chlorophylle b, la proline et les sucres solubles totaux elle est non significative avec un p=0,910, 0,147, 0,185 respectivement pour chaque paramètres,

Sachant que pour les paramètres chlorophylle a, chlorophylle b, proline et la surface foliaire c'est la dose 30 ppm qui permet l'augmentation de leurs taux avec des moyennes respectivement 0,239267mg/gMF, 280,125267mg/gMF, 319,763 µg/gMF, 13,425 cm^2, pour les sucres soluble totaux l'augmentation du taux se réalise avec une dose de 20 ppm d'une moyenne de 0,669 mg/gMF.

Tableau 03 : Effet de dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif.

DOS H	cav	cbv	pv	sv	sfv
30	0,239 ad d	280,125 a a	319,763 a a	0,484 a a	13,425 b b
0	0,086 a a	280,333 a a	417,947 a a	0,315 a a	12,760 ab ab
20	0,103 a c c	279,083 a a	301,107 a a	0,669 a a	11,518 a a
10	0,095 ab b	276,333 a a	184,420 a a	0,387 a a	11,872 a ab
Pr > F	0,013	0,910	0,147	0,185	0,029
Significatif	Oui	Non	Non	Non	Oui

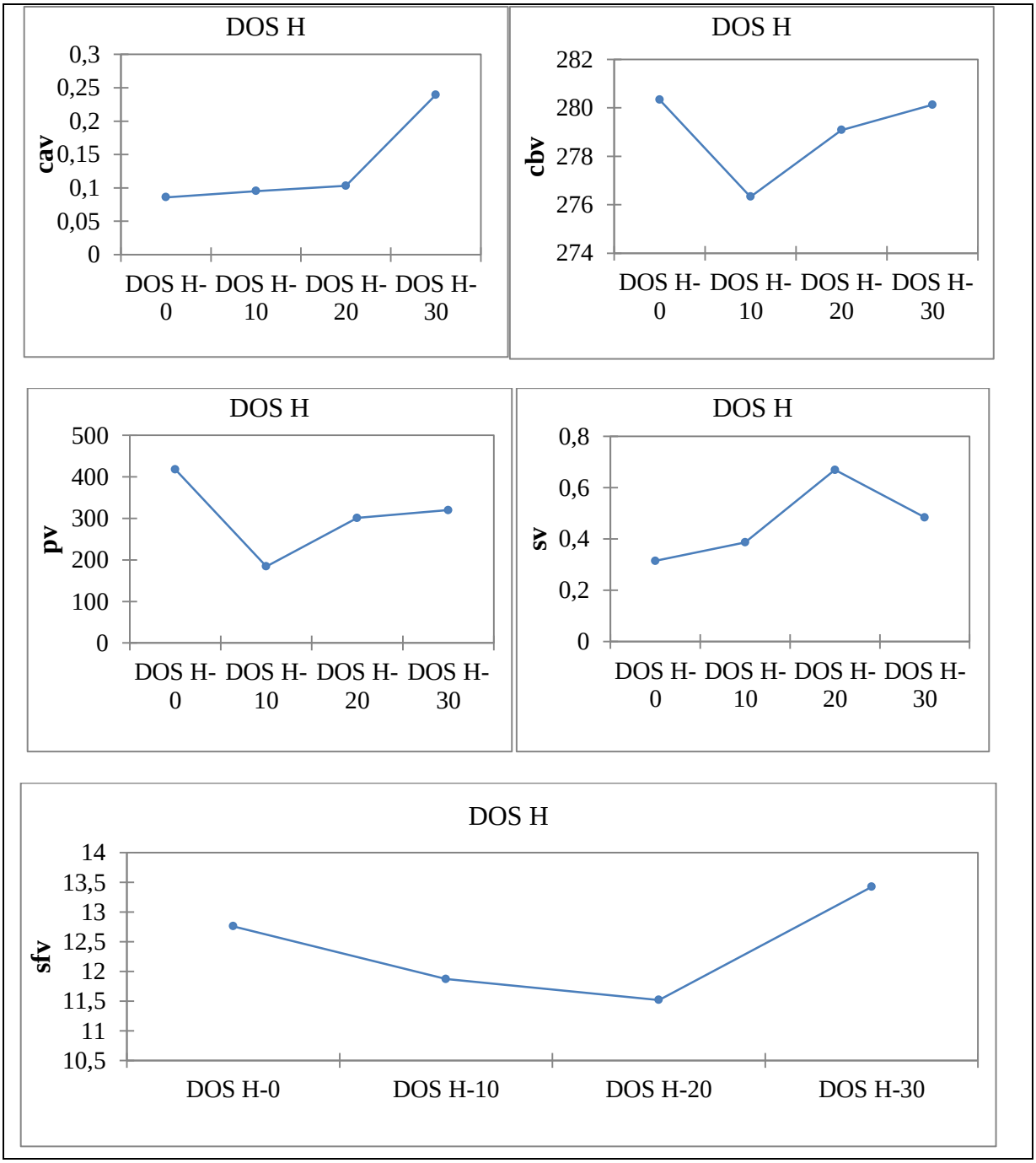

Figure 07 : Effet de dose d'hormone sur les paramètres morpho-physiologiques (Blé dur) stade végétatif.

I-3- Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les paramètres morpho-physiologiques

L'interaction entre type d'hormone / dose d'hormone / dose sel sur les paramètres marque une différence significative selon l'ANOVA et les tests de Bonferroni, Newmen-keuls et Ficher (LSD) qui font ressortir des groupes homogènes différents pour chaque paramètres selon (tableau 04) et les figures 08, 09 et 10) :

- pour la chlorophylle a stade végétatif l'IAA avec la dose 30 ppm dans les milieux salins 10g/l et 15g/l forment un groupe (A) dont les moyennes du taux de la chlorophylle a sont les plus élèves avec une moyenne de 0 ,905 mg/gMF pour le milieu 15g/l et 0,895 mg/gMF pour le milieu 10g/l, le reste des hormones avec leurs différentes doses dans les milieux salins 0g/l, 10g/l et 15g/l forment un même groupe (B) dont les différences du taux de la chlorophylle a ne différent pas.

-Pour la chlorophylle b stade végétatif le taux le plus élève est marqué dans le milieu salin 0g/l par l'application de l'hormone IBA avec la dose 20ppm d'une moyenne de 316 mg/ gMF (IBA 20ppm – le sel 0g/l) qui appartient au groupe homogène (A) , le taux de la chlorophylle b stade végétatif dans le milieu salin 10g/l est augmenté par l'application de la kinétine avec la dose 10 ppm par une moyenne de 294 mg/gMF, IBA avec les doses 20ppm, 10ppm et 30ppm avec les moyennes 293,5 mg/gMF, 286 mg/gMF, 280 mg/gMF respectivement, BAP avec les doses 30ppm et 10ppm avec les moyennes 277 mg/gMF, 275,5 mg/gMF successivement, IAA avec les doses 30ppm et 20ppm avec les moyennes 274,5 mg/gMF, 273,5 mg/gMF respectivement, BAP avec la dose 20ppm par moyenne d'une 271,5 mg/gMF, K avec les doses 20ppm et 30ppm avec les moyennes 266,5 mg/gMF, 266 mg/gMF successivement. Ces différentes hormones avec leurs différentes doses forment le groupe (A B C D), pour le milieu 15g/l les taux de la chlorophylle b stade végétatif les plus réduites sont enregistrés après l'application de la BAP avec les doses 20ppm, 10 ppm et 30 ppm avec les moyennes 248,5 mg/gMF, 256,5 mg/gMF et 258,5 mg/gMF respectivement et leurs groupes homogènes (D) pour les milieux 10g/l et 15g/l, (C D) pour le dernier milieu, l'IAA avec la dose 10 d'une moyenne de 259,5 mg/gMF (groupe C D).

-Les taux les plus élèves sont obtenus après l'application des hormones et doses qui appartient au groupe homogène (A B C D), la valeur la plus élevée est celle de la K avec la dose 20 ppm d'une moyenne de 282 mg/gMF. Suivi par l'IAA avec la dose 30ppm d'une moyenne de 276 mg/gMF…etc.

-Le paramètre (taux de proline) est aussi affecté par cette interaction :

-Dans le milieu salin 15g/l l'analyse statistique confirme que le taux le plus élève et sans hormone (0ppm) groupe (A) suivi par la BAP avec la dose 30 ppm et forme un groupe homogène (A B) suivi par BAP avec la dose 20 ppm groupe (A B C) puis l'IAA avec les doses 10 ppm groupe (A B C D) et 30 ppm groupe (A B C D E) par des moyenne respectivement 746µg/gMF, 685,5 µg/gMF, 664 µg/gMF...etc.

-Dans le milieu 10g/l le taux le plus élevé est noté par l'application de l'hormone BAP avec la dose 10 ppm groupe (B C D E F G H I) avec une moyenne de 361,5 µg/gMF puis l'IAA avec la dose 30 ppm d'une moyenne de 311,5 µg/gMF groupe (B C D E F G H).

-Pour le milieu 0g/l les taux de la proline les plus élevés sont notés après l'application de l'IBA avec la dose 30 ppm d'une moyenne de 211 µg/gMF groupe (E F G H I).

-Les sucres solubles totaux dans le milieu salin 0g/l sont augmentés grâce à l'application de l'IAA avec la dose 30 ppm groupe (A) avec une moyenne de 2,398 mg/gMF.

-Pour le milieu salin 10g/l les meilleurs taux sont obtenus grâce à l'IBA avec la dose 20 ppm d'une moyenne de 1,597 mg/gMF groupe (A B).

-Le milieu salin 15g/l permet l'augmentation des sucres après l'application de l'IAA avec la dose 20 ppm d'une moyenne de 1 ,534 mg/gMF (groupe A B C).

-Dans le milieu 0g/l la surface foliaire augmente à des valeurs maximales après l'application de la K avec la dose 10 ppm d'une moyenne de 17,015 cm² groupe (A).

-Pour le milieu salin 10g/l la valeur maximale est de 15,955 cm² après l'application de l'IBA avec la dose 30 ppm suivi par la K avec la dose 10 ppm d'une moyenne de 15,950 cm² groupe (A B).

- Pour le milieu salin 15g/l la valeur maximale de la surface foliaire et de 13,290 cm² après l'application de l'hormone BAP avec la dose 30 ppm suivi par IAA avec la dose 20 ppm et la K avec la dose 30 ppm qui forment le même groupe (A B C).

Tableau 04 : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les paramètres morpho-physiologiques

TYP H * DOS H * DOS SEL	cav	cbv	Pv	sv	sfv
K*30*0	0,128 b b	314,500 ab a	138,500 ghi ef	0,563 bcd c	16,485 ab ab
K*10*10	0,127 b b	294,000 abcd abcd	63,965 hi f	0,498 bcd c	15,950 ab abc
BAP*20*0	0,117 b b	294,000 abcd abcd	157,500 fghi ef	0,792 bcd bc	13,290 abc abcd
BAP*10*0	0,131 b b	312,000 ab ab	158,500 fghi ef	1,015 bcd bc	11,695 abc abcd
IBA*20*10	0,117 b b	293,500 abcd abcd	239,000 defghi def	1,597 ab b	11,700 abc abcd
IAA*30*0	0,106 b b	289,500 abcd abcd	60,450 hi f	2,398 a a	14,355 abc abcd
BAP*30*0	0,122 b b	293,000 abcd abcd	157,000 fghi ef	0,589 bcd c	12,230 abc abcd
K*10*0	0,118 b b	282,000 abcd abcd	104,500 ghi ef	0,293 cd c	17,015 a a
IBA*20*0	0,137 b b	316,000 a a	0,770 i f	0,358 bcd c	11,700 abc abcd
IAA*20*0	0,106 b b	293,500 abcd abcd	181,500 fghi def	0,282 cd c	13,290 abc abcd
IBA*30*0	0,119 b b	291,500 abcd abcd	211,000 efghi def	0,159 d c	15,420 ab abc
K*30*15	0,093 b b	268,000 abcd bcd	463,000 bcdefgh bcde	0,565 bcd c	13,290 abc abcd
cont*0*10	0,110 b b	287,500 abcd abcd	159,000 fghi ef	0,437 bcd c	12,230 abc abcd
IBA*30*10	0,112 b b	280,000 abcd abcd	253,500 defghi def	0,113 d c	15,955 ab abc
IAA*20*15	0,083 b b	264,000 bcd cd	610,500 abcdef bc	1,534 abc b	13,290 abc abcd
IAA*30*10	0,895 a a	274,500 abcd abcd	311,500 cdefghi cdef	0,223 d c	12,230 abc abcd

Suite tableau 04 : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les paramètres morpho-physiologiques

K*20*15	0,108 b b	282,000 abcd abcd	325,500 bcdefghi cdef	0,403 bcd c	10,630 abc abcd
IBA*30*15	0,105 b b	273,000 abcd abcd	553,000 bcdefg bcd	0,242 cd c	12,760 abc abcd
K*20*0	0,103 b b	278,500 abcd abcd	0,510 i f	0,479 bcd c	13,290 abc abcd
BAP*30*10	0,108 b b	277,000 abcd abcd	253,000 defghi def	0,210 d c	12,760 abc abcd
IAA*30*15	0,905 a a	276,000 abcd abcd	664,000 abcde b	0,178 d c	7,970 c d
BAP*10*10	0,096 b b	275,500 abcd abcd	361,500 bcdefghi cdef	0,440 bcd c	10,100 abc bcd
BAP*20*10	0,096 b b	271,500 abcd abcd	253,000 defghi def	0,950 bcd bc	10,630 abc abcd
cont*0*15	0,086 b b	260,000 cd d	1035,000 a a	0,275 cd c	12,760 abc abcd
IBA*20*15	0,097 b b	267,500 abcd bcd	662,000 abcde b	0,283 cd c	10,630 abc abcd
K*10*15	0,097 b b	266,500 abcd bcd	258,000 defghi def	0,360 bcd c	11,695 abc abcd
BAP*30*15	0,087 b b	258,500 cd d	772,000 ab b	0,178 d c	13,290 abc abcd
BAP*20*15	0,086 b b	248,500 d d	746,000 abc b	0,636 bcd c	9,570 bc cd
IBA*10*15	0,102 b b	271,500 abcd abcd	335,000 bcdefghi cdef	0,248 cd c	10,100 abc bcd
K*20*10	0,097 b b	266,500 abcd cd	253,000 defghi def	0,535 bcd c	9,565 bc cd
cont*0*0	0,062 b b	293,500 abcd abcd	59,840 hi f	0,232 d c	13,290 abc abcd
IBA*10*10	0,105 b b	286,000 abcd abcd	0,760 i f	0,394 bcd c	10,100 abc bcd
IBA*10*0	0,062 b b	308,500 abc abc	0,760 i f	0,190 d c	13,290 abc abcd
K*30*10	0,095 b b	266,000 abcd cd	0,201 i f	0,395 bcd c	14,355 abc abcd
BAP*10*15	0,083 b b	256,500 d d	244,000 defghi def	0,396 bcd c	12,225 abc abcd
IAA*20*10	0,090 b b	273,500 abcd abcd	184,000 fghi def	0,181 d c	10,635 abc abcd
IAA*10*15	0,075 b b	259,500 cd d	685,500 abcd b	0,172 d c	9,565 bc cd
IAA*10*0	0,077 b b	256,000 d d	0,196 i f	0,423 bcd c	11,165 abc abcd
IAA*10*10	0,070 b b	248,000 d d	0,361 i f	0,213 d c	9,565 bc cd
Pr > F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Significatif	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

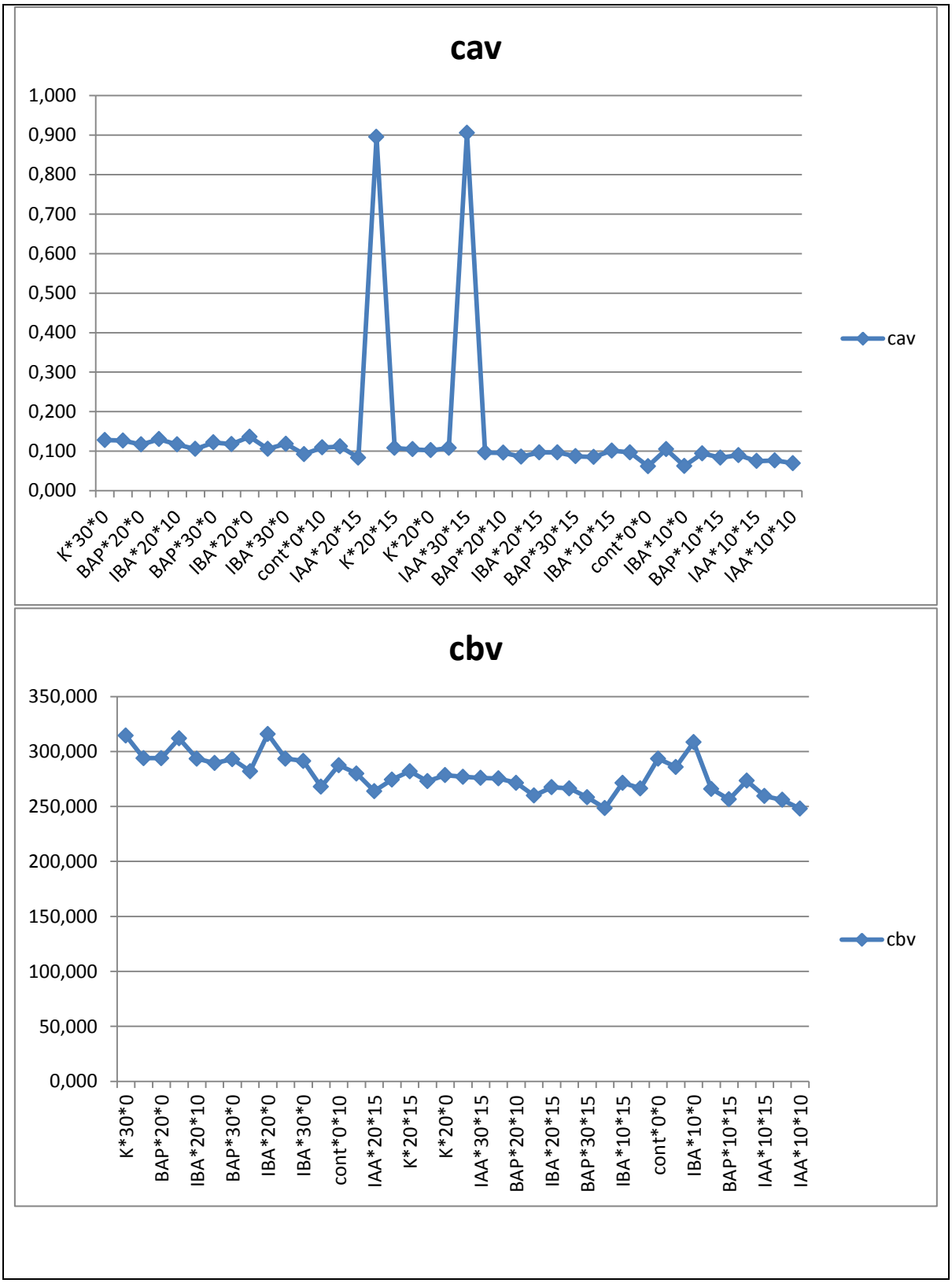

Figure 08 : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la chlorophylle a et b

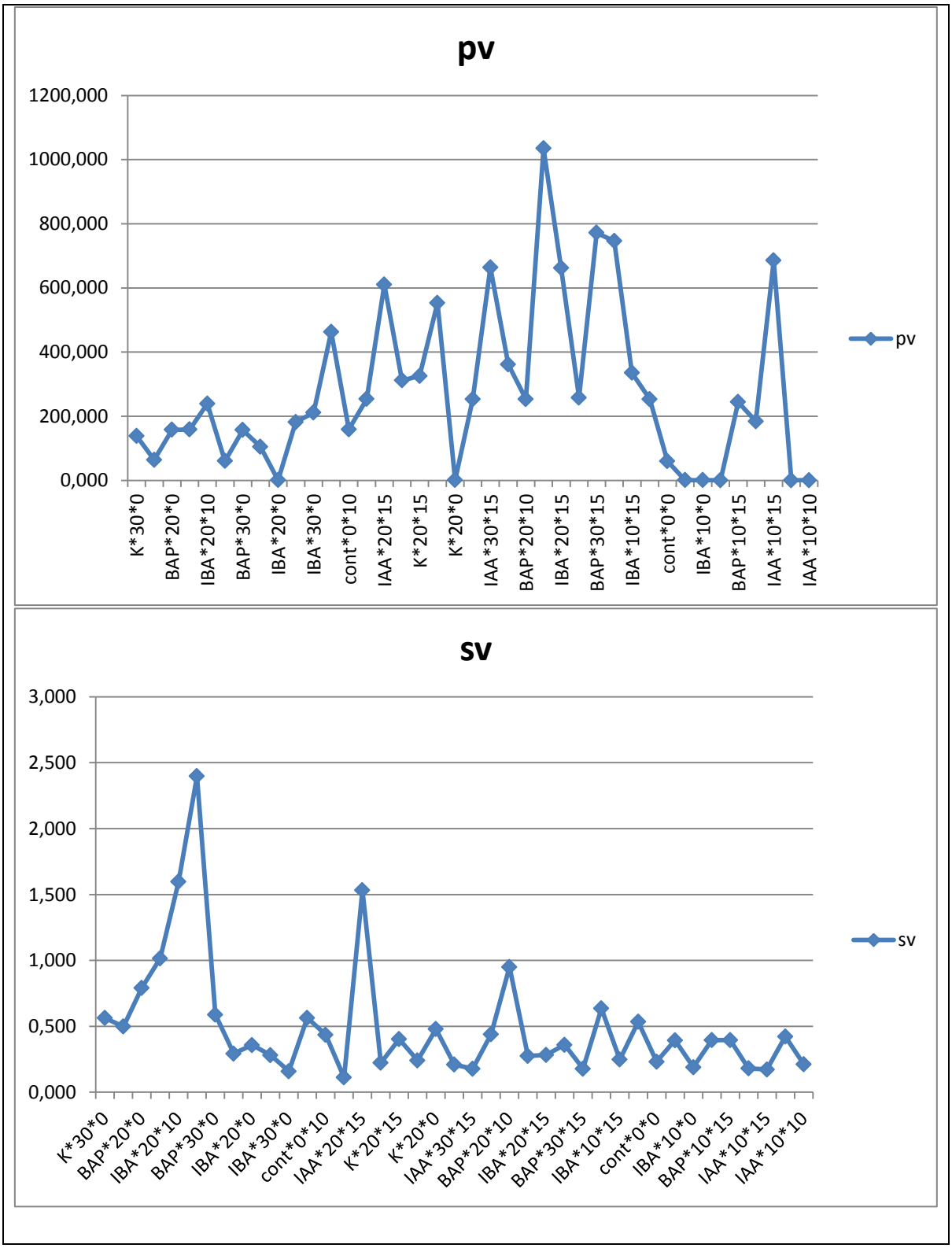

Figure 09 : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les sucres solubles et la proline

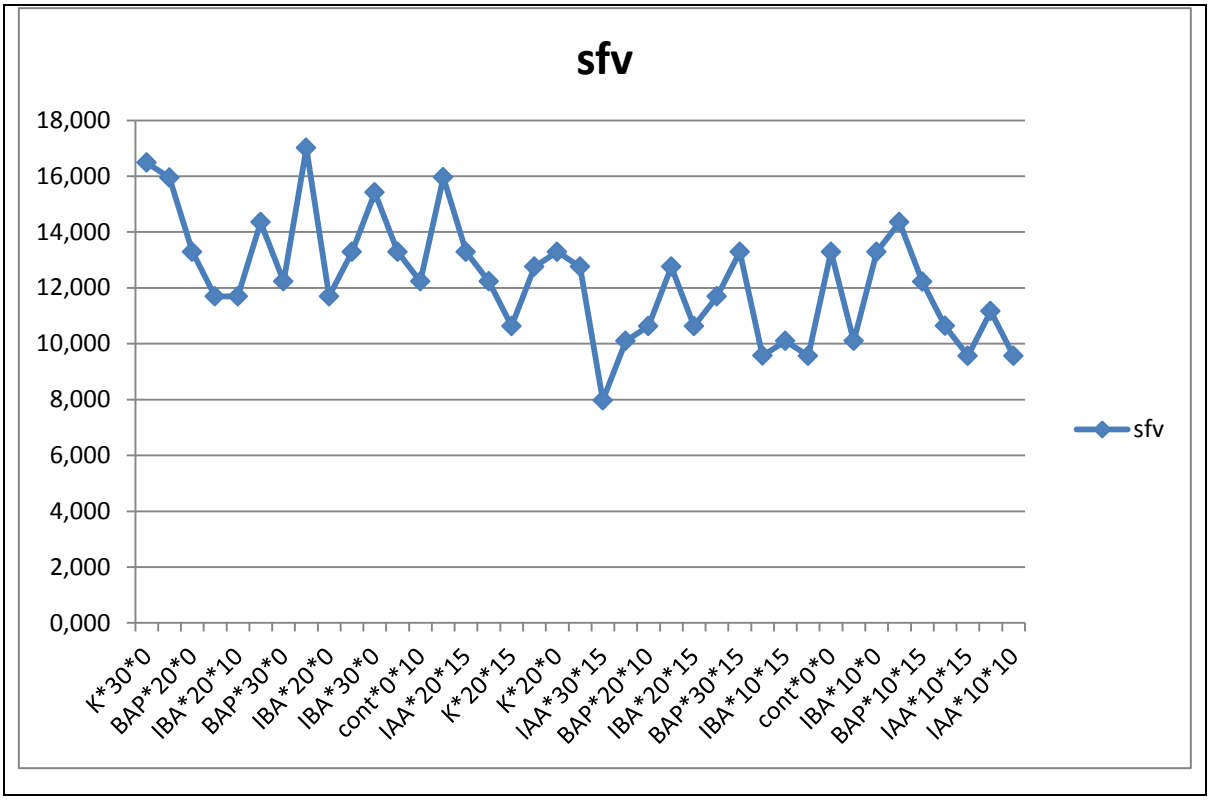

Figure 10 : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la surface foliaire

I-4- Corrélation entre les différents paramètres étudiés

D'après l'analyse en composante principales (ACP), (figure 11) et (tableau 05), expliquent clairement la corrélation entre les différents paramètres entre eux et avec la salinité.

Ces résultats montrent que la teneur en proline est corrélée positivement avec l'axe F1 qui représente le degré de la salinité, donc la teneur en proline augmente avec l'augmentation de ce dernier. Pour la chlorophylle b et la surface foliaire qui sont corrélés entre eux positivement leurs corrélation avec F1est négative, dont l'augmentation du sel cause une diminution des taux de ces deux derniers.

Les sucres soluble totaux stade végétative et la chlorophylle a stade végétative qui sont corrélés négativement le degré de salinité ne montre presque aucun effet sur leurs teneurs.

Tableau 05 : matrice de corrélation entre les paramètres morpho-physiologiques stade végétatif.

Variables	cav	cbv	pv	sv	sfv
cav	**1**	0,024	0,160	-0,119	-0,178
cbv	0,024	**1**	**-0,446**	0,126	**0,319**
pv	0,160	**-0,446**	**1**	-0,104	**-0,261**
sv	-0,119	0,126	-0,104	**1**	0,087
sfv	-0,178	**0,319**	**-0,261**	0,087	**1**
Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05					

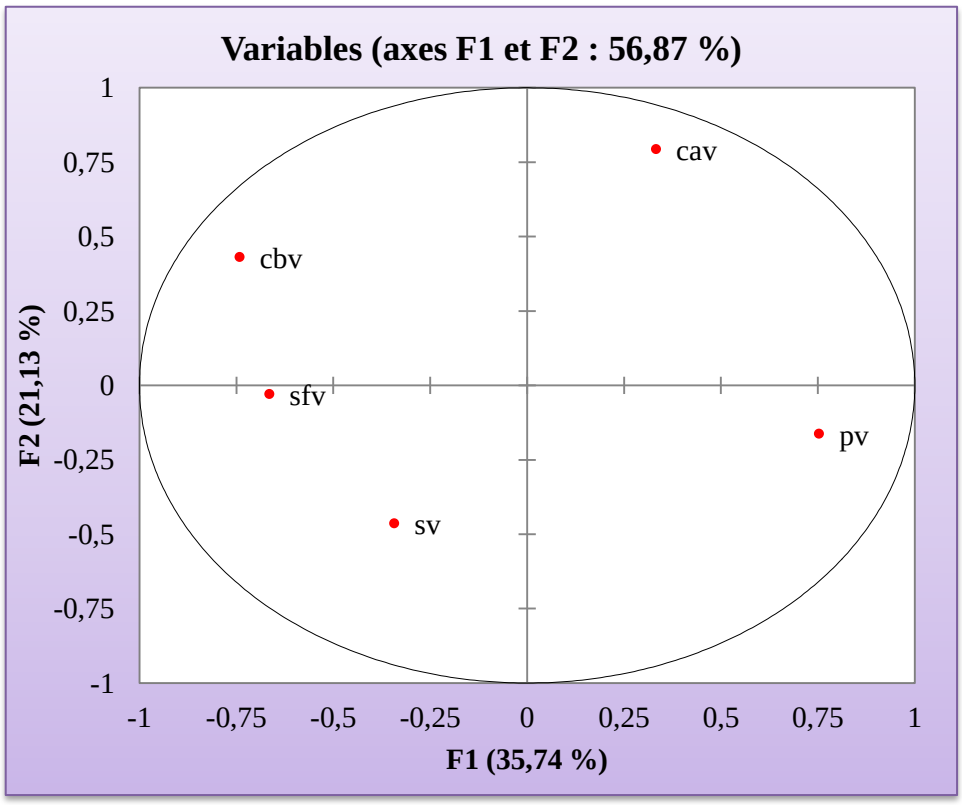

Figure 11 : Effet de la corrélation entre les facteurs et les variables (les paramètres morpho-physiologiques) stade végétatif.

II-Discussion

La salinité est de plus en plus un facteur limitant dans de nombreux domaines de la production agricole et elle est parmi les facteurs environnementaux les plus importants qui limitent la productivité des cultures à travers le monde. Globalement, on a trouvé dans cette étude que la salinité joue un rôle néfaste sur la plante entière soit morphologiquement ou physiologiquement.

En effet, elle affecte tous les aspects de la biologie des plantes. Ces effets négatifs du sel sont généralement considérés sous trois aspects :

- ✓ L'aspect osmotique qui a eu la prépondérance des études et qui se traduit par une moindre disponibilité en eau pour les plantes.
- ✓ L'aspect ionique et la toxicité des ions Na^+ et Cl^- qui ont un effet néfaste sur les structures membranaires.
- ✓ Le déséquilibre nutritionnel causé par les quantités excessives de Na^+ et Cl^- et qui empêchent certains ions essentiels d'être prélevés tels que K^+.

Pour notre travail l'effet nuisible de la NaCl se traduit par une augmentation remarquable de la proline surtout dans le milieu 15g/l et une réduction importante de la chlorophylle b stade végétatif accompagner par une diminution de la surface foliaire stade végétatif dans les milieux 10g/l et 15g/l, la chlorophylle a et les sucres solubles totaux stade végétatif sont peu affecté par le sel.

Nos résultats montrent que l'accumulation des chlorophylles dans un milieu salin est inversement proportionnelle à l'enrichissement du milieu en sel. Ces résultats rejoignent ceux d'El Midaoui et *al* (2007) chez le tournesol, Ibriz et *al* (2007) chez la luzerne, Cheikh et *al* (2008) chez l'orge et El-Iklil (2001) chez la tomate. Cette réduction de la chlorophylle est peut être liée à la sensibilité de sa biosynthèse au chlorure de sodium (Tewari et singch, 1991). Levingneron et *al* (1995) rapportent que l'effet néfaste de la salinité sur les teneurs en pigments chlorophylliens est partiellement à l'origine de la diminution de synthèse des hydrates de carbone.

Par ailleurs, notre étude montre que la teneur en proline augmente chez cette variété de blé dur avec l'augmentation de la concentration saline. Ce constat est similaire au ceux de Djerroudi et *al* (2010) sur l'Atripelex halimus, Hernandez et *al* (2000) sur la tomate, Zerrad (2006) et Hassani et *al* (2008) sur l'orge et en fin Denden et *al* (2005) sur des espèces ornementales. L'accumulation de la proline, sous l'effet de la salinité se concentre

préférentiellement dans les feuilles à des teneurs significativement élevées, lorsque la salinité du milieu en NaCl augmente à 10g/l et 15g/l, ce constat a préalablement été rapporté par Bidai (2001) et Djerroudi (2010) chez l'Atriplex. D'autre part, EL-Iklil et *al* (2001), signalent que l'accumulation de proline varie significativement suivant les concentrations du sel dans le milieu de culture chez la tomate. Cette variation serait due à une compartimentation de l'acide aminé, d'où l'expression de sites de résistance de la plante à la contrainte saline.

L'augmentation de la proline est un mécanisme d'adaptation qui permet aux plantes de maintenir la turgescence foliaire en diminuant le potentiel hydrique favorisant ainsi l'absorption de l'eau dans les conditions salines.

Pour les sucres solubles totaux, dans notre cas ce paramètre n'est pas affecté par la salinité ça peut être expliquez par des conditions liée au génome ou au stade de la croissance, malgré que l'accumulation des sucres solubles au niveau foliaire est parmi les phénomènes les plus observés dans la réponse au stress (Hajihashemi et *al*., 2006). L'augmentation des sucres solubles totaux est due, selon certains auteurs à une modification d'activités enzymatiques liées au métabolisme glucidique. Ainsi, Udomchalothorn et *al* (2009) observent chez les plantes de riz soumises à un stress une diminution de l'activité du fructose 2-6- biphosphate (F26BP), conduisant à une accumulation de saccharose et contribuant ainsi à l'augmentation de la tolérance au sel chez certaines variétés en augmentant l'osmolarité interne des cellules et les réserves disponibles en carbone.

Enfin la surface foliaire a diminuée considérablement avec l'augmentation du sel, ce résultat est en accord avec les résultats de Nabil et Coudret (1995) cités par Viégas et Silveira (1999), qui montrent que le traitement salin mène aussi à la réduction de la surface foliaire totale, un ralentissement de l'élongation racinaire suivie d'une augmentation de volume. En plus les symptômes de sénescence et de nécrose sont visibles au niveau des feuilles basales c-à-d les feuilles adultes, c'est symptômes peuvent être le résultat d'excès de Na^+ et des Cl^- qui provoque la chlorose ensuite la mort des feuilles adultes.

La théorie hormonal développée par Itai et *al* (1973) indique que la salinité a provoqué une modification de l'équilibre hormonale, pour cela dans les conditions stressés (saline). Selon (Zholhevich et Hustovoytova, 1993 ; Jacbbson, 1997 ; Debez et *al*., 2001 in Majid et *al*., 2011) rapportent que l'effet néfaste du sel pendant la germination et la croissance des plantes est en relation avec la diminution des taux endogènes des phytohormones et selon (Wang et *al*., 2001 in Majid, 2011) la salinité augmente le taux de

l'ABA (acide absicic) qui est une hormone qui marque la sénescence et diminue ceux de l'IAA et SA (Acide salicylique) qui marque la croissance et le développement.

Vue l'importance des hormones dans la croissance des plantes et surtout dans le milieu salin, l'apport exogène de ces derniers demeure nécessaire pour la réponse et l'adaptation des plantes au stress.

Selon (Abdel-Rahman, 1982; Abdel-Rahman et Abdl-Hadi, 1983; Kishk et Shalaby, 1985) les hormones améliorent la croissance des plantes suivant le type et la dose d'hormone (Bouatruos et Yakhlef, 2014), et suivant (Khan et *al*., 2004 ; Gul et *al*., 2000 in Majid, 2011) les auxines et les cytokinines corrigent les effets nuisibles de la salinité et augmentent le taux de germination, croissance, nombre et qualité des graines.

Cela est en accord avec nos résultats qui indiquent l'effet positif des hormones sur tous les paramètres étudiés avec des proportions distincts d'un paramètre à l'autre selon l'hormone et sa dose.

Dans notre cas l'augmentation de la surface foliaire est favorisée par l'application des auxines et surtout les cytokinines, soit dans le milieu salin 10 g/l et 15 g/l ou non salin 0 g/l. Ces résultats concordent avec ceux de (2001 فرشة ; Séverin 1984) qui indique que la kinétine stimule la division cellulaire et suivant les recherches de (Youssef et Talaat, 1998 in Ali Khalid, 2001) sur la plante *Nigella Sativa* L. La Kinétine avec la dose 20 ppm dans le milieu 4000 ppm de sel augmente la croissance végétatif, sucres solubles, proline, N, P et le K.

Pour la chlorophylle a et b l'application des deux types d'hormones cytokinines et auxines marquent une augmentation de leur taux cela est en accorde avec les travaux de (Volfova et *al*., 1978 selon الشحات, 1990) qui notent la motivation de la fabrication des plastes ainsi que l'augmentation de leurs volumes selon (كرشنامورتي, 1987), l'IAA augmente la photo-oxydation qui produit la chlorophylle.

La proline aussi augmente après la pulvérisation des cytokinines surtout la BAP et les auxines, en particulier l'IAA dans les deux milieux salin 10 g/l et 15 g/l, mais le taux reste maximal dans le milieu 15 g/l avec la dose 0 ppm d'hormone ce qui concorde avec les résultats de (Tawfik, 1986 in Meleigy et *al*., 1999)

Dawh (1982) selon الشحات (1990) signal l'augmentation des sucres solubles dans les milieux salins qui signalent les taux élevés des sucres solubles grâce aux cytokinines et les auxines dans les trois milieux.

Pour notre travail on peut remarquer que l'IAA avec la dose 30 ppm est en relation avec l'augmentation des sucres solubles, chlorophylle a, chlorophylle b, la proline stade

végétatif dans les milieux salins 10 g/l et 15g/l en exception la surface foliaire stade végétatif qui est favorisée par la K avec la dose 10 ppm dans le milieu salin 10 g/l et la BAP avec la dose 30 ppm dans le milieu 15 g/l.

La corrélation négative de la proline et la chlorophylle est due à l'interaction de leurs deux chaines de synthèse à une molécule intermédiaire ce qui va créer une compétition entre ces deux derniers (Reddy et Veeranza Neyula, 1991).

CONCLUSION

Conclusion

Le stress salin exerce un effet dépressif sur tous les paramètres morphologiques et physiologiques. Le degré de sensibilité dépend de l'intensité du stress.

La chlorophylle b et plus sensibles au stress salin que la chlorophylle a, la réduction des taux de la chlorophylle b stade végétatif occasionner par une perturbation physiologique de la plante due à une mauvaise absorption des éléments minéraux nécessaire au processus de la photosynthèse et parmi eux le fer (Fe^{+}) et le K^{+} .

L'accumulation de la proline dans les feuilles des milieux 10 g/l et 15 g/l permet le maintien d'un potentiel hydrique normal, ce mécanisme d'adaptation permet aux plantes de maintenir la turgescence foliaire en diminuant le potentiel hydrique favorisant ainsi l'absorption de l'eau malgré la présence du sel dans le sol.

La diminution de la surface foliaire signaler dans ce travail permet la réduction de l'évapotranspiration.

Le sel perturbe les réactions métaboliques de la plante ainsi que les codons de la synthèse des phytohormones ce qui occasionne une réduction des taux endogènes des hormones de croissance comme les auxines et les cytokinines et augmente ceux de la sénescence comme l'acide absicic (ABA).

L'apport exogène des deux premiers types avec des différentes doses et surtout les auxines (IAA avec la dose 30 ppm) a permet l'augmentation des paramètres physiologiques : les sucres solubles totaux, chlorophylle a, chlorophylle b et la proline stade végétatif dans les deux milieux salins 10 g/l et 15 g/l tandis que la surface foliaire a significativement augmenté par l'application exogène des cytokinines, la kinétine avec la dose 10 ppm dans le milieu 10 g/l et la BAP avec la dose 30 ppm dans le milieu 15 g/l.

Enfin on peut dire que les phytohormones utilisées dans l'expérimentation ont corrigé l'effet nuisible du sel sur la croissance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abbassenne F., BouzerzourH et Hachemi L. 1998. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf) .en zone semi-aride. Annales agronomiques institut national agronomique, El Harrach, 18 : 24-36.

Abdalli S., Naidja A. 2010. Évaluation de l'effet de l'irrigation complémentaire sur le remplissage du grain chez dix variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) cultivées dans les hautes plaines Sétifiennes, Mémoire de fin d'études.

Abdelly C., Lachâal M., Grignon C., Soltani A et Hajji M. 1995. Association épisodique d'halophytes stricts et de glycophytes dans un écosystème hydro morphe salé en zone semi-aride. Agronomie, 15, 557-586.

Abdel-Rahman A M et Abdel-Hadi A H. 1983. Influence of presoaking OKRA seeds in GA3 and IAA on plant growth under saline conditions. Bull. Fac. Sci., Assiut Univ., 12(1), 43-54.

Abdel-Rahman A M. 1982. Salinity-Hormone interactions in relation to the growth and some related physiological activities in *phaseolus vulgaris* L. Bull. Fac. Sci., Assiut Univ., 11(2), 1-18.

Ait Belaid M et GeoObservateur 5. 1994. p 61-69.

Ali Dib T., Monneveux P., et Araus J L. 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II. Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*, 12 : 381-393.

Ali Khalid K. 2001. Physiological stadies on the growth, developpement and chemical composition of *Nigella Sativa*. L. plant, Ed M. SC. in Agric. (Medicinal and Aromatic plants) AL-Azhar university.

Al-Taleb M M; Hassawi D S et Abu-Romman S M. 2011. "Production of virus free potato plants usingmeristem culture from cultivars grown under Jordanian environment," *The American- Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, vol. 11, no. 4, pp. 467–472.

Anonyme A., 2007. La biologie de Triticum turgidum ssp. Durum (Blé dur), Agence canadienne d'inspection des aliments, p2.

Anonyme B. 2007. Nouvelle édition de l'Encyclopédie Universelle.

Anonyme. 2009. Les Phytohormones,http://www.ressources-pedagogiques.ups tlse.fr/physiologie végétale/M8G08/preambule%20sommaire, Olivier.

Ashrafuzzaman M., Hossen F A., Ismail M R., Hoque M A., Islam M Z., Shahidullah SM et Meon S. 2009. Efficiency of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. Afri. J. Biotech., 8: 1247-1252.

Auge R., Beauchesne G., Boccon G., Decourtye L., Digat B ., Jalouzot R., Minier R., Morand C l., Reynoirdj P., Strullud G et Vidalie H. 1989. La culture in-vitro et ses application horticoles. Ed Lavoisier .225 p.

Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahamad A. 2005b. Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-aride conditions. Pakistan journal of agronomy 4: 360p.

Baldy C. 1984. Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéennes. Bull. soc. Botan. Fr 131(2.3.4) Actuel Botan. 491-499.

Bartels D., Sunkar R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Science 24, 23– 58.

Behair K., Boudab S. 2011. Effet de l'irrigation complémentaire au stade post épiaison sur le comportement de trois variétés de blé dur (Triticum durum Desf.), mémoire de fin d'étude, memoire de fin d'etude, p8-10).

Belaid D. 1986. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. O. P. U. Alger: 43-50-206-207pp.

Belaid D. 1987. Aspect de la cérealiculture algérienne. Ed. O. P. U. Alger.

Belfakih et *al*., Appl Biosci J. 2013. Effet de la salinité sur les paramètres morpho physiologiques de deux variétés de bananier, Journal of Applied Biosciences 70:5652–5662 ISSN 1997–5902, p5654-5658.

Belkhodja M et Bidai Y. 2004. Réponse de la germination des graines d'Atriplex halimus L. sous stress salin. Revue Sécheresse, 15(4): 331-335.

Bendjama O. 1997. Contribution à l'étude de l'élaboration du rendement de quelques variétés de blé dur en fonction des densités de semis dans les conditions écologiques de la station d'ELKHROUB. Mém. Ing. INA. Alger.

Benlaribi M et Monneveux P. 1988. Etude comparée du comportement en situation de déficit hydrique de deux variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) adaptées à la sécheresse. *C. R. Acad. Agri. France,* 74 : 73-83.

Bennaceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Medahi M., Selmi M. 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. Sécheresse, 12 (3), pp. 167-174.

Bidai Y. 2001. Le métabolisme de la proline chez l'Atriplexhalimus L. stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran, pp. 69-71.

Biddington N L., Thomas T H. 1973. A modified Amaranthus betacyanin bioassay for the rapid determination of cytokinins in plants extracts.

Binzel M L., Hess F D., Bressan R., Hasegawa P M. 1988. Intracellular compartimentation of ions in salt adapted tobacco cells, Plant Physiol. 86 (1988) 607 614.

Bizid E., Zid E., Grignon C. 1988. Tolérance à NaCl et sélectivité K+/Na+ chez les triticales. Agronomie; 8 : 23-27.

Bohnert H J., Nelson D E., Jensen R G. 1995. Adaptations to environmental stresses. The Plant Cell 7, 1099– 1111.

Bouatrous Y et Yakhlef N. 2014. Effet de phytohormones (AIA, GA3) sur la sélectivité K^+/NA^+ et la résistance stomatique dans l'adaptation à la salinité du blé dur (*triticum durum desf*.) et une espèce apparentée, p 54.

Bouatrous y. 2013. Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (Triticum durum Desf.) . Diplôme de Doctorat en Sciences en Biologie Végétale ; Bases biologiques de la production végétale.p8.

Boufnar H., Zaghouane., Fet Zaghoune O. 2006. Guide des principales variétés des céréales à pailles cultivées en Algérie.1er Ed. ITGC, Alger.

Boumelit S., Messai R. 2011. Contribution à l'étude des performances agronomiques de deuze variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) sous cli mat semi-aride, p10.

Boxus P., Bercetche J., Bollon H., Ducos J P., Jemmali A., Pâques M., Petiard V., Pieron S. 1995. Multiplication végétative : micropropagation et embryogenèse somatique in biotechnologies végétales. BV 93, Ed CNED. AUPELF – UREF 191 p.

Bozzini A. 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Dans Fabriani G. et C. Lintas (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.

Brungnoli E et Lauteri M. 1991. Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non halophytes. Plant Physiol., 95, 628-935.

Cécile V (ATER). 2014. Le stress salin (Salt stress), Ed LGBP (Laboratoire de génétique et biophysique des plantes- UMR 6191 –CEA) APE - Master MBVB, p52.

Cheeseman J M. 1988. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol*., 87 : 547-550.

Cheikh H., Hamed R., Abddellaoui K., Kadri M., Ben Naceur S., Bel Hadj. 2008. Évaluation de la tolérance au stress salin de quelque accession d'orge (Hordeum vulgare L.) Cultivées en Tunisie : Sciences & Technologie ; n°28, pp. 30 -37.

Cherfia R. 2010. Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (Triticum durum Desf.), diplôme de Magistère p3.

Cheverry C. 1995. Plant behaviour in saline environnement. Action eau ; n°4, Séance spécialisée du 22 mars 1995 ; Ed. Acad. agro, Paris, France, 49 pages.

Chorfi A. 2009. Contribution à l'étude de la résistance à la salinité chez une variété de blé dur algérien (Triticum durum desf) var Mohamed ben Bachir, p42.

Chougui S., Ykhlef N., Djekoun A E. 2004. Interaction iron-sainity, 1- relation of photosynthèse /K+ (Roots) with other morphological, physiological, and biochemical aspect of tomato (Lycopersicum esculentum mill) Arab.uni.j.Sci.Ain Shms. Cairo, 12 (2), 481-497, 2004.

Claire K. 2011. Pas de bourgeon, pas de forêt.

Clarke J M., Norvell W A., Clarke F R et Buckley T W. 2002. Concentration of cadmiun other elements in the grain of near- isogenic durum lines. Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie, 82: 27-33pp.

Combe L et Picard D. 1994. Coordinateur. Élaboration du rendement des principales cultures annuelles, INRA. 32p.

Daoud Y. 1993. Contribution à l'étude des sols des plaines du cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquence sur les propriétés physique des sols argileux. Thèse Doct, Es, Sci, Ina Alger.

Das N K., Pataj K., Skoog F. 1956. Initiation of mitosis and cell division by kinetin and indole acetic acid in exised Tobacco pith tissue. Plant Physiol. p 640 – 655.

Denden M., Bettaieb T., Alef Salhi., Mathlouthi M. 2005. Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementale. Tropicultura, 2005. Vol 23, °n4, pp. 220-225.

Dennis D T., StubbS Mt., Coultate T P. 1967. The inhibition of Brussels sprout leaf senescence by kinins. Cano J. Bot. 45 1019 '- 1024.

Djermoun A. 2009. La production céréalière en algérie : les principales caractéristiques. Université de hassiba benboulaid de chlef,. 2 P.

Djerroudi –Zidane O., Belkhodja M., Bissati S., Hadjadj S. 2010. Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline chez deux espèces d'Atriplex halimus L. et Atriplex canescens (Pursh) Nutt. European Journal of Scientific Research: Vol.41, n°2, pp 249-260.

Downton W J S., Grant W J et Robinson S P. 1985. Photosynthetic and stomatal responses of spinach leaves to salt stress. Plant Physiol., 77, 85-88.

Dreir W et Goring M. 1974. Der einfluss boher. Salzkonzentrationen auf physiologische parameter von aiswurzelu. Wiss. Der H. V. Berlin, Nath. Naturwiss, 23, 641 – 646.

Dubois M., Gilles A., Hamulton J., Rebers P., Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances *Anal, chem*., 71, 808-814.

Ehret D L., Redmann R E., Harvey B L et Cipywnyk A. 1990. *Plant Soil*, 128, 143-151.

Ehret D L., Redmann R E., Harvey B L., et Cipywnyk A. 1990. Salinity-induced calcium deficiencies in wheat and barley. *Plant Soil,* 128 : 143-151.

El Mekkaoui M. 1990. Étude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum Desf*.) et l'orge (*H. vulgare L*.) : recherches des tests précoces de sélection. Thèse de doctorat d'État, Montpellier, p.

El Midaoui M., Benbella M., Aït Houssa A., Ibriz M., Talouizte A. 2007. Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (Helianthus annuus L.). Revue Hommes Terre et Eaux n°136. Mars 2007.

El-Meleigy E; Hassanein R et Abdel-Kader D.1999. Improvement of Drought Tolerance in *Arachis hypogaea* L. plants by some growth substances 1. Growth and productivity. Bull. Fac. Sci. Assiut Univ., 28(1-D), 159-185.

Epstein E J D., Norlyn D W., Ruch R W., Kinsbury A F. 1980. Cunningham,A.F. Wrona Saline culture of crops: a genetic approach, Science (2310) p 399– 404.

Ève Leclerc M., Lapointe L et Olivier A. 2007. L'effet de phytohormones sur la multiplication végétative de la matteuccie fougère-à-l'autruche, p16.

FAO. 2002. Statistical database of the food and agriculture organisation of the United Nations.

Feillet P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. *inra.* paris.**-Soltner D., 1998.** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies.sainte-gemme-sur-loire, sciences et techniques agricoles.

Feillet P. 2000. Le grain du blé, composition et utilisation. Ed. INRA: 17- 308pp.

Feirabend J. 1969. Der einflub von cytokininen auf die bildung von photosyntheseenzymen in roggenkeimlingen. Planta, 84 Il – 29.

Feng K et Unger JW. 1972. Influence of kinetin on the membrane permeability of Allium cepa epidermal cells. Experientia 28 1310 – 1311.

Fletcher R., Teo Ct., Ali A. 1973. Stimulation of chlorophyll synthesis in cucumber cotyledons by benzyla~enine. Cano J. Bot. ~ 937.

Fosket D et Torrey J G. 1969. Hormonal control of cell proliferation and xylem differentiation in cultured tissues of Glycine max var.bulloxi. Plant Physiol. 44 871 – 880.

Gadallah M A A. 1999. Effects of praline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to salt stress. Biol. Plant., 42, 249-257.

Gate P H., Giban M., Blondlet A., Baraun P H., Conleaud G., Jouy L., Lutton A et Vingnier L. 2003. Stades du blé *.ITCF. 68page.*

Gate P. 1995. Ecophysiologie du blé. In : technique et documentation -Lavoisier Ed. Lavoisier TEC et Doc .429p.

Gautheret R J. 1969. Investigation on root formation in the tissus of Helianthus tuberosus cultivated in vitro. Am. J. Bot. 56 702 – 717.

Glass ADM., Perley J E. 1980. Varietal differences in potassium uptake by barley. Plant Physiol 65 : 160-164.

Grandcourt M C., Prats J. 1970. Les céréales. 2e édition Revue et Augmentée. Editeurs J.-B. Baillière et Fils. pp 22.

Greenway E et Munns R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann Rev Plant Physiol 31 : 149-190.

Greenway H et Munns R. 1980. Mechanism of salt tolerance in non halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol*., 31 : 149-190.

Grennan A K. 2006. High impact abiotic stress in rice. An ‘‘Omic’’ approach. Plant Physiology, 140: 1139–1141.

Hajihashemi S., Kiarostami K., Enteshari S., Sabbora A. 2006. The effects of salt Stress and Paclobutrazol on Some Physiological of two salttolerant and salt sensitive cultivars of wheat. Pakista J. Biol. Vol n°9, pp 1370-1374.

Halfaoui Y. 2010. Valorisation des deux espèces d’Atriplex (Atriplex halimus L. et Atriplex canescens Purch Nutt.) , par la culture des tissus in vitro .p22.

Halitim A. 1985. Contribution à l’étude des soles salés des zones arides (hautes plaines steppique de l’Algérie), morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols, Thèse doctorat Es. Sci Univ Renne P 384.

Hamadache A. 2001. Stades et variétés de blé, document de vulgarisation.22p.

Hamza M. 1967. Influence de diverses concentrations de chlorure de sodium sur la croissance de jeunes plantes de *Triticum sativum*. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 176 : 1997-2000.

Hamza M., Acad C R. 1967. Sci. Paris, 176 19,97-2000.

Hartmann H T., Kester D E., Davies F T et Geneve R L. 1997. Plant Propagation, Principales and Practices .6th Edition. Prentice Hall, New jersey 770 p.

Hassani A., Dellal A., Belkhodja., Kaid- Harche M. 2008. Effet de la Salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (HordeumVulgare L.). European Journal of scientific Research Vol.23n°.1. PP. 61-69.

Hayek T et Abdelly C. 2004. Revue des Régions Arides, Tome 1, No. Spécial, (273-284).

Hegazi A., Abou-bakr Z., Naim M et Khalfallah A. 1998. Effect of some antitranspirants on growth and some metabolic products of wheat plants under water interval irrigation systems . Desert Inst .Bull ., 48(1) ,153-171.

Heribert H. 2012. Des microbes bénéfiques peuvent aider des plantes à acquérir une tolérance aux stress environnementaux, Académie d'agriculture de France, p1.

Herve Piere C et Xavierl. 1989. Produire des céreales à paille, Tec et Doc. Ed. Lavoisier, 33p.

Holm R E et KEY l L. 1969. Honnonal regulation of cell elongation in. The hypocotyl of rootless Soybean: an evaluation of the rôle of DNA synthesis. Plant Physiol. 44 1295 – 1302.

Ibriz M., Thami Alami I., Amotfi S., Al Faiz C., Rachidai A. 2007. Réponse de quelques écotypes marocains de luzerne (Medicgosativa L.) à différentes concentrations de chlorure de sodium. Congrès International de Biochimie. Marrakech, Maroc, 3-6 Mai 2004.

Itai C., Ben-Zioni A. et Ordin L. 1973. Correlating changes in endogenous hormones levels and shoot growth induced by shoot heat treatments to the roots- *Plant. Physiol,* 29: 355-360.

Jabnoune M. 2008. Adaptation des plantes à l'environnement (Stress Salin) p13.

Joël A et jaques E. 2009. Les filières céréalières:organisation et nouveaux défis ; quae, p : 1.

Jouanneau J P. 1966. Sur la croissance de tissus de moelle de Tabac en milieu liquide agité et l'action de la kinetine sur cette culture. C. R. Acad. Sc. Paris 262 642 – 645.

Jouanneau J P. 1966. Sur la croissance de tissus de moelle de Tabac en milieu liquide agité et l'action de la kinetine sur cette culture. C. R. Acad. Sc. Paris 262 642 – 645.

Karou M., Elhafid R., Smith D., Samir K. 1998. Physio locale attributes . Associated with early season drought resistance in spring durum weat cultivars. Can .j . plant Sci., 78.

Kayani S A., Naqvi H H et Ting I P. 1990. Salinity effects on germination and mobilization of reserves in jojoba seed. *Crop Sci*., 30, 704-708.

Kull U et Buxenstein R. 1974. Effect of cytokinin on the 1ipid f.atty~ acids of leaves. Phyt~chem. ~ 39 – 44.

Lakhdari F. 1986. Influence de la salinité sur la croissance et la nutrition minérale d'une *solanacée*, la tomate. Thèse de doctorat d'État, p.

Leone A., Perrotta C., Maresca B. 2003. Plant tolerance to heat stress: current strategies and new emergent insight. In: di Toppi LS, Pawlik-Skowronska B, eds. Abiotic stresses in plants. London: Kluwer Academic Publishers, 1–22.

Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P et Casse-Delbart F. 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures,* 4 : 263-273.

Levingneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Poureroy P., Casse-Delbart F. 1995. Les plantes face au stresse salin. Cahier agricultures, vol n° 4, pp. 263-273.

M. E.Hoque. 2010. "*In vitro* regeneration potentiality of potato under different hormonal combination,"*World Journal of Agricultural Science*, vol. 6, no. 6, pp. 660–663.

Maas E V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.*, 1 : 12-26.

Maggio A., Bressan R A., Ruggiero C., Xiong L., Grillo S. 2003. Salt tolerance: placing advances in molecular genetics into a physiological and agronomic context. In: di Toppi LS, Pawlik-Skowronska B, eds. Abiotic stresses in plants. London: Kluwer Academic Publishers, 53–70.

Majid G J ; Soroos Hzadeh A ; Mordi F ; Seyed A M ; Sanary M ; Allahddi I. 2011. The role of phytohormones in allevating salt stress in crop plants, Ed Australian journal of crop science AJCS 5(6) : 726-734.

Malito E., Alessandro C., Kristin D., Bilyeu., Marco W., Fraaije et Andrea M. 2004. Structures de Michaelis et produit Complexes de Plant Cytokinin déshydrogénase: Implications pour flavoenzyme catalyse, p1237.

Mallek-Maalej E., Boulasnem F et Ben Salem M. 2004. Cahiers Agriculture, 12, 153-156.

Margara F. 1984. Bases de multiplication végétative : les méristèmes et l'organogenèse. Ed INRA Paris .262p.

Marlène A. 2013. Effet de la Température Sur le Développement chez arabidopsis thaliana, p10.

Martinez J P., Silva H., Ledent J F et Pinto M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). European Journal of Agronomy, 26(1): 30-38.

Mazouz L. 2006. Étude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (Triticum durum Desf) dans l'étage bioclimatique semi-aride, diplôme de magistère, p 12.

Mezni M., Albouchi A., Bizid E., Hamza M. 2002. Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (Medicago sativa). Agronomie, 22, (2002), pp. 283-291.

Mnif L et Chaieb M. 2004. Revue des Régions Arides, Tome 1, No spécial, 252-257.

Moinuddin A., Fischer R., Sayre K., Reynolds M P. 2005. Osmotic adjustment+ wheat in relation to grain yield under water deficit environments. *Agro. J.*, 97: 1062-1071.

Monneveux P et Nemmar M. 1986. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (Triticum aestivum L.) et chez le blé dur (Triticum durum, Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie, (6), 583 590.

Morant-Manceau A., Pradier E., Tremblin G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *J. Plant Physiol.*, 161: 25–33.

Morgan J M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 35 : 299-550.

Morsli L. 2010. Adaptation du blé dur (triticum durum desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. p11.

Munns R D P., Schachtman A G., Condon. 1995. The significance of a two-phase growth reponse to salinity in wheat and barley, Aust. J. Plant Physiol. 22 (1995) 561 569.

Munns R. 2006. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239–250.

Munns R., Richard A J., Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, Vol. 57, No. 5, pp. 1025–1043.

Murashige T. 1974. Plant propagation through tissue cuitures. Ann. Rev. Plant Physiol. 25 133 – 166.

Navarro A R., Rubio F. 2006. High-affinity potassium and sodium transport systems in plants. Journal of Experimental Botany, 57(5): 1149-1160.

O. M. Danci and M. Danci. 2008. "The comparison between four potato cultivarsmultiple axillary bud micropropagation system efficiency," *Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*, vol. 41, no. 1, pp. 64–68.

Oostende C. 2006. Analyse quantitative des réponses précoces à l'auxine dans une suspension de cellules de tabac, Doctorat, p13.

Oppenoorth J M. 1976. Proc. R Soc. London. Ser. C~ 299 Cité par **Skoog F, Schmitz SM (1979)**.

Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M., Kangasjarvi J., Jiang X et Polle A. 2005. *Populus euphratica* displays apoplastic sodium accumulation, osmotic adjustment by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress 1. Plant Physiology, 139: 1762–1772.

Ouerghi Z., Zid E., Hajji M., Soltani A n. 2000. Comportement phys iologique du blé dur (Triticum durum L.) en milieu salé .p 309.

Parida A K et Das A B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. Rev. Ecotoxicol. Environ. *Safety*, 60: 324-349.

Paul M.H., Planchon C., Ecochard R. 1979. Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement à la productivité chez le soja, Ann. Amelio. Plantes, 29 (5) : 479-492.

Perrot–Rechenmann C. 2015. « AUXINES », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le URL : http://www.universalis.fr/encyclopedie/auxines/.

Pierrick H. 2014. Cytokinine – Définition, Sante-Médecine.

Prats J et Graldcourt C. 1970. Les céréales. *Édition Bailliére.* Page : 54-58.

Prats J., Graldcourt C. 1971. Les céréales. Edition Bailliér.pp 351

Ramage RT. 1980. eds. Genetic engenneering of osmoregulation, New York: Plenum, (311-318).

Reddy P S et Veeranza Neyula K. 1991. Polin metabolism in senexing leaves of horsgram (*Macrotylama uniflorum*), J. Plant physiol, 137 : 381- 383.

Rezgui M., Bizid E., Ben Mechlia N. 2004 . Revue des Régions Arides, Tome 1, No spécial, 258-265.

Richmond A E., Lang A. 1957. Effect of kinetin on protein content and survival of detached leaves. Science 125 650 – 651.

Salama S., Trivedi S., Bushera M., Arafa A A., Garab G et Erdei L. 1994. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplasts structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. J. Plant Physiol., 144, 241-247.

Sévérin A. 1984. Contribution à l'étude des activités de quelques analogues structuraux de cytokinines sur la croissance et !e verdissement de suspensions cellulaires de Nicotiana tabacum, Doctorat, p11, 17-20.

Shalaby A et Kishk E. 1985. A comparative study Between foliar and seed-soaking applicatios of Bg (N-Dimethyl Amino Succinamic Acid) for increasing salt tolérance of Sudan grass plants. Desert Inst Bull., A. R. E., 35(1), 233-250.

Shibli R A; Abu-Ein A M et Ajlouni M M. 2002. "*In vitro* and *in vivo* multiplication of virus-free Spunta potato," *Pakistan Journal of Botany*, vol. 17, no. 1, pp. 71–75.

Silini A. 2013. effets des molecules osmoprotectrices sur la survie et la ctivite de asotobateret sur la croissance du ble dur en milieu salin Diplome de doctorat en sciences .p26-27 .

Skoog F. 1950. Année Biol. 26 545 - 562. (Cité par SKOOG F, SCHMITZ SM (1979).

Skoog F., Miller C O. 1957. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured in vitro. Symposia of the Soc. for Exptl. Biol. XI : 119 – 131.

Soltner D. 2005. Les grandes productions végétales. *21 eme édition* .Page : 39-41 et 71.

Soltner D. 1999. Les grandes productions végétales, *19éme edition, edition Sciences et techniques agricoles «Le clos Lorelle » -49130 SAINTE- GEMMES- SUR-LOIRE.* Page 29-34.

Soltner D. 2005. Les grandes productions végétales .collection sciences et technique agricole, 20eme édition, 473PP.

Spaepen S., Vanderleyden J et Remans R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signalling. FEMS Microbiol. Rev., 31 (4). p 425-448.

Srivastava L M. 2002. Plant growth and Development, Hormones and Environment .Academic Press, Oxford, 772p.

Stetler D A et Laetsh W M. 1965. Kinetin induced chloroplast maturation in cultures of Tobacco tissue. Science 149 1387 – 1388.

Stewart C R et Lee J A. 1974. The role of proline accumulation in halophytes. *Planta,* 120 : 279 289.

Stobart A K., Shewry P R., Thomas D R. 1972. The effect of kinetin on chlorophyll synthesis in ~geing etiolated Barley leaves exposed to light. Phytochem ,11- 571 – 577.

Tal M. 1984. Physiological genetics salt resistance in higher plants : studies on the level of the whole plant and isolated organs, tissues and cells. In : Steples RC, Toennienssen GA, eds. Salinity tolerance in Plants. Strategies for Crop Improvement. Wiley, New York : 301 - 320.

Teakle N L., Flowers T J., Real D., Colmer T D. 2007. Lotus tenuis tolerates the interactive effects of salinity and waterlogging by 'excluding' Na+ and Cl– from the xylem. Journal of Experimental Botany, published online on May 17, 2007.

Tewari T N., Singh B B. 1991. Stress studies in lentil (Lensesculenta M.) II. Sodicity induced changes in chlorophyll, nitrate and reductase, nucleic acid. Proline, yield and yield components in lentil. Plant Soil Vol. 136, pp 225-230.

Thimann K V., Sachs T., Mathur K N. 1971. Meshanism of apical dominance in Coleus. Physiol. plant. 24 68 – 72.

Thlmann K V et Sachs T. 1966. The role of cytokinin in the "fasciation" disease caused by Corynobacterium fascians. AM. J. Bot. 53 731 -739.

Touraine B et Ammar M. 1985. *Agronomie,* 5, 391-395.

Touraine B et Ammar M. 1985. Etude comparée de la sensibilité au sel d'un triticale et d'une orge. *Agronomie*, 5 : 391-395.

Trinchant J C., Boscari A., Spennato G., Van de Sype G., et Le Rudulier D. 2004. Proline betaine accumulation and metabolism in Alfalfa plants under NaCl stress. Exploring its compartmentalization in nodules. Plant Physiology, 135: 1583-1594.

Troll W. J et Lindsley. 1955. A photometric method for the determination of proline; J.Biochem: 655-660.

Tuberosa R., Grillo S., Ellis R P. 2003. Unravelling the genetic basis of drought tolerance in crops. In: di Toppi LS, Pawlik-Skowronska B, eds. Abiotic stresses in plants. London: Kluwer Academic Publishers, 71–122.

Udomchalothorn T., Manneeprasobsuk S., Bangyeekhum E., Boon-Long P., Chadchawan. 2009. The role of the bifunctional enzyme, fructose-6-phosphate- 2-kinase/fructose -6-biphosphatase, in carbon partitioning during salt stress and salt tolerance in Pike (Orzo sativa L.). Plant Sci. Vol.176, pp 334-341.

Varga A et Bruisma J. 1973. Effects of different cytokinins on the senescence of detached oat leaves. Planta 111 91 – 93.

Viégas R A et silveira J A. 1999. Ammonia assimilation and proline accumulation in younge cashew plante during longterm escposure to nall-salinity.revista brasileira de fisiologia vegetal, 11 (3):153-159.

Vlentin C. 1994. Sècheresse et érosion au sahel Rev. Sècheresse, 5, 191-198.

Wardlaw I F. 2002. Interaction between drought and chronic hight temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. Annals of Botany, 90, 469-476.

Werner T V., MotykaV., Laucou R., Smets H., Onckelen V et Schmulling T. 2003. Cytokinin-deficient transgenic Arabidopsis plants show multiple developmental alterations indicating opposite functions of cytokinin in the regulation of shoot and root meristem activity .The plant Cell ,15 :2532-2550.

Wyn J R G et Gorham J. 1986. The potential for enhancing the salt tolerance of wheat and other important crops. Outlook on Agriculture, 15: 33-39.

Ykhlef N. 1993. Effet de l'addition de l'azote et du potassium sur la tolerance du poivron doux à l'eau d'iriguation sale. Séminaire Maghrébin sur la protection de la nature, Novemebre 1993, ISN Annaba Algérie.

Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., El Antri S., Hmyene A. 2006. Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Congrès international de Biochimie, Agadir : pp, 371-376.

Zid E et Grignon C. 1991. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. In : Chalbi N, Demarly Y, eds. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Paris. Aupelf-Uref/John Libbey Eurotext : 91- 108. 320.

Zrÿd J P. 1988. Cultures de cellules, tissus et organes végétaux : fondement théorique et utilisation pratique .Ed . Presses Polytechniques Romandes. Suisse .308p.

Annexe

Tableau I-a : Effet de sel sur la chlorophylle a stade végétatif selon le teste de Bonferroni

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
0 vs 10	-0,056	-1,127	2,449	0,263	Non
0 vs 15	-0,048	-0,957	2,449	0,342	Non
15 vs 10	-0,009	-0,170	2,449	0,865	Non
Niveau de signification corrigé		0,017			

Tableau I-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
0	0,107	A
15	0,154	A
10	0,163	A

Tableau II-a : Effet de sel sur la chlorophylle b stade végétatif selon le teste de Bonferroni

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
15 vs 0	-28,538	-6,761	2,449	< 0,0001	Oui
15 vs 10	-10,923	-2,588	2,449	0,012	Oui
10 vs 0	-17,615	-4,173	2,449	< 0,0001	Oui
Niveau de signification corrigé		0,017			

Tableau II-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
15	265,500	A		
10	276,423		B	
0	294,038			C

Tableau III-a : Effet de sel sur la proline stade végétatif selon le teste de Bonferroni

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
0 vs 15	-470,960	-9,849	2,449	< 0,0001	Oui
0 vs 10	-84,751	-1,772	2,449	0,080	Non
10 vs 15	-386,209	-8,077	2,449	< 0,0001	Oui
Niveau de signification corrigé		0,017			

Tableau III-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
0	94,694	A	
10	179,445	A	
15	565,654		B

Tableau IV-a : Effet de sel sur les sucres solubles totaux stade végétatif selon le teste de Bonferroni

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
15 vs 0	-0,177	-1,276	2,449	0,206	Non
15 vs 10	-0,055	-0,396	2,449	0,693	Non
10 vs 0	-0,122	-0,880	2,449	0,382	Non
Niveau de signification corrigé		0,017			

Tableau IV-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
15	0,421	A
10	0,476	A
0	0,598	A

Tableau V-a : Effet de sel sur la surface foliaire stade végétatif selon le teste de Bonferroni

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
15 vs 0	-2,211	-3,565	2,449	0,001	Oui
15 vs 10	-0,615	-0,992	2,449	0,324	Non
10 vs 0	-1,595	-2,572	2,449	0,012	Oui
Niveau de signification corrigé		0,017			

Tableau V-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
15	11,367	A	
10	11,983	A	
0	13,578		B

Tableau VI-a : Effet de type d'hormone sur la chlorophylle a stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
cont vs IAA	-0,182	-2,267	1,993	0,026	Oui
cont vs K	-0,021	-0,267	1,993	0,791	Non
cont vs IBA	-0,020	-0,253	1,993	0,801	Non
cont vs BAP	-0,017	-0,213	1,993	0,832	Non
BAP vs IAA	-0,164	-2,905	1,993	0,005	Oui
BAP vs K	-0,004	-0,076	1,993	0,940	Non
BAP vs IBA	-0,003	-0,057	1,993	0,955	Non
IBA vs IAA	-0,161	-2,848	1,993	0,006	Oui
IBA vs K	-0,001	-0,019	1,993	0,985	Non
K vs IAA	-0,160	-2,830	1,993	0,006	Oui
LSD-value			0,121		

Tableau VI-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
Cont	0,086	A	
BAP	0,103	A	
IBA	0,106	A	
K	0,107	A	
IAA	0,267		B

Tableau VII-a : Effet de type d'hormone sur la chlorophylle b stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
IAA vs IBA	-17,000	-2,734	1,993	0,008	Oui
IAA vs cont	-9,833	-1,118	1,993	0,267	Non
IAA vs K	-9,278	-1,492	1,993	0,140	Non
IAA vs BAP	-5,778	-0,929	1,993	0,356	Non
BAP vs IBA	-11,222	-1,805	1,993	0,075	Non
BAP vs cont	-4,056	-0,461	1,993	0,646	Non
BAP vs K	-3,500	-0,563	1,993	0,575	Non
K vs IBA	-7,722	-1,242	1,993	0,218	Non
K vs cont	-0,556	-0,063	1,993	0,950	Non
cont vs IBA	-7,167	-0,815	1,993	0,418	Non
LSD-value	13,312				

Tableau VII-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
IAA	270,500	A	
BAP	276,278	A	B
K	279,778	A	B
Cont	280,333	A	B
IBA	287,500		B

Tableau VIII-a : Effet de type d'hormone sur la proline stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
K vs cont	-239,372	-1,919	1,993	0,059	Non
K vs BAP	-166,147	-1,884	1,993	0,064	Non
K vs IAA	-121,203	-1,374	1,993	0,174	Non
K vs IBA	-72,068	-0,817	1,993	0,416	Non
IBA vs cont	-167,303	-1,342	1,993	0,184	Non
IBA vs BAP	-94,079	-1,067	1,993	0,290	Non
IBA vs IAA	-49,135	-0,557	1,993	0,579	Non
IAA vs cont	-118,168	-0,948	1,993	0,346	Non
IAA vs BAP	-44,944	-0,510	1,993	0,612	Non
BAP vs cont	-73,224	-0,587	1,993	0,559	Non
LSD-value	188,788				

Tableau VIII-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
K	178,575	A
IBA	250,643	A
IAA	299,778	A
BAP	344,722	A
Cont	417,947	A

Tableau IX-a : Effet de type d'hormone sur les sucres solubles totaux stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
cont vs IAA	-0,308	-1,301	1,993	0,197	Non
cont vs BAP	-0,264	-1,114	1,993	0,269	Non
cont vs K	-0,140	-0,591	1,993	0,556	Non
cont vs IBA	-0,083	-0,353	1,993	0,725	Non
IBA vs IAA	-0,224	-1,341	1,993	0,184	Non
IBA vs BAP	-0,180	-1,077	1,993	0,285	Non
IBA vs K	-0,056	-0,337	1,993	0,737	Non
K vs IAA	-0,168	-1,004	1,993	0,319	Non
K vs BAP	-0,124	-0,741	1,993	0,461	Non
BAP vs IAA	-0,044	-0,264	1,993	0,793	Non
LSD-value	0,358				

Tableau IX-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Cont	0,315	A
IBA	0,398	A
K	0,454	A
BAP	0,578	A
IAA	0,622	A

Tableau X-a : Effet de type d'hormone sur les surface foliaire stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
IAA vs K	-2,246	-2,916	1,993	0,005	Oui
IAA vs cont	-1,419	-1,304	1,993	0,196	Non
IAA vs IBA	-1,066	-1,384	1,993	0,171	Non
IAA vs BAP	-0,414	-0,538	1,993	0,593	Non
BAP vs K	-1,832	-2,379	1,993	0,020	Oui
BAP vs cont	-1,006	-0,923	1,993	0,359	Non
BAP vs IBA	-0,652	-0,846	1,993	0,400	Non
IBA vs K	-1,180	-1,532	1,993	0,130	Non
IBA vs cont	-0,354	-0,325	1,993	0,746	Non
cont vs K	-0,826	-0,759	1,993	0,451	Non
LSD-value	1,648				

Tableau X-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
IAA	11,341	A	
BAP	11,754	A	
IBA	12,406	A	B
Cont	12,760	A	B
K	13,586		B

Tableau XI-a : Effet de dose d'hormone sur la chlorophylle a stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
0 vs 30	-0,154	-153583,333	1,993	< 0,0001	Oui
0 vs 20	-0,017	-17166,667	1,993	< 0,0001	Oui
0 vs 10	-0,009	-9375,000	1,993	< 0,0001	Oui
10 vs 30	-0,144	-144208,333	1,993	< 0,0001	Oui
10 vs 20	-0,008	-7791,667	1,993	< 0,0001	Oui
20 vs 30	-0,136	-136416,667	1,993	< 0,0001	Oui
LSD-value	0,109				

Tableau XI-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
0	0,086	A			
10	0,095	A	B		
20	0,103	A		C	
30	0,239	A			D

Tableau XII-a : Effet de dose d'hormone sur la chlorophylle b stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
10 vs 0	-4,000	-0,451	1,993	0,653	Non
10 vs 30	-3,792	-0,676	1,993	0,501	Non
10 vs 20	-2,750	-0,490	1,993	0,625	Non
20 vs 0	-1,250	-0,141	1,993	0,888	Non
20 vs 30	-1,042	-0,186	1,993	0,853	Non
30 vs 0	-0,208	-0,023	1,993	0,981	Non
LSD-value	12,401				

Tableau XII-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
10	276,333	A
20	279,083	A
30	280,125	A
0	280,333	A

Tableau XIII-a : Effet de dose d'hormone sur la proline stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
10 vs 0	-233,527	-1,944	1,993	0,056	Non
10 vs 30	-135,343	-1,782	1,993	0,079	Non
10 vs 20	-116,687	-1,536	1,993	0,129	Non
20 vs 0	-116,840	-0,973	1,993	0,334	Non
20 vs 30	-18,656	-0,246	1,993	0,807	Non
30 vs 0	-98,184	-0,817	1,993	0,416	Non
LSD-value	167,924				

Tableau XIII-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
10	184,420	A
20	301,107	A
30	319,763	A
0	417,947	A

Tableau XIV-a : Effet de dose d'hormone sur les sucres solubles totaux stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
0 vs 20	-0,354	-1,574	1,993	0,120	Non
0 vs 30	-0,170	-0,753	1,993	0,454	Non
0 vs 10	-0,072	-0,321	1,993	0,749	Non
10 vs 20	-0,282	-1,981	1,993	0,051	Non
10 vs 30	-0,097	-0,683	1,993	0,497	Non
30 vs 20	-0,185	-1,298	1,993	0,198	Non
LSD-value	0,315				

Tableau XIV-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
0	0,315	A
10	0,387	A
30	0,484	A
20	0,669	A

Tableau XV-a : Effet de dose d'hormone sur la surface foliaire stade végétatif selon le teste de Fisher (LSD)

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
20 vs 30	-1,907	-2,870	1,993	0,005	Oui
20 vs 0	-1,242	-1,182	1,993	0,241	Non
20 vs 10	-0,354	-0,532	1,993	0,596	Non
10 vs 30	-1,553	-2,337	1,993	0,022	Oui
10 vs 0	-0,888	-0,845	1,993	0,401	Non
0 vs 30	-0,665	-0,633	1,993	0,529	Non
LSD-value	1,469				

Tableau XV-b : les groupes homogènes

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
20	11,518	A	
10	11,872	A	
0	12,760	A	B
30	13,425		B

Tableau XVI : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la chlorophylle a stade végétatif

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
IAA*30*15	0,905	A	
IAA*30*10	0,895	A	
IBA*20*0	0,137		B
BAP*10*0	0,131		B
K*30*0	0,128		B
K*10*10	0,127		B
BAP*30*0	0,122		B
IBA*30*0	0,119		B
K*10*0	0,118		B
IBA*20*10	0,117		B
BAP*20*0	0,117		B
IBA*30*10	0,112		B
cont*0*10	0,110		B
K*20*15	0,108		B
BAP*30*10	0,108		B
IAA*20*0	0,106		B
IAA*30*0	0,106		B
IBA*30*15	0,105		B
IBA*10*10	0,105		B
K*20*0	0,103		B
IBA*10*15	0,102		B
IBA*20*15	0,097		B
K*10*15	0,097		B
K*20*10	0,097		B
BAP*10*10	0,096		B
BAP*20*10	0,096		B
K*30*10	0,095		B
K*30*15	0,093		B
IAA*20*10	0,090		B
BAP*30*15	0,087		B
cont*0*15	0,086		B
BAP*20*15	0,086		B
BAP*10*15	0,083		B
IAA*20*15	0,083		B
IAA*10*0	0,077		B
IAA*10*15	0,075		B
IAA*10*10	0,070		B
IBA*10*0	0,062		B
cont*0*0	0,062		B

Tableau XVII : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la chlorophylle b stade végétatif

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
IBA*20*0	316,000	A			
K*30*0	314,500	A	B		
BAP*10*0	312,000	A	B		
IBA*10*0	308,500	A	B	C	
K*10*10	294,000	A	B	C	D
BAP*20*0	294,000	A	B	C	D
IAA*20*0	293,500	A	B	C	D
cont*0*0	293,500	A	B	C	D
IBA*20*10	293,500	A	B	C	D
BAP*30*0	293,000	A	B	C	D
IBA*30*0	291,500	A	B	C	D
IAA*30*0	289,500	A	B	C	D
cont*0*10	287,500	A	B	C	D
IBA*10*10	286,000	A	B	C	D
K*10*0	282,000	A	B	C	D
K*20*15	282,000	A	B	C	D
IBA*30*10	280,000	A	B	C	D
K*20*0	278,500	A	B	C	D
BAP*30*10	277,000	A	B	C	D
IAA*30*15	276,000	A	B	C	D
BAP*10*10	275,500	A	B	C	D
IAA*30*10	274,500	A	B	C	D
IAA*20*10	273,500	A	B	C	D
IBA*30*15	273,000	A	B	C	D
IBA*10*15	271,500	A	B	C	D
BAP*20*10	271,500	A	B	C	D
K*30*15	268,000	A	B	C	D
IBA*20*15	267,500	A	B	C	D
K*10*15	266,500	A	B	C	D
K*20*10	266,500	A	B	C	D
K*30*10	266,000	A	B	C	D
IAA*20*15	264,000		B	C	D
cont*0*15	260,000			C	D
IAA*10*15	259,500			C	D
BAP*30*15	258,500			C	D
BAP*10*15	256,500				D
IAA*10*0	256,000				D
BAP*20*15	248,500				D
IAA*10*10	248,000				D

Tableau XVIII : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la proline stade végétatif

Modalité	Moyenne estimée	Groupes								
cont*0*15	1035,000	A								
BAP*30*15	772,000	A	B							
BAP*20*15	746,000	A	B	C						
IAA*10*15	685,500	A	B	C	D					
IAA*30*15	664,000	A	B	C	D	E				
IBA*20*15	662,000	A	B	C	D	E				
IAA*20*15	610,500	A	B	C	D	E	F			
IBA*30*15	553,000		B	C	D	E	F	G		
K*30*15	463,000		B	C	D	E	F	G	H	
BAP*10*10	361,500		B	C	D	E	F	G	H	I
IBA*10*15	335,000		B	C	D	E	F	G	H	I
K*20*15	325,500		B	C	D	E	F	G	H	I
IAA*30*10	311,500			C	D	E	F	G	H	I
K*10*15	258,000				D	E	F	G	H	I
IBA*30*10	253,500				D	E	F	G	H	I
BAP*20*10	253,000				D	E	F	G	H	I
BAP*30*10	253,000				D	E	F	G	H	I
K*20*10	253,000				D	E	F	G	H	I
BAP*10*15	244,000				D	E	F	G	H	I
IBA*20*10	239,000				D	E	F	G	H	I
IBA*30*0	211,000					E	F	G	H	I
IAA*20*10	184,000						F	G	H	I
IAA*20*0	181,500						F	G	H	I
cont*0*10	159,000						F	G	H	I
BAP*10*0	158,500						F	G	H	I
BAP*20*0	157,500						F	G	H	I
BAP*30*0	157,000						F	G	H	I
K*30*0	138,500							G	H	I
K*10*0	104,500							G	H	I
K*10*10	63,965								H	I
IAA*30*0	60,450								H	I
cont*0*0	59,840								H	I
IBA*20*0	0,770									I
IBA*10*0	0,760									I
IBA*10*10	0,760									I
K*20*0	0,510									I
IAA*10*10	0,361									I
K*30*10	0,201									I
IAA*10*0	0,196									I

Tableau XIX : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur les sucres solubles totaux stade végétatif

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
IAA*30*0	2,398	A			
IBA*20*10	1,597	A	B		
IAA*20*15	1,534	A	B	C	
BAP*10*0	1,015		B	C	D
BAP*20*10	0,950		B	C	D
BAP*20*0	0,792		B	C	D
BAP*20*15	0,636		B	C	D
BAP*30*0	0,589		B	C	D
K*30*15	0,565		B	C	D
K*30*0	0,563		B	C	D
K*20*10	0,535		B	C	D
K*10*10	0,498		B	C	D
K*20*0	0,479		B	C	D
BAP*10*10	0,440		B	C	D
cont*0*10	0,437		B	C	D
IAA*10*0	0,423		B	C	D
K*20*15	0,403		B	C	D
BAP*10*15	0,396		B	C	D
K*30*10	0,395		B	C	D
IBA*10*10	0,394		B	C	D
K*10*15	0,360		B	C	D
IBA*20*0	0,358		B	C	D
K*10*0	0,293			C	D
IBA*20*15	0,283			C	D
IAA*20*0	0,282			C	D
cont*0*15	0,275			C	D
IBA*10*15	0,248			C	D
IBA*30*15	0,242			C	D
cont*0*0	0,232				D
IAA*30*10	0,223				D
IAA*10*10	0,213				D
BAP*30*10	0,210				D
IBA*10*0	0,190				D
IAA*20*10	0,181				D
BAP*30*15	0,178				D
IAA*30*15	0,178				D
IAA*10*15	0,172				D
IBA*30*0	0,159				D
IBA*30*10	0,113				D

Tableau XX : Effet de l'interaction entre dose d'hormone / type d'hormone / dose sel sur la surface foliaire stade végétatif

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
K*10*0	17,015	A		
K*30*0	16,485	A	B	
IBA*30*10	15,955	A	B	
K*10*10	15,950	A	B	
IBA*30*0	15,420	A	B	
IAA*30*0	14,355	A	B	C
K*30*10	14,355	A	B	C
BAP*20*0	13,290	A	B	C
BAP*30*15	13,290	A	B	C
IAA*20*0	13,290	A	B	C
IAA*20*15	13,290	A	B	C
IBA*10*0	13,290	A	B	C
K*20*0	13,290	A	B	C
K*30*15	13,290	A	B	C
cont*0*0	13,290	A	B	C
BAP*30*10	12,760	A	B	C
IBA*30*15	12,760	A	B	C
cont*0*15	12,760	A	B	C
BAP*30*0	12,230	A	B	C
IAA*30*10	12,230	A	B	C
cont*0*10	12,230	A	B	C
BAP*10*15	12,225	A	B	C
IBA*20*0	11,700	A	B	C
IBA*20*10	11,700	A	B	C
K*10*15	11,695	A	B	C
BAP*10*0	11,695	A	B	C
IAA*10*0	11,165	A	B	C
IAA*20*10	10,635	A	B	C
BAP*20*10	10,630	A	B	C
K*20*15	10,630	A	B	C
IBA*20*15	10,630	A	B	C
BAP*10*10	10,100	A	B	C
IBA*10*10	10,100	A	B	C
IBA*10*15	10,100	A	B	C
BAP*20*15	9,570		B	C
IAA*10*10	9,565		B	C
IAA*10*15	9,565		B	C
K*20*10	9,565		B	C
IAA*30*15	7,970			C

RESUME

Résumé

Nous avons mené cette recherche dans les conditions de la serre afin d'étudier l'effet du stress salin sur les paramètres morphologique de la croissance du blé dur (surface foliaire) et physiologique (chlorophylle a, b, taux de la proline, taux des sucres solubles totaux).

Les résultats obtenus nous a permet de constater l'impact négatif du stress salin sur la surface foliaire avec une réduction, en particulier dans des concentrations élevées (10,15 g/l) et sur les paramètres physiologiques dont la baisse significative pour la chlorophylle b est marquée surtout dans la concentration (15 g/l), l'effet du sel pour la chlorophylle a et les sucres solubles est non significatif. Bien qu'il augmente la teneur en proline à une concentration élevée (15 g/l).

La correction de stress a été démontrée par l'application exogène de quatre régulateurs de croissance, deux naturelles (auxine et Kinétine) et deux synthétisés (IBA et BAP) par pulvérisation (10, 20,30 ppm), afin d'augmenter la capacité de ces plantes pour résister le stress salin en augmentant la teneur de certains composants dont le but est de stimuler la croissance et la production.

Le traitement par la kinétine avec la dose 10 ppm dans le milieu salin 10 g/l et la BAP avec la dose 30 ppm dans le milieu salin 15 g/l a augmenté la surface foliaire au stade végétatif tandis que l'augmentation des autres paramètres physiologiques (les sucres solubles totaux, la chlorophylle a, la chlorophylle b et la proline au stade végétatif) s'effectue par l'application des hormones (auxines) ; IAA avec la dose 30 ppm pour les milieu 10 g/l et 15 g/l et IBA avec la dose 20 ppm pour le milieu 0 g/l on notant que les deux cytokinines utilise dans ce travail augmentent aussi les paramètres physiologiques.

Mots clés : stress salin, régulateurs de croissance (K, IAA, IBA, BAP), la croissance, la production, la résistance, la pulvérisation.

الملخص

أجرينا هذا البحث في ظروف البيت البلاستيكي بهدف دراسة تأثير الاجهاد الملحي على نمو القمح الصلب من الناحية المرفولوجية (مساحة الورقة) ومن الناحية الفيزيولوجية (محتوى الكلوروفيل أ ، ب ، البرولين ، السكريات الذوابة) ومعاكسة ذلك بواسطة منظمات النمو رشا على المجموع الخضري(10،20،30 ppm) باستعمال الهرمونين طبيعيين الأوكسين والكنتين والمصنعين IBA,BAP.

يظهر التأثير السلبي للإجهاد الملحي بوضوح من الناحية المرفولوجية إذ يخفض من مساحة الورقة وخاصة في التراكيز المرتفعة (10،15 غ/ل) أما من الناحية الفيزيولوجية فإنه يحدث انخفاضا معنويا بالنسبة للكلوروفيل ب خاصة في التركيز(15غ/ل)، وغير معنوي بالنسبة للكلوروفيل أ والسكريات الذوابة. في حين أنه يزيد من محتوى الأوراق من البرولين بقيمة عالية خاصة عند التركيز (15غ/ل).

وقد أظهرت معاكسة هذا الإجهاد بواسطة الهرمونات النباتية رفع مقدرة هذه النباتات على مقاومة الإجهاد الملحي وهذا من خلال زيادة محتواها لبعض المركبات وبذلك تحفيز النمو والإنتاج. وقد أدت المعاملة بمنظمات النمو إلى رفع مساحة الورقة عن طريق المعالجة بالكنتين بالتركيز 10 ppm و بالأوكسينات خاصة IAA بالتركيز30 ppm وهذا لا ينفي أن نوعي السيتوكينات المستعملة قد أثرت إيجابيا على المحتوى الفيزيولوجي للنبات.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد الملحي، منظمات النمو (IBA, IAA, K, BAP)، النمو، الإنتاج، المقاومة، الرش.

Abstract

We conducted this purely in the plastic house conditions in order to study the effect of salt stress on the hard wheat growth of the morphological (leaf area) and physiologically (chlorophyll a, b, proline content, sugars soluble) and opposite it by spraying on the shoot growth regulators (ppm10, 20,30) using natural hormones auxin and the canteen and manufacturers IBA, BAP

The negative impact of stress saline clearly from the morphological appears as reduce the leaf area, especially in high concentrations (10.15 g / l) the physiologically it significant decrease for chlorophyll b happens especially in the concentration (15 g / l), and not significant for chlorophyll a soluble sugars. While it increases the stock of praline content worth at a private high concentration (15g/l).

This is the opposite of stress has been shown by plant hormones raise the ability of these plants resistant to salt stress and this by increasing the content of some vehicles and thus stimulate growth and production. This treatment has led organizations to raise growth leaf area, as well as chlorophyll a and b, soluble sugars and praline. chlorophyll a and b, soluble sugars and praline.

Key words: salt stress, growth regulators (K, IAA, IBA, BAP), growth, production, resistance, spraying.