

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

المعهد القومي للعلوم الفلاحية – الحراش

Institut National Agronomique  
(I.N.A El-Harrach Alger)

Thèse

Pour l'obtention du diplôme de

**Magister**

en sciences agronomiques

Option : Sciences du sol

**Thème :**

**Effets des antagonismes ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ),  
potassium ( $\text{K}^+$ ) sur l'absorption du sodium ( $\text{Na}^+$ ) pour  
la nutrition du haricot (variété. Contenter) par des  
eaux salines non conventionnelles**

Présentée par : OUZAL FARIDA.

Devant le jury :

**Président :** Dr DJILI K.

Maître de conférence INA El-Harrach. Alger.

**Directeur de thèse :** Dr SNOUSSI S.A.

Maître de conférence Université Saad Dahleb de Blida.

**Examineur :** Dr ACHOUCH A.

Maître de conférence Université Saad Dahleb de Blida.

**Examineur :** Dr BEN MOUSSA M.

Maître de conférence Université Saad Dahleb de Blida.

Année Universitaire 1999-2000



# DEDICACES

Je dédie ce travail, aux êtres les plus chers à mon cœur  
mon père et ma mère.

A mes frères et sœurs que j'aime beaucoup.

A mes nièces : Zineb, Fairouz, Sabah, Rania, Mokhtar,

Abd El-hadi, Rafik, Ziade .

A tous mes amis et particulièrement :

Mallem Hamida, Djouf Farida, Abbas Hamid et Sabrina,

Meddas Nassima, Belcacem Fethia. Zouaoui Ahmed et

Nadia,

Abed Rafik, Kheliffa A.E.K, Negrichi Nabil.

Je dédie cette thèse

Farida.



# REMERCIEMENTS

A cette occasion et au seuil de ce travail, c'est pour moi un agréable devoir d'exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à mon promoteur Monsieur SNOUSSI S.A, qui m'a constamment guidé durant ce travail.

Il m'est particulièrement agréable de remercier également :

-Mon enseignant monsieur DJILI K., de m'avoir honoré en acceptant de présider mon jury.

-Monsieur ACHOUCH A. et Monsieur BENMOUSSA M. d'avoir accepter d'examiner ce travail, trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

J'adresse aussi tous mes remerciements à Monsieur REZIG A, Monsieur TEMAGOULT et Monsieur DAOUD Y, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué dans la réalisation de ce mémoire.

## Sommaire.

Introduction.

Partie 1. Présentation bibliographique.

Partie 2. Matériels et méthodes d'étude.

Partie 3. Résultats et interprétations.

Discussions générale.

Conclusion générale.

Références bibliographiques.

Annexes.

Table des matières.

Introduction.....

Partie 1. Présentation bibliographique.

Chapitre premier. Utilisation des eaux salines en Agriculture.....

I- Généralités sur la salinité.....

I-1- Définition, origines et causes de la salinité.....

I-2- La salinité dans le monde.....

I-3- La salinité en Algérie.....

II- La salinité des eaux d'irrigation.....

II-1- Notion de salinité.....

II-1-1- Origines des eaux salines.....

II-1-2- Mesure de la salinité de l'eau.....

II-1-3- Classification des eaux salines.....

    1- La conductivité électrique (CE).....

    2- Sodium Adsorption Ratio (S.A.R).....

    3- Température.....

    4- Calcaire.....

III- Développement de la salinité dans le sol.....

III-1- La salinisation des sols.....

III-1-1- Types de salinisation.....

III-1-1-1- La salinisation primaire.....

    a/. Action du climat.....

    b/. Action du drainage.....

        1- Origine géologique.....

        2- Origine marine ou lagunaire.....

III-1-1-2- La salinisation secondaire.....

III-1-1-3- Autres types de salinisation.....

    a/. La salinisation liée à la mise en jachère ou à la déforestation.....

    b/. La salinisation des terres irriguées avec les eaux salées ou contaminées.....

    c/. Utilisation d'engrais d'une façon irrationnelle et anarchique.....

III-2- Définition de la sodisation.....

III-3- Définition de l'alcanisation.....

III-4- Origine, accumulation et nature des sels dans le sol.....

III-5- Effets des sels sur le sol.....

III-5-1- Modification des propriétés physiques.....

III-5-2- Modification des propriétés chimiques.....

III-5-3- Modification des propriétés biologiques.....

III-6- Classification des sols salsodiques.....

III-6-1- Sous classe des sols salins.....

III-6-2- Sous classe des sols alcalins.....

IV- Influence de la composition des eaux d'irrigation sur la végétation.....

IV-1- Effets des sels sur la plante.....

IV-1-1- Action sur l'alimentation hydrique.....

## Table des matières.

---

IV-1-2- Action sur la nutrition minérale.....	
IV-1-2-1- Action sur l'alimentation azotée.....	
IV-1-2-2- Action sur l'alimentation potassique.....	
IV-1-3- Action sur les phénomènes physiologiques.....	
IV-1-4- Manifestations morphologiques et physiologiques des plantes.....	
IV-2- Tolérance des plantes à la salinité.....	
IV-3- Toxicité des sels.....	
IV-4- Gestion des eaux salées pour l'irrigation.....	
V- Nutrition hydrominérale du haricot.....	
V-1- Généralités hydrominérale du haricot.....	
V-2- Alimentation hydrique.....	
V-2-1- Relation eau-plante.....	
V-2-2- Absorption de l'eau par la plante.....	
V-2-3- Facteurs contrôlant l'absorption d'eau par plante.....	
V-2-3-1- Facteurs climatiques.....	
V-2-3-2- Facteurs pédologiques.....	
V-2-3-3- Facteurs métaboliques et physiologiques.....	
V-2-3-4- Rôle de l'eau dans la plante.....	
V-2-3-5- Estimation des besoins en eau.....	
V-3- Nutrition minérale.....	
V-3-1- Relation éléments minéraux-plante.....	
V-3-2- Absorption des éléments minéraux.....	
a/. Mécanisme passif.....	
b/. Mécanisme actif.....	
V-3-3- Eléments minéraux.....	
V-3-3-1- L'azote.....	
V-3-3-1-1- Cycle de l'azote.....	
V-3-3-1-2- L'azote dans le sol.....	
V-3-3-2- Le potassium.....	
V-3-3-2-1- Cycle du potassium.....	
V-3-3-2-2- Le potassium dans le sol.....	
V-3-3-3- Autres.....	
V-3-3-3-1- Reste des éléments majeurs.....	
V-3-3-3-2- Oligo-éléments.....	
Conclusion.....	
<u>Chapitre deuxième.</u> Choix de la plante et du procédé de culture hors sol....	
II-1- La plante test.....	
II-1-1- Généralités sur le haricot.....	
II-1-2- Systématique et classification botanique.....	
II-1-3- Exigences du haricot.....	
II-1-3-1- Exigences climatiques.....	
a/. Température.....	
b/. Lumière.....	
c/. Hygrométrie.....	

## Table des matières.

---

II-1-3-2- Exigences édaphiques.....	
a/. Texture et structure du sol.....	
b/. pH.....	
c/. Salinité.....	
II-1-3-3- Exigences hydriques.....	
II-1-3-4- Exigences nutritionnelles.....	
II-2- Aperçu sur la culture hors sol.....	
II-2-1- Les culture hors sol et leur développement.....	
II-2-2- Les composantes de la culture hors sol.....	
II-2-2-1- Le substrat.....	
II-2-2-2- Les conteneurs.....	
II-2-2-3- La solution nutritive.....	

### Partie 2. Matériel et méthodes d'étude.

Objétif de l'essai.....	
<u>Chapitre 1.</u> Le milieu expérimental.....	
<u>Chapitre 2.</u> Description de l'espèce testée.....	
<u>Chapitre 3.</u> Le protocole expérimental.....	
III-1- Description des différents traitements.....	
III-2- Dispositif expérimental mis en place.....	
a/. Essai plantule.....	
b/. Essai plante entière adulte.....	
<u>Chapitre 4.</u> Les solutions nutritives.....	
IV-1- Caractéristiques de l'eau de Blida.....	
IV-2- Correction de l'eau de Blida.....	
IV-3- Composition et préparation des traitements.....	
T1 : Eau saline de gassi touil naturelle.....	
T1C : Eau saline de gassi touil corrigée.....	
T2 : Augmentation de $\text{NH}_4^+$ de 10%.....	
T3 : Augmentation de $\text{NH}_4^+$ de 20%.....	
T4 : Augmentation de $\text{NH}_4^+$ de 30%.....	
T5 : Augmentation de $\text{K}^+$ de 10%.....	
T6 : Augmentation de $\text{K}^+$ de 20%.....	
T7 : Augmentation de $\text{K}^+$ de 30%.....	
TM : Eau de Blida corrigée et transformée en solution nutritive.....	
<u>Chapitre 5.</u> Mise en place et conduite de la culture.....	
V-1- Prégermination-semis.....	
V-2- Soins culturaux.....	
V-2-1- Doses et fréquences des arrosages.....	
V-2-1-1- Dose d'arrosage.....	
V-2-1-2- La fréquence des arrosages.....	
V-2-2- Traitements phytosanitaires utilisés.....	
V-2-3- Palissage.....	

Table des matières.

---

Chapitre 6. Méthodes et mesures des paramètres biométriques et de production.....  
VI-1- Les paramètres de croissance.....  
VI-2- Les paramètres du développement des plantes.....  
VI-3- Les paramètres de production.....  
VI-4- Les analyses des organes végétaux.....  
Chapitre 7. Estimation du bilan d'absorption hydrominérale.....

Partie 3. Résultats et interprétation.

I- Etude de la croissance.....  
I-1- Hauteur des plantes.....  
I-1-1- Evolution de la croissance durant la culture.....  
I-1-2- Hauteur finale des plantes.....  
I-2- Diamètre final des tiges.....  
I-3- Le nombre des feuilles par plant.....  
I-4- Le poids frais et sec des feuilles.....  
I-5- Le poids frais et sec des tiges.....  
II- Etude du développement des plantes.....  
II-1- Floraison-nouaison.....  
II-1-1- La floraison.....  
II-1-2- La nouaison.....  
II-2- Taux de fleurs avortées.....  
III- Etude de la production.....  
III-1- Etude quantitative.....  
III-1-1- Production totale par plante.....  
III-2- Etude qualitative.....  
III-2-1- Taux de matière sèche au niveau des gousses.....  
III-2-2- Teneur en azote.....  
III-2-2-1- Teneur en azote au niveau des feuilles.....  
III-2-2-2- Teneur en azote des tiges.....  
III-2-2-3- Teneur en azote dans les gousses.....  
III-2-3- Teneur du végétal en sodium.....  
III-2-3-1- Taux de sodium dans les feuilles.....  
III-2-3-2- Taux de sodium dans les tiges.....  
III-2-3-3- Taux de sodium dans les gousses.....  
III-2-4- La teneur en potassium du végétal.....  
III-2-4-1- Taux de potassium dans les feuilles.....  
III-2-4-2- Taux de potassium dans les tiges.....  
III-2-4-3- Taux de potassium dans les gousses.....  
VI- Estimation du bilan d'absorption hydrominérale.....  
    Discussion générale.....  
    Conclusion générale.....  
    Références bibliographiques.....  
    Annexe.....



## Liste des tableaux.

<u>Tableau01</u>	: Origines et causes de la salinité.....
<u>Tableau02</u>	: Superficies affectées par la salinité dans le monde.....
<u>Tableau03</u>	: Pourcentages des terres irriguées atteintes par la salinisation dans certains pays méditerranéens.....
<u>Tableau04</u>	: Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation.....
<u>Tableau05</u>	: Degré de solubilité maximal de quelques sels sodiques dans la solution du sol à 20°C en g/l.....
<u>Tableau06</u>	: Les formes d'absorption des ions.....
<u>Tableau07</u>	: Composition chimique du haricot vert.....
<u>Tableau08</u>	: Exportations du haricot vert nain.....
<u>Tableau09</u>	: Exportations du haricot vert et sec.....
<u>Tableau10</u>	: Solution nutritive « COIC et LESAINTE » du type 14,4meq/l d'azote total.....
<u>Tableau11</u>	: Teneur des différents éléments minéraux dans l'eau de Blida...
<u>Tableau12</u>	: Composition des solutions mères complémentaires d'oligo-éléments A et B.
<u>Tableau13</u>	: Besoins hydriques journaliers du haricot sous serre.....
<u>Tableau14</u>	: Moyennes des températures par décade de la serre et du substrat.....
<u>Tableau15</u>	: Hauteur moyenne finale.....
<u>Tableau16</u>	: Diamètre moyen final des tiges.....
<u>Tableau17</u>	: Nombre de feuilles par plante.....
<u>Tableau18</u>	: Le poids frais et sec des feuilles.....
<u>Tableau19</u>	: Le poids frais et sec des tiges.....
<u>Tableau20</u>	: Début et pleine floraison exprimés en nombre de jours après semis.....
<u>Tableau21</u>	: Nombre de jours du semis au stade début et pleine nouaison...
<u>Tableau22</u>	: Le taux d'avortement.....
<u>Tableau23</u>	: Nombre de gousses par plante.....
<u>Tableau24</u>	: La production totale par plante.....
<u>Tableau25</u>	: Taux de matière sèche des fruits.....
<u>Tableau26</u>	: Teneur en azote des feuilles.....
<u>Tableau27</u>	: Teneur en azote des tiges.....
<u>Tableau28</u>	: Teneur en azote des gousses.....
<u>Tableau29</u>	: Taux de sodium dans les feuilles.....
<u>Tableau30</u>	: Taux de sodium dans les tiges.....
<u>Tableau31</u>	: Taux de sodium dans les gousses.....
<u>Tableau32</u>	: Taux de potassium dans les feuilles.....
<u>Tableau33</u>	: Taux de potassium dans les tiges.....
<u>Tableau34</u>	: Taux de potassium dans les gousses.....
<u>Tableau35</u>	: Le bilan d'absorption hydrominérale à la première coupe.....
<u>Tableau36</u>	: Le bilan d'absorption hydrominérale à la deuxième coupe.....
<u>Tableau37</u>	: Le bilan d'absorption hydrominérale à la troisième coupe.....
<u>Tableau38</u>	: Le bilan d'absorption hydrominérale à la quatrième coupe.....
<u>Tableau39</u>	: Le pourcentage de l'absorption minérale.....

### Liste des figures.

- Figure 01 : Tolérance des plantes au sel.  
Figure 02 : Schéma du cycle de l'azote.  
Figure 03 : Schéma simplifié indiquant la dynamique de l'azote dans le sol.  
Figure 04 : Schéma du cycle du potassium.  
Figure 05 : Schéma du potassium dans le sol.  
Figure 06 : Bloc E.T.M.  
Figure 07 : Evolution de la hauteur des plantes.  
Figure 08 : Hauteur finale des plantes.  
Figure 09 : Diamètre final des tiges.  
Figure 10 : Nombre de feuilles par plant.  
Figure 11 : Le poids frais et sec de feuilles.  
Figure 12 : Le poids frais et sec des tiges.  
Figure 13 : Longueur de fruits.  
Figure 14 : La production totale par plante.  
Figure 15 : Teneur en azote des feuilles.  
Figure 16 : Teneur en azote des tiges.  
Figure 17 : Teneur en azote des gousses.  
Figure 18 : Taux de sodium dans les feuilles.  
Figure 19 : Taux de sodium dans les tiges.  
Figure 20 : Taux de sodium dans les gousses.  
Figure 21 : Le taux de potassium dans les feuilles.  
Figure 22 : Le taux de potassium dans les tiges.  
Figure 23 : Le taux de potassium dans les gousses.

## **INTRODUCTION**

La croissance et les rendements des végétaux sont limités par un certain nombre de contraintes telles que les contraintes climatiques (froid, sécheresse et luminosité excessive) ou édaphiques (salinité, limitation en sels minéraux etc....).

La salinisation des sols et des eaux d'irrigation est depuis longtemps un sujet de préoccupation dans les zones arides, où l'alimentation en légumes frais pendant l'année est très aléatoire.

D'après ZELLA (1992) plus de 97,5% des ressources hydriques naturelles du globe se trouvent sous forme d'eau salée. L'Algérie occupe une place importante sur le rivage de la méditerranée : 1200km de côte et plus des eaux saumâtres et salées souterraines ou superficielles.

Les risques de diminution de la fraction utilisable des eaux conventionnelles (eaux douces) s'accroissent épisodiquement en période de sécheresse. Pour la population en croissance exponentielle, son urbanisation exige davantage d'eau pour son alimentation, pour l'agriculture et pour l'industrie.

Face à ce constat, une question se pose : faut-il continuer à gérer l'eau de cette manière et attendre que le spectre de l'eau douce nous surprenne?

Pour éviter cette situation de crise de l'eau en perspective, l'utilisation des eaux non conventionnelles (eaux salées, eaux saumâtres et eaux usées) est souvent préférable à pas d'eau du tout.

La gestion des milieux salés reste donc un défi majeur pour l'avenir. On se demande si l'agriculture réussit à utiliser les eaux marginales d'une manière techniquement valable rentable et respectueuse de l'environnement. Il faut donc relever le défi et rechercher les moyens qui peuvent rendre productive les terres marginales et les sols salins.

Selon OUMANE (in IMALET, 1979) en Algérie les problèmes de salinité sont particulièrement importants dans les régions où les eaux d'irrigation renferment des quantités excessives de chlorure de sodium pouvant atteindre 2g/l.

L'abondance du sodium dans l'eau d'irrigation peut être à l'origine d'un grave problème pédologique et agronomique, par son effet toxique.

AYERS et WESTCOT (1984) notent que la toxicité se pose quand l'élément sodium absorbé par la cellule s'accumule en quantité susceptible d'entraîner une diminution des rendements.

MORARD (1995) ajoute que la toxicité provoque toujours successivement quatre types d'effets: d'abord une diminution de la croissance, puis son arrêt, ensuite l'apparition de symptômes visuels (déformation, décoloration et dessèchement...), enfin la mort de la plante.

Selon les travaux de EPSTEIN (in HOUCHI, 1986) la salinité du milieu caractérisé par de forte concentration en sodium, peut devenir agressive pour les plantes lorsque ce milieu est pauvre en éléments indispensables tels que l'azote et le potassium dans les zones arides.

La productivité des écosystèmes naturels et des cultures est intimement liée à la nutrition azotée. Ainsi, les nitrates à l'instar des autres composés azotés tels que l'ammonium sont absolument nécessaires à la croissance et au développement des végétaux (MAZLIAK et LAVAL-MARTIN, 1995).

L'azote nécessaire pour obtenir des rendements élevés doit être équilibré constamment avec le potassium. Il est bien connu que la précocité de la récolte est associée au potassium qui « gouverne » l'action de l'azote (REY et COSTES, 1965).

Compte tenu des risques potentiels qu'engendre la présence de l'ion sodium ( $\text{Na}^+$ ), il paraît souhaitable de l'exclure par antagonisme. En effet, les antagonismes se traduisent par des combinaisons, qui permettent d'obtenir au cours du développement de la plante le meilleur pourcentage de nouaison, puis une bonne précocité, enfin le meilleur rendement.

L'antagonisme de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et du potassium ( $\text{K}^+$ ) est assez marqué sur la diminution de l'absorption du sodium ( $\text{Na}^+$ ) (HELLER, 1953).

Le seul palliatif efficace consiste à passer en culture hors-sol, afin d'apporter à l'agriculteur une certaine garantie en limitant les risques de stress nutritionnels (toxicité).

Dans cette optique SIMMONEAU et AUBERT (in IMALET, 1979) soulignent que le haricot est une plante qui supporte mal même les faibles concentrations salines comprises en moyenne entre 1 et 2 grammes de chlorures de sodium par litre, concentrations que supportent relativement bien d'autres plantes cultivées.

L'accent est mis sur l'influence de la qualité de l'eau sur le végétal dans la mesure où elle conditionne la production et la gestion des sols. Puisque cette eau contient une quantité d'ion sodium ( $\text{Na}^+$ ) excessive par rapport au besoins de la plante, l'apport d'autres ions jouant un rôle antagoniste permet à la plante de s'alimenter à peu près normalement en azote et en potassium.

**PARTIE 1.**  
**PRESENTATION BIBLIOGRAPHIQUE**



**CHAPITRE PREMIER :**  
**UTILISATION DES EAUX SALINES EN**  
**AGRICULTURE**

## **CHAPITRE PREMIER: UTILISATION DES EAUX SALINES EN AGRICULTURE**

### **I- Généralités sur la salinité**

#### **I-1- Définition, origines et causes de la salinité**

BRUN et MANTARONE (1987) définissent la salinité comme étant la concentration de la solution du sol s'exprimant en gramme de sels par litre.

La salinité a plusieurs origines : la roche mère, les eaux d'irrigation et les engrais (HADJ ARAB, 1977).

WILLEM et HOORN (1995) notent que la salinité du sol à long terme dépend de la qualité de l'eau d'irrigation et de pluie d'une part et la percolation nette d'autre part. Cependant, il est permis de négliger les sels de la pluie, des engrais et des plantes pour le bilan d'un sol irrigué dans lequel les apports de sels par l'irrigation et la remontée capillaire (de la nappe souterraine).

En résumé, les différents mécanismes de la salinisation sont représentés dans le tableau 1 selon DRYSSINE (in IMALET, 1979).

**Tableau 1 :** Origine et causes de la salinité.

Origines	Causes	
	Naturelles (Géologiques)	Provoquées (Humaines)
Statiques	Roche mères salines	Dissolution des sels en profondeur et leur remontée vers le haut.
	Marécage salin	Assèchement des marécages.
Superficielles	Nappes d'épandages	-Régime des irrigations. -Volume d'eau apporté= Volume d'eau retenu. -Irrigation à l'eau fortement salée.
Profondes	Nappes souterraines proche de la surface salée ou douce.	Remontée de la nappe salée sous : -l'effet d'arrosage (l'eau douce ou salée). -Salinisation de la nappe et sa remontée.

Source : DRYSSINE (in IMALET, 1979).

#### **I-2- La salinité dans le monde**

Selon LASRAM (1995) la salinité du sol touche environ un milliard d'hectares dans le monde situés principalement dans les régions arides et semi-arides. Vingt millions d'hectares sont atteints par la salinité chaque année. Les terres irriguées affectées par la salinité correspondent à 27% de la surface irriguée dans le monde soit un tiers des terres agricoles dans les



régions arides et semi arides qui sont affectées par un excès de sels (Tableau2).

**Tableau 2 :** Superficies affectées par la salinité dans le monde.

Régions	Millions d'hectares	Régions	Millions d'hectares
Afrique	80,50	Australie	357,30
Europe	50,80	Mexique et Amérique centrale	2,00
Amérique du nord	15,70	Asie centrale et du nord	211,70
Amérique du sud	129,20	Asie du sud-est	20,00
Asie du sud	87,60		
Total : 954,80	363,80		591,00

Source: LASRAM (1995).

D'après LASRAM (1995) les estimations de l'institut des ressources mondiales, plus de la moitié des terres irriguées du monde sont salées, sodiques ou sujettes à l'engorgements à cause de l'adoption de méthodes d'irrigation inadéquate, de mauvais systèmes de drainage et de l'utilisation des eaux salées.

Toujours selon le même auteur, la salinité dans le pourtour méditerranéen couvre quatre vingt millions d'hectares. L'avenir semble plus sombre dans les pays du sud de la méditerranée, car l'agriculture sera obligée d'avoir recours de plus en plus à l'eau salée, ce qui contribue au processus de salinisation secondaire qui s'étend dans la région à un taux accéléré et qui créera de graves problèmes économiques (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Pourcentages des terres irriguées atteintes par la salinisation dans certains pays méditerranéens.

Pays	% de terres atteintes	Pays	% de terres atteintes
Algérie	10 – 15	Grèce	07
Chypre	25	Jordanie	16
Egypte	30 – 40	Maroc	10 - 15
Espagne	10 – 15	Portugal	10 - 15
Israël	13	Syrie	30 - 35

Source : LASRAM (1995).

### **I-3- la salinité en Algérie**

Selon DROUHIN (1961) l'Algérie est un pays de sels. La salure des sols algériens est le plus souvent d'origine sédimentaire.

DAOUD et HALITIM (1994) ajoutent qu'en Algérie la salinisation secondaire à la suite de l'irrigation avec des eaux diversement minéralisées a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètres irrigués.

Aussi, DAOUD et HALITIM (1994) présentent l'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation comme suit : (Tableau4).

**Tableau 4 :** Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation.

Conductivité électrique(ds/m)	Concentration (g/l)	Evaluation Américaine	Evaluation Russe	Evaluation de Durand pour l'Algérie
CE < 0,25	<0,20	Faiblement salé	Bonne qualité	Non saline
0,25<CE<0,75	0,20-0,50	Moyennement salée		Salinité moyenne
0,75<CE<2,25	0,50-1,00	Fortement salé	Risque de salinisation	Forte salinité
2,25<CE<5,00	1,50-3,00	Très fortement salé		Très forte salinité
5,00<CE<20,00	3,00-7,00	Salinité Excessive	Ne peut être utiliser sans lessivage	Salinité excessive

Source : DAOUD et HALITIM (1994).

## **II- La salinité des eaux d'irrigation**

### **II-1-Notion de salinité**

L'eau d'irrigation contient un mélange de sels. Les sols irrigués avec cette eau contiendront un mélange semblable caractérisé par une concentration en sels plus élevée. L'importance de l'accumulation des sels dans le sol dépendra de la qualité de l'eau d'irrigation, de la conduite des irrigations et de l'efficacité du drainage. A une concentration excessive du sel correspond une baisse de rendement. Pour empêcher la perte de rendement, il faut maintenir les sels dans le sol à une concentration non dommageable pour la production. Les eaux d'irrigation de qualité médiocre présentent des contraintes sérieuses de salinité, le contrôle de la salinité devient cependant plus difficile.

Les sels contenus dans l'eau ou dans le sol réduisent l'eau disponible pour les plantes au point de nuire à leur rendement. Ces sels sont représentés en grande partie par des cations (sodium, magnésium, calcium) et des anions (chlorure, sulfate, bicarbonate de calcium; de magnésium et de sodium) (SERVANT, 1976).

Pour OUMANE (1976) (in IMALET, 1979) en Algérie les problèmes de salinité sont particulièrement importants dans les régions où les eaux d'irrigation renferment des quantités excessives de chlorure de sodium pouvant atteindre 2g/l.

### **II-1-1- Origines des eaux salines**

Plus de 97,5% des ressources hydriques naturelles du globe se trouvent sous forme d'eau salée. L'Algérie occupe une place importante sur le rivage de la méditerranée : 1200kms de côte et plus des eaux saumâtres et salées souterraines ou superficielles (ZELLA, 1992).

ISRAELSEN et HANSSEN (1965) expliquent que la salinité de l'eau provient d'une ou de plusieurs sources suivantes:

-Le drainage naturel où l'eau est livrée par des bassins qui contiennent des quantités élevées de sels alcalins dans les sols et les roches;

-le transport dans les rivières ou des canaux à travers des formations de sols ou de rochers qui sont fortement imprégnés de sels alcalins ;

-le détournement des canaux des parties les plus basses de cours d'eau et de rivières qui reçoivent de grandes quantités d'eau d'infiltration et l'écoulement de retour des régions irriguées.

### **II-1-2-Mesure de la salinité de l'eau**

Quand on fait un bilan de disponibilité en eau pour l'irrigation, on doit tenir compte à la fois de la quantité et de la qualité de l'eau.

DOUMBLIAOUSKAS et BENHACINE (1983) mentionnent que la qualité de l'eau est déterminée par :

-La teneur totale en sels, qui nous indique l'utilisation ou non de cette eau. Elle est exprimée en g/l, meq/l, ppm ou d'après la conductivité électrique en mmhos/cm à 25°C ou en ds/m.

-La composition ionique, qui est le facteur le plus important car il détermine les risques liés aux différents ions :

a/. Les carbonates : La présence élevée de bicarbonates peut précipiter le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) dans le sol donc peut augmenter indirectement la teneur en sodium dans le sol.

b/. Les chlorures : L'ion chlorure n'a généralement pas été inclus dans les classifications en matières d'eau car il n'a pas d'effet néfaste sur le sol et son excès peut avoir une importance particulière pour seulement certaines cultures arboricoles et la vigne (Anonyme, 1978).

c/.Le sodium : Le sodium est l'élément principale de la qualité de l'eau surtout e en raison de son action sur le sol et les effets secondaires sur la croissance des végétaux (Anonyme, 1978).

-Les oligo-éléments. Le bore est un élément essentiel pour la qualité d'eau, très toxique pour certaines plantes. DURAND (1959) confirme qu'aucun exemple n'a été signalé en Algérie. Par contre, il semble qu'il faille prêter une attention particulière en bore si l'eau d'irrigation provient des régions volcaniques.

### **II-1-3- Classification des eaux salines**

Les termes les plus usités dans la description d'une eau saline et qui caractérisent les principaux critères de classification sont :

### 1-La conductivité électrique (CE).

La mesure de la conductivité électrique traduit la concentration en électrolytes de la solution. Elle exprime la teneur en sels solubles (salinité globale) à une température de 25°C.

D'après CLEMENT et GALAND (1979) par mesure de la conductivité ; on rencontre quatre classes :

Classe1 : Risque faible de salinité.

Classe2 : Risque moyen de salinité.

Classe3 : Risque élevée de salinité.

Classe4 : Risque très élevé de salinité.

### 2-Sodium Adsorption Ratio(S.A.R).

C'est le rapport de fixation du sodium, si l'eau est riche en sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante. Donc, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ions de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et celle en ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

Le S.A.R est mesuré suivant la formule ci-dessous :

$$\text{S.A.R} = \text{Na}^+ / ((\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2)^{1/2}$$

### 3-Température.

DURAND (1983) (in SNOUSSI, 2001) explique que la température de l'eau d'irrigation a une importance. Certains forages profonds au sud algérien donnent des eaux dont la température peut atteindre 55°C. Si la température atmosphérique supportée par les plantes est élevée, la transpiration abaisse la température de la plante, compensant ainsi l'excès de la chaleur qu'elle subit. L'eau d'irrigation trop chaude risque de «brûler» littéralement la plante : il ne faut pas utiliser directement une eau ayant une température atteignant 40°C. Les eaux chaudes doivent être refroidies, si possible à moins de 30°C.

### 4-Calcaire.

La dureté carbonatée est dite temporaire, car elle est éliminée par ébullition de l'eau. Les bicarbonates sont décomposés sous l'action de la chaleur avec dépôt de tartre (croûte calcaire dure et insoluble).



La dureté temporaire d'une eau est étroitement liée à son alcalinité carbonatée. L'unité commune la plus souvent utilisée est le mg/l de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) équivalent. La dureté d'une eau est exprimée par la concentration de carbonate de calcium qui lui donnerait une dureté équivalente (TARDOT-HENRY et BEAUDRY (1984) (in SNOUSSI, 2001).

## **III- Développement de la salinité dans le sol**

Les sels solubles contenus dans les eaux souterraines ou superficielles sont susceptibles, de contaminer les sols par une accumulation des produits solubles dans le milieu poreux ainsi que par une modification du complexe adsorbant.

Il en résulte une transformation profonde des propriétés physiques et chimiques du sol, avec pour conséquence la création d'un milieu stérile vis-à-vis de la production agricole.

L'irrigation ne fait qu'aggraver ce problème. En effet, les sels apportés dans le sol à chaque irrigation. La culture prélève dans le sol ses besoins en eau en laissant sur le sol une solution très concentrée en sels. Cette concentration sera encore très importante par l'irrigation suivante.

### **III-1-La salinisation des sols**

La salinisation des sols et des eaux d'irrigation est depuis longtemps un sujet de préoccupation dans les zones arides. La superficie des sols du monde arabe est estimée à 14,01 millions de km<sup>2</sup> dont 89% de ces terres cultivables sont estimées à 1,9 millions de km<sup>2</sup>, 1/4 seulement est effectivement cultivées soit 3,6% de la superficie totale du monde arabe (Anonyme, 1978).

Les conditions des régions arides : La faible pluviométrie, forte évaporation et lessivage de sol relativement rare ; causent une accumulation excessive de sels solubles qui retardent ou empêchent la croissance des plantes. Les sols dont la pédogenèse est fortement influencée par la présence de sels ont longtemps été appelés sols salés ou sols halomorphes. Les sols qui contiennent des sels solubles en excès sont désignés par le nom de sols salins et ceux qui contiennent en excès du sodium par le nom de sols alcalins ou sodiques.

#### **III-1-1-Types de salinisation**

##### **III-1-1-1-La salinisation primaire**

La salinisation primaire est due principalement aux sels se formant in situ au cours du processus d'altération des roches. La migration et le dépôt de ces sels solubles dépendent de l'intensité et de la répartition des précipitations (climat), du degré de porosité du sol (drainage) et autres caractéristiques du milieu naturel. L'accumulation de ces sels solubles dans la nappe souterraine influe sur la qualité de l'eau à des degrés variables selon la salinité naturelle du sol et les matériaux géologiques avec lesquels l'eau souterraine a été en contact.

La salinisation primaire dépend de deux facteurs : Climat et drainage (Anonyme, 1978).

a/Action du climat : Les sols salins sont pratiquement inexistant dans les régions de climat humide, où la profonde percolation des eaux de pluie entraîne les sels solubles, originaires présents dans le sol ou formés à partir des minéraux du sol sous l'action des agents naturels. Dans les régions arides ou semi-arides l'inexistence du drainage et du transport des sels solubles en plus de l'évapotranspiration intense qui caractérise ces climats favorise la concentration des sels dans le sol.

b/Action du drainage : L'existence d'un mauvais drainage est une condition essentielle de la salinisation, dont les causes sont : (DROUHIN, 1961).

- Une topographie défavorable ne permettant de déboucher vers un cours d'eau et provoquant ainsi une remontée de la nappe phréatique ;
- une faible perméabilité du sol empêchant les mouvements de l'eau ;
- une texture ou une structure défavorable du sol ;

- la présence de « couches restrictives » imperméable (couche d'argile ou semelle de labour).

La salinisation primaire a deux origines :

1-Origine géologique : L'origine géologique est représenté soit par des bassins sédimentaires trias, tertiaires et quaternaire (exemple : Des évaporites), ou par les zones d'écartement des plaques (Anonyme, 1978).

Dans les déserts continentaux, la salinisation est le produit de la migration et du dépôt de sels dans les eaux superficielles et souterraines au cours du processus d'altération et de formation des sols. La salinité de l'eau souterraine peut varier de moins de 5g/l à plus de 100g/l avec prédominance des carbonates dans les solutions faiblement concentrées, des sulfates dans les solutions à concentration moyenne et des chlorures dans les solutions fortement concentrées.

2-Origine marine ou lagunaire : Les territoire concernés s'appellent les slikkes, les shotts et les marais (en milieu atlantique) (Anonyme, 1978).

Selon LASRAM (1995) en milieu méditerranéen la salinisation est d'origine lagunaire : Les zones salées sont des basses plaines soumises à l'action de la nappe phréatique.

La présence d'eau fortement minéralisée à faible profondeur et le climat évaporant, permettant les remontées capillaires. La situation topographique basse à côté d'une mer sous marées ne permet pas de drainage périodique gravitaire. Le stock global de sels dans le profil reste constant : La seule variation est une variation verticale saisonnière.

Dans les régions situées à proximité de la mer ou des lacs, l'eau de mer a une influence directe ou indirecte sur les sols et les eaux souterraines, avec pour cette dernière des concentrations de 25 à 100g/l de sels principalement des chlorures de sodium.

### III-1-1-2-La salinisation secondaire.

Dans les sols irrigués, elle s'explique par l'irrigation avec une eau de mauvaise qualité, un lessivage insuffisant un drainage déficient des infiltrations à partir des canaux et des zones adjacentes, la présence d'un niveau phréatique élevé et un taux d'évapotranspiration importante (Anonyme, 1978). Donc, la salinisation secondaire est souvent due à l'irrigation, soit que le plan phréatique remonte au-dessus du seuil minimum, soit que l'on ait utilisé une eau saline.

La salinisation secondaire est principalement provoquée par l'irrigation soit par un mauvais choix des sols irrigables ; soit à une mauvais gestion et utilisation d'eau d'irrigation (trop chargée en sels ou apport abondant d'eau moyennement chargée en sels) (PETERSON, 1961).

D'après SERVANT (1976) l'origine de la salinisation secondaire est anthropique où la pratique de l'irrigation peut entraîner une salinité du milieu par l'utilisation d'eau d'irrigation très salée ou faiblement salée, mais dont la répétition des apports sans lessivage et drainage, a entraîné une salinisation progressive du milieu. La salinité peut être aussi due à l'apport d'eau en quantité trop importante, responsable d'une remontée du niveau de la nappe originellement salée. Ce niveau devient alors suffisant pour permettre des remontées capillaires et pour imprégner les horizons de surface en particulier la zone radulaire.

### III-1-1-3-Autres types de salinisation :

Il existe d'autres types de salinisation qui peuvent être dus selon ce qui suit :

a/.Salinisation liée à la jachère ou à la déforestation : L'assèchement de la zone racinaire provoque, s'il n'est pas compensé par l'irrigation, la remontée capillaire. En supprimant le couvert végétal, on supprime la transpiration capillaire qui peut être très importante et atteindre la surface.

b/.Salinisation des terres irriguées avec les eaux salées contaminées : La contamination peut être due à une sur-exploitation des nappes aquifères, à proximité du littoral.

c/.Utilisation des engrais d'une façon irrationnelle et anarchique : Les engrais utilisés par l'agriculteur influent d'une façon indirecte sur l'accumulation des sels dans le sol.

### III-2-Définition de la sodisation

La sodisation est une phase intermédiaire entre le processus de salinisation et le processus d'alcanisation. C'est un processus transitoire par lequel on remarque un accroissement du sodium échangeable.

### III-3-Définition de l'alcanisation

L'alcanisation est un processus par lequel croît le sodium retenu par les colloïdes du sol :

- Lorsqu'un sol ; dont les principaux cations sont le calcium et le magnésium dans le complexe d'échange(dans la solution du sol); reçoivent par irrigation un excès de sels solubles, le sodium devient dominant dans la solution du sol, et une partie du calcium et du magnésium est remplacée par du sodium (Anonyme, 1978),

- aussi, selon (HOUCHI, 1986) le sodium peut être le cation prédominant dans la solution du sol, par précipitation des composés calciques et magnésiques quand la solution du sol se concentre par évaporation (ou évapotranspiration). Lorsque les limites de solubilité de sels calciques et magnésiques sont atteintes voir dépassées, il y a alors précipitation de ces sels avec pour conséquence l'augmentation de la proportion relative de sodium.

En général, le sodium doit constituer la moitié des cations de la solution du sol avant que des quantités notables en soient absorbées par les colloïdes.

### III-3-Origine, accumulation et nature des sels dans le sol

Les sels résultent d'une combinaison d'un acide et d'une base avec élimination d'eau. Mais, en pédologie le mot « sels »est porté surtout sur ceux qui sont facilement solubles, de façon que leur taux dans la solution du sol soit élevée et influe sur la croissance des plantes et/ou sur la structure du sol (Anonyme, 1981).

La présence des sels dans la masse du sol en quantité appréciable est due, soit aux facteurs géologiques, donc naturels, conditionnées par la structure et la constitution lithologique de la région (salinité naturelle) soit aux irrigations mal adaptées aux conditions locales (salinité provoquée).

Les sels peuvent être présents dans la roche mère, aussi bien à la surface qu'en profondeur, ou apportés par les eaux, aussi bien par le haut (salinisation superficielle) que par le bas (salinisation par la nappe) (IMALET, 1979).

Selon GROS (1979) les solutions salines contiennent principalement les ions suivants :

a/.Cations (bases) : Sodium ( $\text{Na}^+$ ), calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), hydrogène ( $\text{H}^+$ ) et tous les oligo-éléments.

b/.Anions (acides) : Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), phosphate ( $\text{PO}_3^-$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).

Le tableau ci-après, nous permet de voir un exemple sur quelques principaux sels sodiques et leurs degrés de solubilité.

**Tableau 5 :** Degré de solubilité maximal de quelques sels sodiques dans la solution du sol à 20°C en g/L.

Sels Solubilité	NaCl	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Degré de solubilité	317 0	213 0	194 00	93 00

0 solubles.

00 moins solubles.

Source. CHAIBI BENDAHDANE (1989) (in BOUZOUIDJA, 1995).

Selon HAMZA (1982) les sels dans la nature proviennent principalement de trois origines :

-La mer peut contaminer les régions côtières par des infiltrations d'eau salée pouvant atteindre la nappe phréatique, les embruns et les aérosols.

-La dissolution des roches sédimentaires par les eaux de ruissellement. Ces roches riches en chlorures, sulfates, carbonates ou bicarbonates contribuent à l'augmentation de la salinité des sols et des nappes souterraines.

-La concentration par l'évaporation des eaux de surface qui sont généralement utilisées pour l'irrigation.

Aussi, selon les travaux de DERDOUR (1981) les origines des sels et leurs accumulations dans le profil sont dues à :

-L'altération des roches ignées, la remontée de sels à partir de la nappe phréatique etc...

-la salinisation primaire : suite à l'altération des roches salifères ;

-la salinisation secondaire : due à l'irrigation par des eaux salines. Certains sols qui ne contenaient pas de sels en excès avant d'être cultivés ont été rendus improductifs par l'utilisation d'une eau d'irrigation qui contenait de trop grandes quantités de sels. Ces derniers continuent à s'accumuler dans les surfaces irriguées où on apporte des quantités plus grandes que celles qu'on en retire. Sachant que les eaux d'irrigations contiennent de 1 à 35 tonnes de sels par hectomètre d'eau. Aussi,



l'eau qui filtre à travers des roches salines contient habituellement une quantité appréciable de sels.

### **III-4-Effets des sels sur le sol**

D'après DAOUD (1981), les caractéristiques principales des sols salés sont la présence de sels solubles dans le profil et/ou de sodium échangeable en quantité élevée, leurs conférant des propriétés physiques, chimiques et biologiques défavorables à la croissance des végétaux.

#### **III-4-1-Modification des propriétés physiques.**

DONAHUE (1965) (in SNOUSSI, 2001), indique que l'accumulation du sodium peut avoir une action néfaste sur la structure du sol. En présence de quantités importantes du sodium, le gonflement des terres est tel qu'il aboutit à la séparation des particules d'argiles et de matière organique. Le résultat est un tassage serré des particules du sol. Ce tassage des particules réduit le volume et le nombre des espaces poreux, et de ce fait l'eau et l'air ne peuvent plus circuler dans le sol.

DERDOUR (1981), nous montre que la présence de 12 à 15% de sodium échangeable dans la solution du sol suffit pour que la stabilité structurale soit complètement réduite dans les sols salés.

Pour BRYSSINE (1961) (in IMALET, 1979) le carbonate de sodium entraîne les précipitations sous forme inassimilable des éléments nutritifs (phosphore, zinc, manganèse, fer,...etc.). Le sol alors devient imperméable, mal aéré, visqueux, impossible à travailler, impropre à toute végétation causant l'asphyxie et la faim des plantes.

#### **III-4-2-Modification des propriétés chimiques**

D'après MORARD (1995) le pH habituel dans les sols cultivés est compris entre 4,9 et 6,5. Signalons que dans les sols salins la faible teneur de l'ion hydrogène ( $H^+$ ) et la forte concentration de l'ion sodium vont entraîner : Une diminution de la disponibilité du phosphore et du carbonate de calcium ; un blocage du manganèse, du fer et du cuivre ; la présence de phénomène d'antagonisme du calcium et du magnésium par présence de sodium en concentration élevée et enfin un blocage du phosphore qui entraîne la formation des phosphates calciques insolubles.

#### **III-4-3-Modification des propriétés biologiques**

La flore microbienne du sol est un puissant facteur de la fertilité. L'abondance de la microflore influe ainsi de façon indirecte sur l'activité biologique du sol. A cause de cette microflore on constatera des types d'humus qui se diffèrent d'un milieu à un autre selon la composition du sol et la présence d'éléments. Les sels diminuent de façon générale la fertilité naturelle des sols en inhibant la croissance et l'activité des micro-organismes qui fixent l'azote moléculaire de l'air et le rendent disponible pour les plantes (GRILLOT (1957) (in KEDARI, 1992)).

### **III-5-Classification des sols sal sodiques**

Selon DUCHAUFOR (1983) (in SNOUSSI, 2001) les sols affectés par les sels(l'ion sodium) sont regroupés en une classe connue sous le terme de « sal sodique » et se subdivisent en deux sous classes :

### **III-5-1-Sous classe des sols salins**

Le terme de salin est utilisé pour des sols dont la conductivité de l'extrait de saturation dépasse 4 mmhos / cm à 25°C. Le pH étant inférieur à 8,5. Leurs solutions sont riches en sels neutres de sodium.

-CE > 4 mmhos/cm → horizon ≤ 25 cm.

-CE = 15 mmhos/cm → horizon allant de 25 à 75 ou 125 cm (suivant la texture).

La reconnaissance de ces sols se fait par la présence d'efflorescences blanches de sels à la surface du sol. La quantité des sels solubles présents contrôle la pression osmotique de la solution du sol. Le sodium représente rarement plus de la moitié des cations soluble. Les principaux anions sont les chlorures, sulfates et rarement les nitrates. Il peut exister les bicarbonates ; par contre les carbonates solubles sont absents. Les sels à faible solubilité peuvent exister tels que les sulfates de calcium (gypse), les carbonates de calcium (chaux) et de magnésium.

D'après Anonyme (1978), dans la sous classe des sols salins, on peut noter trois groupes :

a/.Les sols salins à complexe calcique(solontchak calcique).

b/.Les sols salins à complexe sodique(solontchak sodique).

c/.Les sols salins à sulfato-réduction.

### **III-5-2-Sous classe des sols alcalins**

Le terme de sol alcalin s'applique à des sols dont le rapport sodium ( $\text{Na}^+$ ) sur capacité d'échange s'élève et atteint 50%. Il y a dominance du sodium échangeable. Le pH est supérieur ou égal à 8,5 dans certains horizons et certaines saisons (processus d'alcalinisation). L'élévation de ce pH est due principalement à l'élimination des sels en excès qui conduit à augmenter le taux d'hydrolyse du sodium ( $\text{Na}^+$ ) échangeable et provoque l'élévation du pH du sol (CLEMENT et GALANT, 1979).

Ces sols sont désignés par le nom alcali noir dû généralement à la formation de croûte noire à la surface seulement en présence de matière organique sous forme dispersée et dissoute dans les sols très alcalins qui peut être dispersée à la surface du sol par évaporation dominant ainsi une couleur foncée d'où le terme « alcali noir » (DUCHAUFOR (1983) (in SNOUSSI, 2001).

Etant donné que l'argile particulièrement saturée et fortement dispersée, il peut être lessivé et accumulé dans les couches inférieures. Par la suite il se crée un horizon superficiel de sol de quelques centimètres d'épaisseur de texture relativement grossière et friable mais, en dessous, là où l'argile s'accumule il peut se différencier dans le sol une couche dense, de faible perméabilité, qui peut avoir une structure colonnaire à prismatique. Les anions présents dans les solutions du sol sont principalement les chlorures, les sulfates, bicarbonates et de petites quantités de carbonates.

Lorsque le pH est élevé, en présence de carbonates, le calcium et le magnésium sont précipités. Le sodium par contre est le cation prédominant. Le potassium ( $\text{K}^+$ ) soluble et échangeable peut exister en grandes quantités dans certains de ses sols. Le plus souvent les conditions d'alcalinisation se développent dans de tels sols à la suite d'irrigation (Anonyme, 1978).

## **IV- Influence de la composition des eaux d'irrigation sur la végétation**

### **IV-1- Effets des sels sur les plantes**

Du fait de l'extension de l'agriculture à des zones salées, notamment arides et semi arides et du développement des systèmes de production en irrigation provoquant la salinisation progressive des terres, le sel, en tant que facteur de l'environnement pour le physiologiste est un facteur limitant de la productivité pour l'agronome (HOUCHI, 1986).

En absence d'un système de drainage adéquat coûteux à installer et à entretenir et en l'absence de lessivage, chaque irrigation contribue à l'augmentation et l'accumulation de sels dans le sol. Sous l'effet conjugué de l'évaporation et de l'absorption d'eau par les plantes, les sels accumulés remontent à la surface du sol et se concentrent dans la zone des racines (HAMZA, 1982).

#### **IV-1-1-Action sur l'alimentation hydrique.**

Pour qu'il y ait une bonne absorption d'eau, il faut que la force développée par les cellules des poils absorbants soit supérieure à celle exercée par le sol pour la retenir (HADJ ARAB, 1977).

Selon BRAY (1997) (in ZEGUAOUI, 1999) un déficit hydrique s'installe lorsque l'absorption d'eau par la racine ne commence pas la perte d'eau par évapotranspiration.

Le déficit hydrique est le résultat de plusieurs types de stress, tels que la sécheresse, la salinité et les basses températures. Il peut être simulé par l'addition de solutés capables d'élever la pression osmotique dans les milieux racinaires aqueux.

D'après SINHA (1987) (in ZEGUAOUI, 1999) dans la plante, une contrainte hydrique entraîne toute une série de modifications morphologiques, physiologiques et métaboliques.

PETERSON (1961) confirme que les effets nuisibles des sels sur les plantes peuvent être exercés par l'inhibition osmotique de l'absorption d'eau par la racine.

Les sels apportés par l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol et restreint la disponibilité de l'eau du sol pour la culture. Cette disponibilité diminue proportionnellement à la salinité, c'est ce que l'on appelle l'effet osmotique qui peut être mesuré comme une tension que la plante doit surmonter (potentiel osmotique).

Pour extraire de l'eau d'une solution salée, la plante doit surmonter non seulement le potentiel hydrique du sol, mais aussi le potentiel osmotique créé par les sels. En pratique, on considère que les deux potentiels s'ajoutent pour calculer le potentiel total contre lequel la plante doit lutter pour extraire l'eau.

#### **IV-1-2-Action sur la nutrition minérale**

Comme pour l'absorption du végétal en eau, son alimentation en éléments nutritifs repose sur la pression osmotique du suc cellulaire qui devra être supérieure à celle de la solution du sol.

Si par défaut il y a processus inverse qu'on rencontre suite à la concentration en sels dans la solution du sol, ceci entraînera une absorption accrue de certains

éléments aux dépens d'autres. Ceci implique la présence de phénomène de synergie et d'antagonisme et enfin des déséquilibres chimiques (ioniques) (DIAMOUANGANA, 1973).

#### **IV-1-2-1-Action sur l'alimentation azotée**

La salinité affecte toutes les étapes de l'assimilation de l'azote, depuis l'absorption des nitrates, jusqu'à l'incorporation de l'ammonium dans un squelette carboné pour former les acides aminés et les amides.

Une augmentation de la concentration en sels dans l'environnement de la plante altère l'absorption des nitrates par la racine ainsi que leur translocation vers les feuilles (FUKUTOKU et YAMADA (1984) (in ZEGAOUI, 1999)).

La salinité du milieu due à l'ion sodium limite les rendements par une alimentation azotée insuffisante, qui laisse prévoir une activité assimilatrice faible, c'est à dire un rendement diminué (GROS, 1979).

MORARD (1995) note que la nature d'azote ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) diminue d'autant la possibilité d'intervention et d'apport de l'ion sodium ( $\text{Na}^+$ ).

Le même auteur ajoute qu'il est dangereux de dépasser 20% de la proportion d'azote ammoniacal de l'azote total, car on risque d'atteindre des valeurs limitantes, voire toxiques pour les racines des végétaux par augmentation de la pression osmotique du milieu.

#### **IV-2-2-Action sur l'alimentation potassique**

Lorsque les sels de sodium se concentrent dans le sol, l'assimilation du potassium se trouve freiner (HELLER, 1953).

Selon SCHMIDT 1995) le sodium remplace le potassium dans quelques-unes de ses fonctions par accroissement de l'assimilation de  $\text{CO}_2$  par unité de surface foliaire.

Aussi, MORARD (1995) note que l'absorption d'un ion peut être modifiée par la proportion d'autres ions en présence. Il y a antagonisme lorsque l'ion sodium augmente dans le milieu inhibe l'absorption du potassium, ce qui représente un gêne pour un maintien harmonieux de l'alimentation.

Il existe un phénomène d'antagonisme entre le sodium et le potassium, provoquant une faible alimentation minérale des plantules (MAZLIAK, 1981).

Parmi les hypothèses émises sur les mécanismes de régulation de l'ouverture des stomates, celle faisant intervenir les mouvements du potassium entre les cellules stomatiques et cellules environnantes et les modifications de turgescence de ces cellules est actuellement la plus retenue. Chez les plantes, en milieu salé, le sodium peut remplacer le potassium dans le fonctionnement des stomates (THOMAS (1975) ; COUDRET et FERRON (1977) in (HOUCHI, 1986).

Aussi, selon COMBES (1929) (in HADJ ARAB, 1977) il mentionne que dans le cas d'une présence excessive du sodium, ce dernier sera utilisé à la place du potassium.

#### **IV-2-3-Action sur les phénomènes physiologiques**

MAAS et HOFFMAN (1977) (in HAMZA, 1989) montrent qu'il n'y a que peu de corrélation pour une même espèce entre la résistance au sel à la germination, au stade végétatif, à la floraison et à la maturité des fruits et des grains. Ainsi, la

germination de la betterave à sucre, espèce tolérante est presque inhibée par le sel que celle du haricot très sensible.

HOUCHI (1986) note que la salinité ou / et la salinité physiologique au niveau des tissus est résultante des effets osmotiques ou ioniques de la salinité, peuvent inhiber la photosynthèse à différents niveaux des voies métaboliques.

Il est généralement admis que l'inhibition de la croissance chez les plantes en milieu salé, serait liée non seulement à une photosynthèse réduite, mais aussi à une dérivation de l'énergie respiratoire vers les processus de maintenance (accumulation vacuolaire d'ions, réparation des structures endommagées par le sel).

#### **IV-2-4-Manifestations morphologiques et physiologiques des plantes**

D'après GOUNY et CORNILLON (1973) la conséquences la plus immédiate d'une concentration saline excessive est une lésion des racines suivie de flétrissement de la plante.

Ainsi, en milieu salin, il y a des modifications morphologiques et physiologiques qui conduisent à une réduction de la croissance et une augmentation de la taille des cellules (POLJAKOFF MAYBER (1975) (in HUBAC, 1990).

Aussi, selon HAMZA (1982) il est observé la réduction de toutes les dimensions de la plante telles que :

- Le faible allongement des organes et leurs ramifications ;
- la diminution de la surface foliaire ;
- le raccourcissement des entre nœuds des tiges.

Ceci montre que l'effet principal des sels se situe au niveau de la croissance cellulaire.

IMALET (1979), cite que HAYMARD (1956) et GREEN WAY (1962) pensent que cet arrêt de croissance est dû principalement à :

- Une accumulation excessive des ions en particulier du sodium ;
- une absorption réduite des cations essentiels provoque ainsi un déséquilibre ionique ;
- et à la réduction de la disponibilité en eau due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol.

#### **IV-2 Tolérance des plantes à la salinité**

Toutes les plantes ne réagissent pas de la même manière à la salinité. Cette réaction varie avec les espèces, l'âge et les conditions climatiques (MORARD, 1995).

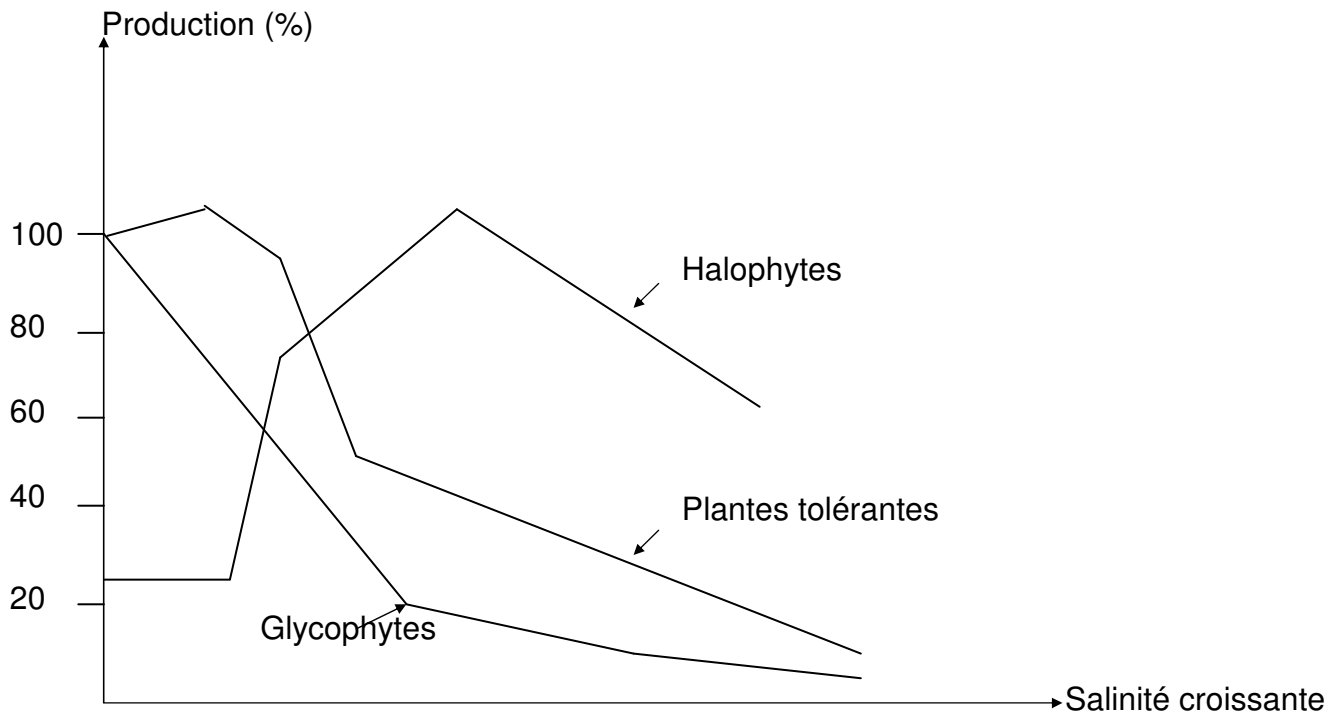
Suivant le degré de tolérance au sel des plantes, les travaux de PENNINGSFELD (in MORARD, 1995) font ressortir une classification qui repose sur trois groupes :

**Groupe 1.** Concerne les plantes sensibles pour lesquelles, le développement correspond à des concentrations de 0,2 à 2 g/l de solution nutritive(haricot, concombre, laitue).

**Groupe 2.** Comprend les plantes tolérante à une certaine salinité puisque la concentration optimum semble se situer entre 2 et 4 g/l (tomate, chou).

**Groupe 3.** Représenté par les plantes résistantes à des concentrations élevées en sels, puisque leur croissance peut s'effectuer normalement à des concentrations comprises entre 5 et 8 g/l (betterave, épinard).

GOUDIN et COLL (in SHELI, 1989) dressent bien cette classification dans la figure1.



Source : GOUDIN et COLL (in SHELI, 1989)

Figure 01: Tolérance des plantes au sel.

Les glycophytes présentent alors un rendement qui baisse avec l'augmentation de la salinité, par contre les plantes qui s'avèrent tolérantes aux sels ont une bonne croissance, mais leur rendement diminue au-dessous d'une certaine limite. Pour les halophytes le rendement augmente avec l'augmentation de la salinité et puis diminuent avec des teneurs en sels plus élevés (GOUDIN et COLL (in SHELI, 1989)).

La tolérance en sel a été partiellement liée à la régulation de la concentration du sodium dans les feuilles (SACHER et al (1983) (in TALEISNIK et GRUNBERG (1994)).

L'élément sodium, ne semble jouer aucun rôle essentiel dans la nutrition des glycophytes, devient cependant nécessaire au métabolisme des halophytes (DIEHL, 1975).

BOLLIARD et BUTHER (1966) (in COIC et COPPENET, 1989) indiquent que chez les glycophytes, le sodium se répartit différemment entre les racines et les feuilles suivant les espèces :

-Espèces sensibles : le sodium s'accumule dans les racines et les tiges.

-Espèces tolérantes : le sodium se localise en quantité excessive dans les feuilles.

Les travaux de HADJ ARAB (1977) mentionnent que les lésions attribuées à ce cation ( $\text{Na}^+$ ) sont des tâches nécrotiques près de la marge ou sur la partie centrale de la feuille.

SLAMA (1986), ajoute que les plantes sensibles à NaCl, excluent le sodium des feuilles. Elles sont dites exclusives vis-à-vis le sodium. A l'inverse, les plantes qui tolèrent le NaCl, ont des feuilles plus chargées en sodium que les racines. Elles ont donc la capacité d'utiliser le sodium pour leur réajustement osmotique.

SLAMA a repris ses recherches en (1990), et conclu que les tiges des plantes sensibles présentaient une concentration de  $\text{Na}^+$  qui décroît de bas en haut. Ces plantes sont capables de transporter le  $\text{Na}^+$  dans la circulation descendante (vaisseaux du phloème). Cette aptitude n'apparaît pas chez les plantes résistantes. Elle semble être un des facteurs de la protection des feuilles contre le  $\text{Na}^+$ .

D'après GUERRIER (1984) la faculté de tolérance à la salinité résulterait d'un certain nombre de particularité : capacité de la plante à élaborer des substances osmotiques ment actives, possession de glandes sécrétrices, accumulation de sodium dans les cellules, maintien des activités métaboliques en présence de sels, métabolisme photosynthétiques en  $\text{C}_4$ ....

#### **IV-2-2-Toxicité des sels.**

Selon LUNDEGARDH (in IMALET, 1979) la toxicité physiologique résulte du déséquilibre ionique des milieux nutritifs. Les cations monovalents dispersent les colloïdes et désorganisent le protoplasme, tandis que les bivalents(surtout le calcium)seraient coagulant et réduisaient la perméabilité de la membrane cytoplasmique. Il y a réduction de la toxicité par antagonisme de certains ions envers d'autres. Ainsi, pour les ions bivalents tels que le calcium et le magnésium, c'est le premier, qui joue le rôle d'antitoxicité par antagonisme. Cet effet est plus marqué chez les ions monovalents comme le sodium et potassium.

Cependant, la toxicité se manifeste suivant les ions :

- Les chlorures semblent manifester plus de dégâts sur la plante que les sulfates.

- Le sodium lié au chlore s'avère plus toxique que le sodium lié au sulfate.

- Le magnésium lié au chlore est plus toxique que le magnésium lié au sulfate.

- Le sodium serait plus nuisible que le magnésium.

#### **IV-2-3-Gestion des eaux salées pour l'irrigation**

Selon LASRAM (1995), la gestion des eaux salées pour l'irrigation doit viser d'une part, à éviter une accumulation excessive de sels et une accumulation excessive de sels et une accumulation du sodium à la surface du sol et dans la zone racinaire et à contrôler, éventuellement le bilan des sels dans le système sol-eau de l'autre part.

Cette gestion peut se faire à travers un pilotage d'irrigation adéquat (quantité et intervalle), une gestion efficace du lessivage, bien entendu avec des doses et des fréquences déterminées et une méthode d'irrigation adéquate (goutte à goutte).

La salinisation n'est pas un phénomène irréversible et il est même assez facile, à condition que l'aménagement de base à cet effet, de faire baisser la salure d'un sol. Il faut donc intervenir assez tôt et au temps opportun. Il est alors suggéré de :

- Pratiquer le lessivage seulement en cas d'excès de sels, et pendant la saison froide lorsque les pertes par évapotranspiration sont faibles,
- procéder à la technique culturale telle que le labour pour freiner le ruissellement,
- pratiquer le drainage pour éviter l'excès de sels,
- prêter attention à la nature des plantes à cultiver, choisir les variétés les plus résistantes à la salinité (DROUHIN, 1961).

Dans notre tentative de mise en culture irriguée, afin d'atténuer la salinisation des sols, il sera donc indispensable d'étudier le niveau des nappes phréatiques, d'essayer de préciser leurs conditions d'alimentation, lutter surtout contre le gaspillage de l'eau et la dégradation de l'environnement et enfin de conserver une culture durable et productive.

## **V-Nutrition hydrominérale du haricot**

### **V-1-Généralités sur la nutrition hydrominérale**

L'absorption hydrominérale peut être définie par le prélèvement de l'eau et des ions du milieu par l'ensemble des racines constituant le système racinaire et leur pénétration dans la plante qui se ferait principalement par le plasmalème (membrane cytoplasmique interne) des cellules corticales, suivi de leur conduction vers le stèle (HABIB et al, 1994).

MORARD (1995) ajoute que dans les conditions naturelles la plante pourvoit à ses besoins hydriques et minéraux essentiellement par absorption racinaire. Le système racinaire doit assurer la fonction d'absorption hydrominérale de la plante dans les meilleures conditions, en participant ainsi, par le biais de la solution nutritive fabriquée qui est apportée en permanence et de manière non limitantes.

Afin de pouvoir choisir rationnellement le mode de fertilisation minérale et en eau des cultures, il est nécessaire de bien comprendre les problèmes et principes de nutrition de la plante et les lois qui régissent ou coordonnent les processus liés à la croissance et en définitive la production végétale (COIC et LESANT, 1976).

### **V-2-Alimentation hydrique**

#### **V-2-1-Relation eau-plante**

L'eau est le premier facteur limitant le fonctionnement des plantes. Elle doit être considérée au niveau nutritionnel au même titre que le dioxyde de carbone et les nitrates (MORARD, 1995).

Ce même auteur estime que l'eau est pondéralement le constituant le plus important des tissus physiologiquement très actifs dont les teneurs moyennes se situent autour de 85 et 90% de matière sèche. Ces valeurs diminuent en fonction du vieillissement des tissus végétaux.



Par ailleurs, LESAIN (1974) note que l'eau utilisée pour la fabrication des solutions nutritives ne doit pas renfermer pour les plantes des éléments toxiques ou néfastes tels que les bicarbonates de calcium et de magnésium. Aussi, elle ne doit pas contenir de fortes concentrations en sels. La meilleure façon d'utiliser une mauvaise eau d'irrigation est de la transformer en bonne solution nutritive.

### **V-2-2-Absorption de l'eau par la plante**

L'eau absorbée par les racines alimente un « flux hydrique continu » sol – plante-atmosphère. Ainsi, le principal mécanisme d'absorption de l'eau réside dans un appel de l'atmosphère entourant le végétal (MORARD, 1995).

Notamment ELIARD (1987) précise que cette absorption hydrique est essentiellement commandée par la transpiration des feuilles au niveau des stomates : Lorsque l'eau se trouve en quantité suffisante dans le sol, l'appel d'eau au niveau des feuilles se transmet jusqu'aux surfaces d'absorption des racines. Cet appel dépend essentiellement des conditions climatiques au voisinage de ces feuilles (notion d'évapotranspiration).

L'absorption hydrique est actuellement considérée comme un phénomène exclusivement passif, prenant son origine dans la différence de potentiel hydrique entre le milieu extérieur (sol, solution nutritive) et le xylème (WEATHERLEY (1975) ; TOURAINE et GRIGNON (1981) ; PASSIOURA (1988) (in HABIB et al, 1991). Ainsi l'eau migre de l'appareil racinaire vers l'appareil foliaire, où elle est éliminée presque totalement sous forme de vapeur d'eau (99%). Ce courant d'eau est une condition fondamentale de l'activité du végétal au cours de la période végétative. Il facilite en particulier la pénétration, puis le transport de sels minéraux dans les vaisseaux (BINET et BRUNEL, 1976).

### **V-2-3-Facteurs contrôlant l'absorption d'eau par la plante**

#### **V-2-3-1-Facteurs climatiques**

Selon BRUN et SETTEMBRINO (1994) les besoins en eau dépendent des facteurs liés au climat au substrat et à la culture.

La température et l'humidité de l'air agissent indirectement sur l'absorption de l'eau en modifiant les quantités perdues par transpiration (MAZLIAK, 1981).

D'après MORARD (1995) l'ensemble du système de flux hydrique dans le végétal ne peut fonctionner que s'il est régulé. En effet, dans une atmosphère sèche et à une température élevée, l'appel de l'extérieur serait tellement intense que la plante se déshydraterait rapidement.

#### **V-2-3-2-Facteurs pédologiques**

Ces facteurs jouent également un grand rôle dans le contrôle de la quantité d'eau absorbée par une plante. La teneur en eau du sol est facteur décisif. C'est l'eau libre pour la végétation qui doit être prise en compte. D'une manière générale, la quantité d'eau absorbée est d'autant plus grande que les forces de rétention de l'eau dans le sol sont plus faibles (MAZLIAK, 1981).

HELLER (1969) ajoute que la température du sol a une influence marquée sur l'absorption. La diminution est sensible pour la plupart des plantes dès que la température descend en dessous de 5°C et même pour certaines plantes des sols chauds dès 15 au 20°C.

### **V-2-3-3-Facteurs métaboliques et physiologiques**

D'après MAZLIAK (1981) les facteurs métaboliques interviennent enfin dans l'absorption de l'eau par les racines. Ainsi l'alimentation en oxygène des tissus racinaire est indispensable : Le sol doit être convenablement aéré ou bien de l'air, en quantité suffisante, doit être dissout en cultures hors sol.

Ce même auteur note également que les auxines facilitent en général l'entrée d'eau dans les plantes, vraisemblablement en modifiant l'élasticité des parois cellulaires.

HELLER (1969) ajoute également que la vitesse d'absorption de l'eau est fonction de la différence de succion entre la plante et le sol.

### **V-2-3-4-Rôle de l'eau dans la plante**

MORARD (1995) note que l'eau est le premier facteur limitant le fonctionnement des plantes, elle intervient par :

- Le maintien de la rigidité de la plante.
- Le maintien des structures chimiques et biochimiques.
- Le transport des éléments minéraux et des substances élaborées.
- La régulation thermique(grâce à l'évapotranspiration potentiel ETP).
- C'est une source d'éléments essentiels.

DUTHIL(1973), ajoute que l'irrigation accroît la concentration de la matière sèche en même temps qu'elle augmente la production de la matière sèche.

### **V-2-3-5-Estimation des besoins en eau.**

Selon BRUN et SETTEMBRINO (1994) la grandeur qui peut servir de référence au niveau de l'évaluation des besoins en eau d'un couvert végétal est l'évapotranspiration potentiel notée « ETP » exprimée en millimètres (mm).

MORARD (1995) ajoute que la notion du coefficient de transpiration représente la quantité d'eau nécessaire pour l'élaboration de l'unité de matière sèche. Ce coefficient varie en fonction de la croissance de la plante, le stade de récolte, les conditions climatiques, et le niveau d'alimentation minérale. Une nutrition minérale riche et équilibrée augmente l'efficacité de l'eau consommée.

Aussi CORNILLON (1974) note que la consommation en eau augmente en fonction de la température du substrat.

BINET et BRUNEL (1967) ajoute qu'une aération insuffisante nuit très fortement à l'absorption de l'eau et des sels minéraux.

## **V-3-Nutrition minérale**

### **V-3-1-Relation éléments minéraux – plante**

Le végétal comme tout être vivant a un besoin absolu d'éléments minéraux intervenant dans sa constitution et contribution à son métabolisme (HELLER, 1977).

En réalité, la nutrition de la plante est strictement minérale : Celle-ci puise directement les éléments fertilisants présents dans le sol sous forme minérale. Quant aux substances organiques ne sont utilisées par la plante qu'après la phase de minéralisation par les micro organismes. Sans doute, tout comme l'eau, la plante a

surtout besoin de s'alimenter de substances minérales pour sa croissance et subsistance. Ainsi, MORARD (1995) ajoute que l'alimentation minérale est un des facteurs qui conditionnent la croissance et le développement donc le rendement des végétaux.

### **V-3-2-Absorption des éléments minéraux**

MORARD (1995), signale que les mécanismes de l'absorption racinaire des éléments minéraux restent encore des phénomènes extrêmement complexes qui, malgré le grand nombre de travaux qui leurs sont consacrés, ne sont pas complètement élucidés.

L'absorption des éléments minéraux s'effectue comme celle de l'eau (HELLER, 1977). Selon COIC (1976) et MORARD (1995) leur prélèvement par la plante dans le milieu extérieur (solution du sol ou solution nutritive hors-sol) s'effectue essentiellement par les racines. REY et COSTES (1965) ajoute: « l'eau absorbée par les poils absorbants des racines véhicule les éléments ».

D'après COIC (1976) ces éléments minéraux ne sont pas absorbés tels quels mais à l'état d'ions en solutions, apportés sous forme de sels combinant « les cations » et « les anions ».

De nombreux auteurs ont proposé les formes d'absorption de ces ions, parmi eux :HILLEL (1984) ; COIC et LESAIN (1983), indiqués ci-dessous :

**Tableau 6** : Les formes d'absorption des ions.

Eléments	N	P	K	Mg	Ca	Na	S	Cl
Cation	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	-	-
Anion	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ou HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>

Source : HILLEL (1984) ; COIC et LESAIN (1983).

Selon LEUNAIRE et al (1989) il existe une relation assez étroite entre l'alimentation en eau et en ions minéraux absorbés. La maîtrise de l'équilibre entre l'utilisation de l'eau et celles des ions minéraux est une chose rare au niveau des sols(présence de complexes absorbants).

Cependant, en culture hors-sol sur substrat inerte l'alimentation hydrominérale est assurée par la solution nutritive bien équilibrée, fournissant l'eau et les ions minéraux facilement assimilable par la plante.

Mécanisme d'absorption.

Concernant les mécanismes de l'absorption des ions la situation apparaît donc plus complexe. Le flux d'absorption des ions est généralement considéré comme un processus actif couplé directement avec une dépense énergétique par la plante (RUSSEL et BARBER (1960) (in CALLOT et al (1982). IL peut en fait, être décomposé en deux termes additifs, l'un traduisant un transport passif par diffusion et convection des solutés et l'autre traduisant un transport actif (DALTON et al (1995) (in HABIB et al, 1991).

Aussi, SOLTNER (1988) et MORARD (1995) notent qu'il existe deux types de mécanismes d'absorption :

a/. Mécanisme passif.

Les ions diffusent par simple différence de concentration de la solution du sol vers les premières couches de cellules des racines, si la concentration en ions de ces dernières est inférieure à celle du sol (SOLTNER, 1988).

b/. Mécanisme actif.

Concerne surtout les ions  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ . Contrairement aux mécanismes passifs ceux-ci dépendent de l'activité métabolique de la racine. Il faut donc intervenir des « pompes à protons » ou « ATPases membranaires » dans la partie aérienne (MORARD, 1995).

A ce propos, LAVEL et MAZLIAK (1995), ajoutent que le transport ionique d'un potentiel électrochimique (à contre-courant du flux spontané de diffusion) nécessite un apport énergétique. L'énergie utilisée est l'ATP et font passer les ions activant à travers les membranes sont des transporteurs ATPasiques (hydrolysant l'ATP) ou les pompes ioniques.

Les plasmagènes végétaux contiennent une catégorie spéciale, d'ATPase, exigeant du magnésium, activée par les ions potassium mais insensible aux nitrates.

Enfin, de ces mécanismes, il en résulte un ensemble de mouvements des ions, notamment les cellules n'absorbent pas indifféremment les ions qui leur sont offerts. En effet, une sélectivité s'exerce à l'encontre de certains ions, comme le sodium qui pénètre mal dans les cellules. A l'inverse, les cellules accumulent certains ions comme le potassium qui s'y trouvent alors à des concentrations plus élevées que dans le milieu (HELLER, 1977).

Eventuellement, d'après HELLER (1969) une absorption préférentielle peut être observée en présence d'un sel. Il est fréquent qu'elle absorbe préférentiellement l'un des deux ions du sel par rapport à l'autre. Cette absorption préférentielle crée en général dans le milieu une variation de pH, comme par exemple lorsque l'on met des racines au contact d'une solution nutritive contient  $NaNO_3$ , la cellule absorbe préférentiellement  $NO_3^-$  à  $Na^+$  entraînant ainsi une augmentation de pH du milieu.

MAZLIAK (1981) ajoute également une inhibition compétitive de l'absorption d'un ion par un autre peut avoir lieu, il y a par exemple l'inhibition compétitive de l'absorption du calcium par le magnésium des ions chlorures par les ions iode ( $I^-$ ). Par contre, il n'y a pas inhibition compétitive de l'absorption du sodium par le potassium.

Selon le même auteur, une baisse de pH du milieu stimule l'absorption des anions tels que  $H_2PO_4^-$  et  $NO_3^-$  et inhibe au contraire l'absorption des cations ( $K^+$  et  $Ca^{2+}$ ).

En fait, chaque ion pénètre dans la cellule avec une quantité bien déterminée et une vitesse propre pour chaque ion. Ainsi, selon CHOUARD (1952) du point de vue quantité l'absorption par la plante des six macro-éléments se fait selon la hiérarchie suivante :

$N > K > P > Ca > Mg > S$ .

Notons que la quantité absorbée est sensiblement la même pour les trois éléments ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $S^-$ ).

Concernant la vitesse d'absorption des ions, HELLER (1969) confirme que ceux-ci ne pénètrent donc pas à la même vitesse à l'intérieur des cellules.

DEMELON (1968) ajoute que la vitesse d'absorption ou de pénétration est beaucoup plus importante pour les ions monovalents que pour les autres.

Cependant, d'après HELLER (1969) en règle générale, on rencontre le plus souvent des échelles du type suivant :

- Pour les anions :  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .
- Pour les cations :  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Ces échelles sont très variables suivant les cellules et les conditions ambiantes.

La composition des anions et des cations dépend essentiellement des conditions et notamment de pH du milieu.

D'après BRUN et SETTEMBRINO (1994) si les vitesses sont différentes on aura une solution déséquilibrée, du fait que les cations sont absorbés plus vite que les anions, ce qui provoque par un rééquilibrage de charges positives et négatives entre le milieu extérieur et intérieur une acidification ou alcalinisation de l'environnement.

Il en résulte donc que l'absorption des éléments minéraux en partie de l'équilibre ionique de la solution un déséquilibre quelconque perturbe tout le métabolisme d'absorption de la plante.

### **V-3-3-Eléments minéraux**

L'importance des besoins de la plante en un élément est fonction de la nature de cet élément, ce qui permet la distinction entre les éléments majeurs et mineurs (BAEYENS, 1967).

Notion d'éléments majeurs.

On appelle élément majeur tout principe nutritif dont a besoin en grandes quantités. Le carbone, l'hydrogène et l'azote sont des éléments constitutifs de toutes les molécules organiques. Leur teneur est généralement supérieure à 10 mg/g de matière sèche.

Les cinq autres sont présents à des taux supérieurs à 1 mg/g de matière sèche : soufre, phosphore, potassium, calcium et magnésium (BAEYENS, 1967).

Notion d'éléments mineurs.

Les oligo-éléments sont des éléments qui agissent à très faible dose et de façon très efficace (DUTHIL, 1973).

Il s'agit du fer, du cuivre, du zinc du manganèse, du bore, du molybdène ;et du chlore (LEGOUPIL,1971).

#### **V-3-3-1-L'azote.**

L'azote est un facteur essentiel de la croissance et des rendements. Il exerce une influence déterminante sur la couleur du feuillage et la croissance de la plante. C'est l'azote qui règle le rythme de la végétation (GROS, 1960).

SOLTNER (1980) a souligné que l'azote favorise la multiplication cellulaire et favorise la synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre des chloroplastes.

L'azote est un élément de constitution des protéines, qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante en général. Il est donc essentiel pour la croissance des végétaux (ZUANG, 1982).

DIEHL (1975) indique que l'azote est d'autant mieux utilisé que celle-ci dispose d'une quantité de potassium suffisante. Cependant, un excès d'azote fait diminuer le poids sec des racines. Par contre, le poids frais des feuilles augmente (REY et COSTES, 1965).

Cet excès de végétation peut entraîner selon ELIARD (1987) un retard de maturité, une maturité, une sensibilité plus grande aux maladies par suite d'un micro-climat favorable.

Par contre, la carence se traduit par une réduction de la taille, une teinte vert jaunâtre, un port dressé et les bourgeons se développent mal ou n'évoluent pas (DIEHL, 1975).

### V-3-3-1-1-Cycle de l'azote

D'après DOMMERGUES et MANGENOT (1970) l'ensemble des transformations que subit l'azote dans la biosphère, dont les plus grandes sont de nature microbienne, jouent un rôle considérable sur le plan agronomique (Fig2).

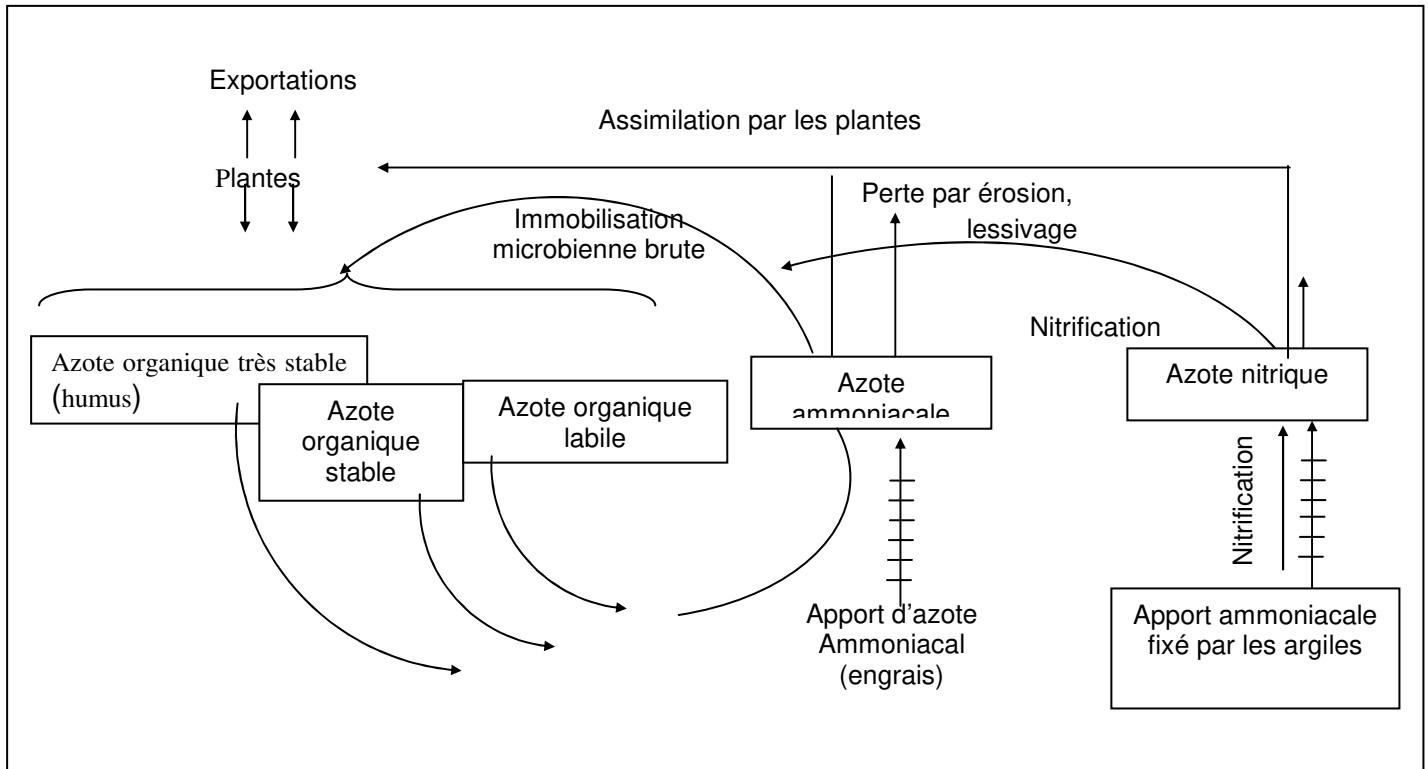


Figure 2 : Schéma du cycle de l'azote (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

D'après DUTHIL (1973) la quantité d'azote minérale dans la plante pourra bénéficier est la résultante de plusieurs actions simultanées et divergentes difficiles à associer :

-Il y a d'abord l'azote provenant de la biodégradation de l'humus stable dont la quantité fournie dépendra de la richesse en humus et du taux moyen de minéralisation ;

-il y a aussi minéralisation de la matière organique fraîche dans le sol : Fumier, engrais verts, pailles, résidus de récolte ;

De la même façon, un apport d'azote minéral provoque une prolifération microbienne aux dépens de cet azote qui sera réorganisé sous forme de corps microbiens soumis à leur tour à la minéralisation dans un court délai.

### V-3-3-1-2-L'azote dans le sol

La dynamique de l'azote dans le sol est une succession complexe de minéralisation et de réorganisation (GROS, 1979)

Selon DUTHIL (1973) trois formes fondamentales gouvernent la dynamique de l'azote dans le sol :

-La forme organique non assimilable et non lessivable et qui représente un stock important sous forme d'humus qui est en perpétuelle évolution. Chaque année une fraction est détruite et suivant les restitutions de pailles ou fumier un autre est synthétisé, c'est la forme de réserve de l'azote dans le sol ;

-la forme ammoniacale peu assimilable fixée par le complexe absorbant, mais instable. Le stock de l'azote ammoniacal est concentré dans les horizons de surface. Il varie beaucoup moins que l'azote organique et reste de l'ordre de 25 – 30 kg/ha ;

-la forme nitrique, c'est la forme non fixée par le sol mais directement utilisable par la plante (MUSARD, 1988).

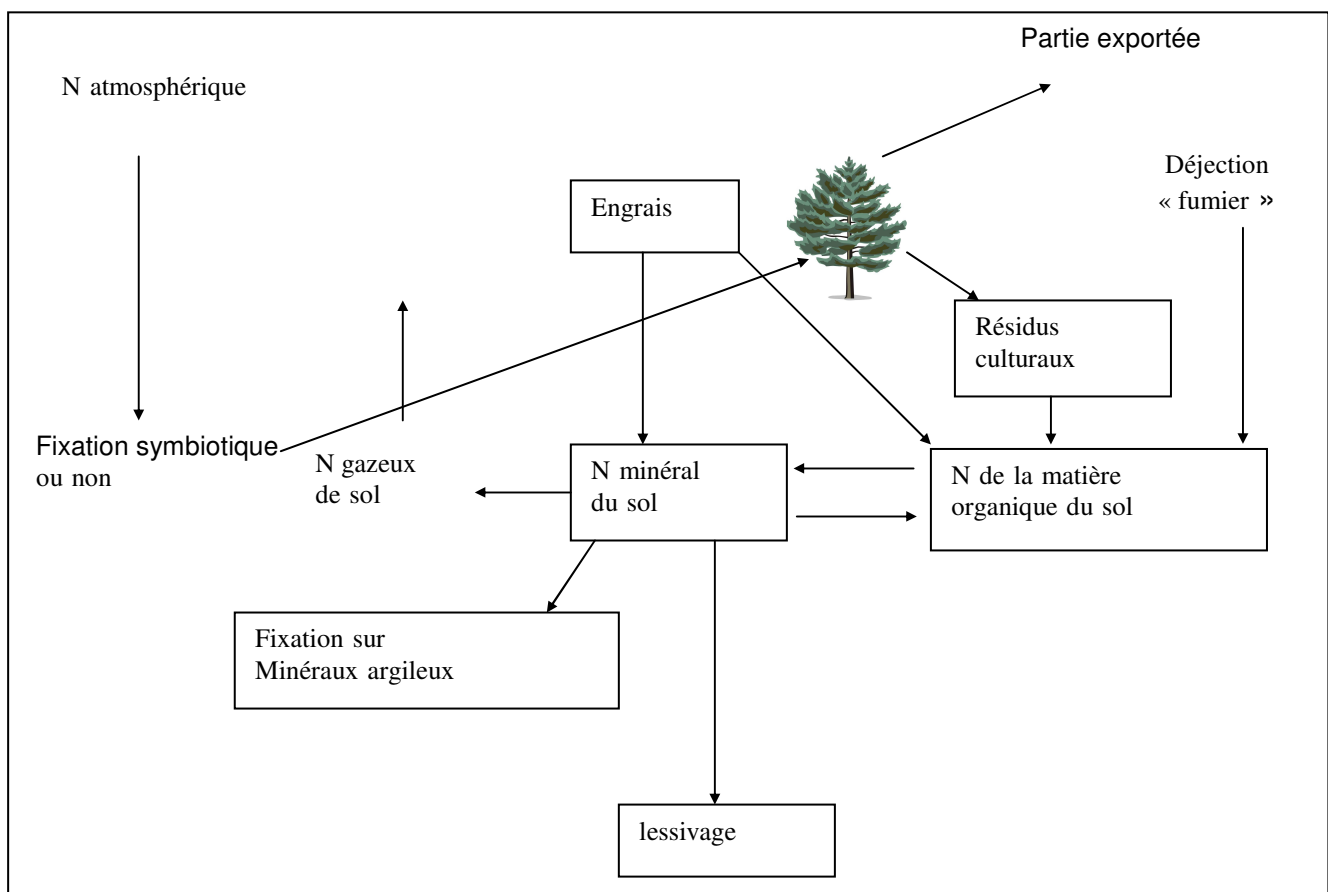


Figure 3 : Schéma simplifié indiquant la dynamique de l'azote dans le sol (LEGOUPIL, 1971).



### **V-3-3-2-Le potassium**

Le potassium est un régulateur des fonctions vitales de la croissance végétale, ce qui explique sa plus forte concentration dans les tissus jeunes en pleine croissance, alors que les organes âgés sont nettement moins riches en potasse (GROS,1979).

D'après FICHER et HSINOT (1968) cités par MAURYA et GUPTA (1984) le potassium diminue la transpiration de la plante et de ce fait permet une économie d'eau dans les tissus. Il assure donc une meilleure résistance de la plante à la sécheresse et la valorisation maximale de l'eau d'irrigation.

Egalement, d'après COTTINES (in DIEHL 1975) l'accumulation du potassium se traduit non seulement par un meilleur développement du feuillage, mais surtout par un accroissement bien plus considérable des organes de réserves.

Selon PREVEL (in BENBADA, 1987) le potassium joue un rôle important dans la division cellulaire, ce qui explique son abondance préférentielle dans les tissus méristématiques.

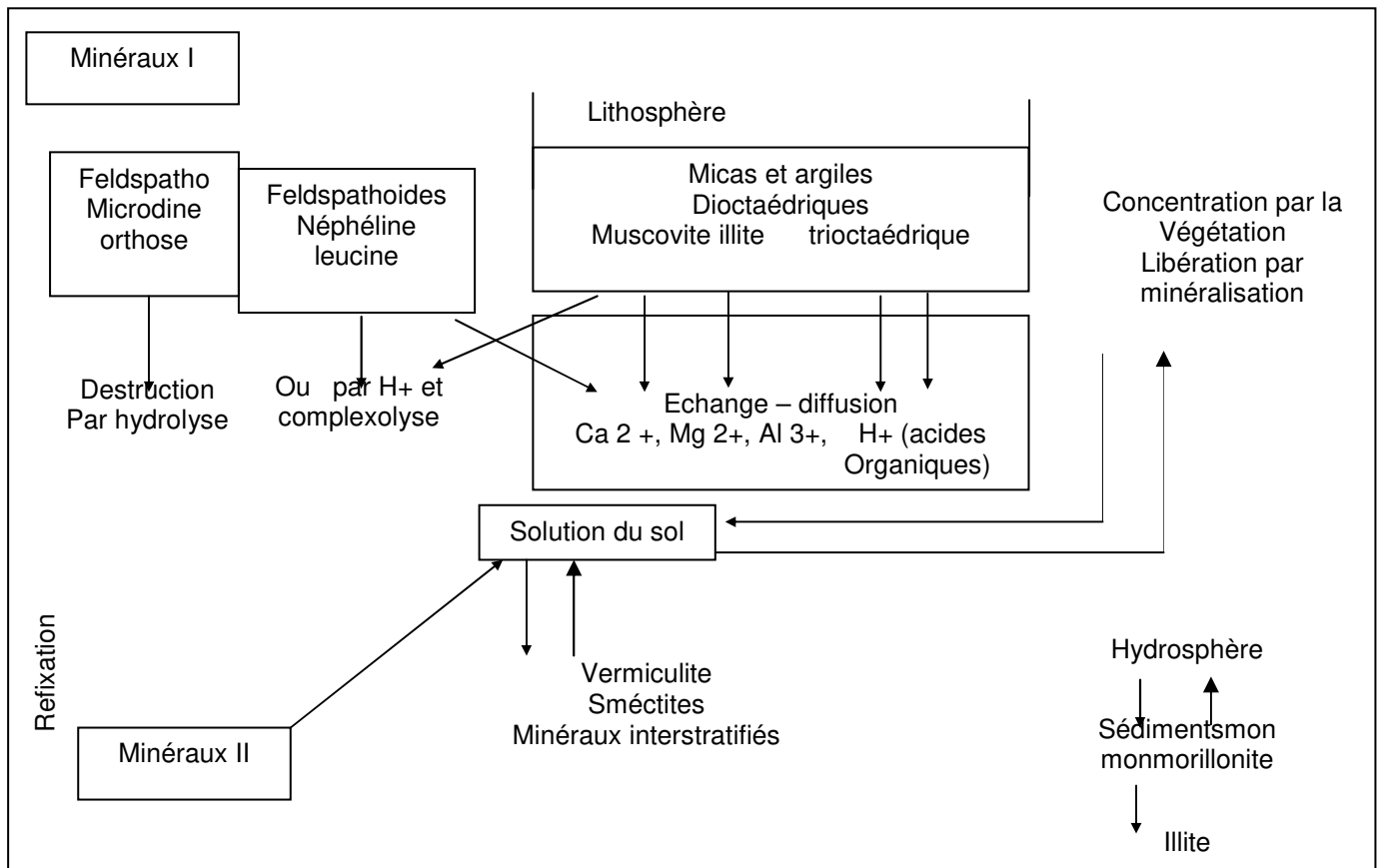
Selon CHOUARD (1952) un excès de potassium ne provoque pas la toxicité, mais un déséquilibre qui se manifeste par l'absorption insuffisante d'autres éléments comme le calcium et le magnésium. Cependant, une carence potassique s'observe selon REY et COSTES (1965) par :

- Un ralentissement de la croissance.
- Une lignification de la plante.
- Une coloration de la feuille verte bleutée.
- Les fruits ne mûrissent pas toujours.

Le potassium joue un grand rôle dans l'amélioration de la production en quantité et qualité. Les sources principales sont : Les minéraux primaires, certaines argiles et la matière organique.

### V-3-3-2-1-Cycle du potassium

L'étude du cycle du potassium montre que cet élément reste rarement en solution. Il est présent dans les minéraux primaires ou fixé par les minéraux secondaires argileux (BONNEAU, 1979).



**Figure 4** : Schéma du cycle du potassium (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

D'après GROS (1979), le potassium se trouve dans le sol sous quatre formes principales :

- Dans la solution du sol en très petite quantité soit environ 10 mg/l de solution, ce qui représente quelques kilogrammes (ELIARD, 1979),

- sur le complexe à l'état échangeable sous forme de cation  $K^+$ .

Un sol donnant 0,2% de potasse échangeable tient à la disposition de la plante environ 700 kg/ha de  $K_2O$ , dont 5 à 15 kg dans les solutions du sol, le reste est absorbé sur le complexe.

La potasse de la solution et celle du complexe forment un tout utilisable pour l'alimentation de la plante c'est la potasse « échangeable » ou « assimilable » (GROS, 1976),

- à l'intérieur des réseaux cristallins des argiles à l'état rétrogradé, intervient plus difficilement dans l'alimentation de la plante, le potassium se trouve fixé sous forme non échangeable entre les feuilles d'argile (Anonyme, 1974).

GROS (1976) a souligné que le potassium rétrogradé peut retourner à l'état assimilable au fur et à mesure, que la fraction assimilable diminue suite à l'absorption par la plante

Selon BOSC (1976) le potassium se trouve sous forme insoluble, donc inutilisable par la plante. Mais sous l'action des agents atmosphériques et des racines, une fraction de potassium peut être mise à la disposition de la plante.

Les mouvements du potassium s'effectuent sur des distances maximales de l'ordre du centimètre. Pour un hectare, le transport par 300 tonnes d'eau de 12 mg  $K_2O$ , équivalent à une hauteur de 30 mm, serait d'environ 35 kg  $K_2O$  (TROCME,1980).

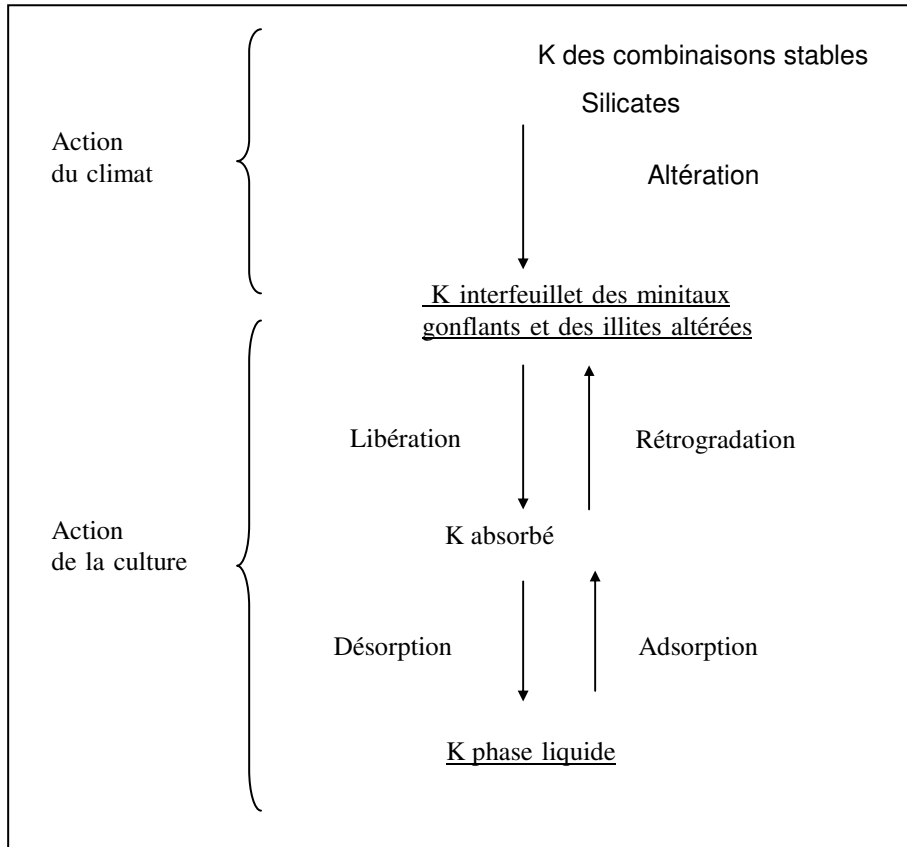


Figure 5 : Dynamique du potassium dans le sol (BOSC, 1976).

### **V-3-3-3- Autres**

#### **V-3-3-3-1- Reste des éléments majeurs**

Il s'agit notamment du phosphore, magnésium, soufre, calcium, silicium qui existent dans les sols sous forme soluble, forme échangeable ou sous forme insoluble. La plante les absorbe principalement aux dépens de la solution du sol pour la constitution des tissus végétaux, la synthèse des protéines, la formation des graines...etc.

Les besoins physiologiques sont variables selon les espèces ; Importants pour certaines et faibles pour d'autres. Dans la plupart des sols, ces besoins sont satisfait et que peu de cas de carence n'a été observé : Teneur élevées dues à la constitution des sols, l'incorporation des engrais simples ou composés, l'enfouissement des matières organiques.

### V-3-3-3-2-Oligo-éléments

D'après ZUANG (1982) les oligo-éléments sont au total de dix-huit dont sept seulement ont un rôle déterminant dans la croissance des végétaux et agissent à l'état de traces : Le bore, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène, le zinc, le chlore.

Ils proviennent de l'altération des différentes roches :

- Roches fémaphiles : Ce sont des roches basiques riches en ferromagnésiens.

- Roches felsiphiles : Ce sont des roches acides riches en silice et contiennent exclusivement le molybdène (Mo).

- Roches sédimentaires : Ce sont les sables et, contiennent le magnésium, le cuivre, le cobalt et le bore.

- Roches carbonatées : Elles sont riches en oligo-élément mais la réaction alcaline des sols qu'elles engendrent peuvent provoquer des défauts d'absorption.

D'après VIETS (1962) (in LOUE, 1986) dans le sol, les oligo-éléments se trouvent sous plusieurs états :

- La forme soluble (dans la solution du sol),
- la forme échangeable (ions liés par les charges électriques des particules du sol),
- la forme des minéraux primaires.

Des quantités nettement plus importantes des oligo-éléments cationiques (fer, manganèse, zinc, cuivre) sont sous forme échangeable. Elles constituent une fraction assimilable par les plantes.

Dans le sol, les oligo-éléments peuvent être complexés ou solubilisés. Leur distribution dans le sol dépend des conditions du milieu à savoir : Le pH, les réactions d'oxydoréduction, de la matière organique. Cependant, lorsque les conditions du milieu leur sont défavorables (pH, réaction d'oxydoréduction), il y a précipitation ou insolubilisation de ces éléments.

## **Conclusion**

Le développement des plantes dans les conditions climatiques données dépend de leur système racinaire et son bon fonctionnement.

Les racines « apprécient » leur milieu de vie au regard des sels dissous mis à leur disposition, qui ne doivent pas être toxiques pour la plante ni perturber son alimentation minérale.

L'absorption des sels dissous par les racines sera conditionnée par le jeu des forces osmotiques.

Dans notre cas, vu la teneur globale du sodium, qui atteint la toxicité et occulte les conditions de vie du végétal. On a jugé utile de prendre en compte méthodiquement et dans l'ordre le facteur en cause pour le mener à leur optimum, et cela par l'apport de deux éléments utiles (ammonium et potassium) qui, par le jeu des antagonismes pourraient éviter l'absorption de l'ion sodium, présent en excès.

**CHAPITRE DEUXIEME :**  
**CHOIX DE LA PLANTE ET DU PROCEDE**  
**DE LA CULTURE HORS-SOL**

## **CHAPITRE DEUXIEME : CHOIX DE LA PLANTE ET DU PROCEDE DE LA CULTURE HORS-SOL**

### **II-1-La plante test**

#### **II-1-1-Généralités sur le haricot**

Le haricot est une plante annuelle, de la famille des légumineuses à cycle végétatif assez court.

Le haricot commun Phaseolus vulgaris.L est le plus précieux des espèces de son genre. Il est d'origine américaine en particulier des pays de l'Amérique centrale (Mexique, Pérou) où la diversité variétale est la plus grande.

A l'époque actuelle le haricot est une des légumineuses la plus répondue dans le monde. Il est largement consommé en sec et en frais ou sous forme de différentes conserves pendant toute l'année. Cette étendue rapide et vaste du haricot peut être expliquée par ses très hautes qualités nutritives et gustatives des gousses et grains (demi-secs et secs) ainsi que par sa grande variabilité génétique (KOLEV, 1976).

La culture du haricot en sec et en frais est plus ou moins répondue dans toutes les régions de l'Algérie. C'est une légume bien apprécié et recherché pendant toute l'année.

LAUMONNIER (1979), note que la culture de cette légumineuse a prie une très grande importance en raison de la place qu'elle occupe dans l'alimentation humaine. Par ailleurs, elle est cultivée sur une grande échelle pour l'approvisionnement des conserveries.

KOLEV (1976) et LAUMONNIER (1979), ajoutent que l'importance de la culture du haricot réside dans la place qu'elle offre dans sa composition chimique, représenté par ses très hautes qualités nutritives et gustatives des gousses.

**Tableau 7 :** Composition chimique du haricot vert.

Humidité**	90,10
Calorie	32,00
Protéines**	01,90
Matière grasse**	00,20
Matière hydrocarbonée**	07,10
Cendre*	00,70
Calcium*	56,00
Phosphore*	44,00
Fer*	00,80
Sodium*	07,00
Vitamine A (UA)	600,00
Thiamine*	00,08
Riboflavine*	00,11
Acide ascorbique	19,00

\* C.T.P.S : Centre technique permanent de la sélection.

\*\* g / 100g.

\* mg / 100g.

UA Unité international.

Source : (MERRIL et WATT (1963) cités par HASSAN (1989)).

### **II-1-1-Systématique et classification botanique**

Le genre Phaseolus renferme plus de 200 variétés inscrites au catalogue officiel établi par le C.T.P.S<sup>(\*)</sup> et représente de grandes diversités d'adaptation. Cependant, leur choix doit être assuré soigneusement en tenant compte des facteurs sols et climats, ainsi que du but proposé pour la culture (LAUMONNIER, 1979).

INDREA et al (1988), ont proposé la classification suivante :

Classe : Dicotylédones.

Ordre : Légumineales.

Famille : Légumineuses.

Sous famille : Papilionacées.

Tribu : Phaseolae.

Sous tribu : Euphaseolae.

Genre : Phaseolus.

Les haricots sont classés dans deux grands groupes :

Groupe 1. « Haricot à rames ».

A/. A parchemin. Exp. : Michelet à rames.



B/. Sans parchemin ou mange tout.

A cosse jaune (haricot beurre). Exp : Beurre, Saint fiacre.

A cosse verte (Mange tout vrais). Exp : Princesse à rames.

Groupe 2. « Haricot nain »

A/. A parchemin.

A consommer uniquement en filets.

A consommer en filets ou en grains.

A consommer en grains frais ou secs.

B/. Sans parchemin ou mange tout.

A cosse jaune (haricot beurre). Exp : Roquen court.

A cosse verte ( Mange tout vrais). Exp : Contender.

Source : LAUMONNIER (1979).

Les principales variétés du haricot en Algérie se présentent comme suit :

Haricot nain :

Mange tout : Contender, fin de bagnols, triomphe de farcy, beurre de roquencourt, blanc.

A écosser : Michelet à longues cosses, cocco de peague marbré, cocco rose de plagues.

Haricot à rames :

1- Mange tout : Blanc juillet, phénomène, saint fiacre, sidi fredj.

2- A écosser : cocco blanc à rames, cocco rose à rames, michelet à longues gousses à rames.

Exp : Triomphe de farcy, régal fin, arian ; Ceux-là, peuvent être consommés uniquement en filet, ou en grains frais ou secs, en Algérie.

## **II-1-3- Exigences du haricot**

### **II-1-3-1- Exigences climatiques**

a/. Température

En raison de son origine, le haricot se révèle être très sensible à l'influence de la température. C'est une plante thermophile, nécessitent pendant toute sa période de végétation une somme de température allant de 1800 à 2000°C (SALANTAI et MUNTEAU, 1982).

La germination des semences du haricot en plein terre ne se fait qu'au dessus d'une moyenne de plus 11°C. La végétation n'est vigoureuse et rapide qu'à partir de plus 12°C à 13°C (variétés naines) et de plus 14°C à 15°C (variétés à rames) (LAUMONNIER, 1979).

Ce même auteur ajoute également, que cette plante est peu résistante au froid du fait que le feuillage gèle dès que la température avoisine moins 1°C à -2°C

Sa croissance est arrêtée à plus 10°C, cette température représente le zéro de végétation (FOURY et CHAUX, 1994).

SALONTAI et MUNTEAU (1982) estiment qu'en général, la croissance de cette plante est normale à partir du 15°C, elle est activée lorsque les températures s'élèvent jusqu'à environ 25°C si l'alimentation hydrique est suffisante, notamment pour la floraison et la formation des gousses. Au-delà de 40°C et sous une atmosphère sèche, la fécondation s'arrête, la coulure des fleurs et la chute des jeunes gousses est très importante.

#### b/. Lumière

A l'égard de l'intensité lumineuse, les besoins du haricot, pour assurer une croissance normale, sont assez importants, du moins pendant les premières étapes de son développement.

KOLEV (1976), ajoute que la lumière diffusé ainsi qu'une augmentation de l'humidité de l'air pendant la floraison et la nouaison peuvent favoriser considérablement la qualité des gousses et l'augmentation des rendements.

Cependant, MAXIMOV (1951) in (HADJ MESSAOUD, 1991), trouve que la croissance et la fructification demande seulement 2400 Lux.

#### c/. Hygrométrie

D'après KOLEV (1976) le haricot est très exigeant en humidité de l'air et du sol pendant toute sa végétation.

Le haricot craint sensiblement l'hygrométrie. D'après BEZPLAY (1984) l'excès comme le manque d'humidité sont préjudiciable pendant la floraison et la fructification, notamment, une insuffisance de l'humidité au cours de cette phase de développement diminue considérablement les rendements, alors qu'un excès de celle-ci (au-dessous de 80%) allonge la période de fructification et favorise l'attaque de l'antracnose.

Il convient donc de réserver à cette culture des emplacements bien aérés et d'éviter les bas fonds des vallées, ou l'atmosphère est chargée d'humidité, en raison d'une mauvaise circulation de l'air (LAUMONNIER, 1979). Cependant, il est conseillé de maintenir une humidité atmosphérique proche de 60 à 75%.

### **II-1-3-2- Exigences édaphiques.**

#### a/. Texture et structure du sol.

Le haricot peut donner de bons résultats économiques sur des sols de texture très diverse : Sablo-argileux, limono-sableux, voire sablo-humifères à condition que ceux-ci soit suffisamment profonds, se ressuyant assez rapidement, ne soient exagérément calcaires (CHAUX et FOURY, 1994).

CHAUX (1972) ajoute que le haricot redoute les terres compactes mal drainé, froides, humides, et argileuses, et que le sol trop calcaire produisent des gousses de qualité médiocre, favorisant ainsi la formation des fils.

La culture réussit bien sur la couche arable bien structurée, qui s'y impose, en raison du système racinaire superficiel et peu vigoureux.

Enfin, les sols à réchauffement rapides, légers, bien drainés, présentant une bonne homogénéité, travaillés de façon à être frais meuble et sans risque de battance sont nécessaires pour obtenir une bonne installation de la culture et

permettant ainsi un développement régulier de celle-ci aboutissant à une maturité simultanée.

b/. pH

Il convient pour la culture du haricot un pH légèrement acide oscillant entre 5,3 et 6, favorable à l'assimilation des éléments nutritifs du sol ((GROS (1976) et KOLEV (1976)).

LAUMONNIER (1979), ajoute que ZIMMERLEY déclare avoir obtenu les meilleurs rendements dans les sols dont les pH oscillant entre 5,3-5,8 et 6.

c/. Salinité

D'après CHAUX et FOURY (1994) le Phaseolus est classé par mis les espèces très peu tolérantes à la salinité ; celle-ci peut entraîner des baisses de rendements appréciables.

Cette espèce ne tolère qu'une faible concentration saline dont l'intervalle se situe entre 1,5 et 2g/l (MERABET, 1983).

Cependant, certains précédents culturaux sont à éviter, la betterave par exemple, en raison des apports importants des chlorures, potassium et le bore qui lui sont nécessaires, ce qui augmente sensiblement le taux de salinité des sols (LAUMONNIER, 1979).

### **II-1-3-3- Exigences hydriques**

L'apport d'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum en produit frais qu'en produit sec. Il est à peu près le même pendant une bonne partie du cycle végétatif (AYERS et WESTCOTT (1984).

Les besoins en eau de cette culture durant tout son cycle végétatif sont estimés de 300 à 500mm/an, selon le climat (DOOHERMOS,1980), cité par (IMMASOUDAIN,1984) les expériences de AYERS et WESTCOTT (1984) montrent que le haricot est cultivé avec une irrigation d'appoint, où l'apport d'eau doit viser à satisfaire les besoins pendant la période d'installation de la culture et la période de début floraison et surtout celle de formation du produit (développement des gousses et remplissage des graines).

Un déficit hydrique pendant ces périodes donne des gousses petites, courtes et décolorées, contenant des graines mal formées. De même, la teneur en fibres des gousses est plus élevée et les semences perdent leur tendreté.

Selon ces mêmes auteurs, il est à noter que la qualité de l'eau présente un paramètre important qu'il faut respecter, car les eaux sont souvent la source de divers éléments néfastes pour les plantes tels que les sels. Des eaux ayant une teneur en chlore de 250mg/l, peuvent être à l'origine de baisses de rendement appréciables pouvant atteindre 25% et même plus.

### **II-1-3-4- Exigences nutritionnelles**

Le végétal comme tous les êtres vivants, à un besoin absolu d'éléments minéraux qui participent à ses structures et contribuent à ses activités (HELLER, 1977).

D'après KOLEV (1976) le haricot a de grandes exigences à cause du faible développement du système racinaire et de sa végétation relativement courte.

Les exigences en azote sont variables selon l'époque. Il est surtout important de fournir de petites doses d'azote au semis.

Cependant, pour le haricot, il faudra tenir compte de l'appartenance de cette plante à la famille des légumineuses, ce qui lui permet de prélever dans l'atmosphère la majeure partie de l'azote qui est nécessaire à ses besoins et cela grâce à des bactéries fixatrices formant des nodosités sur les racines ; pour cette raison, les normes de fumures azotées sont généralement plus faibles que les quantités exportées.

Concernant les exigences minérales, le haricot présente des besoins nettement définis en éléments minéraux, un apport bien équilibré d'engrais minéraux à un temps convenable peut améliorer considérablement la qualité des fruits, en particulier l'accumulation de la matière sèche (LAUMMONIER, 1979).

ANSTETT (1967) (in ZUANG, 1982) propose un exemple d'exportation des haricots vert nain présenté dans le tableau 08.

**Tableau 8 :** Exportations du haricot vert nain.

	Rdt (T/ha)		Exportations (Kg/ha)				
	Matière fraîche	Matière Sèche	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Mgo
Tige +feuille	25,50	04,50	139	38	163	124	04
Filets	07,92	00,75	027	08	025	006	03
Racine	02,50	00,48	008	02	010	007	03
Total	35,92	05,73	174	48	198	137	10

Source : Anstett (1967) (in ZUANG, 1982).

En ce qui concerne la fumure organique, ce même auteur propose 15 à 20 tonnes par hectare.

Il a été constaté d'après ces données chiffrées que les besoins sont remarquablement très élevés en potasse (K), azote (N), calcium (Ca<sup>2+</sup>), par contre les exportations en phosphore (P) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>) est relativement faibles, de manière générale.

Notamment ANSTETT (1967) (in ZUANG, 1982) révèle qu'au sein d'une même espèce, les exportations sont variables d'un organe à un autre. Les feuilles et les tiges ont des exportations beaucoup plus importante que celle des racines.

En outre, LAUMONNIER (1979) montre les exportations du haricot sous ces deux différents états (vert et sec), comme suit :

**Tableau 9** : Exportations du haricot vert et sec.

	Haricot vert (unité)	Haricot sec (unité)
Fumier bien décomposé	25 T	30 T
Ammonitrate (Unité totale en Kg)	50	30
Super phosphate	70	110
Sulfate de potasse	150	150

Source : LAUMONNIER (1979).

On ne saurait prétendre d'obtenir des récoltes convenables du haricot sans un bon équilibre de fumures phospho-potassiques, pour lesquelles cette espèce est exigeante (LAUMONNIER, 1979).

Pendant les 35 premiers jours de la culture, selon le même auteur ; cette plante consomme respectivement 60% et 65% de ses besoins totaux en acide phosphorique et en potasse. Toutefois, il faut considérer chaque éléments en particulier, car il n'y a pour chacun d'entre eux des époques privilégiées d'absorption.

En culture hors-sol, les solutions nutritives utilisées pour la culture du haricot doivent être toujours faibles en azote. D'après les essais menés dans le sud de la France, ces solutions semblent être les meilleures selon ZUANG et al (1986).

**Tableau 10** : Solution nutritive « COIC et LESAINTE » du type 14,4 meq/l d'N total.

Ions Macro-éléments	meq/l	Éléments apportés	Quantité d'éléments en mg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12,2	N	178,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	02,2	N	030,8
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	02,2	P	034,1
K <sup>+</sup>	05,2	K	202,8
Ca <sup>++</sup>	06,2	Ca	124
Mg <sup>++</sup>	01,5 à 3	Mg	018 à 36
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	01,5	S	024

Source : ZUANG et al (1986).

Cependant, l'intérêt de la culture hors-sol serait donc de pouvoir préparer des solutions nutritives qui obtiendront des effets similaires à ceux obtenus sur les sols les plus fertiles (SNOUSSI, 1984).

## **II-2- Aperçu sur la culture hors-sol**

### **II-2-1- Les cultures hors-sol et leur développement**

Les cultures hors-sol étaient utilisées au niveau du laboratoire depuis la seconde moitié du XIXe siècle par les physiologistes pour mieux appréhender l'alimentation minérale des plantes. Ces techniques reçoivent un début d'application pratique approximativement un siècle plus tard, lorsqu'à la fin de la seconde guerre mondiale en 1945, les américains font pousser dans les îles désertiques du pacifique des légumes pour alimenter leurs troupes. Quelques années plus, les travaux du professeur CHOULARD seront repris sur des surfaces plus importantes pour produire en plein Sahara des légumes destinées à alimenter le personnel chargé de l'exécution et de l'entretien des forages pétroliers (JEANNEQUIN, 1987).

MORARD (1995) dans son ouvrage présente le résumé suivant :

1750 - 1850 Tentatives des cultures sur eau.

1860 - 1<sup>ère</sup> véritable solution nutritive par deux Allemands KNOP et SACHS.

1929 - Essai de diffusion commerciale aux U.S.A.

1945 - 1<sup>ère</sup> utilisation agricole (U.S Army).

1950 -1960 Essai de pré développement en France.

1970 - Début des applications agricoles en Europe.

1975 - 1980 Rapide développement en France et en Europe.

D'après CHOULARD (1952), en Algérie l'intérêt de la culture permet à l'agriculture de s'installer dans les régions les plus défavorables, là où le sol fait défaut à conditions que les substrats inertes soient disponibles. Ainsi, les premiers travaux en Algérie ont été réalisés lors de la mise au point des cultures hydroponiques au Sahara à Beni-Abbes.

Afin de mieux maîtriser cette technique qui semble être avantageuse en région saharienne (économie d'eau et substrat disponible en grande quantité), diverses expérimentations ont été réalisées afin de se familiariser avec cette nouvelle technique de production et de mieux cerner les problèmes rencontrés en vue de son application dans les régions présentant des défauts de production.

### **II-2-2- Les composantes de la culture hors-sol**

L'ensemble de systèmes de production qui permettent aux plantes de se développer en faisant abstraction du sol en place, conduit sur un milieu isolé par un conteneur et mettant en œuvre un substrat varié :

#### **II-2-2-1- Le substrat**

Le substrat est un support solide, inerte non indispensable, son utilisation est efficace pour assurer l'oxygénation du système racinaire et permet l'ancrage de ce dernier. Il assure une certaine réserve hydrominérale.

CHAUX et FOURY (1994), présentent les qualités requises d'un bon substrat :

-Une bonne porosité : Circulation facile de l'air et de la solution nutritive.

-Une stabilité et durabilité convenables « inertie chimiques et surtout pas de relargage de calcium ».

- Absente de toute toxicité.
- Capacité d'échange cationique faible (CEC<100mé).
- Absence de germes pathogènes et facilités de désinfection.
- Facilité de mise en œuvre : Approvisionnement-manipulation.

### **II-2-2-2- Les conteneurs**

D'après FEVEREAU (1976) les récipients qui contiennent le substrat peuvent être choisis en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire. En général, les containers sont en matière plastique, chimiquement inertes, étanches, durables et dont la mise en place doit être facile.

### **II-2-2-3- La solution nutritive.**

COIC (1984), confirme qu'une solution nutritive est une solution de sels minéraux contenant à l'état dissout tous les éléments minéraux dont la plante a besoin, ce qui implique que les besoins en eau et ions minéraux soient parallèles. Cette solution nutritive doit être complète et équilibrée « équilibre entre l'eau et chacun des ions suivant les besoins relatives de la plante, en plus une égalité équivalente entre anions et cations ».

L'équilibre entre les éléments minéraux dans la solution nutritive agit sur leur assimilation par la plante. Une teneur trop élevée de l'un des éléments peut être préjudiciable à l'absorption de quelques autres (JEANNEQUIN, 1987).

BLANC (1987) note que la concentration saline de la solution nutritive joue un rôle prépondérant dans l'alimentation de la plante. Elle détermine la pression osmotique de la solution nutritive. Celle-ci doit être inférieure à la pression osmotique du suc cellulaire pour que l'eau puisse diffuser de la solution vers la plante.

JEANNEQUIN (1987), ajoute que c'est la concentration nutritive qui conditionne en partie l'absorption de l'eau par la plante.

Selon CHAUX et FOURY (1994), si cette concentration est trop forte les racines se nécrosent et la plante flétrit ; et si elle est trop faible la végétation risque de s'emballer.

PENNINGSFELD (1969) (in SNOUSSI, 1984), indique que pour la préparation des solutions nutritives, des eaux d'origines diverses peuvent être utilisées telles que les eaux de puits, eaux de pluies, eaux d'adduction. Les eaux de ruisseaux et rivières peuvent être utilisées sous réserve qu'elles ne contiennent aucune substance toxique (eaux résiduaires, eaux-vannes) et que leur teneur en sels plus élevés, il y a lieu de procéder à une analyse complète de l'eau et d'en tenir compte lors de l'établissement des solutions nutritives.

Il faut adapter la composition de la solution nutritive au problème nutritionnel à résoudre : Carence, toxicité....Il est alors souvent nécessaire de procéder à des changements de la concentration de certains ions du milieu nutritif : Ces transformations doivent faire l'objet d'une approche méthodologique rigoureuse.

L'introduction de deux cations : nature d'azote ammoniacale dans l'azote total ou du potassium, dans la solution nutritive, se révèle antagonistes de l'absorption du sodium, qui engendre des risques potentiels.

MORARD (1995) ajoute qu'il semble dangereux que la proportion d'ammonium dépasse 20% de l'apport total d'azote dans la solution nutritive.

**PARTIE 2 :**  
**MATERIEL ET METHODES D'ETUDE**



## **Objectif de l'essai**

Le présent travail a pour objet d'apporter quelques éléments de meilleure compréhension de l'alimentation hydrominérale en milieu salé du haricot, variété Contender cultivé en Algérie.

Cette expérience présente deux volets :

Le volet 1 consiste à étudier le comportement du haricot dans des eaux salines non conventionnelles. Cette première préoccupation a donc été d'éclaircir les points d'importance capitale pour permettre le développement de l'agriculture dans les régions où l'eau disponible présente une forte minéralisation défavorable à son utilisation en agriculture.

L'addition d'éléments minéraux majeurs et mineurs aux eaux salines naturelles en vue de leur valorisation a conduit d'une part à une augmentation de la conductivité électrique et d'autre part à une amélioration de l'équilibre du rapport anions/ cations.

Le volet 2 consiste à connaître l'influence de l'ion  $\text{NH}_4^+$  par rapport à celle de  $\text{NO}_3^-$  du milieu alimentaire et du potassium sur la nutrition minérale du haricot en milieu salé. Le but de cette expérience est donc de voir le comportement de cette espèce face à l'antagonisme entre cations et tenter d'éliminer ou de réduire l'effet du cation sodium par l'utilisation de  $\text{NH}_4^+$  ou de  $\text{K}^+$ .

## **CHAPITRE 1. Le milieu expérimental**

L'expérimentation s'est déroulée à la station expérimentale du département d'agronomie de BLIDA, sous-serre en polymétacrylate de méthyle dont :

- L'orientation est nord-sud.
- L'aération est assurée par des fenêtres placées de part et d'autre de la serre.
- Le chauffage est assuré par 12 radiateurs à eau chaude.

Le substrat utilisé est du gravier roulé d'oued, 3-8mm de diamètre, provenant de la carrière de chebli, située à 25Kms d'Alger. Pour éviter tous risques de contaminations, un procédé de désinfection s'est avéré nécessaire.

Ce procédé comporte les étapes suivantes :

- Élimination des particules terreuses et des débris végétaux par des lavages abondants et répétés à l'eau.
- Remplissage des containers avec le gravier lavé.
- Désinfection du gravier avec une solution javellisée.
- Couverture des pots pendant 48 heures avec un film plastique pour éviter d'éventuelles recontaminations.
- Rinçage abondant à l'eau au moment du semis afin de permettre d'éliminer toute trace d'eau javel, fortement nocive pour les jeunes plantules.

Les containers utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur grise, ayant une capacité de 500g de substrat et 3,5 litres d'eau. Les pots présentent un orifice de drainage à leur base permettant l'évacuation des eaux en excès.

## **CHAPITRE 2. Description de l'espèce testée**

L'espèce retenue dans notre essai est une légumineuse, appartenant à la famille des Papilionacées, connue sous le nom de haricot.

La variété choisie est le « Contender », originaire de France, très cultivée en Algérie, reconnue comme variété très adaptée aux conditions Algériennes.

Selon KOLEV (1976) Le haricot est une plante très sensible au sel, ne tolère que de faibles concentrations de l'ordre de 0,5 à 2g/l,

- nain à vigueur moyenne,
- hauteur moyenne finale 41,67cm,
- semi-précoce (86 jours),
- gousses longues, vertes, droites et charnues,
- poids de mille grains : 663,45g,
- résistant au virus « I » (mosaïque), mais cependant sensible à l'antracnose.

## **CHAPITRE 3. Le protocole expérimental**

### **III-1- description des différents traitements**

Pour la réalisation de notre essai, neuf (9) traitements ont été établis. Ces traitements se présentent comme suit :

T 1. Eau saline de gassi touil naturelle contenant 2,75g/l de sels.

T 1C. Eau saline de gassi touil corrigée contenant 3,74g/l de sels.

T M. Eau de Blida corrigée ou transformée en solution nutritive équilibrée présentant une concentration de 1,52g/l.

Les six autres traitements correspondent aux eaux salines corrigées et modifiées à trois niveaux de modification de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et trois niveaux de modification du potassium. Les proportions de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et du potassium ( $\text{K}^+$ ) retenues sont : 10%, 20% et 30%. Cependant, il est important de rappeler que la teneur en azote ammoniacal est de 1,80 meq/l, et que la teneur en potassium est de 7,60 meq/l. Ainsi, les modifications sont représentées comme suit :

Concernant la variation de la part de l'azote ammoniacal N ( $\text{NH}_4^+$ ), on aura :

$$\uparrow \text{NH}_4^+ : 10\% : 1,80 \text{ meq/l} + 0,18 = 1,98 \text{ meq/l.}$$

$$\uparrow \text{NH}_4^+ : 20\% : 1,80 \text{ meq/l} + 0,36 = 2,16 \text{ meq/l.}$$

$$\uparrow \text{NH}_4^+ : 30\% : 1,80 \text{ meq/l} + 0,54 = 2,34 \text{ meq/l.}$$

En ce qui concerne, la variation de la part du potassium, on aura :

$$\uparrow \text{K}^+ : 10\% : 7,60 \text{ meq/l} + 0,76 = 8,36 \text{ meq/l.}$$

$$\uparrow \text{K}^+ : 20\% : 7,60 \text{ meq/l} + 1,52 = 9,12 \text{ meq/l.}$$

$$\uparrow \text{K}^+ : 30\% : 7,60 \text{ meq/l} + 2,28 = 9,88 \text{ meq/l.}$$

### **III-2- Dispositif expérimental mis en place**

Le dispositif expérimental adopté au cours de l'essai est un bloc aléatoire complet (BAC) à trois répétitions. Chaque bloc est constitué de neuf traitements disposés de manière aléatoire selon la table de permutation des nombres aléatoires de 1 à 10.

#### **a/. Essai plantules :**

Au niveau de chaque traitement, nous avons six observations (six plants à raison de un plant par pot) soit 108 plants par bloc et 324 plants (observations) au total.

**Schéma du dispositif expérimental****Bloc 3.**

P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	C3
P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	
P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	
P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	C2
P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	
P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	
P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	C1
P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	
P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	
P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	C1
P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	
P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	
T3	T2	T4	T1	T6	T1C	TM	T7	T5	

**Bloc 2.**

P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	C3
P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	
P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	
P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	C2
P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	
P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	
P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	C1
P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	
P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	
P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	C1
P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	
P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	
T1C	T3	T6	T1	T7	T2	T5	TM	T4	

**Bloc 1.**

P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	P12	C3
P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	P11	
P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	
P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	P09	C2
P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	P08	
P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	P07	
P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	C1
P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	
P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	
P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	C1
P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	
P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	
T7	T5	TM	T1	T2	T6	T4	T3	T1C	

P : Plant, T : Traitement.

T1, T1C, T2, T3, T4, T5, T6, T7, TM : représente les traitements testés :

T1 : Eau saline de gassi touil naturelle.

T1C : Eau de gassi touil corrigée.

T2 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  ↑ 10%.

T3 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  ↑ 20%.

T4 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  ↑ 30%

T5 : Augmentation de  $\text{K}^+$  ↑ 10%.

T6 : Augmentation de  $\text{K}^+$  ↑ 20%.

T7 : Augmentation de  $\text{K}^+$  ↑ 30%.

TM : Eau de Blida corrigée et transformée en solution nutritive (témoin).

C1, C2, C3 : Représente les trois prélèvements ou sacrifice réalisés :

C1 : Sacrifice de 36 plants âgés de 31 jours après semis.

C2 : Sacrifice de 36 plants âgés de 45 jours après semis.

C3 : Sacrifice de 36 plants âgés de 60 jours après semis.

b/. Essai plante entière adulte

Au niveau de chaque traitement, nous avons six observations (six plants à raison de un plant par pot) soit 54 plants par bloc et 162 plants au total.

**Schéma du dispositif expérimental**Bloc 3.

P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	C4
P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	
P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	
P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	
P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	
P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	
T3	T2	T4	T1	T6	T1C	TM	T7	T5	

Bloc 2.

P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	C4
P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	
P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	
P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	
P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	
P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	
T1C	T3	T6	T1	T7	T2	T5	TM	T4	

Bloc 1.

P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	P06	C4
P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	P05	
P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	P04	
P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	P03	
P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	P02	
P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	P01	
T7	T5	TM	T1	T2	T6	T4	T3	T1C	

P : Plant, T : Traitement.

T1, T1C, T2, T3, T4, T5, T6, T7, TM : représente les traitements testés :

T1 : Eau saline de gassi touil naturelle.

T1C : Eau de gassi touil corrigée.

T2 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  ↑ 10%.

T3 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  ↑ 20%.

T4 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  ↑ 30%

T5 : Augmentation de  $\text{K}^+$  ↑ 10%.

T6 : Augmentation de  $\text{K}^+$  ↑ 20%.

T7 : Augmentation de  $\text{K}^+$  ↑ 30%.

TM : Eau de Blida corrigée et transformée en solution nutritive (témoin).

C4 : représente le quatrième prélèvement ou sacrifice réalisé sur 162 plants, âgés de 67 jours après semis.

## **CHAPITRE 4 : Les solutions nutritives**

### **IV-1- Caractéristiques de l'eau de Blida**

La concentration globale des sels contenus dans l'eau de Blida est de 0,43 g/l, dose supérieure à 0,2 g/l (norme indiquée par PENNINGSFELD et KURZMANN (1969), où l'analyse de l'eau ne peut pas être indispensable). Pour cela l'analyse de l'eau de Blida a été jugée nécessaire afin d'en tenir compte lors de la préparation des différents traitements.

**Tableau 11 :** Teneur des différents éléments minéraux dans l'eau de Blida.

Eléments ou ions	Teneur	
	mg/l	meq/l
K <sup>+</sup>	00,00	00,00
Ca <sup>2+</sup>	56,00	02,80
Na <sup>+</sup>	29,90	01,30
Mg <sup>2+</sup>	21,60	01,80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21,70	00,35
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	38,40	00,80
Cl <sup>-</sup>	21,30	00,60
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	00,00	00,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	245,00	04,08
TOTAL	433,90	11,73

pH= 7,8.

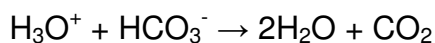
### **IV-2- Correction de l'eau de Blida**

Pour la réussite de la préparation d'une solution nutritive, il faut que l'eau utilisée ne contienne pas d'éléments toxiques pour la plante.

Le tableau 11, indique que l'eau de Blida contient une quantité non négligeable de bicarbonates (4,08 meq/l) et un pH de 7,8.

La correction consiste à utiliser un acide pour détruire partiellement les bicarbonates et de compenser l'effet alcalinisant du milieu. L'abaissement de pH sera de 7,8 à 5,8 (pH favorable à la croissance et au développement des végétaux).

Les bicarbonates attaqués par l'acide sont transformés en gaz carbonique qui se dégagent dans l'air selon la réaction suivante :



La gamme d'acides à utiliser est très variable, mais il est utile d'utiliser des acides constitués d'éléments utiles pour la plante tels que l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) et l'acide phosphorique (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) qui fournissent respectivement à la plante l'azote et le phosphore.

La quantité d'acides nécessaire à la destruction partielle des bicarbonates est obtenue par la réaction suivante :

$$Q = \text{quantité de HCO}_3 \text{ (meq de l'eau)} \times 0,833 \text{ (coefficient).}$$

$$Q = 4,08 \times 0,833 = 3,3 \text{ meq/l.}$$

Il est important de noter que les 3,3 meq/l d'acides pour corriger le pH sont partagés entre : l'apport de phosphore qui est fixé à 3,3 meq/l en comptant de façon

théorique P présent sous la forme trivalente  $\text{PO}_4^{3-}$ . Donc, 1,1 meq/l de  $\text{H}_3\text{PO}_4^{3-}$  satisfont les besoins.

$$\text{HNO}_3^- = 3,3 - 1,1 = 2,2 \text{ meq/l.}$$

### **IV-3- Composition et préparation des traitements**

L'essai était composé de neuf (9) traitements correspondant chacun à une solution nutritive, par apport de sels (produits chimiques). La préparation de l'ensemble des solutions se fait de la même manière, néanmoins les traitements corrigés et modifiés et le traitement témoin présente un pH réajusté entre 5,5 – 5,8.

Les eaux salines naturelles sont caractérisées par une teneur élevée des éléments non indispensables à la plante tels que le sodium, les chlorures et les sulfates.

Les neuf traitements doivent être d'abord préparés à base de solutions mères de macro-éléments et de micro-éléments puis dilués au moment de l'emploi.

Ce procédé permet :

Une dissolution complète de chacun des sels et un gain de temps.

Pour éviter toute précipitation des sels, Il était important de respecter un ordre de dissolution en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres produits.

En dernier, nous ajoutons les solutions complémentaires d'oligo-éléments composées de la solution A et de la solution B préconisées par LESANT et COIC (1983) comme suit :

**Tableau 12 :** Composition de solutions mères complémentaires d'oligo-éléments A et B.

Solution . A.			Solution. B.		
Eléments	Dose (g/l)	Prélèvement (ml/l)	Eléments	Dose (g/l)	Prélève-ment ml/l
Molybdate d'ammonium ( $\text{NH}_4$ ) <sub>6</sub> MO <sub>7</sub> 4H <sub>2</sub> O	00,50	0,10	Séquestrène de fer 138 Fer	2,00	5,00
Acide borique H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	15,00				
Sulfate de magnésium MnSO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O	20,00				
Sulfate de cuivre CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O	02,50				
Sulfate de zinc ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	10,00				

Source: COIC et LESANT (1975).

On procède à la fin de chaque préparation des milieux à une bonne homogénéisation des solutions nutritives. Enfin, un contrôle régulier après chaque préparation se fait par la mesure de la conductivité électrique et le pH.

La composition finale des neuf traitements est décrite dans les tableaux qui suivent :



**Le traitement T1.**

Eau saline de gassi touil naturelle.

pH = 7,8.

meq/l Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0,35	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 0,80	Cl <sup>-</sup> 0,60	Total
K <sup>+</sup> 0,00	0,20			0,30	00,50
Na <sup>+</sup> 1,30			09,35	05,85	16,50
Ca <sup>2+</sup> 2,80				06,30	09,10
Mg <sup>2+</sup> 1,80			06,60		08,40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0,00					00,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4,08					02,22
H <sup>+</sup>					
Total	0,55		16,75	13,25	

Quantités et ordre de dissolution des sels.

$$\text{KNO}_3 = 0,20 \times 101 = 20,20 \text{ mg/l.}$$

$$\text{KCl} = 0,30 \times 74,5 = 22,35 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 9,35 \times 71 = 663,85 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaCl} = 5,85 \times 58,45 = 341,93 \text{ mg/l.}$$

$$\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O} = 6,30 \times 73,5 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O} = 6,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

Composition de l'eau de Blida = 433,9 mg/l.

$$\text{Total} = 2,75 \text{ mg/l.}$$

**Le traitement T1C.**

Eau saline de gassi touil corrigée.

pH = 5,8.

Meq	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0,35	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 0,80	Cl <sup>-</sup> 0,60	Total
K <sup>+</sup> 0			07,60		07,60
Na <sup>+</sup> 1,30	05,85		02,45	06,90	16,50
Ca <sup>2+</sup> 2,80				06,30	09,10
Mg <sup>2+</sup> 1,80			06,60		08,40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0	01,80				01,80
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4,08					02,22
H <sup>+</sup>	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	17,45	13,80	

Quantités et ordre de dissolution des sels.

$$K_2SO_4 = 7,60 \times 87 = 661,20 \text{ mg/l.}$$

$$NaNO_3 = 5,85 \times 84,99 = 497,19 \text{ mg/l.}$$

$$Na_2SO_4 = 2,45 \times 71 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$NaCl = 6,90 \times 58,45 = 403,30 \text{ mg/l.}$$

$$CaCl_2, 2H_2O = 6,30 \times 73,50 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$MgSO_4, 7H_2O = 6,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$NH_4NO_3 = 1,80 \times 80 = 144 \text{ mg/l.}$$

$$HNO_3 = 2,20 \times 63 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$H_3PO_4 = 1,10 \times 98 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 3,84 \text{ mg/l.}$$

**Traitement T2.**Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  10%.

pH = 5,8.

Meq	$\text{NO}_3^-$ 0,35	$\text{PO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-}$ 0,80	$\text{Cl}^-$ 0,60	Total
$\text{K}^+$ 0			07,60		07,60
$\text{Na}^+$ 1,30	05,67		02,45	07,08	16,50
$\text{Ca}^{2+}$ N2,80				06,30	09,10
$\text{Mg}^{2+}$ 1,80			06,60		08,40
$\text{NH}_4^+$	01,98				01,98
$\text{H}^+$	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	17,45	13,98	

Quantité et ordre de dissolution des sels.

$$\text{K}_2\text{SO}_4 = 7,60 \times 87 = 661,20 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaNO}_3 = 5,67 \times 84,99 = 481,89 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2,45 \times 71 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaCl} = 7,08 \times 58,45 = 413,82 \text{ mg/l.}$$

$$\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O} = 6,30 \times 73,5 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O} = 6,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1,98 \times 80 = 158,40 \text{ mg/l.}$$

$$\text{HNO}_3 = 2,20 \times 63 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 1,10 \times 98 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 3,85 \text{ mg/l.}$$

**Le traitement T3.**

Augmentation de  $\text{NH}_4^+$   $\uparrow$  20%.

pH = 5,8.

Meq	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	Total
	0,35		0,80	0,60	
$\text{K}^+$ 0			07,60		07,60
$\text{Na}^+$ 1,30	05,49		02,45	07,26	16,50
$\text{Ca}^{2+}$ 2,80				06,30	09,10
$\text{Mg}^{2+}$ 1,80			06,60		08,40
$\text{NH}_4^+$	02,16				
$\text{H}^+$	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	17,45	14,16	

Quantité et ordre de dissolution des sels.

$$\text{K}_2\text{SO}_4 = 7,60 \times 87 = 661 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaNO}_3 = 5,49 \times 84,99 = 466,59 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2,45 \times 71 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaCl} = 7,26 \times 58,45 = 424,34 \text{ mg/l.}$$

$$\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O} = 6,30 \times 73,50 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O} = 6,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2,16 \times 80 = 172,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{HNO}_3 = 2,20 \times 63 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 1,10 \times 93 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 3,85 \text{ mg/l.}$$

**Le traitement T4.**Augmentation de  $\text{NH}_4^+$   $\uparrow$  30%.

pH = 5,8.

Meq	$\text{NO}_3^-$ 0,35	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{SO}_4^{2-}$ 0,80	$\text{Cl}^-$	Total
$\text{K}^+$ 0			07,60		07,60
$\text{Na}^+$ 1,30	05,30		02,45	07,45	16,50
$\text{Ca}^{2+}$ 2,80				06,30	09,10
$\text{Mg}^{2+}$ 1,80			06,60		08,40
$\text{NH}_4^+$	02,34				02,34
$\text{H}^+$	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	17,45	14,35	

Quantité et ordre de dissolution des sels.

$$\text{K}_2\text{SO}_4 = 7,60 \times 87 = 661,20 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaNO}_3 = 5,30 \times 84,99 = 450,44 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2,45 \times 71 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NaCl} = 7,45 \times 58,44 = 435,45 \text{ mg/l.}$$

$$\text{CaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O} = 6,30 \times 73,50 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O} = 6,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 2,34 \times 80 = 187,20 \text{ mg/l.}$$

$$\text{HNO}_3 = 2,20 \times 63 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 1,10 \times 98 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 3,87 \text{ mg/l.}$$

**Le traitement T5.**Augmentation de  $K^+$   $\uparrow 10\%$ .

pH = 5,8.

meq	$NO_3^-$	$PO_4^{3-}$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	Total
	0,35		0,80	0,60	
$K^+$ 0			08,36		08,36
$Na^+$ 1,30			02,45	06,90	16,50
$Ca^{2+}$ 2,80	05,80			06,30	09,10
$Mg^{2+}$ 1,80			06,60		08,40
$NH_4^+$	01,80				01,80
$H^+$	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	18,21	13,80	

Quantité et ordre de dissolution des sels.

$$K_2SO_4 = 8,36 \times 87 = 726,32 \text{ mg/l.}$$

$$NaNO_3 = 5,85 \times 84,99 = 497,19 \text{ mg/l.}$$

$$Na_2SO_4 = 2,45 \times 71 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$NaCl = 6,90 \times 58,45 = 403,30 \text{ mg/l.}$$

$$CaCl_2, 2H_2O = 6,30 \times 73,50 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$MgSO_4, 7H_2O = 6,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$NH_4NO_3 = 1,80 \times 80 = 144 \text{ mg/l.}$$

$$HNO_3 = 2,20 \times 63 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$H_3PO_4 = 1,10 \times 98 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 3,91 \text{ mg/l.}$$

**Le traitement T6.**Augmentation de  $K^+$   $\uparrow$  20%.

pH = 5,8.

Meq	$NO_3^-$ 0,35	$PO_4^{3-}$	$SO_4^{2-}$ 0,80	$Cl^-$ 0,60	Total
$K^+$ 0,00			09,12		09,12
$Na^+$ 1,30	05,85		02,45	06,90	16,50
$Ca^{2+}$ 2,80				06,30	09,10
$Mg^{2+}$ 1,80			06,60		08,40
$NH_4^+$	01,80				01,80
$H^+$	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	18,97	13,80	

Quantité et ordre de dissolution des sels.

$$K_2SO_4 = 09,12 \times 87,00 = 793,44 \text{ mg/l.}$$

$$NaNO_3 = 05,85 \times 84,99 = 497,19 \text{ mg/l.}$$

$$Na_2SO_4 = 02,45 \times 71,00 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$NaCl = 06,90 \times 58,45 = 403,30 \text{ mg/l.}$$

$$CaCl_2, 2H_2O = 06,30 \times 73,50 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$MgSO_4, 7H_2O = 06,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$NH_4NO_3 = 01,80 \times 80,00 = 144,00 \text{ mg/l.}$$

$$HNO_3 = 02,20 \times 63,00 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$H_3PO_4 = 01,10 \times 98,00 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 3,98 \text{ mg/l.}$$

**Le traitement T7.**Augmentation de  $K^+$  ↑ 30%.

pH = 5,8.

Meq	$NO_3^-$ 0,35	$PO_4^{3-}$ 0,00	$SO_4^{2-}$ 0,80	$Cl^-$ 0,60	Total
$K^+$ 0,00			09,88		09,88
$Na^+$ 1,30	05,85		02,45	06,90	16,50
$Ca^{2+}$ 2,80				06,30	09,10
$Mg^{2+}$ 1,80			06,60		08,40
$NH_4^+$ 0,00	01,80				01,80
$H^+$	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	19,73	13,80	

Quantité et ordre de dissolution des sels.

$$K_2SO_4 = 9,88 \times 87,00 = 852,60 \text{ mg/l.}$$

$$NaNO_3 = 05,85 \times 84,99 = 497,19 \text{ mg/l.}$$

$$Na_2SO_4 = 02,45 \times 71,00 = 173,95 \text{ mg/l.}$$

$$NaCl = 06,90 \times 58,45 = 403,30 \text{ mg/l.}$$

$$CaCl_2, 2H_2O = 06,30 \times 73,50 = 463,05 \text{ mg/l.}$$

$$MgSO_4, 7H_2O = 06,60 \times 123 = 811,80 \text{ mg/l.}$$

$$NH_4NO_3 = 01,80 \times 80,00 = 144,00 \text{ mg/l.}$$

$$HNO_3 = 02,20 \times 63,00 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$H_3PO_4 = 01,10 \times 98,00 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 4,04 \text{ g/l.}$$



**Le traitement TM.**

Eau de Blida corrigée et transformée  
en solution nutritive ( témoin).

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
	0,35	0,00	0,80	0,60	
K <sup>+</sup> 0,00	03,55		00,70		04,25
Na <sup>+</sup> 1,30					01,30
Ca <sup>2+</sup> 2,80	02,30				05,10
Mg <sup>2+</sup> 1,80					01,80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0,00	01,80				01,80
H <sup>+</sup>	02,20	01,10			03,30
Total	10,20	03,30	01,50	00,60	

Quantités et ordre de dissolution des sels.

$$\text{HNO}_3 = 02,20 \times 63,00 = 138,60 \text{ mg/l.}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 01,10 \times 98,00 = 107,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{CaNO}_3 = 02,30 \times 118 = 271,40 \text{ mg/l.}$$

$$\text{KNO}_3 = 03,55 \times 101 = 358,55 \text{ mg/l.}$$

$$\text{NH}_4\text{NO}_3 = 01,80 \times 80,00 = 144,00 \text{ mg/l.}$$

$$\text{K}_2\text{SO}_4 = 00,70 \times 87,00 = 60,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433,90 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Composition des oligo-éléments A et B} = 14,80 \text{ mg/l.}$$

$$\text{Total} = 1,52 \text{ mg/l.}$$

## **CHAPITRE 5. Mise en place et conduite de la culture**

### **V-1- Pré germination – Semis**

La germination des graines a été effectuée le 08 mars 2001 à la température ambiante du laboratoire.

La faculté germinative est de 95%. Les graines germées sont semées le 12 mars 2001, à une profondeur de 2 cm environ à raison d'une graine par pot.

L'arrosage des jeunes pousses été effectué à l'eau du robinet pour favoriser une levée homogène des plantules jusqu'à apparition des feuilles cotylédonaire, soit douze jours après semis.

Dépassé ce délai, nous avons commencé à pratiquer l'arrosage sur l'ensemble de plants avec les différents solutions nutritives fabriquées afin de voir l'effet des traitements sur les plants testés.

### **V-2- Soins culturaux**

#### **V-2-1- Doses et fréquences des arrosages**

##### **V-2-1-1- La dose d'arrosage**

C'est la quantité de solution apportée par plante à chaque irrigation. Elle est fonction du stade physiologique des plantules et des conditions ambiante notamment la température.

La dose d'arrosage a un effet sur le taux de drainage et sur la teneur en éléments minéraux du milieu racinaire. Si la dose d'arrosage est insuffisante, le substrat drainera peu et sa conductivité (ou salinité) augmentera. Si la dose d'arrosage est excessive, le substrat sert lessivé grandement et sa conductivité diminuera.

Le système d'irrigation adopté est à circuit ouvert (drainage perdu) qui permet l'évacuation d'au moins (30-40%) de la dose d'arrosage, permettant aussi l'aération racinaire au niveau du substrat.

Pour mieux estimer les besoins hydriques journaliers du haricot, un dispositif appelé bloc E.T.M (Evapotranspiration maximale) mis au point par SNOUSSI (1984) a été installé (Figure 06)

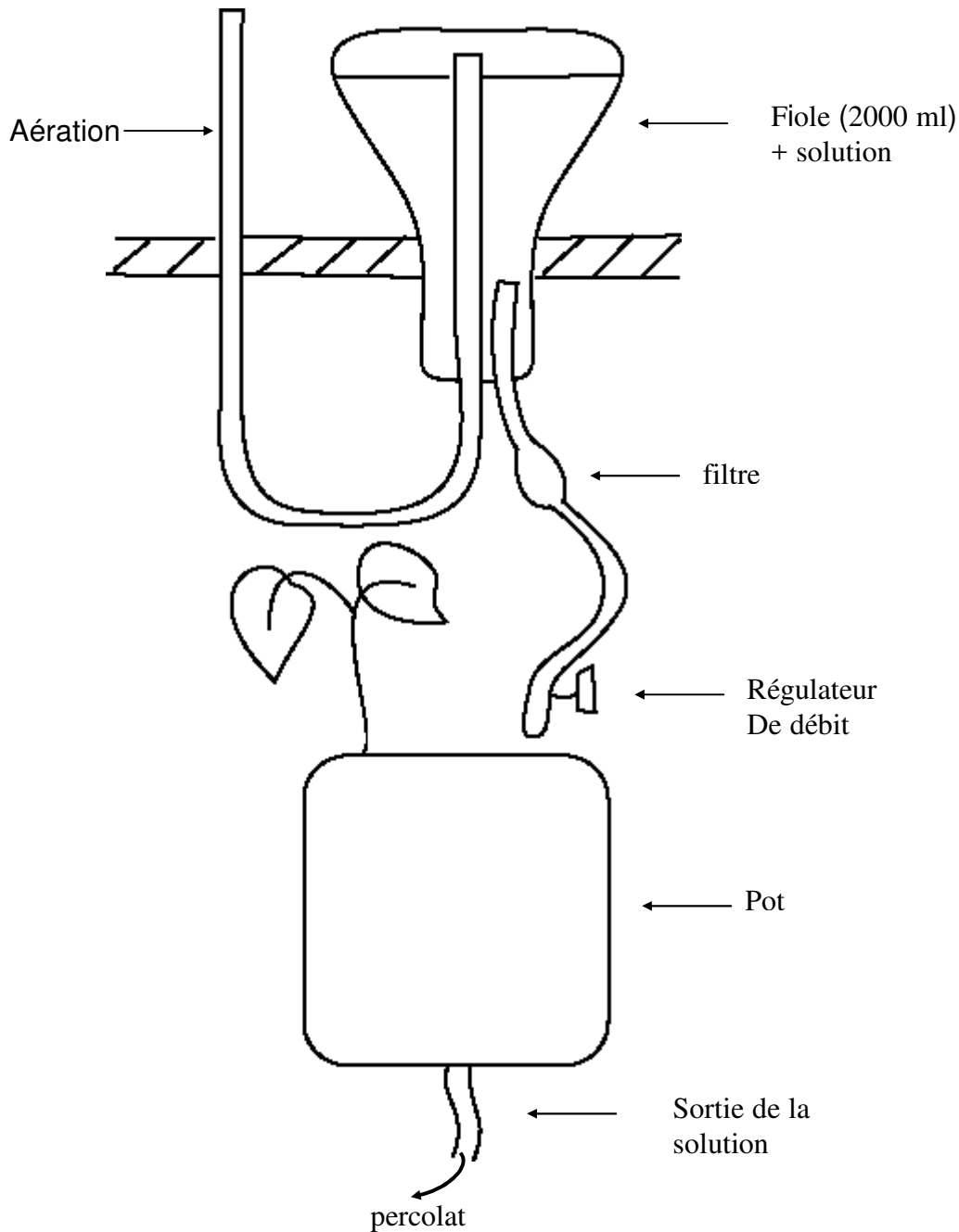


Figure 06 : Bloc E.T.M.

L'estimation des besoins hydriques s'effectue par le calcul de la différence entre les volumes apportés et les volumes drainés de la solution nutritive en majorant de 30%. La majoration de 30% correspondant au drainage et ce dans le but de maintenir plus ou moins constant les concentrations établies de départ au voisinage des racines.

**Tableau 13 : Besoins hydriques journaliers du haricot Sous serre**

Dates	Besoins hydriques en ml.	Dates	Besoins hydriques en ml.
18 au 24/3/01	20	21/04/01	210
25/03/01	20	22/04/01	240
26/03/01	20	23/04/01	190
27/03/01	30	24/04/01	247
28/03/01	65	25/04/01	500
29/03/01	60	26/04/01	120
30/03/01	25	27/04/01	286
31/03/01	100	28/04/01	220
01/04/01	150	29/04/01	455
02/04/01	150	30/04/01	134
03/04/01	100	01/05/01	234
04/04/01	60	02/05/01	470
05/04/01	130	03/05/01	300
06/04/01	95	04/05/01	230
07/04/01	65	05/05/01	234
08/04/01	130	06/05/01	510
09/04/01	95	07/05/01	500
10/04/01	60	08/05/01	420
11/04/01	180	09/04/01	300
12/04/01	80	10/05/01	120
13/04/01	200	11/05/01	400
14/04/01	375	12/05/01	222
15/04/01	334	13/05/01	400
16/04/01	188	14/05/01	550
17/04/01	420	15/05/01	420
18/04/01	300	16/05/01	300
19/04/01	223	17/05/01	400
20/04/01	210	18/05/01	400

**V-2-1-2- La fréquence des arrosages**

La fréquence des arrosages représentée par le nombre d'arrosage par jour selon la température ambiante de la serre et le cycle du développement des plants. Plus la température est élevée et plus les besoins en eau des plantes sont élevés. De ce fait, il nous a paru intéressant de réduire les doses d'apport et d'en augmenter les fréquences afin de mieux valoriser la solution nutritive mise à la disposition de la plante.

Selon LAUMONNIER (1979) le haricot présente un bon développement végétatif en 18°C et 30°C pour favoriser cela, nous avons procédé à l'ouverture des fenêtres pour diminuer les fortes températures et permettre une bonne aération. Les températures enregistrées étaient prises à l'aide de deux thermomètres dont l'un est installé au milieu de la serre et l'autre incorporé dans le gravier des plantes. Les températures enregistrées sont présentées par décade selon trois moments de la journée.

**Tableau 14 :** Moyennes de températures par décade de la serre et du substrat.

Dates	T°C de la serre °C			T°C du substrat °C		
	9h	12h	16h	9h	12h	16h
12/03-21/03	19,30	27,00	24,40	15,40	26,40	25,85
22/03-31/03	18,25	26,33	22,94	20,35	29,11	27,21
01/04-10/04	23,15	29,16	29,45	18,60	29,10	29,55
11/04-20/04	20,90	29,50	26,70	18,50	27,80	28,11
21/04-30/04	23,33	30,60	29,50	20,70	29,60	30,50
01/05-10/05	24,12	28,40	27,14	24,42	26,00	28,33
11/05-18/05	26,90	29,00	26,00	25,20	30,00	29,50

### **V-2-2-Traitements phytosanitaires utilisés**

Au cours de notre essai, nous avons effectué des traitements phytosanitaires préventifs toutes les semaines en alternant les produits suivants :

- Un produit fongique : Rodianeb, à raison de 2g/l.
- Un produit insecticide : Lanate, à raison de 1,50g/l.

### **V-2-3-Palissage**

La variété «Contender» fait partie des variétés naines. Elle ne nécessite pas un palissage. Cependant, au moment de l'essai nous avons remarqué que les plantes avaient tendance à se recourber ce qui nous a obligé de confectionner un tuteurage à la ficelle permettant de maintenir les plantes dressées.

## **CHAPITRE6. Méthodes et mesures des paramètres biométriques et de production**

Des mesures ont été appliquées sous serre et au laboratoire, afin de voir l'effet traitement sur les paramètres mesurés et ce à différentes périodes à saisir :

- C1. Prélèvement1, effectué le 12 avril 2001, soit 31 jours après semis.
- C2. Prélèvement2, effectué le 26 avril 2001, soit 45 jours après semis.
- C3. Prélèvement3, effectué le 10 mai 2001, soit 60 jours après semis.
- C4. Prélèvement4, effectué le 17 mai 2001, soit 67 jours après semis.

Le procédé adopté étant celui donc de la destruction des plantes afin d'avoir une idée sur leur comportement durant les quatre périodes.

Les paramètres mesurés sont les suivants :

### **VI-1- Paramètre de croissance**

- La hauteur finale des plants (cm).
- Le diamètre des tiges (cm).
- Le nombre de feuilles par plant.

## **VI-2- Paramètres de développement des plantes**

- Floraison – Nouaison.
- Taux de fleurs avortées.

## **VI-3- Paramètres de production**

- Nombre de gousses par plante.
- Longueur des gousses par plante (cm).
- Production par plante (g).
- Taux de matière sèche.

## **VI-4- Analyses des organes des végétaux**

Pour mettre en évidence l'effet de la variation des niveaux de concentrations de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et du potassium ( $\text{K}^+$ ) sur l'inhibition du sodium ( $\text{Na}^+$ ), nous avons procédé à des analyses de chaque traitement étudié par le dosage de l'azote, du potassium et du sodium. L'analyse s'est fait sur un échantillon moyen par traitement et par bloc.

### **VI-4-1- Dosage de l'azote organique (méthode Kjeldahl)**

L'azote est transformé en azote ammoniacal par l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré porté à ébullition en présence d'un catalyseur. Il est fixé sous la forme de sulfate d'ammonium. Par distillation, on déplace l'ammoniac ainsi fixé à la soude en le recueillant en retour par l'acide sulfurique.

La norme de comparaison pour l'azote total au niveaux des végétaux varie entre 0,2 à 4% de matière sèche (MAZLIAK, 1981).

### **VI-4-2- Dosage du sodium et du potassium (minéralisation tri-acides)**

Après la réalisation de chacun des quatre prélèvements, les organes des plantes (feuilles, tiges, gousses) sont séparés. Un prélèvement moyen d'échantillons se réalise à partir d'un mélange de toutes les plantes de chacune des espèces étudiées et ce par traitement et par bloc. Les organes sont pesés et mis à l'étuve à  $75^\circ\text{C}$  jusqu'à stabilité du poids sec. Les échantillons d'organes sont broyés finement au vue de la minéralisation.

La minéralisation peut se faire soit par voie sèche, soit par voie humide. La technique adoptée est la seconde au vue des avantages qu'elle présente : Rapidité d'action, pas de perte d'éléments volatiles et pas de formation de composés insolubles. La minéralisation de la matière sèche a été réalisée par une attaque triacides du type :  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{HClO}_4$  dans le rapport 10 – 1 – 4.

Le mode opératoire consiste à peser 0,2 g de matière sèche, ajouter 5 ml de  $\text{HNO}_3$ , laisser reposer 30 mn, ajouter 5 ml de  $\text{HNO}_3 + 1$  ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 4$  ml de  $\text{HClO}_4$ , faire chauffer à une température de  $180^\circ\text{C}$  à  $200^\circ\text{C}$  jusqu'à l'obtention d'une solution de couleur jaune claire. Après refroidissement, la solution ainsi obtenue est mise dans une fiole de 100 ml réajustée avec l'eau distillée.

Les dosages du potassium et du sodium ont été réalisés par spectrophotomètre à flamme.

## **CHAPITRE 7. Estimation du bilan d'absorption hydrominérale**

Avant chaque prélèvement, un dispositif est installé afin d'estimer les besoins hydriques et minéraux des plants.

Le principe consiste à arroser quatre plants par traitement et par bloc avec un volume correspondant au jour «j».

Nous avons installé des pots de drainage sous les pots expérimentés (pots de récupération) de façon à recueillir l'éventuel excès des sels testés et ce durant «j+1», soit 24h après l'opération. Le volume de la solution drainée est récupéré par pot et ainsi estimé en ml.

**PARTIE3.**  
**RESULTATS ET INTERPRETATIONS**



## **Résultats et interprétations**

### **I- Etude de la croissance et du développement**

#### **I-1- Hauteur des plantes**

##### **I-1-1- Evolution de la croissance durant la culture**

Un suivi de la croissance a été effectué tous les dix jours sur les plantes de haricot et ce jusqu'au 68<sup>ème</sup> jours de culture.

Les mesures ont été faites sur la totalité des plantes de tous les traitements et pour chacun des blocs.

Selon la figure07 (Annexe03), nous constatons que la croissance des plantes est similaire au niveau de tous les traitements. Néanmoins, on peut remarquer deux phases de croissance des plantes distinctes :

- La première phase est plus ou moins rapide, durant laquelle il nous est possible de relever une reprise plus ou moins facile pour chaque traitement.

- La seconde phase est stationnaire est qui débute à partir de la quatrième date (58 jours après semis) et correspond au développement des plantes avec apparition des fruits (arrêt de croissance). Il est facile de remarquer le comportement ou l'adaptation des plantes aux différents traitements : Une croissance plus rapide au niveau du traitement témoin, mais plutôt lente au niveau du traitement T1, provoquant ainsi une diminution de la croissance en hauteur des plantes.

##### **I-1-2- Hauteur finale des plantes**

La hauteur finale des plantes a été mesurée selon quatre périodes du cycle végétatif. Cette mesure a été faite du collet jusqu'au bourgeon terminal des plantes de tous les traitements et pour chacun des blocs.

**Tableau 15 :** Hauteur moyenne finale (cm).

Traitements	Hauteur moyenne finale (cm)			
	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	13,98±0,46 CD	17,00±0,29 E	20,83±0,17 F	26,68±0,64 G
T1C	17,08±0,05 A	25,00±0,29 A	36,01±0,13 A	41,44±0,51 EF
T2	16,00±0,11 B	21,39±0,32 C	36,07±0,15 A	42,89±0,24 C
T3	14,61±0,24 CD	23,42±0,36 B	30,00±0,13 C	42,00±0,05 DE
T4	14,42±0,28 CD	22,33±1,24 C	34,03±0,13 B	42,50±0,47 CD
T5	13,62±0,79 D	18,92±0,20 D	28,83±0,63 D	41,00±0,05 F
T6	14,17±0,56 CD	22,17±0,42 C	30,00±0,13 C	42,00±0,05 DE
T7	14,64±0,11 CD	22,00±0,29 C	28,17±0,22 E	46,00±0,05 B
TM	15,00±0,11 C	24,00±0,29 B	30,34±0,05 C	50,59±0,02 A

Les résultats présentés au niveau du tableau15, relatifs aux plantes cultivées sur des eaux salines corrigées et des plantes irriguées par les mêmes eaux mais modifiées concernent la hauteur finale des plants montrent que la modification de l'alimentation des plantes a influencé significativement la croissance des plantes testées.

Le traitement salé naturel (T1) a présenté la faible hauteur des plantes quelque soit le stade de la coupe et ce suite à une forte salinité, au déséquilibre ionique et aux carence en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore et le potassium dont son absente, selon REY et COSTES (1965) ralentit la croissance des plantes.

La croissance en hauteur est beaucoup plus importante au niveau des traitements salé corrigé (T1C) et le témoin (TM) en raison principalement de l'équilibre ionique parfait existant dans les solutions et de la richesse en éléments fertilisants.

Concernant les autres traitements, nous pouvons dire que les plantes issues du traitement T2 (augmentation de  $\text{NH}_4^+$  de 10%), présente la hauteur la plus élevée par rapport aux deux autres traitements (T3 : augmentation de 20% et T4 : Augmentation de 30%).

Cette constatation semble être en bon accord avec les résultats observés par MORARD (1995) qui montrent que si la concentration de  $\text{NH}_4^+$  est augmentée de 15 à 25% par rapport à l'azote total de la solution nutritive, la croissance est réduite de manière remarquable chez le haricot. C'est l'augmentation de  $\text{NH}_4^+$  dans le milieu, qui est responsable du ralentissement de la croissance chez le haricot, se traduisant par une diminution de la surface photosynthétique (SNOUSSI, 2001).

Au fur et à mesure que le haricot s'accroît, nous remarquons que la hauteur obtenue au niveau des plantes alimentées par la solution nutritive T7 (augmentation de  $\text{K}^+$  de 30%) est supérieure aux autres traitements (T5 : augmentation de  $\text{K}^+$  de

10%, T6 : Augmentation de 20%). Ce résultat est similaire à celui observé dans les travaux de SAITOT et al (1965) qui notent que la croissance en hauteur des plantes s'accroît plus vigoureusement avec une forte alimentation potassique.

## **I-2- Diamètre final des tiges**

Le grossissement des tiges est sous l'influence de l'azote et du potassium, qui agissent sur les cellules méristématiques notamment sur les méristèmes secondaires.

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans le tableau16, et la figure09 (Annexe05).

La mesure a été faite à 2 cm du collet de chaque plante au niveau de chaque traitement pour chacun des blocs et en début de chaque coupe.

**Tableau 16 : Diamètre final des tiges (cm).**

Traitements	Diamètre final des tiges (cm)			
	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	0,36±0,01 BC	0,37±0,01 D	0,40±0,26 D	0,42±0,00 E
T1C	0,42±0,01 A	0,43±0,00 B	0,46±0,11 B	0,55±0,00 B
T2	0,41±0,01 A	0,43±0,00 B	0,45±0,16 BC	0,50±0,00 C
T3	0,35±0,03 C	0,40±0,00 C	0,45±0,49 BC	0,50±0,00 C
T4	0,39±0,01 ABC	0,40±0,00 C	0,45±0,33 C	0,47±0,01 D
T5	0,37±0,02 BC	0,40±0,00 C	0,45±0,91 BC	0,50±0,01 C
T6	0,36±0,01 BC	0,40±0,00 C	0,45±0,64 BC	0,50±0,00 C
T7	0,36±0,01 BC	0,37±0,01 D	0,40±0,07 D	0,47±0,01 D
TM	0,40±0,01 AB	0,45±0,00 A	0,50±0,01 A	0,65±0,00 A

L'analyse de la variance révèle une différence remarquable entre le traitement salé corrigé (T1C) et le traitement salé naturel (T1). Autrement dit la correction des eaux salines naturelles améliore le diamètre des tiges et ce compte tenu des éléments utiles qu'elles renferment.

Le traitement naturel T1 présente le paramètre le plus faible. Ces résultats expliquent bien le rabougrissement qu'entraîne une forte salinité sur les plantes non résistantes à la salinité.

La modification des solutions salines corrigées, à savoir la variation de l'azote ammoniacal dans l'azote total et du potassium entraîne à 30 jours après semis, un accroissement du diamètre final des tiges. L'accroissement est beaucoup plus

important au niveau du traitement T2 ( augmentation de 10 % de  $\text{NH}_4^+$  ) par rapport aux autres traitements modifiés.

Le paramètre mesuré connaît au niveau du 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> prélèvement une diminution du diamètre au niveau du traitement T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) et le traitement T7 (augmentation de 30% de  $\text{K}^+$ ).

### **I-3- Le nombre des feuilles par plante**

Le nombre de feuilles par plante est présenté dans le tableau17.

**Tableau 17 :** Nombre de feuilles par plante.

Traitements	Nombre de feuilles par plante			
	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	1,92±0,15 C	3,00±0,07 E	3,98±0,02 D	5,61±0,11 F
T1C	3,00±0,38 B	4,75±0,07 CD	7,00±0,00 C	11,00±0,16 E
T2	2,92±0,43 B	4,72±0,12 CD	8,00±0,01 B	11,56±0,14 DE
T3	2,67±0,15 B	4,33±0,07 D	7,99±0,01 B	14,00±0,16 B
T4	2,83±0,09 B	5,00±0,07 BC	7,00±0,00 C	13,37±0,29 C
T5	2,55±0,22 B	4,28±0,09 D	8,00±0,01 B	10,97±0,52 E
T6	3,00±0,06 B	5,33±0,51 B	6,99±0,02 C	11,19±0,49 E
T7	2,42±0,10 B	5,22±0,15 B	7,00±0,01 C	12,00±0,16 D
TM	4,00±0,06 A	7,00±0,07 A	9,00±0,01 A	17,56±0,35 A

Coupe01 : Prélèvement effectué le 12 avril 2001, soit 31 jours après semis.

Coupe02 : Prélèvement effectué le 22 avril 2001, soit 41 jours après semis.

Coupe03 : Prélèvement effectué le 02 mai 2001, soit 51 jours après semis.

Coupe04 : Prélèvement effectué le 18 mai 2001, soit 67 jours après semis.

La présence marquée du sodium ( $\text{Na}^+$ ) dans les eaux salines naturelles exerce une nocivité accrue en bloquant le transfert de certains éléments vers la partie aérienne des plantes. Par conséquent, il en résulte des difficultés d'ajustement osmotique rendant les plantes très sensibles au déficit minéral, induisant par la même une diminution dans la croissance végétative, soit une réduction du nombre de feuilles.

Selon l'analyse de la variance, l'effet traitement manifeste une différence significative sur le paramètre mesuré quel que soit le stade de la coupe effectué.

Le traitement témoin présente la plus haute valeur quel que soit le stade de coupe. Cependant, l'azote présente un effet positif sur le nombre de feuilles au

niveau du traitement T3 (augmentation de 20% de  $\text{NH}_4^+$ ), suivi en ordre décroissant par les traitements T4, T7, T2, T6, T1C, T5.

Le nombre de feuilles le plus faible est représenté par le traitement T1 au niveau de la première et de la deuxième coupe ainsi que le traitement T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) dans la troisième coupe. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par SALTI et al (1994), qui montrèrent clairement le rôle prépondérant de la salinité vis à vis du nombre de feuilles par plante.

Ce phénomène étudié par les mêmes auteurs cités ci-dessus, est d'une part à l'effet osmorégulateur du potassium et au déplacement du sodium des sites membranaires par le calcium tout en maintenant la sélectivité potassium / sodium, et du facteur azote présent en quantité convenable au niveau des traitements corrigés de l'autre part.

#### **I-4- Le poids frais et sec des feuilles**

Les résultats du poids frais et sec des feuilles sont présentés au niveau du tableau18 et la figure11 (Annexe07).

**Tableau 18 :** Le poids frais et sec des feuilles (g).

Traitements		Poids frais et sec des feuilles(g)			
		Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	PF <sub>f</sub>	1,60±0,23D	3,19±0,09G	3,68±0,08H	3,84±0,15G
	PS <sub>f</sub>	0,18±0,02D	0,44±0,01E	0,49±0,01G	0,51±0,07E
T1C	PF <sub>f</sub>	3,21±0,38B	6,56±0,13D	8,18±0,14G	23,66±0,14D
	PS <sub>f</sub>	0,41±0,04BC	0,87±0,01B	1,17±0,03F	2,87±0,09E
T2	PF <sub>f</sub>	3,45±0,23AB	8,75±0,22A	14,17±0,04C	26,27±0,16C
	PS <sub>f</sub>	0,36±0,02C	1,06±0,04A	2,10±0,01C	3,10±0,07D
T3	PF <sub>f</sub>	3,54±0,10AB	5,35±0,10F	13,34±0,45D	25,71±0,15C
	PS <sub>f</sub>	0,42±0,03BC	0,64±0,02D	1,67±0,04E	3,22±0,13CD
T4	PF <sub>f</sub>	3,32±0,08AB	6,90±0,13D	19,65±0,25A	35,16±0,56B
	PS <sub>f</sub>	0,42±0,02BC	0,77±0,01C	2,73±0,05E	4,71±0,08B
T5	PF <sub>f</sub>	2,83±0,04C	6,26±0,03E	13,12±0,06D	25,72±0,16C
	PS <sub>f</sub>	0,39±0,03C	0,73±0,03C	1,78±0,01D	4,42±0,10C
T6	PF <sub>f</sub>	3,79±0,09A	8,35±0,03B	11,28±0,19E	22,01±1,12E
	PS <sub>f</sub>	0,45±0,02B	0,74±0,02C	1,60±0,04E	3,06±0,11D
T7	PF <sub>f</sub>	3,55±0,06AB	7,52±0,07C	10,31±0,10F	22,10±0,20F
	PS <sub>f</sub>	0,38±0,01C	0,89±0,02B	1,74±0,01D	3,36±0,14C
TM	PF <sub>f</sub>	3,66±0,04A	7,37±0,60C	18,35±0,09B	52,95±0,15A
	PS <sub>f</sub>	0,51±0,01A	0,75±0,02C	2,60±0,06B	7,61±0,02A

L'azote est un facteur stimulateur de la végétation, notamment au niveau des feuilles au détriment des fleurs et des fruits.

Selon les résultats de l'analyse de la variance, il est à noter que le poids frais des feuilles est influencé par les traitements. Cependant, le poids frais des feuilles le plus élevé est enregistré au niveau des plants alimentés par la solution nutritive T4 (augmentation de 30% de la fraction azotée dans l'azote total).

Concernant le poids sec des feuilles, l'analyse de la variance montre qu'il y a un effet remarquable entre les traitements : à savoir les traitements naturels, corrigés et modifiés durant les quatre coupes. Durant la quatrième coupe (67 jours après semis), nous constatons que le traitement T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) manifeste le poids sec des feuilles le plus élevé. Ceci montre bien que l'effet de la correction ait une action simulatrice sur le paramètre étudié. Cette constatation est en relation avec les travaux de HEUER et FEIGIN (1993) qui ont remarqué que la biomasse sèche des feuilles est davantage stimulée dans un milieu salin riche en azote.

### **I-5- Le poids frais et sec des tiges**

Le poids frais et sec des tiges est représenté dans le tableau19 et la figure12 (annexe08).

**Tableau 19** : Le poids frais et sec des tiges (g).

Traitements		Poids frais et sec des tiges (g)			
		Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	PF <sub>t</sub>	1,40±0,05D	1,63±0,01G	2,44±0,03H	3,24±0,05G
	PS <sub>t</sub>	0,26±0,02A	0,43±0,02C	0,50±0,01E	0,51±0,07E
T1C	PF <sub>t</sub>	1,63±0,13BC	3,73±0,06D	6,81±0,02C	15,23±0,04C
	PS <sub>t</sub>	0,21±0,01B	0,41±0,01D	1,50±0,01A	2,87±0,09E
T2	PF <sub>t</sub>	2,10±0,11A	4,52±0,04B	11,04±0,06A	15,81±0,06B
	PS <sub>t</sub>	0,21±0,00B	0,61±0,02A	1,10±0,01C	3,10±0,07D
T3	PF <sub>t</sub>	1,63±0,04BC	2,66±0,04F	6,34±0,05D	11,84±0,07F
	PS <sub>t</sub>	0,23±0,01B	0,39±0,00D	1,27±0,04B	3,22±0,13CD
T4	PF <sub>t</sub>	1,60±0,05BC	4,21±0,02C	8,35±0,06B	11,68±0,48F
	PS <sub>t</sub>	0,22±0,01B	0,36±0,01E	1,12±0,04C	4,71±0,08B
T5	PF <sub>t</sub>	1,54±0,04C	3,27±0,02E	5,44±0,04G	12,52±0,39E
	PS <sub>t</sub>	0,21±0,02B	0,36±0,02E	0,96±0,06D	4,42±0,10C
T6	PF <sub>t</sub>	1,76±0,01B	4,13±0,07C	5,89±0,02F	13,65±0,19D
	PS <sub>t</sub>	0,17±0,00C	0,54±0,03B	1,10±0,04C	2,35±0,18C
T7	PF <sub>t</sub>	1,55±0,04C	4,71±0,01A	6,17±0,13E	15,98±0,14B
	PS <sub>t</sub>	0,20±0,00B	0,57±0,01B	0,97±0,02D	2,25±0,27C
TM	PF <sub>t</sub>	1,74±0,04B	3,77±0,12D	6,10±0,12E	20,27±0,08A
	PS <sub>t</sub>	0,25±0,01A	0,43±0,03C	0,48±0,02F	1,62±0,08D

Le tableau19 et la figure12 (Annexe08) montrent bien que l'effet traitement exerce un effet remarquable sur le paramètre étudié. Autrement dit, l'analyse de la variance est significative entre les traitements.

Il est à noter que le poids frais des tiges des plants des traités par l'eau saline naturelle présentent le paramètre le plus faible, se traduisant par l'aspect mince, constaté au niveau des tiges de ces plants et ce en raison d'une nutrition minérale déséquilibrée et incomplète.

Nous pouvons tout de même constater que le poids frais des tiges obtenus au niveau des plantes alimentées par la solution nutritive T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) et la solution nutritive T7 (augmentation de 30% de  $\text{K}^+$ ) est légèrement plus

important que celui obtenu au niveau des plantes des autres traitements (ou solutions nutritives).

Le poids sec des tiges est influencé par l'effet traitement, et ceci suite à l'analyse de la variance.

Nous constatons que les poids secs des tiges les plus élevés en coupe04 sont issus des plants alimentés respectivement par le traitement T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) et le traitement T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ). Tandis que le poids sec le plus faible observé au niveau des plantes alimentées par le traitement naturel T1. Ceci peut être expliqué par la perturbation de l'absorption hydrominérale causée par une forte salinité du milieu.

## **II- Etude du développement des plantes**

### **II-1- Floraison – nouaison**

L'estimation de la précocité des plantes a été faite sur la base de l'appréciation des dates (début floraison, pleine floraison, début nouaison, pleine nouaison) pour l'ensemble des plantes de chaque traitement et pour chacun des blocs.

- Le stade début floraison est déterminé lorsque les 10 p. cent des plants ont émis des fleurs. Lorsque 75 p. cent des plants ont émis des fleurs, c'est le stade plein floraison.

- Le stade début nouaison est déterminé quand les 10 p. cent des plants ont formé de petits fruits. Lorsque 75 p. cent des plants ont formé des petits fruits, c'est le stade de la pleine nouaison.

#### **II-1-1- La floraison**

Selon VOINEA et MAIER (1976), la mise à fleurs chez le haricot commence entre 40 et 60 jours après et dure 20 à 30 jours. Elle dépend de la photopériode, de la température et des besoins nutritifs du végétal.

Les dates d'entrée en floraison sont présentées dans le tableau20.

**Tableau 20** : Début et pleine floraison exprimés en nombre de jours après semis.

Traitements	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Début floraison	42 A	36 A	36 A	39 A	36 A	39 A	39 A	39 A	36 A
Pleine nouaison	45 A	39 A	39 A	42 A	39 A	42 A	42 A	42 A	39 A

D'après les résultats obtenus, les plants du traitement T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) du traitement T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) et du témoin T4 sont plus précoces que ceux alimentés par les autres solutions nutritives modifiées utilisées.

#### **II-1-2- La nouaison**

Le tableau21, montre les dates d'entrée en nouaison.

**Tableau 21** : Nombre de jours du semis au stade début et pleine nouaison.

Traitements	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Début nouaison	45 A	39 A	39 A	39 A	39 A	42 A	42 A	42 A	39 A
Pleine nouaison	50 A	45 A	42 A	45 A	42 A	45 A	45 A	45 A	42 A

La nouaison dépend d'un équilibre convenable entre l'azote d'une part et les hydrates de carbone d'autre part apportés par la photosynthèse : le milieu

de culture doit donc contenir une quantité suffisante d'azote bien équilibrée (REY et COSTES, 1965). A cet effet, et selon les résultats observés, nous pouvons remarquer que le facteur salinité n'exerce aucune action significative.

Cependant, les traitements T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ), T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) et le témoin TM sont les plus précoces que les autres traitements modifiés qui semblent avoir un comportement plus tardif.

## **II-2- Taux de fleurs avortées**

Le taux de fleurs avortées est étroitement lié aux conditions climatiques et nutritionnelles de la plante.

L'estimation de ce facteur a été élaborée sur la base du comptage du nombre de fleurs totales et du nombre de gousses par plante, par traitement et par bloc.

**Tableau 22** : Le taux d'avortement (%).

Traitements Paramètre	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Taux d'avortement (%)	29 $\pm 0,11$ A	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B	0 $\pm 0,00$ B

Selon le tableau22, nous remarquons que le taux de fleurs avortées est influencé par les traitements. Cependant, l'analyse de [la](#) variance montre qu'il existe une différence significative entre le traitement naturel et les autres traitements [étudiés](#).

Les plantes alimentées par les eaux salines naturelles manifestent un taux d'avortement de 29%.

## **III- Etude de la production**

### **III-1- Etude quantitative**

Pour évaluer l'aspect quantitatif et qualitatif de la production, nous avons classé les gousses récoltées selon leur taille en trois catégories :

- Gousses longues : longueur > 12 cm.
- Gousses moyennes : 9 cm < longueur < 12 cm.
- Gousses petites : longueur < 9 cm.



Au moment de la récolte, nous avons compté le nombre de gousses par plante au niveau de chaque traitement et pour chacun des blocs.

**Tableau 23 :** Nombre de gousses par plante.

Traitements	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Longueur<9cm	20	34	19	19	37	17	23	18	25
9cm<longueur<12cm	44	86	80	87	77	68	72	76	55
Longueur>12cm	9	251	151	120	129	149	104	142	169
Total	73	371	250	226	243	234	199	236	249

Selon les résultats obtenus, nous constatons que les plantes du traitement T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) forment le nombre de gousses le plus important par rapport aux autres traitements modifiés.

Par ailleurs, il est aussi utile à souligner que le nombre de gousses longues est plus important au niveau des traitements T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) et T5 (augmentation de 10% de  $\text{K}^+$ ). La longueur du fruit semble être influencée par une teneur adéquate du milieu en potassium (REY et COSTES, 1965).

Aussi les travaux de WOODS (1962) (in REY et COSTES, 1965) montrent que les tailles des fruits ont augmenté par des apports de potassium.

### **III-1-1-Production totale par plante**

Les gousses récoltées ont été pesées séparément et ceci dans le but d'estimer la production par plante au niveau de chaque traitement et pour chacun des blocs.

La production totale en gousses par plante correspond à la somme des poids des gousses récoltées au niveau d'une même plante.

**Tableau 24 :** La production totale par plante (g).

Traitements Paramètre	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Production totale par plante (g)	51,02 ±11,03 D	337,46 ±7,90 B	416,92 ±6,90 A	292,51 ±8,66 C	358,49 ±7,68 B	336,25 ±5,33 B	305,89 ±6,28 C	349,18 ±3,50 B	454,81 ±9,21 A

GROS (1960), indique que l'azote est considéré comme le principal facteur de l'augmentation quantitative de la production.

Selon les résultats obtenus, nous constatons que la production moyenne par plante la plus élevée est obtenue par le traitement T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) avec 416,92 g.

GROS (1979), indique qu'une bonne nutrition azotée laisse prévoir une activité assimilatrice intense, c'est à dire une croissance active et des rendements élevés. C'est pourquoi l'azote est le facteur déterminant des rendements.

Concernant les traitements dont la modification a porté sur l'augmentation du potassium, le traitement T7 (augmentation de 30% de potassium) enregistre la production en gousses la plus élevée.

WOODS (1962) (in REY et COSTES, 1965) souligne qu'il ne voit absolument aucune modification de rendement même lorsque la dose de potassium augmente.

### **III-2- Etude qualitative**

#### **III-2-1- Taux de matière sèche au niveau des gousses**

L'approvisionnement plus ou moins régulier en eau et en éléments minéraux du végétal à partir du milieu est sous l'influence d'une bonne nutrition potassique (SCHERER et al, 1983).

**Tableau 25** : Taux de matière sèche des fruits.

Traitements Paramètre	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Taux de Matière sèche des Fruits (%)	5,55	23,84	12,24	13,85	14,88	16,31	19,22	19,63	21,31

Les résultats du tableau25, montre que le taux de matière sèche augmente par l'augmentation de la proportion d'azote ( $\text{NH}_4^+$ ) et du potassium ( $\text{K}^+$ ).

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par ZEHLER et FORSTER (1972), qui trouvent qu'avec des applications accrues d'azote et du potassium le rendement en matière sèche augmente avec un nombre plus grand de fruits.

#### **III-2-2- Teneur en azote**

La teneur en azote du végétal varie entre 0,2 à 4%. Elle dépend de la concentration en cet élément dans le milieu (REY et COSTES, 1965).

##### **III-2-2-1- Teneur en azote au niveau des feuilles**

Les résultats sont présentés dans le tableau26 et la figure15 (Annexe11).

**Tableau 26 :** Teneur en azote des feuilles (%).

Coupes Traitements	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	1,51±0,07 E	2,48±0,05 E	2,42±0,12 C	2,54±0,34 B
T1C	2,89±0,20 CD	5,08±0,19 BC	4,32±0,39 A	2,44±0,40 B
T2	2,84±0,19 D	5,14±0,18 BC	3,91±0,16 AB	3,13±0,44 B
T3	3,28±0,13 BC	5,28±0,04 B	2,92±1,25 BC	2,85±0,78 B
T4	3,43±0,34 B	5,55±0,21 A	3,84±0,22 AB	3,50±0,05 AB
T5	3,90±0,53 A	4,75±0,03 D	3,81±0,16 AB	3,14±0,18 B
T6	3,26±0,14 BC	4,61±0,03 D	4,13±0,21 AB	4,67±0,95 A
T7	3,13±0,08 BCD	4,84±0,03 CD	4,00±0,08 AB	3,79±0,63 AB
TM	3,14±0,10 BCD	5,15±0,19 BC	4,27±0,17 A	3,43±0,34 AB

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative entre les traitements.

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons que:

- Le traitement qui présente le taux d'azote le plus élevé est le T5 (augmentation de 10% de K<sup>+</sup>) et ce au niveau de la coupe01,
- en fin de production, les feuilles issues du traitement T6 (augmentation de 20% de K<sup>+</sup>) ont enregistré le taux d'azote le plus élevé (4,67%).

**III-2-2-2- Teneur en azote des tiges**

Les résultats sont présentés dans le tableau27 et la figure16 (Annexe11).

**Tableau 27 :** Teneur en azote des tiges (%).

Coupes Traitements	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	1,51±0,11 E	1,79±0,00 H	2,24±0,27 B	1,93±0,24 E
T1C	2,89±0,25 CD	3,15±0,02 F	3,23±0,37 A	2,80±0,13 BCD
T2	2,84±0,30 D	3,23±0,02 G	3,26±0,64 A	3,29±0,44 B
T3	3,28±0,11 BC	3,61±0,01 E	3,09±0,09 A	2,92±0,16 BC
T4	3,43±0,12 B	3,87±0,01 D	3,13±0,29 A	2,24±0,31 DE
T5	3,90±0,13 A	4,20±0,01 B	2,83±0,06 A	2,67±0,06 CD
T6	3,26±0,06 BC	4,31±0,01 A	2,92±0,10 A	3,82±0,11 A
T7	3,13±0,09 BCD	4,03±0,05 C	3,10±0,10 A	2,83±0,24 BCD
TM	3,14±0,08 BCD	3,64±0,01 E	3,46±0,21 A	2,31±0,14 CDE

Les résultats du tableau ci-dessus montrent que la phase de croissance qui correspond à la coupe01 marque une teneur en azote de 3,90% pour le traitement T5 (augmentation de 10% de potassium).

Au niveau de la troisième coupe, les traitements T1C, T2, T3, T4, T5, T6, T7, TM ; présentent une teneur moyenne en azote des tiges plus ou moins stable.

L'analyse de la variance dégage deux groupes homogènes :

A : T1.

B : Le reste des traitements.

En fin de production, le traitement T6 (augmentation de 20% de potassium) a présenté le taux le plus élevé en azote des tiges (3,82). Les travaux de MORARD (1995), ont souligné que la teneur en azote des tiges est plus faible dans les tissus conducteurs (tiges et pétioles) que dans les tissus assimilateurs (limbe).

**III-2-2-3- Teneur en azote dans les gousses**

Les résultats sont présentés dans le tableau28 et la figure17 (Annexe11).

**Tableau 28 :** Teneur en azote des gousses.

Traitement Paramètre	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Teneur en Azote des gousses(%)	2,66 ±0,36 BC	2,86 ±0,37 ABC	3,30 ±0,57 AB	3,46 ±0,22 AB	2,97 ±0,16 ABC	2,,55 ±0,19 BC	2,21 ±0,12 C	3,87 ±0,73 A	3,53 ±0,18 AB

Sur la base des résultats obtenus, nous remarquons que les gousses issues du traitement T7 (augmentation de 30% de potassium) présentent le taux d'azote le plus élevé.

**III-2-3-Teneur du végétal en sodium.**

Le dosage du sodium (Na<sup>+</sup>) est effectué par photométrie sur une solution minéralisée de fruits issus de chaque traitement. Les teneurs sont calculées d'après la formule :

$$\text{Na}^+ (\% \text{ MS}) = (X.v.V / 10.v`.P). 10^{-3}$$

X. Concentration de sodium en ppm tirée de la courbe d'étalonnage.

v . Volume passé au photomètre d'émission à flamme (25ml).

V . Volume de l'extrait (50ml).

v` . Aliquote prélevée de l'extrait (5ml).

P . Prise d'essai de la poudre végétal (1g).

**III-2-3-1-Taux de sodium dans les feuilles**

Le taux de sodium est présenté dans le tableau29.

**Tableau 29** : Taux de sodium dans les feuilles (%).

Coupes Traitements	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	1,50±0,26 A	1,97±0,33 A	1,13±0,20 A	0,95±0,02 AB
T1C	0,92±0,20 B	0,50±0,21 AB	1,02±0,02 A	0,87±0,01 AB
T2	0,71±0,02 B	0,92±0,01 AB	0,71±0,00 B	1,17±0,10 A
T3	0,65±0,01 C	0,62±0,01 B	0,65±0,01 B	0,77±0,01 B
T4	0,75±0,04 B	0,57±0,01 B	0,90±0,24 AB	0,62±0,01 B
T5	1,05±0,22 AB	0,62±0,22 B	0,92±0,02 AB	0,62±0,02 B
T6	1,07±0,01 AB	1,00±0,02 AB	0,47±0,01 C	1,25±0,15 A
T7	1,17±0,20 AB	0,50±0,26 B	0,92±0,01 AB	0,62±0,04 B
TM	0,87±0,02 B	0,50±0,01 B	0,87±0,02 AB	0,70±0,01 B

D'après le tableau29 et la figure18 (Annexe12), on note une variation de teneur en sodium au niveau des feuilles pour le traitement T1 à la coupe01 et ce jusqu'à la coupe03. En fin de production, on observe un taux élevé de sodium au niveau des traitements T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) et T6 (augmentation de 20% de  $\text{K}^+$ ) et un taux moins élevé pour le traitement T3, TM, T4, T5, T7.

### **III-2-3-2- Taux de sodium dans les tiges**

Les résultats sont enregistrés dans le tableau30.

**Tableau 30** : Taux de sodium dans les tiges (%).

Coupes Traitements	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	0,80±0,02 B	0,40±0,20 D	0,80±0,02 B	0,90±0,00 B
T1C	1,42±0,01 A	0,57±0,33 C	1,42±0,00 A	1,10±0,10 AB
T2	1,07±0,02 AB	0,70±0,08 B	1,07±0,01 AB	0,85±0,02 AB
T3	1,07±0,10 AB	0,72±0,30 B	1,07±0,02 AB	1,10±0,22 AB
T4	1,35±0,22 A	0,80±0,02 AB	1,35±0,26 A	0,67±0,20 C
T5	1,45±0,02 A	1,00±0,02 A	1,35±0,30 A	1,15±0,30 AB
T6	1,45±0,24 A	0,97±0,40 AB	1,45±0,28 A	1,35±0,38 A
T7	1,35±0,38 A	1,05±0,01 A	1,35±0,35 A	1,40±0,01 A
TM	1,07±0,15 AB	0,52±0,02 C	1,07±0,00 AB	1,10±0,20 AB

Les traitements ayant enregistré le taux le plus élevé de sodium dans les tiges sont le T5 (augmentation de 10% de K<sup>+</sup>) et le T7 (augmentation de 30% de K<sup>+</sup>). Le taux de sodium le plus faible s'observe au niveau du traitement T1.

### **III-2-3-3-Taux de sodium dans les gousses**

Le tableau31 montre le taux de sodium dans les gousses.

**Tableau 31** : Taux de sodium dans les gousses (%).

Traitement Paramètre	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Taux de Na <sup>+</sup> dans les gousses	0,40 ±0,40 C	0,70 ±0,02 B	0,80 ±0,22 AB	0,95 ±0,35 A	1,00 ±0,20 A	0,80 ±0,53 AB	0,85 ±0,30 AB	0,80 ±0,01 AB	0,70 ±0,00 B

L'analyse de la variance, montre qu'il existe une différence significative entre les différents traitements.

Cette analyse dégage quatre groupes homogènes :

A : T4, T3.

AB : T6, T5, T7, T2.

BC : T1C, TM.

C : T1.

Les fruits issus des traitements T4 (augmentation de 30% de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et T3 (augmentation de 20% de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ont enregistré le taux de sodium le plus élevé suivi dans un ordre décroissant par les traitements T6, T7, T5, T2, TM, T1C et T1.

DIEHL (1975), a indiqué que la présence de sodium au niveau du végétal est très variable, entre 0,001 jusqu'à 3,5% de matière sèche.

### **III-2-4- La teneur en potassium du végétal**

La teneur du végétal en potassium s'élève avec la richesse du milieu en potassium. Elle varie de 0,2 à 3,5% de matière sèche et plus.

#### **III-2-4-1-Taux de potassium dans les feuilles**

Le tableau32 et la figure21 (Annexe13), montre le taux de potassium dans les feuilles.

**Tableau 32** : Taux de potassium dans les feuilles (%) de MS.

Coupes Traitements	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	6,25±0,04 C	5,75±0,04 B	6,25±0,20 AB	6,25±0,22 B
T1C	6,25±0,02 C	3,75±0,20 C	6,25±0,03 AB	6,75±0,07 B
T2	5,25±0,22 D	3,25±0,00 C	5,25±0,22 B	7,50±0,04 B
T3	6,00±0,01 C	3,50±0,01 C	5,00±0,02 C	4,25±0,00 C
T4	6,00±0,01 C	1,75±0,00 D	5,00±0,00 C	4,75±0,02 C
T5	7,00±0,13 B	7,00±0,04 AB	8,75±0,45 A	5,75±0,30 C
T6	7,25±0,20 B	7,75±0,04 AB	9,00±0,35 A	6,75±0,04 B
T7	9,50±0,34 A	9,25±0,36 A	9,50±0,10 A	9,25±0,02 A
TM	6,25±0,01 C	6,50±0,05 B	7,75±0,20 AB	6,75±0,30 B

Coupe01. Prélèvement effectué à 31 jours après semis.

Coupe02. Prélèvement effectuéeffectué à 45 jours après semis.

Coupe03. Prélèvement effectuéeffectué à 60 jours après semis.

Coupe04. Prélèvement effectuéeffectué à 67 jours après semis.

Sur la base des résultats obtenus, nous pouvons dire que le facteur traitement marque un effet significatif sur le taux de potassium au niveau des feuilles. Aussi, nous remarquons que pendant les quatres quatre coupes la teneur en potassium la plus élevée a été enregistrée au niveau des feuilles des plantes du traitement T7 (augmentation de 30% de K<sup>+</sup>). Ce qui nous permet de conclure que le taux de potassium augmente avec les concentrations croissantes de potassium.

### **III-2-3-2-Taux de potassium dans les tiges**

Le taux de potassium dans les tiges est présenté dans le tableau33 et la figure22 (Annexe13).



**Tableau 33** : Taux de potassium dans les tiges (%) MS.

Coupes Traitements	Coupe01	Coupe02	Coupe03	Coupe04
T1	4,05±0,45 G	5,25±0,38 D	4,00±0,20 D	5,25±0,40 C
T1C	5,50±0,30 F	5,70±0,22 D	7,00±0,02 C	9,50±0,01 A
T2	7,00±0,02 D	4,50±0,02 E	7,00±0,00 C	2,00±0,00 D
T3	7,00±0,01 D	7,00±0,00 B	7,00±0,30 C	5,00±0,23 C
T4	7,00±0,00 D	6,25±0,02 C	8,50±0,49 C	1,75±0,20 D
T5	9,75±0,02 C	8,50±0,30 B	11,00±0,24 B	5,75±0,16 C
T6	11,75±0,35 A	6,75±0,28 C	11,75±0,14 B	6,75±0,10 B
T7	12,50±0,20 A	9,50±0,22 A	12,50±0,02 A	9,50±0,11 A
TM	5,75±0,51 E	5,75±0,35 D	7,75±0,01 C	9,00±0,28 A

D'après l'analyse de la variance, l'effet traitement manifeste une action significative sur le taux de potassium au niveau des tiges. A cet effet, nous remarquons que les tiges des plantes issues du traitement T7 (augmentation de 30% de K<sup>+</sup>) sont plus riches en potassium pendant les quatre coupes. Cette constatation est similaire avec celle déjà faite au niveau des feuilles.

### **III-2-3-3- Le taux de potassium dans les gousses**

COTTINES (in DIEHL 1975) indique que l'action du potassium se traduit non seulement par un meilleur développement du feuillage, mais surtout par un accroissement bien considérable des organes de réserve.

La teneur des gousses en potassium est présentée dans le tableau34 et la figure23 (Annexe13).

**Tableau 34** : Le taux de potassium dans les gousses (%).

Traitements Paramètre	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Taux de K <sup>+</sup> dans les gousses	1,00 ±0,22 E	4,00 ±0,01 D	6,50 ±0,11 B	5,00 ±0,00 C	6,00 ±0,02 B	11,50 ±0,30 A	4,00 ±0,01 D	4,00 ±0,02 D	4,25 ±0,20 C

L'analyse de la variance montre une différence significative entre les traitements.

Répartition des résultats en cinq groupes :

A-: T5.                      B : T2, T4.                      C : T3, TM.

D : T1C, T6, T7.      E : T1.

D'après le tableau34 et la figure23 (Annexe13), nous remarquons que le traitement T5 (augmentation de 10% de K<sup>+</sup>) indique la teneur la plus élevée de potassium (11,50% MS). Le traitement T1 montre la teneur la plus faible (1%MS).

## **VI- Estimation du bilan d'absorption hydrominérale**

Nous avons mis au point un dispositif qui nous permettait d'avoir une estimation de l'absorption minérale des plantes selon quatre périodes du cycle végétatif à savoir 30 jours, 40 jours, 50 jours et 60 jours après semis. A chaque opération, nous avons installé des pôts de drainage sous les pôts expérimentés de façon à recueillir l'éventuel excès de solution testée et ce durant 24 heures. Le pH final et la CE finale sont mesuré et noté. Aussi, il est important de noter que le pH et la CE initiaux sont mesurés et notés ( pH<sub>i</sub> et CE<sub>i</sub> ). La quantité totale de sels contenue dans la solution est déterminée par la relation de JEANNEQUIN (1987).

Sels totaux (g/l) = (CE solution (mmhos/cm) – CE eau) x 0,85.

CE eau = 0,412 mmhos/cm.

**Tableau 35 :** Le bilan d'absorption hydrominérale a la première coupe (31jours après semis).

Traitements		T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
pH initial		7,19	5,56	5,94	5,88	5,81	5,86	5,91	5,94	5,36
CE initiale		2,83	3,23	3,26	3,50	3,31	3,96	4,13	4,02	1,47
Volume solution donnée (ml)		80	80	80	80	80	80	80	80	80
Volume du percolât en ml	P1	72	52	50	54	50	52	52	54	52
	P2	76	50	50	54	54	56	54	52	48
	P3	62	48	54	50	48	52	50	54	30
	P4	77	52	49	52	50	52	56	48	52
Moyenne (ml)		71,75	50,50	50,75	52,50	50,50	53,00	53,00	52,00	50,66
%du drainage		89,68	63,12	63,43	65,62	63,12	66,25	66,25	65,00	63,32
pH final		7,31	6,92	6,81	6,86	6,89	6,78	6,79	6,93	7,07
CE finale		2,72	3,24	3,25	3,36	3,29	3,87	4,06	4,06	1,38
Quantité de sels donnés en mg		48,03	46,08	45,70	42,96	46,08	42,18	42,18	43,75	45,83
Quantité de sels dans le drainage (mg)		140,75	121,39	122,42	131,55	123,53	155,78	164,34	161,24	41,68
Quantité de sels absorbée en mg		8,25	29,50	29,25	27,50	29,50	27,00	27,00	28,00	23,34
Absorption (%)		10,31	36,87	36,56	34,37	36,87	33,75	33,75	35,00	36,67

Date : Jeudi 12 avril 2001.

Température de l'air : 24,50°C

Température de substrat : 22,00°C

**Tableau 36** : Le bilan d'absorption hydrominérale à la deuxième coupe (45 jours après semis).

Traitements	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM	
pH initial	7,20	5,79	5,83	5,79	5,87	5,62	5,71	5,68	5,57	
CE initiale	2,25	3,00	2,90	3,28	2,73	3,46	3,32	3,38	1,21	
Volume solution donnée (ml)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
Volume du percolât en ml	P1	52,57	42,00	50,00	47,00	44,00	46,50	39,00	44,50	43,50
	P2	63,00	42,00	52,00	51,75	40,75	46,75	42,50	44,00	43,25
	P3	56,75	46,00	48,75	45,00	48,00	43,00	44,50	44,25	43,25
	P4	62,00	49,00	44,75	45,00	46,00	42,00	41,75	44,00	41,00
Moyenne (ml)	58,62	44,75	48,87	47,18	44,68	44,56	41,92	44,18	42,75	
%du drainage	73,25	55,93	61,08	58,97	55,85	55,70	52,40	55,22	53,43	
pH final	7,53	7,14	7,15	7,23	7,30	7,14	7,29	7,25	7,28	
CE finale	2,89	3,54	3,55	4,14	3,47	4,36	4,27	4,55	1,34	
Quantité de sels donnée en mg	124,98	175,98	169,18	195,02	157,62	207,26	197,74	201,82	54,26	
Quantité de sels dans le drainage (mg)	123,47	118,98	130,35	149,50	116,13	149,53	137,46	155,39	33,72	
Quantité de sels absorbée en mg	21,38	35,25	31,13	32,82	35,32	35,44	38,08	35,82	37,25	
Absorption (%)	26,72	44,06	38,91	41,02	44,15	44,30	47,60	44,77	46,56	

Date : Mardi 26 avril 2001.

Température de l'air : 23,50°C

Température de substrat : 18°C

**Tableau 37** : Le bilan d'absorption hydrominérale à la troisième coupe ( 60 jours après semis).

Traitements		T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
pH initial		7,79	5,83	5,85	5,70	5,78	5,66	5,62	5,48	5,90
CE initiale		2,65	3,01	3,08	3,14	3,06	3,67	3,65	3,69	1,34
Volume solution donnée (ml)		80	80	80	80	80	80	80	80	80
Volume du percolât en ml	P1	58,00	40,00	48,00	40,00	48,00	50,00	40,00	44,00	23,00
	P2	60,00	34,00	56,00	46,00	49,33	50,00	45,00	28,00	29,00
	P3	56,00	30,00	54,00	48,00	50,00	54,00	40,00	26,00	26,00
	P4	50,00	34,00	44,00	44,00	50,00	52,00	50,00	28,00	27,00
Moyenne (ml)		56,00	34,50	50,50	44,50	49,33	51,50	75,33	31,50	26,25
%du drainage		70,00	43,12	63,12	55,62	61,66	64,37	30,00	39,37	32,81
pH final		7,69	7,04	7,18	7,14	7,13	6,84	7,09	6,98	6,96
CE finale		2,82	3,27	3,27	3,68	3,35	3,62	3,89	4,26	1,95
Quantité de sels donnés en mg		68,00	176,66	181,42	185,50	180,06	211,54	220,18	222,90	63,10
Quantité de sels dans le drainage (mg)		114,62	83,81	122,67	123,61	144,93	140,43	88,68	103,03	42,89
Quantité de sels absorbée en mg		24,00	45,50	29,50	35,50	30,67	28,50	50,00	48,50	53,75
Absorption (%)		30,00	65,87	36,87	44,37	38,33	35,62	62,50	60,62	67,18

Date : Mardi 10 mai 2001.

Température de l'air : 26,00°C

Température de substrat : 22,00°C

**Tableau 38** : Le bilan d'absorption hydrominérale à la quatrième coupe (67 jours après semis).

Traitements	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM	
pH initial	7,19	5,93	5,94	5,88	5,81	5,86	5,91	5,94	5,73	
CE initiale	2,83	3,23	3,26	3,50	3,31	3,96	4,13	4,02	1,47	
Volume solution donnée (ml)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	
Volume du percolât en ml	P1	320	80,00	126	74	76,50	120	47,80	120,00	90
	P2	340	90,00	160	60	54,00	110	50,00	100,00	40
	P3	310	58,00	230	78	49,50	100	34,00	115,00	50
	P4	300	60,00	180	70	60,00	105	50,00	120,00	60
	P5	360	90,00	130	74	56,00	107	50,00	100,00	80
	P6	300	75,00	200	70	59,00	100	55,00	127,50	64
Moyenne (ml)	326	75,50	171	71	59,16	107	47,80	113,75	64	
%du drainage	81,50	20,28	42,75	17,75	14,79	26,75	11,95	28,25	16,00	
pH final	7,50	6,70	6,43	6,41	6,14	6,23	6,40	6,45	6,86	
CE finale	2,30	2,60	4,29	3,49	1,94	3,75	3,54	4,01	1,12	
Quantité de sels donnés en mg	822,12	958,12	968,32	1049,92	985,32	1443,92	1264,12	1226,72	359,72	
Quantité de sels dans le drainage (mg)	523,16	140,41	563,66	185,75	76,83	303,59	127,09	347,88	38,51	
Quantité de sels absorbée en mg	74,00	324,50	229	329	340,84	293	352,50	286,25	336	
Absorption (%)	18,50	81,50	57,25	82,25	85,21	73,25	88,05	71,56	84,00	

Date : Mardi 17 mai 2001.

Température de l'air : 26,00°C

Température de substrat : 19,00°C

Nous avons jugé nécessaire de faire un tableau récapitulatif du taux d'absorption moyen calculé au niveau des plantes alimenté par les différents traitements testés et ce pour chacune des coupes effectuées.

**Tableau 39** : Le pourcentage de l'absorption minérale (%).

Traitements Coupes	T1	T1C	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TM
Coupe01	10,31	36,87	36,56	34,37	36,87	33,75	33,75	35,00	36,67
Coupe02	26,72	44,06	38,91	41,02	44,15	44,30	47,60	44,77	46,56
Coupe03	30,00	56,87	36,87	44,37	38,33	35,62	62,50	60,62	65,13
Coupe04	18,50	81,11	57,25	82,25	85,21	73,25	88,05	71,56	84,00

Nous remarquons que même au niveau des plantes alimentées par la solution naturelle T1, un accroissement du taux d'absorption des éléments minéraux dans le temps. Ceci peut être expliqué par le phénomène d'adaptation des plantes en milieu salin qui finissent par s'accommoder au milieu salé naturel.

D'après les tableaux 35, 36, 37 et 38, nous constatons que le pourcentage de drainage des solutions nutritives est plus important pour le traitement T1. Cela est dû à la richesse du milieu en sels et au déséquilibre ionique du milieu alimentaire T1 entraînant inévitablement une mauvaise absorption hydrominérale par les racines des plantes.

On note également, une fluctuation du pH.

L'augmentation de la conductivité électrique finale ( $CE_f$ ) est liée à la solubilité du sel conditionnant ainsi sa mobilité dans le milieu. Moins un sel est soluble, plus il a tendance à s'accumuler dans la rhizosphère.

Aussi, nous remarquons que les traitements corrigés et modifiés présentent la meilleure absorption minérale par rapport au traitement naturel et ce durant les quatre coupes.

## **Discussion générale**

L'augmentation de 10, 20 et 30% de la proportion d'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) dans l'azote total et du potassium ( $\text{K}^+$ ) ont permis d'avoir les observations suivantes sur les paramètres de croissance, de développement et de production du haricot :

- En ce qui concerne les paramètres de croissance des plantes, ils sont influencés par la modification de l'ammonium et du potassium. L'augmentation de l'azote ammoniacal de 10% (T2) augmente la croissance en hauteur et en épaisseur des tiges. Aussi, il a été constaté une augmentation de la surface photosynthétique de la biomasse foliaire.

Aussi, il a été remarqué que l'augmentation de l'azote ammoniacal de 20% (T3) présente un nombre de feuilles par plante plus important.

Pour ce qui est du poids frais et sec des feuilles, le milieu riche en azote (T4 : Augmentation de  $\text{NH}_4^+$  de 30%) donne les poids frais et secs des feuilles les plus élevés. Cette constatation peut s'expliquer par la présence en quantité suffisante d'azote, reconnu comme stimulateur de la biomasse des feuilles (HEUER et FEIGIN, 1993). Le traitement T2 (augmentation de 10% de  $\text{NH}_4^+$ ) présente le poids frais et sec des tiges le plus élevé. Cette augmentation peut être aussi expliquée par la bonne absorption hydrominérale des plantes cultivées dans ce milieu nutritif.

- Pour ce qui est de l'étude sur le développement des plantes, ceci montre que les augmentations de  $\text{NH}_4^+$  de 10% (T2) et de 30% (T4) améliorent la précocité des plantes, qui est indispensable à la régulation de la mise à fleurs et à fruits (ZEHLER et FORSTER, 1972).

- Enfin, quant aux paramètres de production, il a été constaté que les traitements T2 (augmentation de  $\text{NH}_4^+$  de 10%) et T5 (augmentation de  $\text{K}^+$  de 10%) forment le nombre de gousses longues le plus important. Cette constatation est conforme à celle de WOODS (1962) in (REY et COSTES, 1965).

Par ailleurs, il est à souligner que la production totale en gousses par plante correspond au milieu nutritif dont l'augmentation de  $\text{NH}_4^+$  est de 10% (T2). Ceci montre bien que l'azote bien apporté est le principal facteur de l'augmentation quantitative de la production (GROS, 1960).

Aussi, la biomasse sèche importante est en relation avec des applications accrues d'azote et du potassium.

La teneur en azote au niveau des différents organes des plantes est importante lorsque la concentration de potassium est de 20% dans les milieux nutritifs. L'augmentation de l'entrée du cation  $\text{NH}_4^+$  dans la plante par augmentation de la proportion de  $\text{K}^+$  en présence dans le milieu alimentaire, due à l'absorption préférentielle de  $\text{NH}_4^+$  (MORARD, 1995).

Le taux de sodium le plus élevé dans les gousses a été enregistré au niveau du traitement T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) et T3 (augmentation de 20% de  $\text{NH}_4^+$ ).

Concernant le taux de potassium, la teneur en cet élément augmente avec la richesse du milieu nutritif en cet élément.

Cette étude illustre que le  $\text{NH}_4^+$  appliqué à la concentration qui correspond au seuil de tolérance des plantes en milieu salé, limite l'entrée dans la plante d'éléments minéraux comme le sodium. Il est évidemment possible que d'autres éléments soient impliqués dans cet effet de sels.

Par sa présence dans le milieu, et par son effet direct sur la racine, l'azote ammoniacal limite l'entrée de sodium dans la plante jusqu'à ce que la plante croisse de manière semblable au témoin.



## **CONCLUSION GENERALE**

## **Conclusion générale**

A travers cette expérimentation, nous avons étudié l'influence des antagonismes ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ ) sur l'absorption du sodium ( $\text{Na}^+$ ).

Dans les conditions de fertilisation, nous avons accordé un intérêt particulier à la nutrition du haricot en mesurant quelques paramètres judicieusement choisis sur lesquels l'azote ammoniacal et le potassium exerceraient une action remarquable.

Les conclusions que nous formulons sur le choix du ou des meilleurs traitements testés dépendront des résultats obtenus :

- Pour les résultats et observations concernant la croissance des plantes, à savoir, la hauteur finale des plantes et le diamètre final des tiges, on remarque une influence de la variation des concentrations en  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{K}^+$  qui se précise au niveau du traitement T2 (augmentation de  $\text{NH}_4^+$  de 10%), où l'on constate qui présente les valeurs les plus élevées par rapport aux autres traitements. Ceci est en relation directe avec la présence de certains éléments tels que le  $\text{NH}_4^+$  et le  $\text{K}^+$  qui ont tendance à diminuer au fur et à mesure que la concentration de la solution nutritive augmente, provoquant ainsi les problèmes d'antagonismes en présence du sodium. Cet effet explique aussi le retard dans la croissance des plantes, entraînant une élévation de la pression osmotique par augmentation de la concentration en chlorure de sodium où la plante devient incapable d'extraire l'eau et les éléments minéraux pour son métabolisme ;

- Pour ce qui est de l'aspect développement des plantes, on remarque que le nombre de feuilles par plante est influencé par la modification du milieu à savoir l'augmentation de l'ammonium. Les plantes issues du traitement T3 (augmentation de 20%  $\text{NH}_4^+$ ) présentent le nombre de feuilles le plus élevé ;

- quant aux poids frais des feuilles, les plantes du traitement T4 (augmentation de 30% de  $\text{NH}_4^+$ ) ont présenté le poids frais et sec des feuilles et des tiges les plus élevés qui ceux des plantes des autres traitements ;

- concernant l'estimation de la précocité, le traitement T2 (augmentation de  $\text{NH}_4^+$ ) présente le nombre de fleurs le plus important et avancé d'une semaine par rapport au traitement T1 (eau de gassi touil naturelle) ;

- l'augmentation de la dose d'azote de 10% (T2) a permis d'obtenir un poids moyen de fruits le plus élevé et une amélioration du pourcentage de fruits de gros calibre. Nous signalons également, que la solution nutritive T2, semble présenter le rendement le plus élevé et les gousses les plus appréciées. Nous pouvons donc conclure que les plants alimentés par la solution précitée, est celle qui donne le résultat appréciable du point de vue quantité et qualité. Autrement dit, nous pensons que plus un végétal est sous mauvaises conditions, notamment de nutrition (rapport ionique peu équilibré), et plus il raccourci son cycle de développement, par conséquent la production sera faible, le rendement insuffisant et les gousses sont de mauvaises qualité (petite n'ayant pas encore achevé leur développement définitif).

Les résultats se rapportant à la teneur en azote montrent que :

## CONCLUSION GENERALE

---

- la teneur en azote des feuilles et des tiges du traitement T2 a été la plus élevée. Les gousses le traitement T7 (augmentation de 30% de  $K^+$ ) sont les plus riches en azote par rapport aux autres traitements ;

- la teneur en potassium des feuilles et des tiges est affectée par le potassium. Le traitement T7 (augmentation de 30% de  $K^+$ ) donne la teneur la plus élevée. Cette augmentation du potassium semble également résulter de la forte teneur en potassium du milieu. Au niveau des gousses, le traitement T5 (augmentation de 10% de  $K^+$ ) enregistre la teneur la plus élevée en potassium ;

- un effet significatif de l'azote et du potassium sur la teneur en sodium est observé au niveau des feuilles, des tiges et des gousses. Une teneur élevée en sodium au niveau des feuilles est constaté au niveau du traitement T2 (augmentation de 10% de  $NH_4^+$ ) du T6 (augmentation de 20% de  $K^+$ ). Pour les tiges les traitements les plus riches sont ceux des traitements T6 (augmentation de 20% de  $K^+$ ) et T7 (augmentation de 30% de  $K^+$ ). Enfin au niveau des gousses, les traitements T3 (augmentation de 20% de  $NH_4^+$ ) et T4 (augmentation de 30% de  $NH_4^+$ ) forment des gousses les plus riches en sodium.

A travers les principaux résultats, on peut retenir que le traitement T2 (augmentation de 10% de  $NH_4^+$ ) par rapport aux normes de rétablissement de la correction des eaux salines naturelles valoriserait mieux le milieu le milieu salé compte tenu les accroissements observés tant sur la croissance et le développement que sur la production et la qualité des gousses du haricot.

**TABLE DES MATIERES**

INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : PRESENTATION BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
CHAPITRE PREMIER: UTILISATION DES EAUX SALINES EN AGRICULTURE.....	6
I- Généralités sur la salinité.....	6
I-1- Définition, origines et causes de la salinité.....	6
I-2- La salinité dans le monde.....	6
I-3- la salinité en Algérie.....	8
II- La salinité des eaux d'irrigation.....	8
II-1-Notion de salinité.....	8
<i>II-1-1- Origines des eaux salines.....</i>	<i>9</i>
<i>II-1-2-Mesure de la salinité de l'eau.....</i>	<i>9</i>
<i>II-1-3- Classification des eaux salines.....</i>	<i>9</i>
1-La conductivité électrique (CE).....	10
2-Sodium Adsorption Ratio(S.A.R).....	10
3-Température.....	10
4-Calcaire.....	10
III- Développement de la salinité dans le sol.....	10
III-1-La salinisation des sols.....	11
III-1-1-Types de salinisation.....	11
III-1-1-1-La salinisation primaire.....	11
III-1-1-2-La salinisation secondaire.....	12
III-1-1-3-Autres types de salinisation :.....	13
III-2-Définition de la sodisation.....	13
III-3-Définition de l'alcanisation.....	13
III-3-Origine, accumulation et nature des sels dans le sol.....	13
III-4-Effets des sels sur le sol.....	15
III-4-1-Modification des propriétés physiques.....	15
III-4-2-Modification des propriétés chimiques.....	15
III-4-3-Modification des propriétés biologiques.....	15
III-5-Classification des sols sal sodiques.....	15
III-5-1-Sous classe des sols salins.....	16
III-5-2-Sous classe des sols alcalins.....	16

## TABLE DES MATIERES

---

IV- Influence de la composition des eaux d'irrigation sur la végétation. ....	17
IV-1- Effets des sels sur les plantes. ....	17
IV-1-1-Action sur l'alimentation hydrique. ....	17
IV-1-2-Action sur la nutrition minérale. ....	17
IV-1-2-1-Action sur l'alimentation azotée. ....	18
IV-2-2-Action sur l'alimentation potassique. ....	18
IV-2-3-Action sur les phénomènes physiologiques. ....	18
IV-2-4-Manifestations morphologiques et physiologiques des plantes. ....	19
IV-2 Tolérance des plantes à la salinité. ....	19
IV-2-2-Toxicité des sels. ....	21
IV-2-3-Gestion des eaux salées pour l'irrigation. ....	21
V-Nutrition hydrominérale du haricot. ....	22
V-1-Généralités sur la nutrition hydrominérale. ....	22
V-2-Alimentation hydrique. ....	22
V-2-1-Relation eau-plante. ....	22
V-2-2-Absorption de l'eau par la plante. ....	23
V-2-3-Facteurs contrôlant l'absorption d'eau par la plante. ....	23
V-2-3-1-Facteurs climatiques. ....	23
V-2-3-2-Facteurs pédologiques. ....	23
V-2-3-3-Facteurs métaboliques et physiologiques. ....	24
V-2-3-4-Rôle de l'eau dans la plante. ....	24
V-2-3-5-Estimation des besoins en eau. ....	24
V-3-Nutrition minérale. ....	24
V-3-1-Relation éléments minéraux – plante. ....	24
V-3-2-Absorption des éléments minéraux. ....	25
V-3-3-Eléments minéraux. ....	27
V-3-3-1-L'azote. ....	27
V-3-3-1-1-Cycle de l'azote. ....	29
V-3-3-1-2-L'azote dans le sol. ....	30
V-3-3-2-Le potassium. ....	31
V-3-3-2-1-Cycle du potassium. ....	32
V-3-3-3- Autres. ....	33
V-3-3-3-1- Reste des éléments majeurs. ....	33
V-3-3-3-2-Oligo-éléments. ....	34
Conclusion. ....	35

CHAPITRE DEUXIEME : CHOIX DE LA PLANTE ET DU PROCEDE DE LA CULTURE HORS-SOL.....	37
II-1-La plante test. ....	37
II-1-1-Généralités sur le haricot. ....	37
II-1-1-Systématique et classification botanique. ....	38
II-1-3- Exigences du haricot.....	39
II-1-3-1- Exigences climatiques. ....	39
II-1-3-2- Exigences édaphiques.....	40
II-1-3-3- Exigences hydriques.....	41
II-1-3-4- Exigences nutritionnelles. ....	41
II-2- Aperçu sur la culture hors-sol. ....	44
II-2-1- Les cultures hors-sol et leur développement. ....	44
II-2-2- Les composantes de la culture hors-sol. ....	44
II-2-2-1- Le substrat. ....	44
II-2-2-2- Les conteneurs. ....	45
II-2-2-3- La solution nutritive. ....	45
PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE. ....	46
CHAPITRE 1. LE MILIEU EXPERIMENTAL. ....	47
CHAPITRE 2. DESCRIPTION DE L'ESPECE TESTEE.....	48
CHAPITRE 3. LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL.....	48
III-1- description des différents traitements. ....	48
III-2- Dispositif expérimental mis en place.....	49
a/. Essai plantules : ....	49
b/. Essai plante entière adulte. ....	52
CHAPITRE 4 : LES SOLUTIONS NUTRITIVES. ....	53
IV-1-Caractéristiques de l'eau de Blida. ....	53
IV-2- Correction de l'eau de Blida.....	53
IV-3- Composition et préparation des traitements. ....	54
CHAPITRE 5. MISE EN PLACE ET CONDUITE DE LA CULTURE. ....	64
V-1- Pré germination – Semis. ....	64
V-2- Soins culturaux. ....	64
V-2-1- Doses et fréquences des arrosages.....	64
V-2-1-1- La dose d'arrosage.....	64
V-2-1-2- La fréquence des arrosages.....	66

## TABLE DES MATIERES

---

V-2-2-Traitements phytosanitaires utilisés.....	67
V-2-3-Palissage.....	67
CHAPITRE6. METHODES ET MESURES DES PARAMETRES BIO METRIQUES ET DE PRODUCTION.....	67
VI-1- Paramètre de croissance.....	67
VI-2- Paramètres de développement des plantes. ....	68
VI-3- Paramètres de production. ....	68
VI-4- Analyses des organes des végétaux. ....	68
VI-4-1- Dosage de l'azote organique (méthode Kjeldahl).....	68
VI-4-2- Dosage du sodium et du potassium (minéralisation tri-acides). ....	68
CHAPITRE7. ESTIMATION DU BILAN D'ABSORPTION HYDROMINERALE.....	69
PARTIE TROIS : RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	70
I- Etude de la croissance et du développement. ....	71
I-1- Hauteur des plantes.....	71
I-1-1- Evolution de la croissance durant la culture.....	71
I-1-2- Hauteur finale des plantes. ....	71
I-2- Diamètre final des tiges.....	73
I-3- Le nombre des feuilles par plante.....	74
I-4- Le poids frais et sec des feuilles. ....	75
I-5- Le poids frais et sec des tiges.....	76
II- Etude du développement des plantes.....	77
II-1- Floraison – nouaison.....	77
II-1-1- La floraison. ....	77
II-1-2- La nouaison. ....	77
II-2- Taux de fleurs avortées.....	78
III- Etude de la production. ....	78
III-1- Etude quantitative. ....	78
III-1-1-Production totale par plante.....	79
III-2- Etude qualitative.....	80
III-2-1- Taux de matière sèche au niveau des gousses.....	80
III-2-2- Teneur en azote.....	80
III-2-2-1- Teneur en azote au niveau des feuilles.....	80
III-2-2-2- Teneur en azote des tiges. ....	82
III-2-2-3- Teneur en azote dans les gousses.....	83
III-2-3-Teneur du végétal en sodium. ....	83

## TABLE DES MATIERES

---

III-2-3-1-Taux de sodium dans les feuilles.....	83
III-2-3-2- Taux de sodium dans les tiges. ....	84
III-2-3-3-Taux de sodium dans les gousses. ....	85
III-2-4- La teneur en potassium du végétal.....	85
III-2-4-1-Taux de potassium dans les feuilles.....	85
III-2-3-2-Taux de potassium dans les tiges. ....	86
III-2-3-3- Le taux de potassium dans les gousses.....	87
VI- Estimation du bilan d'absorption hydrominérale. ....	88
DISCUSSION GENERALE.....	93
CONCLUSION GENERALE.....	96



**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Origine et causes de la salinité. ....	6
Tableau 2 : Superficies affectées par la salinité dans le monde.....	7
Tableau 3 : Pourcentages des terres irriguées atteintes par la salinisation dans certains pays méditerranéens. ....	7
Tableau 4 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. ....	8
Tableau 5 : Degré de solubilité maximal de quelques sels sodiques dans la solution du sol à 20°C en g/L. ....	14
Tableau 6 : Les formes d'absorption des ions. ....	25
Tableau 7 : Composition chimique du haricot vert. ....	38
Tableau 8 : Exportations du haricot vert nain.....	42
Tableau 9 : Exportations du haricot vert et sec. ....	43
Tableau 10 : Solution nutritive « COIC et LESAINTE » du type 14,4 meq/l d'N total. ....	43
Tableau 11 : Teneur des différents éléments minéraux dans l'eau de Blida. ....	53
Tableau 12 : Composition de solutions mères complémentaires d'oligo-éléments A et B. ....	54
Tableau 13 : Besoins hydriques journaliers du haricot Sous serre.....	66
Tableau 14 : Moyennes de températures par décade de la serre et du substrat.....	67
Tableau 15 : Hauteur moyenne finale (cm).....	72
Tableau 16 : Diamètre final des tiges (cm). ....	73
Tableau 17 : Nombre de feuilles par plante. ....	74
Tableau 18 : Le poids frais et sec des feuilles (g).....	75
Tableau 19 : Le poids frais et sec des tiges (g). ....	76
Tableau 20 : Début et pleine floraison exprimés en nombre de jours après semis.....	77
Tableau 21 : Nombre de jours du semis au stade début et pleine nouaison. ....	78
Tableau 22 : Le taux d'avortement (%). ....	78
Tableau 23 : Nombre de gousses par plante. ....	79
Tableau 24 : La production totale par plante (g). ....	79
Tableau 25 : Taux de matière sèche des fruits. ....	80
Tableau 26 : Teneur en azote des feuilles (%). ....	81
Tableau 27 : Teneur en azote des tiges (%). ....	82
Tableau 28 : Teneur en azote des gousses.....	83
Tableau 29 : Taux de sodium dans les feuilles (%). ....	84
Tableau 30 : Taux de sodium dans les tiges (%). ....	84
Tableau 31 : Taux de sodium dans les gousses (%). ....	85

## TABLE DES MATIERES

---

Tableau 32 : Taux de potassium dans les feuilles (%) de MS.....	86
Tableau 33 : Taux de potassium dans les tiges (%) MS. ....	87
Tableau 34 : Le taux de potassium dans les gousses (%). ....	87
Tableau 35 : Le bilan d'absorption hydrominérale a la première coupe (31 jours après semis). ....	88
Tableau 36 : Le bilan d'absorption hydrominérale à la deuxième coupe (45 jours après semis). ....	89
Tableau 37 : Le bilan d'absorption hydrominérale à la troisième coupe ( 60 jours après semis). ....	90
Tableau 38 : Le bilan d'absorption hydrominérale à la quatrième coupe (67 jours après semis). ....	91
Tableau 39 : Le pourcentage de l'absorption minérale (%). ....	92

**LISTE DES FIGURES.**

Figure 01 : Tolérance des plantes au sel

Figure 2 : Schéma du cycle de l'azote

Figure 3 : Schéma simplifié indiquant la dynamique de l'azote dans le sol

Figure 4 : Schéma du cycle du potassium

Figure 5 : Dynamique du potassium dans le sol

Figure 06 : Bloc E.T.M

Figure 07 : Evolution de la hauteur des plantes .

Figure 08 : Hauteur finale des plantes.

Figure 09 : Diamètre finale des tiges

Figure 10 : Nombre de feuilles par plante .

Figure 11 : Le poids frais et sec des feuilles.

Figure 12 : Le poids et sec frais des tiges.

Figure 13 : Longueur de fruits.

Figure 14 : la production totale par plante.

Figure 15 : Teneur en azote des feuilles .

Figure 16 : Teneur en azote des tiges.

Figure 17 : Teneur en azote des gousses .

Figure 18 : Taux de sodium dans les feuilles.

Figure 19 : Taux de soduim dans les tiges.

Figure 20 : Taux de soduim dans les gousses.

Figure 21 : Le taux de potassium dans les feuilles.

Figure 22 : Le taux de potassium dans les tiges.

Figure 23 : Le Taux de potassiom dans les gousse

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ANONYME, 1974 – La fertilisation.  
Résultats de la campagne 73 –74, FED, 67p.
- ANONYME, 1978 – Maitrise de l'eau dans le sol :  
Excès d'eau et excès de sel.  
ITA. Mostaganem. pp. 1-12.
- ANONYME, 1981 – Larousse agricole, publié sous la direction de Jean  
Michel Clement. Ed. Larousse.Paris, 1044p.
- AYERS R.S et WESTCOT D.W., 1984 – La qualité de l'eau d'irrigation et de  
drainage. FAO, N°29, Roma, pp. 10-21.
- BAEYENS J., 1967 – Nutrition des plantes de culture.  
Ed. Nanwelaerts, Louvain, 671p.
- BENBADA M., 1987 – Caractérisation de quelques carences minérales sur  
Plantes maraichères.  
Thèse. Ing, INA, El Harrach, 61p.
- BEZPLAY I. , 1984 – Les plantes cultivées en Afrique occidentale.  
Ed. Mir Moscou. 105p.
- BINET P. et BRUNEL P., 1967 – Physiologie végétale.  
TI. Ed. Doin. 270p.
- BLANC D., 1987 – Culture hors-sol.  
Ed. INRA. Paris. 405p.
- BONNEAU M. et SOUCHIER B., 1979 – Pédologie 2 constituants et  
propriétés du sol. Ed. Masson. 401p.
- BOSC M., 1976 – Dynamique de l'alimentation phospho-potassique de la  
plante dans le sol. Rev. Cultivar. Jan.76. INRA, pp. 31-55.
- BOUZOUIDJA A., 1995 – Effet de l'irrigation avec des eaux chargées en sels  
Sodiques sur la culture de tomate (Lycopersicum esculentum Mill ) sous  
serre. Thèse. Ing. INA Blida. 72 p.
- BRUN R. et MANTARONE M., 1987 – Influence de la concentration saline de  
la solution nutritive sur la réaction de la plante. Ed. INRA. Paris. 60p.
- BRUN R. et SETTEMBRINO A., 1994 – Le pilotage de la fertilisation des  
cultures hors-sol. Rev, PHM, N°354, 9p.
- CALLOT G. CHAMAYON H. MAERTEURS C.L., 1982 – Mieux comprendre  
les interactions sol-racines : Incidence sur la nutrition minérale.  
INRA. Paris.325p.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

- CHAUX C., 1972 – Production légumière.  
Colléction d'enseignement horticole. Ed. J.B. Baillière et fils.441p.
- CHAUX C. et FOURY C., 1994 – Productions légumières.  
TIII. Ed. Techniques et documentations. Lavoisier. 1994. 231p.
- CHOUARD P., 1952 – Les cultures sans sol.  
Ed. Maison Rustique. Paris. 200p.
- COIC Y., 1976 – La nutrition en eau et en ions minéraux des plants en  
containers. CNRA. Versailles. pp. 1-6.
- COIC Y., 1984 – La culture sans sol.  
Rev. Sci et vie. Hors série pN°146. pp. 68-75.
- COIC Y. et COPPENET M., 1989 – Les oligo-éléments en agriculture et  
élevage. Ed. INRA. Paris. 414p.
- COIC Y. et LESAIN C., 1975
- COIC Y. et LESAIN C., 1983 – Cultures hydroponiques : Technique  
d'avenir. Ed. Maison Rustique. Paris. 548p.
- CORNILLON P., 1974 – Comportement de la tomate en fonction de la  
température du substrat. *Agronomie*,25 (5) . pp. 75-77.
- DAOUD Y., 1981 – Contribution à l'étude de la dynamique de l'eau et des  
sels dans un sol irrigué du périmètre du haut cheliff.  
Thèse. Magist. INA. Alger. 123p.
- DAOUD Y. et HALITIM A., 1994 – Irrigation et salinisation du Sahara  
Algérien. *Sécheresse*.03 (5). pp. 51-60.
- DERDOUR H., 1981 – Contribution à l'étude de l'influence du taux de sodium  
échangeable sur le comportement des sols au compactage.  
Thèse. Magist. INA. El Harrach. 46p.
- DIAMOUANGANA A.J., 1973 – Salinité des sols des abris serre du littoral  
Algérois. Thèse . Ing. INA. El Harrach.111p.
- DIEHL R.,1975 – Agriculture générale.  
<sup>2</sup><sup>ème</sup> Ed. J.B. Baillère. Paris. 34p.
- DOMMERGUES Y. et MANGENOT P., 1970 – Ecologie microbienne du sol.  
Ed. Masson.350p.
- DOUMBLIAOUSKAS C. et BENHACINE C. H., 1983 –Irrigation agricole.Ministère  
de l'hydraulique. Institut de l'hydrotechnique et de la bonification.  
Tipaza.30p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- DROUHIN G., 1961 – Expérience Algérienne d'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation avec référence particulière aux sols salins. UNESCO. Paris. pp. 239-244.
- DURAND J.H., 1959 – Le choix des sols irrigables en Algérie. Bull. Tech. d'irrigation. N°142. pp. 2-5.
- DUTHIL J., 1973 – Eléments d'écologie et d'agronomie. TIII. Ed. J.B. Baillière. Paris. pp.445.
- ELIARD J.L., 1987 – Manuel d'agronomie générale. Ed. INRA. Paris. 391p.
- FEVEREAU J., 1976 – Cultures en containers. Revue horticole. N°14, pp. 68-75.
- GOUNY P. et CORNILLON P., 1973 – La salinité, aspects théoriques et pratiques, mode de contrôle. Rev. PHM 42. pp. 25-28.
- GROS A., 1960 – Engrais. Guide pratique de la fertilisation, 2<sup>ème</sup> Edition. Paris. 406p.
- GROS A., 1976 – Engrais. Guide pratique de la fertilisation, 6<sup>ème</sup> Edition. Paris. 282p.
- GROS A., 1979 – Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 7<sup>ème</sup> Edition. Paris. 423p.
- GUERRIER G., 1984 – L'absorption de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, et Ca<sup>2+</sup> chez les plantes sensibles ou tolérantes à la salinité, cas particulier de Raphanus sativus, Agrochimica. Vol XXVII.2-3, pp 235- 247.
- HABIB R., PAGES L., JORDON MO., SIMONNEAU T., SEBILLOTE M., 1991 - Approche à l'échelle du système racinaire de l'absorption hydrominérale. Conséquences en matière de modélisation. Rev. Agronomie 11, ELSEVIER. INRA. pp623-643.
- HADJ ARAB L., 1977 – Etude de la tolérance saline du haricot. Thèse Ing. INA. Alger. 40p.
- HADJ MESSAOUD M.M., 1991 – Productivité et propriétés qualitatives de quatre variétés introduites et d'une variété locale du haricot à rames Sidi-fredj et Contender ( Phaseolus vulgarisL ) en culture protégée. Thèse Ing. INES. Blida. 114p.
- HAMZA M., 1982 – Adaptation physiologique à la salinité des plantes cultivées. Eco.Bull.Soc.Physiologie.7-02-1982. pp.169-184.
- HELLER R., 1953- Recherches sur la nutrition minérale des tissus végétaux cultivés in vitro. Ann. Sci. Nat. Bot. Biol. vég. II<sup>e</sup> série, XIV, 223p.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

- HELLER R., 1969 – Biologie végétale.  
TII. Nutrition et métabolisme. Ed. Masson et Cie. Paris. 155p.
- HELLER R., 1977 – Abrégé de physiologie végétal.  
TI : Nutrition. Ed. CDV. Paris. 165p.
- HEUER B et FEIGIN A., 1993 – Intéreactive effects of chloride and nitrate on photosynthesis and related growth parameters in tomators. *Photosynthetica. AGRO. Israel.* 28 (4). pp. 549-554.
- HILLEL D., 1984 – L'eau et le sol. Principes et processus physiques.  
Edition Cobay Libraire. 218p.
- HOUCHI R., 1986 – Action de la salinité du milieu (Nacl ou Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sur les relations hydriques, ioniques et échanges gazeux de Plantago maritimaL (Halophyte) et Plantago lanceolataL (Glycophyte).  
Thèse. Doc. Ingénieur. Université de Paris XIIe.124p.
- HUBAC C., 1990 – Stratégie des plantes en milieu salé ou semi aride.  
Bull. Soc. Eco. Physiologie 15-01-1990, pp.23-36.
- IMALET R., 1979 – Influence de différentes concentrations de sels (Nacl, Mgcl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>) des eaux d'irrigation sur le rendement des haricots (Phaseolus vulgarisL).Thèse. Ing. INA El harrach.87p.
- IMESSAOUDENE S., 1984 – Contribution à l'étude de l'influence du rationnement en eau sur la culture du haricot.  
Thèse.Ing.INA El harrach. 69p.
- INDREA D., APAHIDEAN A. et APAHIDEAN R., 1988 – Lucrari practice de legumicultura.Tip. Agronomica. Chynapoca.pp.56-58.
- ISRAELSEN O.W.et HANSSEN V. E., 1965 – Traité pratique de l'irrigation,  
Intercontinental édition.Inc.N. Y. 210p.
- JEANNEQUIN B., 1987 – Les cultures hors-sol.  
Ed. J.B. INRA. 20p.
- KEDARI N., 1992 – Détermination du seuil de tolérance au Nacl de deux variétés de tomate industrielle (Lycopersicum esculentumMill var Elgo et Roma). Thèse . Ing. INES Chlef. 133p.
- KOLEV N., 1976 – Les cultures maraichères en Algérie.  
TI « Légumes fruits ».Ed. Ministère de l'agriculture et des réformes agraires.  
pp.143-161.
- LAUMMONIER R., 1979 – Cultures légumières et maraichères.  
TIII, Ed. J.B. Baillère et fils. Paris. 119p.
- LASRAM M., 1995 – Comportement des plantes en milieu salé et placé en contour méditerranées. AC.R. Acad. Agri 81 (02). pp.47-60.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

- LAVAL MARTIN D. et MAZLIAK P., 1995 – Physiologie végétale.  
TI. Nutrition et métabolismes. Ed. Hermann. Coll. Méthodes. Paris. 265p.
- LEGOUPIL J.C., 1971 – Fertilisation et développement agricole.  
Ed. INRA. 179p.
- LEMAIRE A. DARTIGUES A. RIVIÈRE L. et CHARPETIERS M., 1989 – Les cultures en pots en conteneurs. INRA. Ed. Paris. 184p.
- LESAINTE C., 1974 – Evolution de la fertilisation et l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrées, évaluation de l'état actuel des techniques et perspectives. Ed. INRA. Versailles. pp 2 – 10.63
- LOUE A., 1986 – Oligo-éléments en agriculture préface gustative.  
Ed. Provineau : Agrinathan international. 339p.
- MAURYA P.R. et GUPTA U.S., 1984 – Relation entre la fertilisation potassique et le potentiel hydrique du Blé.  
Revue de la potasse, section 9. N°11. pp.1-11.
- MAZLIAK P., 1981 – Physiologie végétale : Nutrition et métabolisme.  
Ed. Hermann. 241p.
- MERABET B., 1983 – Approche météorologique de l'irrigation de la culture du haricot vert. Influence des déficits hydriques sur les rendements des avertisseurs d'irrigation. Thèse. Magist. INA El Harrach. 159p.
- MORARD P., 1995 – Les cultures végétales en hors-sol.  
Pub. AGRI. Paris. 301p.
- MUSARD M., 1988 – Qualités de la tomate de serre conduite de l'alimentation hydro-minérale en culture sur substrat. PHM. Rev. Hort. N°291. pp. 34-38.
- PENNINGSFELD A et KURZMANN T., 1969 – Culture sans sol ou hydroponiques et sur tourbe. Ed. Maison rustiques. Paris. 219p.
- PETERSON H.B., 1961 – Quelques effets sur les plantes des sels et du sodium dans les sols salins et sodiques. UNESCO. Paris. 166p.
- REY Y. et COSTES C., 1965 – La physiologie de la tomate.  
Etude biologique. CNRA. Station centrale de physiologie végétale. Versailles. 111p.
- SAITOT T., HATAKEYAMA T et ITON H., 1965 – Etude sur la croissance et la fructification de la tomate. Revue de la potasse, Section 8 n°2. pp.19-26.
- SALANTAI A., MUNTEAU S., 1982 – Cours de phytotechnie, Tipo agronomiaculj. Napuka. Pp 264 – 282.
- SALTI S.M.E., LOPEZ M. et FAHADA A., 1994 – Salinity induction changes in vegetative and reproductive growth in tomato. Commun. Soil. Sci. Plant. ANAL 25 (5,6).pp.501-510.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- SCHERER M.W., SCHUBERTS S. et MENG G., 1983 – Influence de la nutrition potassique sur le taux de croissance, la teneur en glucide et la rétention d'eau de jeunes plantes de Blé.  
Revue de la potasse. Sect. 9. N°12. 18p.
- SERVANT J.M., 1976 – La salinité dans le sol et les eaux.  
Doc. SES. N°60.INRA.30p.
- SHELI N., 1989 – Influence du chlore sur la nutrition de la tomate.  
Thèse. Ing. INA El harrach. 110p.
- SLAMA F., 1986 – Effets de NaCl sur la croissance et la nutrition minérale de six espèces de plantes cultivées. Agrochimica volume. pp. 137-146.
- SLAMA F., 1990 – Transport de Na<sup>+</sup> dans les feuilles et sensibilité des plantes à NaCl. Evaluation d'un effet piège au niveau des tiges.  
Agronomie 11. ELSEVIER. INRA. pp. 275-281.
- SNOUSSI S.A., 1984 – Effets de variations des concentrations d'azote et de potassium d'une solution nutritive de base sur la tomate cultivée en système hydroponique.Thèse. Ing. Magist. INA El harrach. 115p.
- SNOUSSI S.A., 2001 – Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Thèse de doctorat d'état.  
INA. El harrach. 152p.
- SOLTNER D., 1980 – Les grandes productions végétales.  
11<sup>ème</sup> Ed. Collection. Science et technique agricole. 431p.
- SOLTNER D., 1988 – Les bases de la production végétale.  
TII. Le sol. Coll. Sci. Agri. pp. 367-453.
- TALEISNIK E. et GRUMBERG K. , 1994 – Ion balance in tomato cultivars Differing in salt tolerance: Ion sodium and potassium accumulation amfluxes under moderate salinity. Physiologia plantarum, Danemark. pp. 528 – 534.
- TROCME S., 1980 – Le potassium, techniques agricoles. 1240 parutions trimestrielles.N°37. 10p.
- VOINEA M. et MAIER L., 1976 – Cultura legumilor tumpuri et cimp.  
Ed. CERES. Bugaresti. 129p.
- WILLEM J. et HOORN V., 1995 – Développement de la salinité du sol dans la zone racinaire C.R. Agric. Fr. 81.2. pp.65-72.
- ZEGUAOUI Z., 1999 – Contribution à l'étude de la nutrition azotée Phaseolus VulgarisL : Effet du stress osmotique.  
Thèse. Magist. Uni Bab Ezzouar. Alger. 77p.
- ZEHLER E. et FORSTER H., 1972 – Potentiel de rendement des tomates en relation avec la nutrition potassique. Revue de la potasse. 8. 1-6pp.

## ***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

---

ZELLA L., 1992 – Eaux non conventionnelles.  
Rev. El ardh 21 . pp. 32-37.

ZUANG H., 1982 – La fertilisation des cultures légumières.  
Ed. CTIFL. Paris. 216p.

ZUANG H. et al.,1986 – Cultures légumière sur substrat. Installation et conduite.  
Ed. C.T.I.F.L. Paris. 276p.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

### **Annexe 01 : Calcul de la concentration des sels.**

Selon JEANNEQUIN (1987), il nous est possible de calculer la concentration des sels en g/l partant de la conductivité électrique (CE) en ms.

$$\text{Concentration des sels (g/l)} = (\text{CE}_s - \text{CE}_e) \times 0,85.$$

$\text{CE}_s$  : Conductivité électrique de la solution nutritive.

$\text{CE}_e$  : Conductivité électrique de l'eau  $\text{CE}_e = 0,412\text{ms}$

$$\begin{array}{l} \cdot \text{Quantité de sels donnée en mg} = (\text{CE}_{\text{si}} - \text{CE}_e) \times 0,85 . \\ \text{1000 ml de solution} \qquad \qquad \qquad (\text{CE}_{\text{si}} - \text{CE}_e) \times 0,85 \text{ (mg)} \\ \text{Volume de solution donné} \qquad \qquad \qquad \text{X (mg)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \cdot \text{Quantité de sels non absorbés (mg).} \\ \text{1000 ml de solution} \qquad \qquad \qquad (\text{CE}_{\text{sf}} - \text{CE}_e) \times 0,85 \text{ (mg)} \\ \text{Volume de drainage} \qquad \qquad \qquad \text{X (mg)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \cdot \text{Quantité de sels absorbés (mg)} = (\text{Donnée} - \text{Drainée}) \\ \qquad \qquad \qquad (\text{Donnée} - \text{Drainée}) \times 100 \\ \text{\% d'absorption} = \\ \qquad \qquad \qquad \text{Donnée} \end{array}$$

$\text{CE}_{\text{si}}$  = CE de la solution initiale.

$\text{CE}_{\text{sf}}$  = CE de la solution finale (percolat).

### **Annexe 02 : Dosages de l'azote, du potassium et du sodium.**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A/. Dosage de l'azote dans le végétal : (Méthode de KJELDAHL).

#### Mode opératoire :

##### a/. Minéralisation :

On opère sur une prise d'essai de 1g de substance. Introduire dans un matras de 250ml en évitant que les particules n'adhèrent à la paroi. Ajouter environ 1g de catalyseur (250g de  $K_2O_2$ , 250g de  $CuSO_4$ , 5g de Se) et 20ml d'acide sulfurique pur ( $d = 1,84$ ), porter le matras sur le support d'attaque et poursuivre le chauffage jusqu'à décoloration du liquide et l'obtention d'un vert stable, laisser refroidir, puis ajouter peu à peu 200ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau, rincer l'agitateur, laisser refroidir et compléter au trait de jauge.

##### b/. Distillation :

Transvaser 20ml de la solution minéralisée dans un matras et 20ml de NaOH à 60%. Adapter le matras au distillateur BÜCHI. Récupérer le distillat dans un bêcher contenant 20ml d' $H_3BO_3$  à 4% et 10 gouttes de l'indicateur Tashiro (une part de rouge de méthyl à 0,2% dans l'éthanol et une part de bleu de méthylène à 0,1% de l'éthanol). Titrer par l'acide sulfurique N/20 jusqu'à la réobtention de la couleur initiale de l'indicateur.

##### Calcul.

A 1000ml d'une solution normale d' $H_2SO_4$  N, correspond  $14/1000 = 14$ mg d'azote.

A 1ml de  $H_2SO_4$  N/20, correspond  $14/20 = 0,7$ mg d'azote.

Si p : prise d'essai = 1g.

V : volume de la solution minéralisée = 50ml.

v : volume titré = 100ml.

n : Déscente burette (ml).

$N\% = n \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} / v \cdot V \cdot 1000 / p$ .

$N\% = n \cdot 0,35$ .

### B/. Dosage du potassium et du sodium. (Photomètre à flamme).

#### a/. Etapes précédant le dosage :

- Séchage des échantillons à l'étuve ( $T^\circ C$ ) ;
- broyage et tamissage du matériel végétal séché ;
- conservation de la poudre végétal dans des tubes à essai à  $70^\circ C$  dans l'étuve, une heure après, mettre les tubes dans le dessiccateur et laisser refroidir.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **b/. Mode opératoire :**

Minéralisation par voie humide : La minéralisation de la matière sèche a été réalisée par la méthode de tri-acides. Elle se déroule selon l'ordre suivant :

- Peser 0,2g de matière sèche ;
- ajouter 5ml d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  à 65% ( $d=1,38$ ) ;
- après 10mn, on ajoute en 2<sup>ème</sup> fois 5ml de  $\text{HNO}_3$  ;
- 1ml d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 96% ( $d=1,84$ ) ;
- 4ml d'acide perchlorique  $\text{HClO}_4$  à 60% ( $d=1,54$ ) ;
- faire chauffer pendant 15 à 20mn à une température supérieure à  $100^\circ\text{C}$  ;
- laisser refroidir, ensuite ajuster à 100ml avec de l'eau distillée ;
- stocker la solution minérale dans des flacons.

Le potassium et le sodium sont dosés par un appareil d'émission à flamme.

Pour calculer les teneurs de ces éléments, une gamme d'étalon a été préparée.

### **Préparation de la gamme –étalon :**

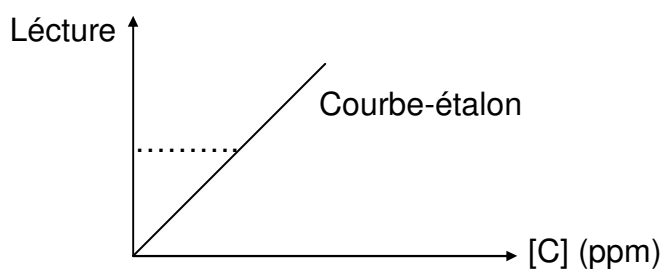
N° de la fiole	0	1	2	3	4	5	6
ml de la solution à 100ppm	0	2,5	5	7,5	10	15	20
ml $\text{HNO}_3$ concentré	2	2	2	2	2	2	2
ml $\text{H}_2\text{O}$ distillée	Ajuster à 50 ml						

Pour avoir la solution fille à 100ppm de K, prélever 50ml de la solution mère à 1000ppm de K ou de Na et les introduire dans une fiole de 500ml, compléter à volume avec de l'eau distillée.

### **Dosage du potassium et du sodium :**

Mélanger dans une fiole de 50ml :

- 1ml de la solution minérale ;
- compléter à 50ml à l'eau distillée ;
- faire passer les dilutions aux spectrophotomètre à flamme ;
- noter les valeurs lues pour chaque concentration ;
- tracer la courbe-étalon.



## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

### Calcul :

$x \text{ ppm} = x \text{ mg}/1000\text{ml}$ .

Dans 50ml =  $v \rightarrow x \cdot 50/1000 = x/20\text{mg}$  d'éléments.

Soit dans l'aliquote  $v_1 = 1\text{ml}$ .

Dans tous l'extrait de minéralisation =  $V$ .

$X/20 \cdot 50/1 = 5/2x$  mg dans une prise d'essai (poudre végétale).

$P = 0,2\text{g}$ , dans 100g de matière sèche on aura :

$x/2 \cdot 10^{-3} \cdot 100/0,2$ .

$$x \cdot v / 1000 \cdot V \cdot 10^{-3} / v_1 \cdot 100 / p = X \cdot v \cdot V / 10^4 \cdot v_1 \cdot p$$

$$= 5X/20.$$



## **Résumé.**

Les effets toxiques du sodium dans la solution du sol peuvent influencer sur la culture et compromettre ainsi la production agricole. Des augmentations d'azote ammoniacal et du potassium de 10%, 20% et 30% par rapport aux doses initiales de la solution témoin ont été apportées dans les milieux de culture. L'apport de ces deux éléments dans les milieux nutritionnels peut par le jeu des antagonismes éviter l'absorption du sodium présent en excès dans ces eaux salines. Le comportement du haricot a été étudié avec le procédé hydroponique sous-serre soumis à des régimes différents d'alimentation saline, contrôlée par la conductivité électrique. Les observations portent sur les différents paramètres de croissance, de développement et de production. L'augmentation de l'azote ammoniacal dans la solution nutritive saline semble inhiber l'absorption de l'élément sodium chez le haricot, plante sensible à la salinité.

Mots clés. Antagonisme – Ammonium – Potassium – Sodium – Haricot – Salinité – Hydroponie.

## **Abstract:**

The toxic effects of sodium in the soil solution, can influence the culture and thus compromise crop production. Ammoniacal nitrogen and potassium increases of 10%, 20% and 30% compared to the initial amounts of the pilot solution were brought in the culture media. The contribution of these two elements in the nutritional mediums can, by the play of antagonisms, avoid the absorption of sodium present in excess in these saline waters. The behavior of the string beans plant, subjected to different sodium levels diet, was studied with the hydroponic process in a greenhouse under electrical conductivity control. The observations relate to the different parameters of growth, development and production. The increase in ammoniacal nitrogen in the saline nutrient solution, seems to inhibit the absorption of the sodium element for the bean crop, plant sensitive to salinity.

Key words: Antagonism - Ammonium - Potassium – Sodium - Bean - Salinity - Hydropony



## ملخص.

التأثيرات السامة للصوديوم في المحلول الترابي، تستطيع التأثير علي المحصول وبالتالي الإنتاج الزراعي. زيادة تركيز الأمونيوم و البوتاسيوم في المحلول المغذي الأساسي علي النمو بنسبة 10%,20%,30% بإغناء الوسط يمكن أن يقابل بتجنب امتصاص الصوديوم الموجود بنسبة عالية في المياه المالحة.

الهدف من التجربة هو دراسة استجابة الفاصولياء المزروعة بتقنية الأحواض المائية (هيدروبوني) في أصص مملوءة بالحصى, معرضة لمحاليل غذائية مختلفة التي يمكن أن تسمح بعدم امتصاص الصوديوم.

الملاحظات تأخذ بعين الاعتبار مختلف العوامل الخاصة بالنمو, التطور و الإنتاج. استنتجنا أن إغناء الوسط بالأمونيوم يرضي النتائج التي أعلننا عنها في البداية أي تجنب امتصاص الصوديوم من طرف الفاصولياء باعتبار هذه الأخيرة حساسة للملوحة.

مفاتيح. التجنب- الأمونيوم- البوتاسيوم- الصوديوم- الفاصولياء- الملوحة- هيدروبوني.