

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**  
**Faculté des Sciences Agronomiques, Vétérinaires et biologiques**  
Département d'Agronomie

**Thème**

**IMPACT D'UNE SOLUTION NUTRITIVE SUR LA CROISSANCE DE  
DEUX VARIETES DE CONCOMBRE « LE MARKETER » ET « LE  
SUPERMARKETER » SOUS SERRE**

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme du master académique en science de la nature  
et de la vie  
Option : biotechnologie végétale

Présenté par

**SAOU ABDELHALIM**

Devant le jury composé de :

ZOUAOUI A. M.A.A, USD, Blida Président  
SNOUSSI S.A. Professeur, USD. Blida Promoteur  
ABBAD M. Magister, USD. Blida Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

## Remerciements

Le premier remerciement est à **ALLAH** le tout puissant qui m'a donné le courage, la force et la santé pour accomplir ce travail.

Je voudrais adresser toute ma reconnaissance à mon promoteur le professeur Sid-Ahmed SNOUSSI Merci de m'avoir accueillie dans votre équipe et de m'avoir soutenue dans les périodes tempétueuses pour moi, merci de m'avoir enseigné la pratique des sciences et la rigueur de la démarche expérimentale, de m'avoir transmise votre capacité d'enthousiasme, merci de m'avoir offert cette grande liberté de travail et de m'avoir accordée votre confiance. J'ai énormément appris de vous et je garderai longtemps le souvenir de votre enseignement.

Mon appréciation et ma gratitude vont aussi à Mr ZOUAOUI. A d'avoir accepté de présider ce jury.

Je suis très reconnaissante à Mr ABBAD. M d'avoir accepté aimablement de juger ce travail et de participer au jury de cette thèse.

Enfin, merci à tous ceux qui partagent ma vie et qui m'accompagnent avec tant d'amour et de tendresse. Merci à ma famille, à mes amis, à mes collègues de la promotion, vous mériteriez des lignes, des chapitres, des livres entiers, il y a tant d'histoire, de rencontres, d'émotions partagées à raconter, mais vous connaissez mes difficultés d'écriture alors merci de me laisser simplement vous serrer dans mes bras.

# Dédicaces

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

- *A mon cher père qui m'a toujours aidé et encouragé.*
- *A ma chère mère qui n'a jamais cessé de me soutenir.*
- *A ma sœur KAHINA et mon beau frère HAMOU*
- *A mon frère MUSTAPHA et ma belle sœur DALILA*
- *A mes petits frères DABI et ALLA*
- *A mes neveux AYOUB et IBTIHAL*
- *Ma chère FADILA.*
- *A Mr CHAABANE SAMIR*
- *A meschersamis: AHMED, MOHAMED, OMAR, HAMID AMINE, YUCEF, ABDEREZAK, MOHAMED FERTAS*
- *A tous ceux qui j'ai oubliés et tous qui ont connu de près ou de loin HALIM.*

## Résumé

Le présent travail a porté sur l'impact de l'incorporation de la solution nutritive ainsi que la fréquence d'apport dans le cycle des irrigations de deux variétés de concombre le MARKETER et le SUPERMARKETER. Afin de déterminer les effets des trois traitements utilisés pour chaque variété (l'eau de Blida, solution nutritive apportée tous les trois jours et une solution nutritive apportée tous les six jours) sur la croissance des plantes, une étude a été faite sur la chlorophylle et sur des paramètres physiologiques.

Le traitement dont la solution nutritive est apportée tous les six jours exprime des résultats proches et parfois similaires à ceux du traitement de la solution nutritive apportée tous les trois jours et cela, chez les deux variétés testées pour l'ensemble des paramètres étudiés.

On souligne que les plantes irriguées par la solution nutritive apportée tous les trois jours et tous les six jours prolongent la durée de floraison et stimule une deuxième floraison. Les mêmes traitements manifestent les valeurs les plus élevées durant tout le cycle de développement en ce qui concerne la chlorophylle.

**Mots clés :** Solution nutritive - MARKETER SUPERMARKETER - chlorophylle

## Abstract

This work is concerned with the impact of the incorporation of the nutritive solution, as well as the frequency of contribution in the irrigations cycle for two varieties of cucumber : the MARKETER and the SUPERMARKETER. In order to determine the effects of the three treatments used for each variety (the water of Blida, nutritive solution brought every three days and a nutritive solution brought every six days), on the growth of the plants, a study was made about the chlorophyll and the physiological parameters.

The treatment of which the nutritive solution is brought every six days expresses close results if they are not similar to those of the treatment of which the nutritive solution brought every three days. Therefore, the two varieties tested in the whole of the studied parameters

It is stressed that the plants irrigated by the nutritive solution brought every three days and every six days prolong the duration of flowering and to stimulate the second flowering. For chlorophyll, the same treatments express the highest values during all the development cycle.

**Key words:** Nutritive solution - MARKETER - SUPERMARKETER –chlorophyll.

## ملخص

ان هذا العمل يركز على تأثير اضافة محلول مغذي و فترة اضافته ضمن برنامج السقي لنوعين من نبتة الخيار ماركتر و سوبرماركتر. و لغرض ابراز تأثير المحاليل الثلاثة المستعملة (ماء البلدية ،محلول مغذي يضاف كل ثلاثة ايام و محلول مغذي يضاف كل ستة ايام) على نمو نبات الخيار، اقيمت دراسة حول عوامل فيزيولوجية و حول الخضور. المحلول المغذي الذي يضاف كل ستة ايام قدم نتائج قريبة او مماثلة لنتائج المحلول المغذي الذي يقدم كل ثلاثة ايام. النباتات التي سقيت المحلول المغذي المضاف كل ثلاثة ايام و كل ستة ايام حفزت و اطالت مدة الازهار اما اليخضور فنتائج كانت مرتفعة عند المحلولين السابقين

**الكلمات الدالة:** محلول مغذي،الخيار، ماركتر، سوبرماركتر، اليخضور

<b>Sommaire</b>	
<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Culture du concombre .....</b>	<b>02</b>
<b>1. Origine et historique.....</b>	<b>02</b>
<b>2. Taxonomie et description botanique.....</b>	<b>02</b>
2.1. Classification.....	03
2.1.1. Systématique.....	03
2.2. Classification variétale.....	03
<hr/>	
<b>3. La valeur nutritionnelle.....</b>	<b>04</b>
<b>4. Les exigences de concombre.....</b>	<b>04</b>
<b>4.1. Les exigences climatiques .....</b>	<b>04</b>
4.1.1. Les besoin en chaleur .....	04
4.1.2. L'humidité.....	04
4.1.3. La lumière.....	05
4.2. Les exigences édaphiques.....	05
4.3. Les exigences nutritionnelles.....	06
4.4. L'irrigation.....	06
<b>5. Conduite de la culture.....</b>	<b>06</b>
<b>6. production et intérêt agro-économique du concombre.....</b>	<b>06</b>
6.1. Dans le monde.....	07
6.2. En Algérie.....	07
<b>7. Maladies du concombre.....</b>	<b>08</b>
<b>Chapitre II : La nutrition hydrominérale.....</b>	<b>08</b>
<b>1. La nutrition hydrominérale des plantes.....</b>	<b>08</b>
2. Nutrition hydrique .....	08
3. La nutrition minérale.....	09
3.1. Le premier groupe.....	09
3.2. Le deuxième groupe.....	10
<b>4. Facteurs influençant l'absorption hydrominérale.....</b>	<b>10</b>
4.1. Facteurs internes.....	10
4.2. Facteurs externes.....	11
<b>5. Modalités d'absorption.....</b>	<b>11</b>
6. Étapes de l'absorption.....	
<b>Chapitre III : La fertigation.....</b>	
<b>1. La technique de la fertigation.....</b>	

2. Comment fonctionne la fertigation.....	12
3. Modalité de fertigation.....	12
4. La Solution nutritive.....	12
4.1. Contrôle et dosage de la solution nutritive.....	12
4.1.1. Le pH.....	12
4.2.2. Conductivité électrique.....	13
4.2.3. Equilibre ionique.....	13
4. Préparation de la solution nutritive.....	13
Matériel et méthodes .....	13
1. Objectif d'expérimentation.....	13
2. Matériel végétal utilisé.....	14
3. Conditions expérimentales.....	15
3.1. Lieu de l'expérience.....	16
3.2. sol et conteneurs.....	16
3.3. Essai de germination.....	16
3.4. Repiquage des germes.....	16
4. Dispositif expérimental.....	16
5. Les traitements utilisés .....	16
6. Formule de solution nutritive pour une eau naturelle peu chargée en ions.....	16
7. Entretien de la culture.....	17
7.1. l' irrigation.....	18
7.2. Les traitements phytosanitaires.....	18
7.3. Le tuteurage.....	18
7.4. L'ébourgeonnage.....	19
8. Les paramètres biométriques étudiés.....	20
8.1. Paramètres morphologiques.....	21
8.1.1. La vitesse de croissance.....	24
8.1.2. La hauteur finale des plantes.....	24
8.1.3. Le diamètre des tiges.....	24
8.2. La biomasse fraîche produite.....	24
8.3. La biomasse sèche produite.....	24
8.4. Le taux de matière sèche.....	25
8.5. Paramètres de production.....	25
8.6. Estimation du rendement.....	25
9. Dosage des paramètres physiologiques.....	25
9.1. Dosage de la chlorophylle.....	25

10. Détermination de l'extrait sec.....	26
<b>Résultats et discussion.....</b>	<b>27</b>
<hr/>	
<b>1. Paramètres de croissance.....</b>	<b>27</b>
1.1. Aspect général des plantes.....	27
1.2. La vitesse de croissance des plantes.....	28
1.3. 1.3. Hauteur finale des plantes [cm].....	28
<b>1.4. Diamètre des tiges.....</b>	<b>28</b>
<b>1.5. Nombre de feuilles.....</b>	<b>29</b>
<b>1.6. Poids frais total (feuille+tige)(g).....</b>	<b>30</b>
<b>1.7. Poids sec total, feuille et tige(g).....</b>	<b>31</b>
<b>1.8. Taux de matière sèche totale, feuille et tige [%].....</b>	<b>32</b>
2. Quantité de la chlorophylle [ $\mu\text{g/g}$ MF].....	33
<b>3. Les paramètres de rendements.....</b>	<b>34</b>
3.1. Floraison, Production de fruits et taux d'avortement.....	35
	36
<b>4. Paramètres de qualité.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Calibre des fruits des deux variétés du concombre.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2. Extrait sec des fruits [%].....</b>	<b>39</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>39</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°01</b> : Valeur nutritive du concombre.....	<b>04</b>
<b>Tableau N°02</b> : Production nationale du concombre du 2004 au 2012.....	<b>07</b>
<b>Tableau N°03</b> : Principaux rôles des éléments minéraux indispensables.....	<b>09</b>
<b>Tableau N°04</b> : Moyennes des températures par semaine enregistrées sous serre en (C°).....	<b>17</b>
<b>Tableau N°05</b> : Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida.....	<b>20</b>
<b>Tableau N°06</b> : Les besoins et l'apport réalisé des cations essentiels (K, Ca et Mg) en meq/l.....	<b>22</b>
<b>Tableau N°07</b> : Composition de l'eau de Blida pH = 7.8.....	<b>23</b>
<b>Tableau N°08</b> : Eau de Blida transformée en solution nutritive de base à pH = 5,8....	<b>24</b>
<b>Tableau N°09</b> : Doses et fréquences nécessaires pour la culture du concombre.....	<b>24</b>
<b>Tableau N°10</b> : Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance...	<b>30</b>
<b>Tableau N°11</b> : Hauteur finale des plantes en (cm).....	<b>31</b>
<b>Tableau N°12</b> : Diamètre moyen des tiges en (mm).....	<b>32</b>
<b>Tableau N°13</b> : Nombre de feuilles des plantes du concombre.....	<b>33</b>
<b>Tableau N°14</b> : Poids frais total de tomate et du haricot en (g).....	<b>34</b>
<b>Tableau N°15</b> : Poids sec total, feuille et tige(g).....	<b>35</b>
<b>Tableau N°16</b> : Taux de matière sèche en [%].....	<b>36</b>
<b>Tableau N°17</b> : Quantité de la chlorophylle [ $\mu\text{g/g}$ MF].....	<b>37</b>
<b>Tableau N°18</b> : Les paramètres de rendement des fruits du concombre.....	<b>39</b>
<b>Tableau N°19</b> : Répartition du calibre des de haricot.....	<b>40</b>
<b>Tableau N°20</b> : L'extrait sec des fruits du concombre (%).....	

## Liste des figures

<b>Figure N° 01</b> : Vue du site expérimental.....	<b>16</b>
<b>Figure N°02</b> : Essai de germination des graines du concombre des deux variétés.....	<b>18</b>
<b>Figure N° 03</b> : Aspect général des jeunes plantules du concombre après repiquage...	<b>18</b>
<b>Figure N°04</b> : Aspect général des plantules au début des traitements.....	<b>19</b>
<b>Figure N°05</b> : Schéma du dispositif expérimental en randomisation totale.....	<b>19</b>
<b>Figure N°06</b> : Vue du dispositif Expérimental.....	<b>19</b>
<b>Figure N°07</b> : Aspect général des plantes des deux variétés du concombre.....	<b>28</b>
<b>Figure N°08</b> : La comparaison entre les plantes de chaque traitement des deux variétés du concombre « le MARKETER » et « le SUPERMARKETER ».....	<b>28</b>
<b>Figure N°09</b> : La vitesse de croissance des plantes de deux variétés du concombre..	<b>29</b>

## La liste des abréviations

ITICM : institut technique de cultures maraichères et industrielles

CE : conductivité électrique

Meq/l : milliéquivalent par litre

mmohs/cm : milimhos par centimètre

$\mu\text{g/g}$  MF : microgramme par gramme de la matière fraîche

MF : matière fraîche

MS : matière sèche

pH : potentiel hydrogène

T1, T2, T3: traitements utilisés.

(a, b, c, d, e, f) : groupes homogènes

( $P < 0,001$ ) : probabilité inférieure à 1000%

C.V : coefficient de variation.

D.D.L : degré de liberté.

S.C.E : somme des carrés des écarts

## INTRODUCTION

L'agriculture durable en milieu méditerranéen ne peut être possible que si on maîtrise la gestion de l'eau, des fertilisants et des autres intrants, tout en respectant la qualité et la quantité des ressources naturelles (sol, eau, diversité biologique). Cette agriculture doit être profitable aussi pour qu'elle subsiste.

L'agriculteur, lui a un objectif majeur, c'est d'avoir le maximum de revenus par unité de surface agricole. Assurer une productivité importante et un prix de vente très intéressant, vu la période de leur écoulement sur le marché. A cet effet, il est nécessaire de diriger l'alimentation nutritive de cette culture en vue d'augmenter son rendement et améliorer sa qualité.

Il est important de savoir que la culture de concombre est extrêmement exigeante en eau et en éléments minéraux. L'apport de ces derniers indispensables et complémentaires à la plante sous forme d'engrais apparaît comme un facteur essentiel.

D'autres problèmes peuvent surgir suite à la mauvaise gestion d'eau et de fertilisants telle la fatigue et la dégradation des sols, la baisse du niveau des nappes souterraines, l'augmentation de la salinité dans le sol et dans l'eau d'irrigation ce qui induit à une chute des rendements.

Afin de faire face à cette situation, une nouvelle technique peut être utilisée afin d'y remédier à ce phénomène. La fertigation est une façon pratique de faire un apport d'engrais, combinant l'irrigation et la fertilisation. Elle permet la maîtrise de l'absorption hydrominérale des cultures.

Notre expérimentation a pour but d'étudier l'influence de l'enrichissement et la fréquence de l'apport de la solution nutritive sur la croissance de deux variétés de concombre le « MARKETER » et le « SUPERMARKETER ».

# **PARTIE I**

## **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE I**

## **LA CULTURE DU CONCOMBRE**

### 3. Origine et historique :

Des arguments botaniques et historiques donnent pour origine de l'espèce Cucumissativus les contreforts de l'Himalaya, au nord-ouest de l'Inde 5000 ans avant J-C, le concombre était déjà cultivé par les peuples de Chine où il symbolisait la fécondité, pour son abondante fructification. On en retrouve également des traces au niveau des dynasties égyptiennes et dans la Grèce Antique (Brajeul et al, 2001).

Cette plante herbacée annuelle de la famille des Cucurbitacées qui poussait naturellement au pied de l'Himalaya aurait été domestiquée pour la 1<sup>ère</sup> fois en Inde. Beaucoup de recherches ont montrés que l'Inde, la Chine et l'Asie centrale sont les régions où la culture du concombre remonte à plus de 3000 ans (Kolev, 1976).

Chaux et Foury (1994) soulignent que la propagation du concombre été très rapidement. En Amérique, après en Europe dès le XVII<sup>ème</sup> siècle où il est apprécié pour ses vertus rafraîchissantes, sa rusticité et sa rapidité de production peu après la seconde guerre mondiale, la maîtrise de la production sous abris, stimule le développement de cette culture.

### 4. Taxonomie et description botanique

Le Concombre est une plante annuelle herbacée rampante, anguleuse, garnie de poils rudes et pourvus de vrilles (Brajeul et al, 2001).

Selon Chaux et Foury (1994), les feuilles du Concombre sont pentagonales rarement Tri-Podées larges, très poilues. Le système racinaire est dense, plutôt superficiel, plus ou moins ramifié selon la nature du substrat. En pleine terre certaines racines peuvent atteindre 0,80 m de profondeur.

Les fleurs sont jaunes, les males généralement fasciculées naissent les premières. Les femelles solitaires plus rarement géminées se reconnaissent à leur ovaire très apparent (Bussard, 1996).

Selon le même auteur, l'ovaire après la fécondation se renfle en un fruit oblong irrégulièrement cylindrique, lisse ou couvert de petits tubercules épineux, blanc jaune ou vert à la maturité. La chaire en est épaisse, ferme, aqueuse, blanche ou verdâtre.

Les fruits allongés et charnus, au toucher rugueux, peuvent atteindre 30cm de long et 5cm de diamètre. Leur couleur à maturité varié selon les variétés du vert au blanc en passant par le jaune

Les fruits proviennent des fleurs fécondées, même partiellement deviennent difformes et perdent toutes valeurs commerciales.

Des graines nombreuses longuement ovales aplaties, blanchâtres, semblables à celles du melon, ce trouvent noyées dans la pulpe qui remplit les trois loges centrales des fruits. Les progrès décisifs en matière d'amélioration ont porté sur les caractéristiques morphologiques du fruit, l'amertume qui est due aux cucurbitacines substances appartenant

au groupe des triterpène-tétracycliques et se trouvant fréquemment sous forme de monoglycéride (Chaux et Foury, 1994).

## 2.1. Classification

### 2.1.1. Systématique

---

Classe : *Gamopétales*.

Série : *Gamopétales inferroviestétracyclique* ;

ordre : *Gempanulales* ;

Famille: *Curcubitaceae* ;

Genre : *Cucumis* ;

Espèce : *Cucumissativus*.

## 2.2. Classification variétale

Le concombre est cultivé sous deux formes :

---

- Une forme à petit fruits à épicarpe plus ou moins velu ou verruqueux, récolté jeune et utilisé comme condiment le Cornichon ;
- Une forme à fruit beaucoup plus volumineux, demi-long à longs, à épicarpe lisse ou épineux à laquelle est réservé le terme de Concombre(Emberger ,1960).

Selon Chaux(1994), les hybrides de Concombre F1 possèdent des caractères de résistance à des maladies graves telles que la nuile (cladospiose) et la maladie des tâches foliaires.

De plus, elles sont exemptes d'amertume, ce qui leur a valu d'être d'emblée appréciées des consommateurs. Le développement parthénocarpique est de règle. Certaines variétés F1 plus rustiques et moins sujettes à la déformation peuvent être cependant cultivées sous châssis.

### 3. La valeur nutritionnelle :

La valeur nutritive et alimentaire du concombre sont négligeables, il est fraîchissant et laxatif, pauvre en vitamines et en éléments nutritifs. Il renferme 96% de l'eau dans sa composition. (Skiredj et al, 2005).

**Tableau N°01** : Valeur nutritive du concombre.

Calories	39	Calories% provenant du gras	7.8
Total, matières grasses (g)	0.4	Calories% de glucides	73,8
Gras saturés (g)	0.1	Calories% de protéines	18,5
Gras polyinsaturés (g)	0.2	Refuse%	3.0
Cholestérol (mg)	0	Vitamine C (mg)	16
Glucides (g)	8.3	La vitamine A (UI)	647
Fibres alimentaires (g)	2.4	Vitamine B6 (mg)	0,13
Protéines (g)	2.1	La thiamine B1 (mg)	0,07
Sodium (mg)	6	B2 Riboflavine (mg)	0,07
Potassium (mg)	433	Folacine (mcg)	39,1
Calcium (mg)	42	La niacine (mg)	0.7
Fer (mg)	0.8	Zinc (mg)	0.6

Source :(Herbst, 2001).

**4. Les exigences de concombre :****4.1. Les exigences climatiques :****4.1.1. Les besoins en chaleur :**

Skiredj et al, (2005) montrent que les besoins en chaleur de la culture du concombre sont

:

- L'optimum de croissance racinaire est de 22 à 25°C.
- Le minimum de 12°C est exigé pour le développement racinaire.
- L'optimum de la croissance végétative est de 20 à 22°C le jour et 17 à 20°C la nuit.
- En période de production, la culture exige 20 à 25°C le jour et 17 à 20°C la nuit.
- Les excès de température et les rayons du soleil gênent la fécondation et la fructification.

**4.1.2. L'humidité :**

Ce facteur joue un rôle très important dans les niveaux de production, le rendement final étant très étroitement corrélé avec une hygrométrie élevée de jour : 35% d'augmentation de rendement pour une hygrométrie passant de 60 à 80% (Chaux et Foury, 1994). Ces derniers voient que l'hygrométrie excessive (au dessus de 90%) est très défavorable, surtout durant

le jour, car elle bloque le transit de la sève brute d'une part et perturbe l'alimentation minérale de la plante d'autre part.

#### 4.1.3. La lumière :

Le concombre réagit positivement jusqu'à des niveaux d'intensité lumineuse très élevée. Les plantes cultivées sous de faibles niveaux d'éclairement en durée et intensité sont grêles, à entre-nœuds longs, feuilles plus petites et ramifications très réduites. A l'inverse, sous forte insolation et surtout en jour long, la plante adopte un port à tendance plus buissonnante : entre-nœuds courts et ramifications abondantes (Chaux et Foury, 1994).

#### 4.2. Les exigences édaphiques :

D'après Elmhirst (2006), les exigences en sol ne sont pas importantes, le concombre préfère les sols riches et humifère et un pH optimal variant de 5,5 à 7. Il recommande d'éviter les sols pauvres, trop lourds ou compacts et les sols trop froids provoquent la fonte des jeunes plantules.

#### 4.3. Les exigences nutritionnelles :

Une fertilisation rationnelle et au bon moment, associée à des conditions de milieu favorables améliore la qualité et le rendement (Laumonier, 1979).

D'après Skiredj et al (2005), les besoins de la culture de concombre en fumure de fond sont de :

- Lors de la confection des trous de semis : enfouir la fumure de fond plus 120 kg de N/ha, 100 kg /ha et 200 kg K<sub>2</sub>O/ha.
  - En couverture, apporter 30 kg N/ha + 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/HA + 50 kg K<sub>2</sub>O/ha en végétation.
  - Au stade de floraison il est conseillé d'apporter 3 à 4 T/ha de fumure en couverture.
- Lorsque le sol est trop froid, il est conseillé de doubler ou tripler la dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Pour la culture en fertirrigation, épandre avant la plantation la quantité totale de phosphate recommandée et environ 30 à 50% des quantités d'azote et de potasse recommandées. Les quantités restantes de ces engrais devront être injectées par intermédiaire du réseau de micro-irrigation (par fertirrigation) (Anonyme, 2006).

Stades	Dose par semaine
De la mise en place à la floraison	5 kg /ha
De la formation des fruits à la récolte	10 kg /ha
Pendant la récolte	5 kg /ha

Source :( M.A.A.A.R.O, 2006)

#### **4.4. L'irrigation :**

Les besoins en eau de la culture se situent aux environs de 500 mm pour une culture d'arrière-saison. Moins l'eau est nécessaire pour une culture de plein champ en période pluvieuse : 300 à 500 mm. En période post-florale, il ne faut pas exposer la culture à la pluie ou à l'aspersion car elle sera rapidement détruite par les maladies cryptogamiques, le meilleur système d'irrigation est le goutte à goutte (Skiredj et al, 2005).

#### **5. Conduite de la culture**

- Eclaircissage (quelques jours après la levée): ne conserver qu'1 ou 2 plants vigoureux par poquet.
- Sarclage, binages et buttages : pour fortifier le système racinaire.
- Ecimage: pincement de la tige principale au-dessus de la 5ème feuille pour l'apparition de ramifications fructifères.
- Tuteurage ou palissage : pour éviter les contacts des fruits avec le sol humide.
- Arrosage régulier et à goulot en fin d'après-midi (ne pas mouiller les feuilles pour éviter l'oïdium).

#### **6. production et intérêt agro-économique du concombre**

##### **6.1. Dans le monde**

Le concombre étant un produit fragile et périssable, Les échanges commerciaux sont forcément limité en volume et en distance, Ils s'élèvent à 1.3million de tonnes par an, soit moins de 5%de la production mondiale. Leur importance est néanmoins variable selon les régions du globe (Dsasi, 2001)

Le concombre occupe la 6<sup>ème</sup> place parmi les légumes avec une production de 13 millions de tonnes. Les types cultivés et les formes de consommation sont très variables (FAO, 2009).

Le continent asiatique est celui qui donne la plus grande place à ce légume. L'Asie représente 75% du volume mondial, dont une grosse partie venant de Chine. Il y a également un pôle important de production au moyen Orient (Dsasi, 2001).

L'Europe est la 2<sup>ème</sup> zone de culture, L'Europe centrale ou Orientale fournit les plus gros volumes, notamment la Russie, l'Ukraine et la Pologne. En Europe occidentale, les Pays- Bas et l'Espagne dominent le marché (Brajeul et al, 2001)

L'Amérique du nord correspond à la dernière grande zone de production principalement grâce aux Etats-Unis et dans une moindre mesure au Mexique . Sur le

continent américain, les Etats-Unis sont de loin les plus gros producteurs avec environ 800000 tonnes (FAO, 2009).

## 6.2. En Algérie

En Algérie, les conditions climatiques et du sol sont très favorables pour une production rentable et de qualité supérieure tant sous abris plastiques qu'en pleine terre (Dsassi, 2001).

**Tableau N°02** : production nationale du concombre du 2004 au 2012 :

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Superficie (ha)</b>	482,72	539,87	677,89	652,69	572,16	528,97	531,24	550,53	4 083
<b>Production (qx)</b>	365240	430 560	455150	470 211	335 348	470 128	444 695	456 333	1151564
<b>Rdt qx/ha</b>	756,6	797,5	671,4	720,4	586,1	888,8	837,1	828,9	282

Source : (anonyme, 2013)

La production du concombre en Algérie est localisée dans les principales wilayas suivantes : Tipaza, M'silla, Mostaganem et Chleff.

## 7. Maladies du concombre

Des maladies variées et nombreuses attaquent le concombre. La majorité se manifeste sous la forme de taches sur la partie supérieure ou inférieure des feuilles ou sur le fruit. Une ample rotation des cultures aide à prévenir les maladies

- Fonte des semis due à des champignons du genre *Pythium*.
- Fusariose vasculaire du concombre, maladie fongique causée par *Fusarium oxysporum* f. *sp. cucumerinum*.
- Pourriture du collet, causée par plusieurs espèces de *Phytophthora*.
- Verticilliose.
- Flétrissement bactérien dû à *Erwinia tracheiphila*.
- Mosaïque du concombre (maladie virale).
- Marbrure du concombre (maladie virale).
- Chrysomèle rayée du concombre, *Acalymma vittatum* (Fabricius) (coléoptère)
- Nématodes cécidogènes.

# **CHAPITRE II**

## **LA NUTRITION HYDROMINERALE**

## 1. La nutrition hydrominérale des plantes

La croissance et le développement d'une plante ont besoin d'eau, de gaz carbonique et de lumière afin d'utiliser au mieux ses capacités de photosynthèse grâce aux quelles, elle fabrique la matière organique dont elle a besoin, mais aussi d'éléments nécessaires à l'identification de ces constituants (Coic, 1984).

Les plantes parvient à satisfaire leurs besoins minéraux essentiellement par absorption racinaire, soit par transport passif : passage avec l'eau, diffusion, échange et adsorption ; soit par transport actif par des processus métaboliques (Vilain, 1993).

Selon (Heller 1970), les plantes possèdent la propriété de sélectivité, dont les cellules peuvent parmi les éléments extérieurs, choisir ceux qu'elles absorbent et même accumulent, et ceux au contraire qu'elles laissent dans le milieu où absorbent très peu.

### 2. Nutrition hydrique

Martinez (2000), souligne que les fonctions physiologiques vitales de la plante et son développement sont assurés par une source indispensable qui est l'eau.

Elle est le constituant le plus abondant des végétaux. Elle représente jusqu'à 85-90% de matière fraîche (Morard 1995).

L'eau intervient par ses propriétés physiques et mécaniques, mais aussi par ses propriétés chimiques. Ses rôles sont nombreux ; c'est le moyen de transport des éléments nutritifs des sèves brute et élaborée et rentre dans plusieurs réactions du métabolisme cellulaire (Lafon et al, 1996). Les mêmes auteurs indiquent que la teneur en eau des tissus varie selon : les espèces, les tissus, sa rigidité et leurs âges, l'intensité du métabolisme cellulaire et de la croissance, du transport des éléments minéraux et la régulation thermique grâce à l'évapotranspiration.

Les conditions climatiques sont responsables de la consommation variable des plantes en eau, ou l'abaissement de la température des racines au dessous d'un certains seuil réduit fortement l'absorption d'eau selon (Cornillon, 1985).

### 3. La nutrition minérale

La solution nutritive referme tous les éléments nécessaires au fonctionnement du métabolisme de la plante dans leur milieu.

Urbain (1997), classe les éléments minéraux en deux groupes en fonction de leur teneur dans la plante.

#### 3.1. Le premier groupe

Contient les macroéléments, qui sont de l'ordre de 1 % de la matière sèche. Il s'agit de l'azote (N), du phosphore (P), du potassium (K), du soufre (S), du calcium (Ca), et du magnésium (Mg). Ils sont nécessaires à la synthèse de la matière organique cellulaire.

### 3.2. Le deuxième groupe

Est celui des micros éléments ou encore des oligo-éléments. Leur teneur est très faible. Elle s'exprime en partie par million (ppm). On trouve dans ce groupe: le bore (Bo), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), et le zinc (Zn). Ils sont indispensables à l'activité d'enzymes car ils ont le rôle catalytique.

Selon Coic (1989), chaque élément est indispensable car son déficit rend la plante incapable d'accomplir la phase végétative ou reproductive de sa vie. Les principaux rôles des éléments minéraux les plus importants sont mentionnés dans le tableau01.

**Tableau N° 03** : Principaux rôles des éléments minéraux indispensables :

ELEMEN TS	ROLES
Azote	Composant des acides aminés et nucléiques, des protéines, des transporteurs d'énergie et d'enzymes d'oxydation.
Phosphore	Composant des acides nucléiques, transporteurs d'énergie, des phospholipides et des oses phosphates, cofacteur de différentes enzymes.
Phosphate	Neutralisation de radicaux acides, activation d'enzyme, rôle dans la pression osmotique.
Calcium	Composant des parois cellulaires, activation d'enzymes régulateur de la perméabilité cellulaire, rôle dans la neutralisation des radicaux acides.
Magnésium	Composant de la chlorophylle, cofacteur de nombreux enzymes, régulateur de pH et de l'équilibre acido-basique.
Soufre	Composant de coenzyme A, réducteur par groupe S –H
Fer	Rôle dans le transfert d'électrons.
Manganèse	Activateur d'enzymes, rôle dans le transfert d'électron, rôle dans le processus d'oxydoréduction.
Zinc	Activateur d'enzymes.
Cuivre	Photosynthèse, respiration, réduction des nitrates, synthèse de lignine et floraison.
Bore	Transport des glucides, élasticité et division des parois cellulaires.
Molybdène	La réduction des nitrates.

(Urban, 1997).

L'absorption de certains ions est inhibée par d'autres appelés ions antagonistes exemple : le calcium inhibe l'absorption du magnésium, ou stimulée par d'autres appelés ions synergistes exemple : l'absorption des ions phosphoriques est facilitée par le magnésium (Lafon et al,1996).

Le même auteur rapporte que la carence ou l'excès de ces éléments minéraux provoque des malformations ou des perturbations physiologiques dont certaines se traduisent par des symptômes caractéristiques.

## 5. Facteurs influençant l'absorption hydrominérale

La variation de l'absorption est sous influences des facteurs internes dépendant de la plante elle-même, et des facteurs de milieu

### 4.1. Facteurs internes

Selon les travaux de Vilain (1996), note que les facteurs internes qui influents sur l'absorption, les plus importants sont :

- La nature de la plante ; il existe une sélectivité liée à l'espèce et même aux variétés végétales.
- Le stade de développement : par exemple, la teneur en azote est plus élevée au stade juvénile qu'ultérieurement.

L'hémi perméabilité de la couche cytoplasmique, l'âge de la cellule, et tout ce qui est susceptible de léser la cellule augmente la perméabilité. La composition saline des cellules absorbantes, ainsi que la richesse en sucre influent sur l'absorption (Baeyens, 1967).

### 4.2. Facteurs externes

Selon Heller (1977), les facteurs externes du milieu, sont divisés en deux catégories, qui peuvent être climatiques ou édaphiques (solution nutritive dans le cas de culture hors sol).

Rey et Costes (1994), notent que l'absorption optimum des éléments nutritifs par les végétaux ne peut se faire qu'à partir des solutions équilibrées.

Selon Vilan (1993), la composition du sol a une forte influence sur l'absorption hydrominérale.

### Modalités d'absorption

L'absorption des substances minérales s'effectue chez les végétaux supérieurs par les poils absorbants ou les régions non subérifiées de la racine (Coic et Lesaint, 1983).

Les éléments minéraux sont généralement absorbés sous forme d'ions. Certains éléments comme le fer sont difficilement absorbables à pH élevé. L'existence de certains complexes organométalliques, les chélates, permet de surmonter cette difficulté (Brun et Settembrine, 1994).

Les mêmes auteurs soulignent que les cellules n'absorbent pas indifféremment les ions. Il existe une perméabilité sélective (le Na pénètre très mal dans la cellule. A l'opposé, le K se trouve à des concentrations plus élevées à l'intérieur qu'à l'extérieur (accumulation). Les

cations ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ) présentent une vitesse de franchissement des membranes plus grande que celle des anions ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ).

### **Étapes de l'absorption**

Selon Vilain (1997) Il existe deux étapes :

- L'adsorption, étape de fixation superficielle, passive et réversible pendant laquelle, l'élément adsorbé peut être désorbé.
- L'absorption (au sens strict) qui suit la première étape et peut être active ou passive, selon les ions :
  - ❖ Passage avec l'eau, diffusion, échange et adsorption
  - ❖ Soit par transport actif par des processus métaboliques, espace libre.

# **CHAPITRE III**

## **LA FERTIGATION**

### 1. La technique de la fertigation

La fertigation ou ferti-irrigation est une façon pratique de faire un apport d'engrais, combinant irrigation et fertilisation. Toute opération combinée est avantageuse. Cela permet d'éviter des passages supplémentaires au champ : on réduit la main-d'œuvre, on réduit les effets physiques (compaction) de ces passages sur le sol et on perturbe moins le plant. La fertigation est surtout associée à plasticulture, mais pas exclusivement. Songeons à son utilisation avec l'irrigation conventionnelle, par aspersion, de la pomme de terre ou alors dans le goutte-à-goutte pour les framboises (Yelle, 2006).

Dans le cas de la plasticulture, la fertigation est particulièrement bien adaptée. De fait, c'est une composante importante, sinon essentielle, d'un système de plasticulture. La fertigation a d'abord été une nécessité pratique pour fractionner l'azote dans plusieurs cultures de légumes-fruits comme la tomate, les concombres, les poivrons ou l'aubergine. L'application de tout l'azote au départ avant la pose du plastique et la plantation, à moins de disposer d'un engrais à libération lente particulièrement bien dosé, aurait été suicidaire pour la plupart de ces cultures, le poivron en particulier. En effet, trop d'azote d'un coup provoque un excès de croissance végétative et inhibe la nouaison, sinon la floraison (Eltez, 2002).

### 2. Comment fonctionne la fertigation

La fertigation, en fractionnant et en dosant les apports d'engrais, permet d'éviter les effets indésirables des apports massifs d'engrais; excès de croissance végétative, salinité, toxicité au bore ou autre. Cette technique permet de surcroît de placer l'engrais dans la zone racinaire, et de faciliter son utilisation par la plante en apportant des éléments déjà en solution, ce qui en favorise l'absorption. Dans la situation idéale, l'injection d'engrais aura été bien synchronisée par rapport à l'irrigation pour éviter une salinité excessive près de la surface ou un lessivage en profondeur. Pour cela, l'irrigation même doit être bien suivie (Yelle, 2006).

### 3. Modalité de fertigation

D'après Papadopoulos (1991), l'amélioration de la fertigation des cultures permet d'augmenter l'efficacité de l'eau et des nutriments (90- 95%) et le rendement des cultures (le double pour le concombre sous serre par rapport à la fertilisation traditionnelle).

Le même auteur indique que la fertigation permet de valoriser tout type de sols, de réduire la consommation des plantes en fertilisants et en eau. Ceci en apportant les nutriments au bon moment, selon les besoins des plantes et directement dans la zone racinaire. La dose de fertilisants dépend directement des besoins en eau des plantes.

L'efficacité des fertilisants dépend essentiellement de la modalité de leur application (régime continu ou discontinu et fréquence des apports). Ceci concerne surtout les nitrates qui sont rapidement mobilisés et dégradés dans le sol (Papadopoulos, 1991).

En effet, les fertilisants augmentent la salinité de l'eau du sol. Une eau trop saline diminue l'efficacité en rendements. Cette diminution des rendements due à une augmentation de la salinité est variable selon les espèces cultivées, le concombre est cité comme étant semi-tolérant à la salinité (FAO, 1985).

#### **4. La Solution nutritive**

Par définition c'est l'alimentation des plantes en culture hors sol, va de pair avec son alimentation en eau, l'une et l'autre sont assurées de façon concomitante par l'apport des solutions nutritives renfermant les macros et micro éléments indispensables.

Une solution nutritive donnée, fabriquée avec des sels chimiques totalement dissociés, renferme un nombre total d'équivalent égal de cations ainsi que d'anions (Vilain, 1989).

Elle est caractérisée par trois paramètres principaux : le potentiel hydrogène (pH), la concentration saline (CE) et l'équilibre ionique (Jeannequin, 1992).

##### **4.1. Contrôle et dosage de la solution nutritive**

Coic et Lesaint(1983) ont mis en évidence qu'il faut vérifier régulièrement la solution nutritive prête à l'emploi pour éviter les erreurs de la préparation.

###### **4.1.1. Le pH**

C'est une expression chiffrée d'une façon commode, précise et désigne le caractère acide, neutre ou basique d'une solution aqueuse d'après Morard, (1995).

Le pH est important en hydroponie vu l'absence de l'effet tampon que donne le complexe argilo-humique des sols classiques. C'est à cause du pH que les éléments nutritifs sont assimilables ou non par les plantes (Duthil, 1973).

Selon Loue (1986), l'augmentation du pH réduit la solubilité et l'absorption des oligo-éléments tel que : aluminium, cobalt, cuivre, fer, zinc et plus particulièrement le manganèse et augmente celle de molybdène.

L'optimum physiologique du pH pour la majorité des espèces cultivées se situe entre 5,5 et 5,8 (Chaux, 1972).

Brun (1989) indique que le contrôle du pH de la solution nutritive à pour objectifs de :

- Neutraliser l'alcalinité naturelle de l'eau.
- Eviter la précipitation des éléments minéraux notamment le phosphore et le calcium.
- Mener le pH de la solution dans une zone favorable à l'absorption de la majorité des éléments minéraux.
- Ajuster le pH de la solution aux exigences de l'espèce.

#### 4.2.2. Conductivité électrique

Elle représente la concentration totale en éléments minéraux contenu dans la solution. Les mêmes auteurs montrent que si la concentration est faible, les racines prélèvent très facilement les éléments minéraux en quantités insuffisantes. Lorsque la concentration augmente, l'eau est difficilement absorbée et par conséquent le potentiel hydrique diminue (Letard et Patricia, 1995).

La conductivité électrique de la solution nutritive doit être propre à chaque espèce cultivée et permettant une absorption équilibrée en eau et en éléments nutritifs au niveau des racines (Vitre, 2003).

Une CE élevée limite l'absorption du  $\text{Ca}^{2+}$ , la production de la matière fraîche et la capacité d'échange des ions (Ho et Adams, 1994).

#### 4.2.3. Equilibre ionique

Il est possible de réaliser un équilibre entre les ions minéraux correspondant aux besoins de la culture de telle manière qu'il n'y ait pas excès créant une salinité résiduelle (Lesain, 1974).

L'égalité équivalente entre les anions et cations est obligatoire dans la solution, les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas indifférents et pourront être modulés en fonction des stades de développement de la plante (Coic, 1984 ; Chaux et Foury, 1994).

### 5. Préparation de la solution nutritive

Morard (1995), indique que la procédure à suivre pour la préparation de la solution nutritive est la suivante :

- Choix de la formulation adaptée à la culture ;
- Analyse de la composition minérale de l'eau d'irrigation ;
- Adaptation de la formulation choisie aux teneurs en éléments minéraux contenus dans cette eau ;
- Choix de la nature des sels minéraux ;
- Calcul des pesés de sels correspondant à la fabrication du volume de solution nutritive préparée (éventuellement de la quantité d'acides à apporter) ;
- Fabrication des solutions mères A et B d'oligo-éléments ;
- Contrôle de la composition minérale de la solution fille à la sortie des goutteurs

### 3. Objectif d'expérimentation

Le but de ce travail consiste à étudier le comportement de deux variétés du concombre vis-à-vis la fertigation dans le cycle d'irrigation. Autrement dit, l'effet de l'incorporation d'une solution nutritive, ainsi la fréquence d'apport dans le cycle des irrigations de deux variétés de concombre.

### 4. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est deux variétés du concombre à savoir ; le MARKETER et le SUPERMARKETER (NOA) dont les semences proviennent de l'institut technique de cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali. Les semences ont été récoltées en 2010 avec une pureté spécifique de 99%.

### 4. Conditions expérimentales

#### 4.1. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie de Blida située dans la plaine de la Mitidja, dans une serre en polycarbonate à une superficie de 382.5 m<sup>2</sup> et dont l'orientation est nord-sud. L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre. Le chauffage de la serre en période froide est réalisé à l'aide de radiateurs à eau chaude et qui malheureusement est actuellement en panne.



La température à l'intérieur de la serre a été contrôlée par un thermomètre positionné au centre de la serre. Des relevés de températures à (09h ; 12h ; 16h)

ont été réalisés afin d'indiquer les températures moyennes hebdomadaires présentées dans le tableau N°04.

**Tableau N°04:** Moyennes des températures par semaine enregistrées sous serre en (C°).

Périodes	Températures		
	09 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>
02-01-13 au 09-01-13	13,85	24,45	22,05
10-01-13 au 17-01-13	16,10	26,60	25,60
18-01-13 au 25-01-13	15,50	23,15	21,10
26-01-13 au 03-02-13	14,86	23,30	22,00
04-02-13 au 11-02-13	14,50	25,60	24,70
12-02-13 au 19-02-13	13,96	26,30	25,00
20-02-13 au 27-02-13	12,50	20,40	17,40
28-01-13 au 07-03-13	10,66	17,00	16,40
08-03-13 au 15-03-13	10,50	23,60	22,20
16-03-13 au 23-03-13	11,33	27,67	24,89
24-03-13 au 01-04-13	11,42	26,32	24,52
02-04-13 au 09-04-13	16,50	30,00	29,50
10-04-13 au 17-04-13	17,50	32,00	30,00

Durant notre expérimentation, nous pouvons dire que les températures pendant le cycle végétatif répondaient aux besoins des plantes, mis à part durant les périodes froides où on a enregistré quelques chutes de température qui n'ont causé aucun dégât physiologique sur les plantes.

### 3.2. sol et conteneurs

a) **sol** : Dans notre expérimentation on a utilisé le sol de la station expérimentale du département d'Agronomie de Blida. D'après les résultats des analyses du sol obtenus, et selon le triangle de texture, le sol présente une texture limono-argilo-sableuse ce qui convient aux exigences édaphiques du concombre.

b) **conteneurs** : Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, ayant une capacité de 4l et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation des eaux de drainage.

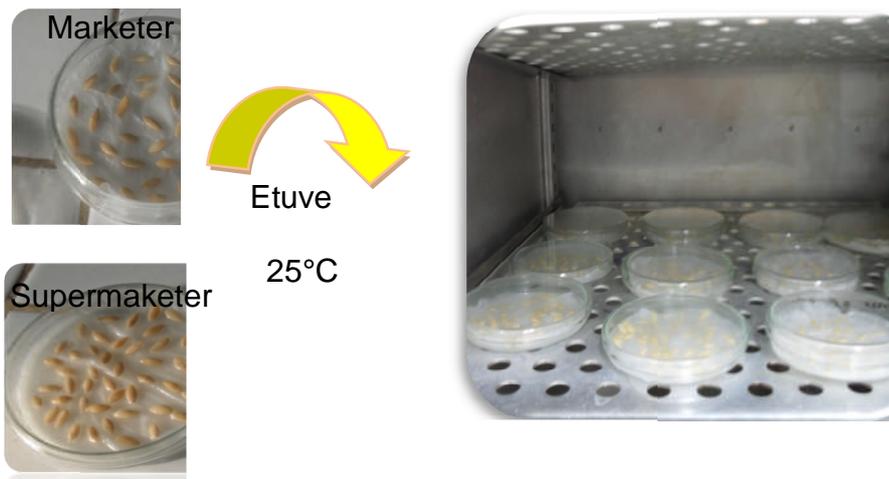
Expérimentation

Matériel et méthodes

### 3.3. Essai de germination

Les semences utilisées proviennent de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI). Il s'agit des semences de deux variétés du concombre à savoir le MARKETER et le SUPERMARKETER.

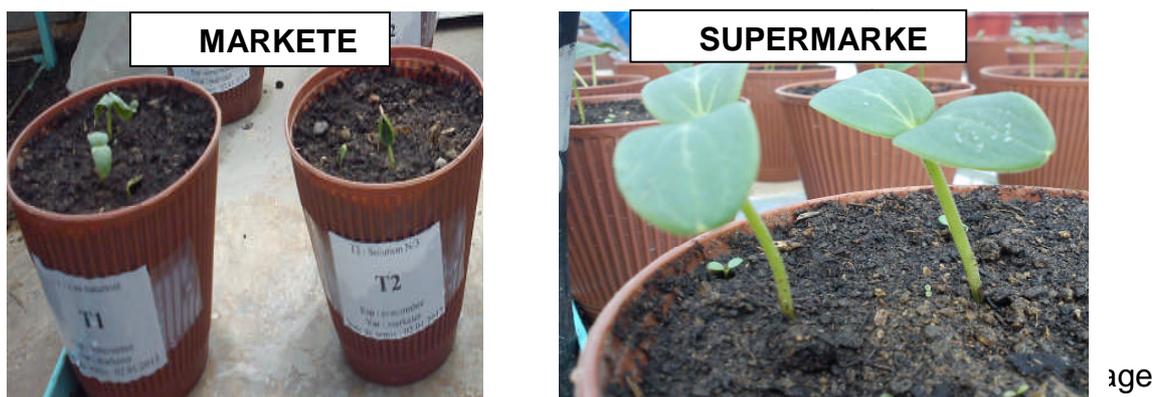
La germination des graines a été effectuée dans des boîtes de pétri contenant du papier filtre imbibé d'eau et déposées dans une étuve réglée à 25°C jusqu'à la germination complète. L'eau distillée est ajoutée en cas de dessèchement du papier filtre.



**Figure N°02** : Essai de germination des graines du concombre des deux variétés.

### 3.3. Repiquage des germes

Après la germination des grains, un repiquage des jeunes germes en place définitive a été réalisé le 02/01/2013 pour les deux variétés



Les jeunes plantules sont irriguées jusqu'à l'apparition des deux feuilles cotylédonaires avec l'eau courant tiède pour favoriser la reprise des jeunes plantules jusqu'à la date de **12.01.2013**. Après ce stade, nous avons procédé à l'application des différents traitements soit **10** jours après le repiquage où les plantes semblaient

Expérimentation  
être homogènes.

Matériel et méthodes



Var :

Var :

**Figure N°04** : Aspect général des plantules au début des traitements.

**4. Dispositif expérimental**

L'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de (01) à (10). Selon un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale) comportant 3 traitements (T1, T2, T3). Pour chaque traitement, on avait 05 observations soit **15** plantes par variétés ce qui fait **30** observations en total

MARKETER			SUPERMARKETER		
T1	T2	T3	T1	T2	T3



T1, T2 et T3 : traitements

P1, P2, P3, P4 et P5 : plantes ou observation

**Figure N°05** : Schéma du dispositif expérimental

Expérimentation en randomisation totale.

Matériel et méthodes expérimental

**5. Les traitements utilisés sont:**

Durant l'expérimentation, on a utilisé une solution nutritive reconstitution à base de l'eau de Blida qui a une concentration globale de sels avoisinant de 0.49 g/l (norme indiquée par Penneingsfeld et Kurzman(1969) in Mallen (1997) où l'analyse de l'eau de Blida est jugée nécessaire avant la préparation de la solution nutritives.

**Tableau N°05:** Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida :

Element	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K <sup>+</sup>	00.00	00.00
Ca <sup>++</sup>	56.00	2.80
Na <sup>+</sup>	29.90	1.30
Mg <sup>++</sup>	21.60	1.80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21.70	0.35
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	38.40	0.80
CL <sup>-</sup>	21.30	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	245.00	4.08
Total	433.90	11.73

Source (Snoussi, 2001)

- **T1** : irrigation des plantes par l'eau de Blida durant tout le cycle de développement
- **T2** : irrigation des plantes par une solution nutritive tous les trois jours (N/3) intercalée entre les irrigations durant tout le cycle de développement
- **T3** : irrigation des plantes par une solution nutritive tous les six jours (N/6) intercalée entre les irrigations durant tout le cycle de développement

L'analyse de l'eau de Blida présentée dans le tableau ci-dessus révèle une quantité assez élevée en ions bicarbonates (4.08 méq /l), ce qui rend le milieu plus basique (pH = 7.8), nécessitant une correction de pH du milieu nutritif à pH=5.5 à 5.8 favorable pour l'espèce testée.

La correction de l'eau consiste donc à utiliser deux acides pour détruire partiellement les bicarbonates et ramener le pH au voisinage de 5.5 à 5.8 jugé le plus favorable pour le développement et la croissance des plantes.

Deux types d'acides ont été utilisés à savoir, l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) et l'acide phosphorique (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Ces deux acides permettent d'une part l'abaissement du pH

Expérimentation

Matériel et méthodes

La quantité d'acide à apporter est calculée selon la formule suivante:

$$Q \text{ (meq/l)} = (\text{quantité d'HCO}_3 \text{ dans l'eau en méq/l}) \times 0.833$$

$$Q = 4.08 \times 0.833 = 3.39 \text{ méq / l d'eau}$$

Cette quantité d'acide sera partagée entre:

- **H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 1.1 méq / l** (correspondant aux besoins des végétaux qui sont de 3.3méq / l de phosphore) compte tenu que H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> est trivalent.
- **HNO<sub>3</sub> = 3.3 – 1.1 = 2.2 méq / l** (besoins partiels en nitrates).

## 6. Formule de solution nutritive pour une eau naturelle peu chargée en ions : Cas de l'eau de Blida transformée en solution nutritive (T2).

Pour ce type de solution nutritive, l'eau renferme des teneurs insuffisantes en certains éléments utiles tels que les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et le potassium (K<sup>+</sup>). Parfois des éléments tels que le sodium, le calcium et les sulfates peuvent se trouver à des concentrations supérieures aux besoins des plantes.

D'une façon générale, pour une eau peu chargée en sels, on peut rajouter des éléments pour corriger les déficits et équilibrer la balance ionique.

La formule de solution nutritive peu chargée en sels correspond à la solution nutritive de base synthétisée avec l'eau de Blida selon les normes définies par Coic et Lesaint (Warrence et Auder ; 2002).

Les différentes étapes adoptées pour la réalisation de cette solution sont les suivantes:

1/ Sur les tableaux 3 et 4 suivants, on reporte chaque anion et cation selon les quantités contenues dans l'eau exprimées en méq / l.

2/ L'apport d'azote est fixé à 12 méq

{	10.2 méq / l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> représentant 85%
	1.8 méq / l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> représentant 15%

3/ L'apport de chlorure et de sodium étant au-delà des besoins normaux des plantes (0.2 meq / l) aucun apport complémentaire n'est nécessaire.

4/ L'apport du phosphore est fixé à 3.3 méq / l de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. En comptant de façon théorique, P présent sous la forme trivalent PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, 1.1 méq / l de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> satisferont les besoins en phosphore.

La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau à 5,8 est de 3,3 méq/l. On rajoute de l'acide pour satisfaire la totalité des besoins en phosphate en apportant 4,4 méq/l de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, et un apport partiel de 2,2 meq/l de HNO<sub>3</sub>.

5/ A ce niveau, on fait le bilan des anions restant à introduire dans la solution nutritive:

Nitrates: - besoins: 10,2 méq / l.

- déjà disponibles: 0,35 méq / l (eau) + 2,2 méq / l (correction de pH) = 2,55 méq / l

- à apporter: 10,2 méq / l - 2,55 méq / l = 7,65 méq / l.

Sulfate : - déjà disponibles: 0,8 méq / l.

- à apporter: 1,5 méq / l – 0,8 méq / l = 0,7 méq / l.

**6/** L'apport d'ammonium (1,8 méq / l de  $\text{NH}_4^+$ ) est assuré par l'apport de  $\text{NO}_3^-$   $\text{NH}_4^+$  qui assurera en même temps l'apport de 1,8 méq / l de  $\text{NO}_3^-$ . Les anions disponibles pour apporter un complément de K, Ca et Mg sont désormais les suivants:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Nitrates} = (7,65 - 1,8) \text{NO}_3\text{NH}_4 = 5,85 \text{ méq / l} \\ \text{Sulfates} = 0,7 \text{ méq / l} \end{array} \right\} \text{Total} = 6,55$$

**7/** Somme totale des cations essentielles K, Ca et Mg dans la solution nutritive finale = (K + Ca + Mg) déjà présents dans l'eau + (K + Ca + Mg) apportés sous forme de nitrates et de sulfates.

Total = (0 + 2,8 + 1,8) + 6,55 = 11,15 méq / l.

Selon les normes définies par Coic et Lesaint(1983), les proportions relatives de ces 3 éléments doivent apporter selon les proportions suivantes:

K = 39,6%	Ca = 47,6%	Mg = 12,8%
$\frac{11,15 \times}{1}$	$\frac{11,15 \times}{1}$	$\frac{11,15 \times}{1}$
K = 4,41 meq/l	Ca = 5,31 meq/l	Mg = 1,43 meq/l

Ce qui donne dans le cas présent:

4,41 méq / l (K) + 5,31 méq / l (Ca) + 1,43 méq / l (Mg) = 11,15 méq / l.

On constate que les besoins en Mg sont inférieurs à ce qui existe déjà dans l'eau.

Apport à réaliser, sous déduction de ce qui est déjà présent dans l'eau est présenté dans le tableau suivant :

Expérimentation

Matériel et méthodes

**Tableau N°06** : Les besoins et l'apport réalisé des cations essentiels (K, Ca et Mg) en meq/l

Élément dans l'eau	Les besoins	Apport réalisé
--------------------	-------------	----------------

K = 0.00	4.41	4.41
Ca = 2.80	5.31	2.51
Mg = 1.80	1.43	Excédent

L'apport de Mg n'étant pas nécessaire compte tenu que : la teneur de l'eau est supérieure à l'apport souhaitable. Donc, on aura un total des cations de 11,15 méq / l – 1,8 méq / l (Mg) = 9,35 méq / l d'anions qui seront donc à partager entre K et Ca uniquement et en respectant les proportions K+ Ca = 87.2 % soit:

$$K = 9.35 \times \frac{3}{39.6 + 4} = 4.25 \text{ méq/l}$$

$$Ca = 9.35 \times \frac{4}{39.6 + 4} = 5.10 \text{ méq/l}$$

Tous les résultats sont reportés dans les tableaux suivants:

**Tableau 07:** Composition de l'eau de Blida pH = 7.8 **Tableau08:** Eau de Blida transformée en solution nutritive de base à pH = 5,8

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	00	0.80	0.60	
K+					0
Na+					1.30
Ca <sup>++</sup>					2.80
Mg <sup>2++</sup>					1.80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>					00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>					4.08
Total	0.35	00	0.80	0.60	

Expérimentation

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	00	0.80	0.60	
K+	3,55		0,70		4,25
Na+					1,30
Ca <sup>++</sup>	2,30				5,10
Mg <sup>2++</sup>					1,80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,80				1,80
H <sup>+</sup>	2,20	1,10			3,30
Total	10,20	3,30	1,50	0.60	

Matériel et méthodes

La solution nutritive été élaborée à base de solution mère de macroéléments puis dilué au moment de la préparation de la solution (prête à l'utilisation). Un certain

ordre de dissolution est respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci 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 lieu, nous avons rajouté une solution d'oligoéléments composée des deux solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par Coic et Lesaint (Auder et Warrence ; 2002).

La solution nutritive de base renferme aussi des Oglio – éléments. Le fer est apporté à raison de 5 ml / l de solution de concentration 2g/l de séquestréne de fer. Les autres Oglio – éléments contenant le Molybdate d'ammonium (0,5 g / l), l'acide borique (15 g / l), le sulfate de manganèse (20 g / l) et le sulfate de cuivre (2,5 g / l) + sulfate de zinc (10 g / l) sont apportés à raison de 0,1 ml / l.

Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

## 7. Entretien de la culture

### 7.1. L'irrigation

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation à circuit ouvert permettant l'éventuel excès d'eau.

Il est important de noter qu'il est recommandé de connaître les besoins journaliers en eau de la culture, afin de pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive. Le tableau suivant montre les doses et les fréquences apportées pendant la période de l'expérimentation

**Tableau N°09:** Doses et fréquences nécessaires pour la culture du concombre

Culture du concombre	Stade végétatif	La dose d'irrigation	La fréquence
Date			
12.01.2013 au 17.03.2013	Germination au début floraison	20ml	1 fois / jours
17.03.2013 à Expérimentation	Début floraison au plein floraison	70ml	2 fois / jours
	Plein floraison à la récolte	120ml	
		Matériel et méthodes	

### 7.2. Les traitements phytosanitaires

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs pour écarter toute attaque cryptogamique ou d'insectes nuisibles contre les plantes selon le modèle suivant :

**Tableau N°10:** Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance

Dates	Produit	Matière active	Désignation	Dose	Fréquence
06.02.2013	Duresban	Chorpyriphos-éthyle (50g/kg)	Traitement préventif contre les insectes	3 g / l	1 fois/semaine
09.02.2013	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les maladies cryptogamiques	3 g / l	1 fois/semaine

### 7.3. Le tuteurage

Nous avons remarqué au moment de l'expérimentation que les plantes avaient tendance à se courber. La mise en place des tuteurs était nécessaire pour maintenir les plants dressés.

### 7.4. L'ébourgeonnage

Cette opération consiste à supprimer les bourgeons axillaires se développant à l'aisselle des feuilles.

L'ébourgeonnage a été effectué régulièrement sur les deux variétés de concombre au cours de sa croissance et son développement végétatif car une conduite à un seul bras est préconisée.

## 8. Les paramètres biométriques étudiés

Des mesures biométriques ont été réalisées sur les plantes (ou prélèvement) pour les deux variétés au moment de la coupe finale effectuée le 21/04/2013 soit 110 jours après le repiquage.

Egalement en cours de la culture, d'autres paramètres ont été mesurés :

### 8.1. Paramètres morphologiques

#### 8.1.1. La vitesse de croissance

Le principe consiste à diviser la hauteur des plants de chaque traitement par le nombre de jours, correspondant à chaque mesure. Elle est exprimée en cm / jour.

#### 8.1.2. La hauteur finale des plantes

Les hauteurs sont mesurées périodiquement et ce tous les 07 jours, en centimètre (cm) du collet jusqu'à l'apex. Les valeurs des hauteurs finales sont mesurées au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée.

### **8.1.3. Diamètre des tiges**

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges à l'aide d'un pied à coulisse et ce au niveau de tous les plants pour les deux variétés

### **8.2. La biomasse fraîche produite**

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance de précision et ce au niveau de tous les plants. Les pesées ont porté sur:

- Poids frais total : (tiges + feuilles) en g.
- Poids frais des tiges en g.
- Poids frais des feuilles en g.

### **8.3. La biomasse sèche produite**

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges, des feuilles, des racines et des fruits, de chaque traitement et pour chacun des plants et ce dans une étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec:

- Poids sec total : tiges + feuilles en g.
- Poids sec des feuilles en g.
- Poids sec des tiges en g.

### **8.4. Le taux de matière sèche**

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage [%] et qui est calculé comme suit:

$$\% \text{ MS} = (\text{poids sec} / \text{poids frais}) \times 100 = \text{taux de matière sèche}$$

- Taux de matière sèche des feuilles en [%].
- Taux de matière sèche des tiges en [%].
- Taux de matière sèche total (feuilles+tiges).

### **8.5. Paramètres de production**

**a). Nombre des fleurs**

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant au moment du prélèvement et par traitement.

**b). Nombre de fleurs nouées**

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant à chaque traitement au moment du prélèvement.

**8.6. Mesure de l'indice foliaire**

L'indice foliaire est le rapport entre la surface totale des feuilles d'une plante sur la surface de plantation de celle-ci. Le but de cette mesure est de déterminer l'influence de la modalité de fertigation sur le développement des plantes en terme de l'évolution de la surface foliaire.

Une feuille de concombre a presque la forme d'un hexagone. Pour calculer l'indice foliaire d'une plante de concombre, on mesure la longueur et la largeur du côté du sommet pour chaque feuille verte (Parcevaux et Catsky, 1970). On fait la somme des surfaces et on multiplie par un coefficient (0,9) puis on divise par la surface de plantation (Akl, 1996). Cette mesure non-destructive a été effectuée le 110 jours après semis.

**8.7. Estimation du rendement**

Le rendement est la somme cumulée de la production de concombre pesée au cours de la saison, pour chaque traitement. La mesure du rendement permet de vérifier s'il existe une certaine relation entre le rendement et le stade végétatif des plantes (températures cumulées). Cette mesure sert aussi à comparer le rendement des différents traitements. La récolte a été faite au moment de la coupe par traitement et par plant soit pour les deux variétés.

**9. Dosage des paramètres physiologiques****9.1. Dosage de la chlorophylle**

L'extraction de la chlorophylle a et b est réalisé selon la méthode de Francis et al (1970). La méthode d'extraction consiste en une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boites noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière). Après 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre (UV), à deux longueurs d'ondes : (645 et 663

nm). La détermination des teneurs réalisée selon les formules

- Chl a ( $\mu\text{g/g MF}$ ) =  $12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,59 \times \text{DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W)$ .
- Chl b ( $\mu\text{g/g MF}$ ) =  $22,9 \times \text{DO}_{(645)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W)$ .
- Chl c ( $\mu\text{g/g MF}$ ) =  $[1000 \times \text{DO}_{(470)} - 1,7 \times \text{Chl a} - 63,14 \times \text{Chl b}] / 214$

V : volume solution extraite et W le poids de matière fraîche de l'échantillon

#### 10. Détermination de l'extrait sec

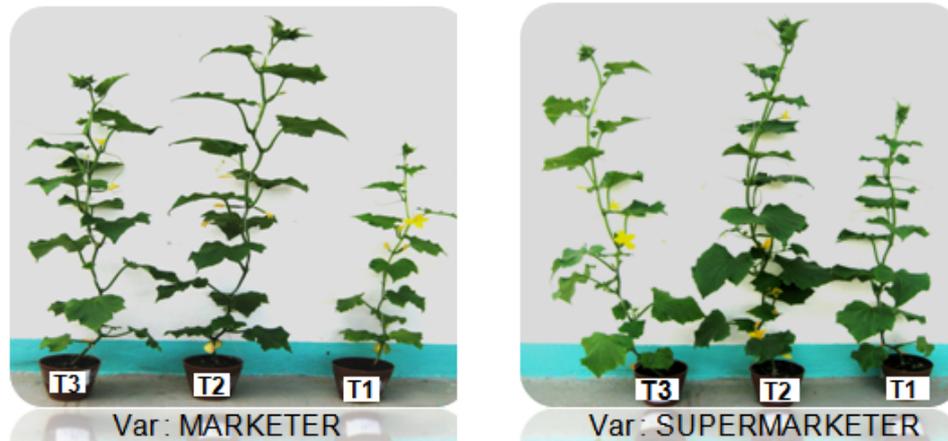
On opérant cette dessiccation (à 70°C) jusqu'à la stabilité du poids sec. On obtient des produits en apparence secs,

Ramener la valeur obtenue à celle du produit totalement desséché, ce qui revient à la réduire de 1/10<sup>ème</sup> de la valeur.

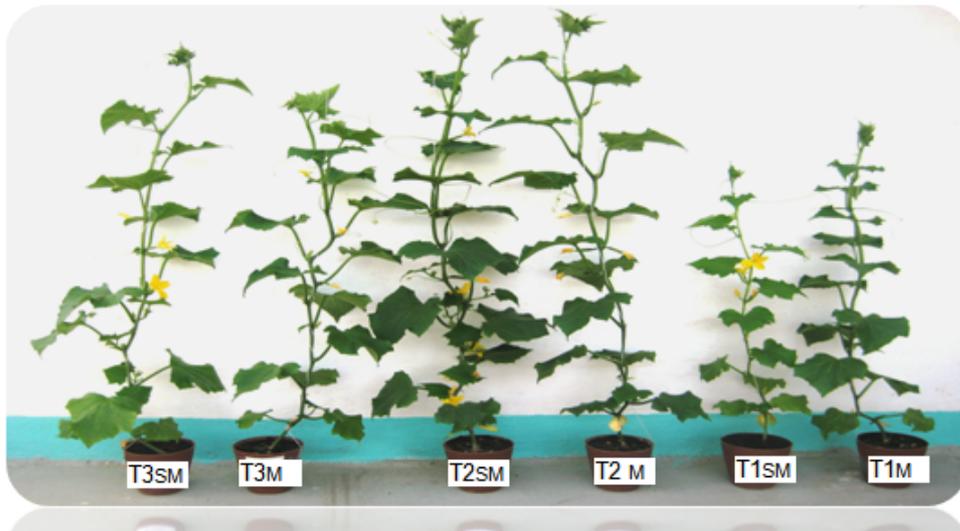
Paramètre	La valeur
Capsule vide (tare)	
Tare + échantillon frais	
Tare + échantillon sec	
Extrait sec primaire	
1/10 <sup>ème</sup>	
Extrait sec secondaire	

## 2. Paramètres de croissance

2.1. Aspect général des plantes : L'aspect général des plantes des deux variétés du concombre « MARKETER » et « SUPERMARKETER » est représenté dans les figures 07 et 08.



**Figure N°07** : Aspect général des plantes des deux variétés du concombre

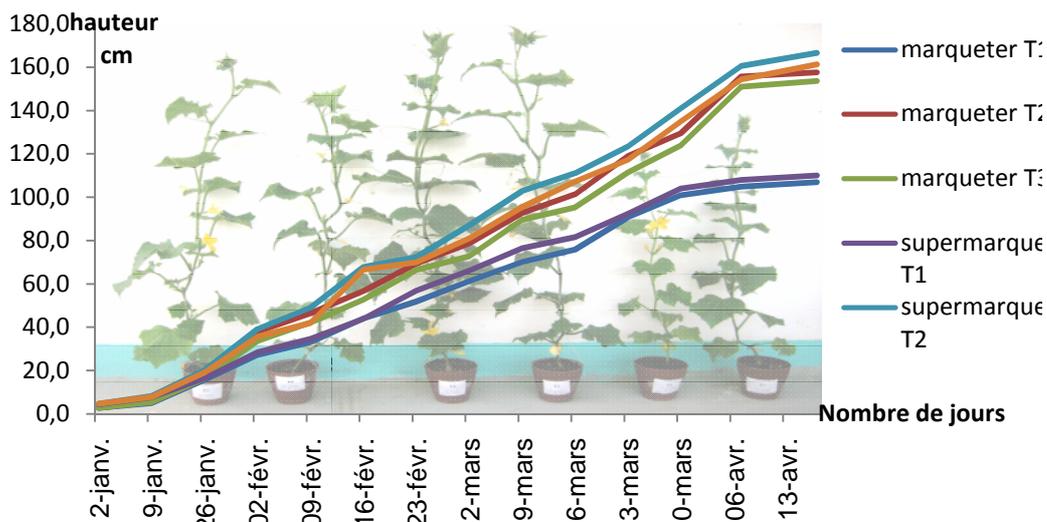


**Figure N°08** : La comparaison des plantes entre traitements

L'effet des traitements est bien apparu durant toute notre expérimentation. La distinction du comportement des plantes vis-à-vis des différents traitements se reconnaît facilement à la première observation les deux variétés.

Les plantes irriguées par l'eau de robinet du Blida (T1) se manifestent par une couleur jaunâtre, une taille chétive et avec un nombre réduit de feuilles et de fleurs durant tout le cycle de développement. Par contre les plantes dont la solution nutritive est intercalée entre le cycle d'irrigation des plantes tous les trois jours (T2) et tous les six jours (T3) manifestent une croissance et un développement meilleur.

## 2.2. La vitesse de croissance des plantes



L'évolution de la croissance des plantes après l'application des différents traitements. Les mesures ont été prélevées hebdomadairement.

La figure N°09, montre que la vitesse de croissance des différents traitements passe par trois phases distinctes.

La première phase débute du (12/01/2013) jusqu'au (20/01/2013) est cela pour les deux variétés et pour l'ensemble des traitements. Cette phase se traduit par un ralentissement de la croissance qui peut être expliquée par la période d'adaptation des jeunes plantules dans les milieux nutritifs correspondants.

La deuxième phase du (20/01/2013) au (30/03/2013) pour les plantules irriguées par l'eau de robinet (T1) des deux variétés et au (13/04/2013) pour les plantes irriguées par le (T2) et le (T3) ou on constate une vitesse de croissance très importante au niveau de ces deux traitements précités. Ceci est dû à la richesse des milieux en éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes, ainsi que leur équilibre ionique parfait. A l'inverse, le traitement correspondant à l'irrigation par l'eau de robinet (T1), les deux variétés manifestent une vitesse de croissance faible car le milieu s'est appauvri en fonction de l'augmentation de la croissance des plantes jusqu'au (30/03/2013).

Une troisième phase apparaît et où la vitesse de croissance est trop faible car les besoins en éléments nutritifs ne sont pas satisfaits. Par ailleurs, les courbes relatives aux (T2 et T3) des deux variétés présentent un début d'une troisième phase qui coïncide la fin du cycle est cela à partir du (13/04/2013) se traduisant par une réduction de la vitesse de croissance des plantes.

### 1.3 - Hauteur finale des plantes [cm]:

Les hauteurs finales des plantes ont été prélevées au moment de la coupe finale. Les résultats sont présentés dans le tableau 11:

**Tableau N° 11** : Hauteur finale des plantes en (cm):

TRAITEMENT	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Hauteur finale des plantes	111.	157.	153.	116	166.	161.
	0	7	7	±1.4	6	3
	±1.3	±2.5	±2.1	1	±3.5	±2.1
	3	8	1	e	7	6
	f	c	d		a	b

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative ( $P < 0,001$ ) du facteur traitement sur le paramètre mesuré. Les résultats obtenus durant la coupe finale montre qu'il y a une augmentation de la hauteur des plantes irriguées par le traitement (T2) et (T3) et ce par rapport aux plantes irriguées par l'eau de Blida (T1) uniquement et ce quelque soit la variété.

La hauteur finale la plus élevée est enregistrée au niveau du traitement (T2) du SUPERMARKETER, suivi par (T3) de la même variété et (T2, T3) du MARKETER respectivement. Ceci peut s'expliquer par la richesse du milieu en éléments fertilisants apportés par la solution nutritive au moment des irrigations tels que l'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments sous forme soluble et notamment l'équilibre ionique parfait des deux milieux (T2) et (T3).

Le test de Newman-Keuls ( $\alpha = 5\%$ ) classe les traitements testés en six groupes homogènes à savoir (a, b, c, d, e, f).

A l'inverse, les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement donnent les hauteurs les plus faibles chez les deux variétés testées et ce en raison du déficit en éléments majeurs utiles et en oligo-éléments.

Ces carences en éléments minéraux provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles de fonction de la plante, entraînant aussi un ralentissement et un retard de croissance avec des symptômes de nanisme et de rabougrissement des plantes.

Des résultats similaires ont été confirmés par Lajili(2009) où il a montré que les éléments minéraux doivent être fournis à la plante à des doses bien déterminées

pour assurer une croissance optimale de la plante et éviter les maladies par carence ou par excès.

#### 1.4 - Diamètre des tiges:

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans le tableau 11 :

**Tableau N° 12:** Diamètre moyen des tiges en (mm):

TRAITEMENT	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Diamètre des tiges	6.2 ± 0.63 bc	6.7 ± 0.67 b	6.6 ± 0.52 b	5.7 ± 0.67 c	7.3 ± 0.67 a	6.4 ± 0.70 b

L'analyse de la variance nous renseigne qu'il existe une différence significative ( $P < 0,001$ ) du facteur traitement sur le paramètre mesuré. Les mesures effectuées ont montré que les traitements (T2 et T3) enregistrent une augmentation du diamètre par rapport au traitement (T1) chez les deux variétés. Le diamètre le plus élevé est enregistré au niveau du traitement (T2) pour la variété SUPERMARKETER avec une valeur de 7.3mm.

Le test de Newman-Keuls ( $\alpha = 5\%$ ) classe les traitements testés en quatre groupes homogènes (a), (b), (c) et (bc). Le diamètre le plus faible est celui des plants alimentés par le (T1) au niveau de la variété SUPERMARKETER et qui est égal à 5.7 mm.

L'accroissement des tiges est sous l'influence de l'azote et du potassium, qui agissent sur les cellules méristématiques notamment sur les méristèmes secondaires. Les carences en éléments essentiels entraînent inévitablement un ralentissement et un retard de croissance avec apparition de phénomène de plasmolyse aboutissant ainsi à la formation des tiges moins rigides et donc peu développées.

### 1.5 - Nombre de feuilles:

Durant l'expérimentation, les feuilles sont dénombrées pour chaque traitement des deux variétés afin de calculer la moyenne. Les résultats sont présentés dans le tableau 13.

**Tableau N° 13:** Nombre de feuilles des plantes des deux variétés du concombre

:

TRAITEMENT	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Nombre finale des feuilles	21.8 ± 1.14 c	32.8 ± 1.03 a	27.4 ± 1.78 b	22.3 ± 1.49 c	31.7 ± 0.95 a	26.7 ± 1.34 b

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative pour ( $P < 0,001$ ) du facteur traitement sur le nombre de feuille par plante.

Pour ce qui est du nombre de feuilles, les meilleures valeurs sont enregistrées par le traitement (T2) quelque soit la variété.

Le test de Newman-Keuls ( $\alpha = 5\%$ ) classe les traitements testés en trois groupes homogènes (a), (b) et (c) chaque traitement des deux variétés dans le même groupe ce qui implique que les deux variétés réagissent de la même manière vis-à-vis les différents traitements utilisés. Le nombre de feuilles le plus faible est enregistré chez les plants de la variété MARKETER et qui sont alimentés par l'eau de Blida (T1) avec un nombre de 21.8 feuilles car ce traitement n'a pas fourni les éléments nutritifs essentiels.

Des résultats similaires ont été confirmés par Lajili (2009) où il a montré que l'azote (N); le phosphore (P); le soufre (S) et le potassium (K), sont nécessaires à la plante à des doses variantes. Ce sont les macroéléments qui entrent dans la composition des organes de la plante et dans le fonctionnement des cellules.

### 3.6. Poids frais total (feuille+tige) en(g)

Les pesées des organes végétaux sont effectuées au même temps que la coupe finale. Elles ont été pratiquées par plante, par traitement et par variétés.

**Tableau N° 14:** Poids frais total de concombre :

Traitements	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Poids frais des feuilles	60.47 ±3.13 c	76.97 ±3.62 a	62.95 ±3.97 b	58.65 ±4.17 c	78.10 ±3.60 a	66.09 ±2.55 b
Poids frais des tiges	48.83 ±1.98 c	60.41 ±2.51 a	54.74 ±2.19 b	44.77 ±2.15 e	60.20 ±2.65 a	53.86 ±1.45 b
Poids frais total	109.31 ±1.61 c	137.40 ±1.99 a	117.70 ±3.28 b	103.4 1 ±2.87 c	138.31 ±1.58 a	119.90 ±1.71 b

ve

entre les différentes moyennes mesurées du poids frais des feuilles et des tiges. Ceci met en évidence l'influence des différents traitements testés sur le paramètre mesuré chez les deux variétés.

En outre, le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir trois (03) groupes homogènes. Le groupe (a) dominant et qui représente les moyennes mesurées chez les plantes qui ont reçu le traitement (T2), le groupe (b) celui du traitement (T3). De ce fait on peut dire que l'irrigation des plantes par une solution nutritive tous les trois jours (N/3) ou tous les six jours (N/6) intercalée entre les irrigations durant tout le cycle de développement a un effet bénéfique sur la croissance des plantes que ce soit la variété testée et ce durant tout le cycle végétatif, cela s'explique par la richesse du milieu en éléments nutritifs et par l'équilibre parfait favorisant le développement des plantes.

Le troisième groupe (c) représente les plantes irriguées par l'eau de Blida uniquement (T1) et qui enregistrent une régression du paramètre mesuré de 20.44% et 25.23% du poids frais total par rapport aux plantes irriguées par les traitements (T2) et (T3) respectivement. Cette diminution de la biomasse fraîche totale est une réponse au déficit des éléments nutritifs qui contribue donc à la conservation des ressources alimentaires, ce qui permet la survie des plantes.

Yelle (2006) confirme que les éléments minéraux doivent être fournis à la plante à des doses et périodes bien déterminées pour assurer une croissance optimale de la plante et éviter les maladies par carence ou par excès.

### 3.7. Poids sec total, feuille et tige en (g)

Le poids sec total (feuilles + tiges) est obtenu par séchage des organes végétaux à l'étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec.

**Tableau N° 15:** Poids sec total, feuille et tige en (g)

Traitements	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Poids sec des feuilles	7.49 ±0.19 c	11.44 ±0.20 b	11.06 ±0.36 b	6.88 ±0.34 c	12.88 ±0.18 a	11.98 ±0.19 a
Poids sec des tiges	5.62 ±0.41 c	6.24 ±0.37 a	6.00 ±0.39 b	5.34 ±0.45 c	6.65 ±0.37 a	6.06 ±0.26 b
Poids sec total	13.11 ±0.53 c	17.68 ±0.47 a	17.06 ±0.53 a	12.22 ±0.65 c	17.53 ±0.47 a	15.04 ±0.37 b

Les résultats obtenus révèlent que les traitements testés ont une influence significative sur la production de la biomasse sèche totale durant le cycle de développement quelque soit la variété testée.

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir trois groupes homogènes (a, b et c). Le poids sec le plus important est observé chez la variété MARKETER au niveau du groupe (a). Le groupe (c) représenté par le traitement (T1) représente la plus faible valeur par apport au (T2) et (T3) qui est représenté par le groupe (b). La différence entre les poids sec est cependant moindre entre les traitements (T2) et (T3) quelque soit la variété testée, par contre une différence remarquable est observée entre les traitements précédents et le traitement (T1) pour les deux variétés testées, ce qui indique bien une teneur en eau moindre au niveau de ce dernier par rapport aux autres traitements.

**3.8.** Taux de matière sèche totale, feuille et tige [%] :les résultats de ce paramètre sont obtenus par le calcul suivant :

$$\text{La matière sèche totale [\%]} = \frac{\text{Poids sec total du plant}}{\text{Poids frais total du plant}} \times 100$$

**Tableau N° 16:** taux de matière sèche en [%] :

Traitements	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Taux de matière sèche des feuilles	20.65 ±0.01 b	14.87 ±0.01 e	17.57 ±0.01 d	21.07 ±0.0130 a	13.93 ±0.01 f	18.12 ±0.01 c
Taux de matière sèche des tiges	11.51 ±0.01 b	10.33 ±0.01 f	10.97 ±0.01 e	11.93 ±0.01 a	11.04 ±0.01 d	11.25 ±0.01 c
Taux de matière sèche total	16.56 ±0.07 a	12.87 ±0.04 e	15.04 ±0.11 d	15.79 ±0.16 b	12.67 ±0.02 f	14.50 ±0.05 c

Le tableau ci-dessus montre que la variété SUPERMARKETER présente un taux de matière sèche élevé au niveau des feuilles et les tiges par rapport à la variété MARKETER. Les plantes irriguées par l'eau de Blida manifestent un taux de matière sèche total plus élevé par rapport aux autres traitements suite à une sécheresse précoce et à la dessiccation prématurée des feuilles à cause d'un déficit en éléments nutritifs. A l'inverse les plantes irriguées par la solution nutritive apportée tous les trois jours (N/3) et tous les six jours (N/6) manifestent un taux de matière sèche totale moindre car ces plantes sont plus riches en eau ce qui donne une rigidité importante aux tissus aériennes.

En effet, le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir six groupes homogènes. Le groupe (a) et (b) représentent les moyennes mesurées chez les plantes irriguées par l'eau de Blida (T1) suivit par le traitement (T3) représenté par les groupes (c) et (d) et enfin le traitement (T2) est classé dans le groupe (e) et (f) pour les deux variétés. Il est également important de noter que la présence des ions sodique ( $\text{Na}^+$ ) liés aux chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et aux sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dans la solution diminue le taux de la matière sèche des feuilles.

#### 4. Quantité de la chlorophylle [ $\mu\text{g/g MF}$ ]:

Tableau N° 17 : Quantité de la chlorophylle [ $\mu\text{g/g MF}$ ]:

Traitements		MARKETER			SUPERMARKETER		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3
Début floraison	Chlorophyll e «A»	1.192 $\pm 0.007$ c	1.493 $\pm 0.014$ a	1.319 $\pm 0.005$ b	1.258 $\pm 0.079$ c	1.450 $\pm 0.108$ b	1.340 $\pm 0.094$ a
	Chlorophyll e « B »	0.563 $\pm 0.008$ cd	0.740 $\pm 0.00$ a	0.677 $\pm 0.055$ ab	0.495 $\pm 0.028$ de	0.612 $\pm 0.061$ bc	0.442 $\pm 0.046$ e
	Chlorophyll e « C »	4.641 $\pm 0.018$ e	5.878 $\pm 0.027$ a	5.194 $\pm 0.018$ c	4.799 $\pm 0.133$ d	5.677 $\pm 0.031$ b	5.197 $\pm 0.086$ c
Plein floraison	Chlorophyll e « A »	0.517 $\pm 0.021$ d	0.841 $\pm 0.018$ a	0.662 $\pm 0.002$ b	0.597 $\pm 0.004$ e	0.862 $\pm 0.006$ a	0.644 $\pm 0.002$ b
	Chlorophyll e « B »	0.247 $\pm 0.003$ d	0.403 $\pm 0.017$ a	0.365 $\pm 0.008$ b	0.147 $\pm 0.010$ e	0.394 $\pm 0.027$ a	0.293 $\pm 0.003$ c
	Chlorophyll e « C »	2.022 $\pm 0.011$ f	3.283 $\pm 0.065$ b	2.587 $\pm 0.007$ c	2.248 $\pm 0.004$ e	3.372 $\pm 0.004$ a	2.504 $\pm 0.007$ d

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes moyennes mesurées des quantités de la chlorophylle (a), (b) et (c) au niveau des deux variétés testées au début floraison. Par contre, à la pleine floraison l'effet est remarquable. Le même test montre qu'il existe une différence hautement significative entre les traitements testés chez les deux variétés et au niveau des deux stades.

Les résultats montrent que les trois traitements des deux variétés une chute des teneurs en chlorophylle (A), (B) et (C) dans le temps.

En ce qui concerne la teneur en chlorophylle (B), on peut dire qu'elle est plus importante chez la variété MARKETER que chez la variété SUPERMRKETER.

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir trois groupes homogènes pour chaque variété. Le groupe (a) et (b) qui forme le traitement (T2) des deux variétés le MARKETER et le SUPERMARKETER respectivement pour les différentes classes de chlorophylle et pour les deux stades étudiés cela est dû au milieu favorable et le bon équilibre ionique de la solution. Le groupe (c) et (d) constituent le traitement (T3) et le groupe (e) et (f) représentent les plants irrigués par

l'eau de Blida (T1) et qui manifeste la quantité la plus faible quelque soit le type de chlorophylle et le stade étudié chez les deux variétés.

Aussi, des travaux similaires de Parida et Das ont montré que la diminution de l'activité photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- ✓ La déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO<sub>2</sub>,
- ✓ La réduction de l'approvisionnement en CO<sub>2</sub> à cause de la fermeture hydroactive des stomates,
- ✓ Le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique.

## 5. Les paramètres de rendements

**4.3. Floraison, Production de fruits et taux d'avortement :** La Floraison, Production en fruits et le taux d'avortement ainsi l'estimation du rendement sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau N° 18 :** Les paramètres de rendement de concombre.

Traitement		MARKETER			SUPERMARKETER		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3
Floraison	Fleur Male	10.9 ±0.88 c	15.0 ±1.66 a	13.8 ±1.62 b	9.4 ±0.70 c	13.6 ±1.07 a	12.5 ±0.94 b
	Fleur femelle	7.7 ±0.67 c	12.4 ±1.07 a	11.6 ±1.35 b	8.0 ±0.82 c	12.4 ±1.77 a	11.6 ±1.81 b
Nombre de fruits par plante		2.4 ±0.52 c	9.3 ±0.67 a	8.9 ±0.88 b	2.7 ±0.82 c	10.2 ±0.63 a	9.1 ±0.47 a
Taux d'avortement (%)		68.8 ±6.71 a	25.0 ±5.42 b	23.3 ±7.53 b	75.0 ±10.29 a	17.7 ±5.10 b	21.6 ±6.35 b
Estimation de la production g		324.3 ±9.79 c	1942.8 ±29.81 a	1643.8 ±78.08 b	169.9 ±8.08 c	2385.2 ±11.07 a	1965.0 ±0.94 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative de l'effet traitements sur les différents paramètres étudiés par contre le même test ne présente aucune différence significative entre les variétés testées. Ainsi, le test de Newman et Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  indique la présence de trois groupes homogènes

pour les deux variétés testées. Le groupe (a) constitué des plantes irriguées par la solution nutritive apportée tous les trois jours (N/3) ou on enregistre les valeurs les plus performantes dans l'ensemble des paramètres testés suivi par le groupe (b) qui est représenté par les plantes irriguées par la solution nutritive apportée tous les six jours (N/6) ou on enregistre des valeurs approximatives à celles du (T2), par contre le traitement(T1) présente des valeurs faibles dans l'ensemble des paramètres testés. La floraison des plantes a débuté le 23/03/2013 soit 78 jours après semis et la pleine floraison après une semaine pour les deux variétés.

Selon les résultats obtenus, le nombre de fleurs sont plus élevé au niveau des plantes irriguées par le traitement(T2) des deux variétés que chez les autres traitements, On note aussi, que les premières fleurs qui sont apparues étaient observées au niveau des plantes alimentées par le traitement (T2) et (T3).Ceci est dû à la présence de l'élément phosphore à une teneur maximale. D'après Vilain (1987), le phosphore régularise la mise à fleurs ainsi que la mise à fruits, donc on peut dire que le phosphore est un facteur de précocité et de qualité.

Pour le paramètre de la production, le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir trois groupes pour les deux variétés. Le groupe (a) dominant au niveau du traitement (T2) car les plantes trouvent un milieu riche en éléments nutritifs nécessaires à leur développement. Le groupe (b) représente le traitement (T3) et le groupe (c) représenté par le traitement (T1) qui donne une faible production avec une chute de (75%) et (73%) chez le MARKETER et le SUPERMARKETER respectivement par rapport au traitement (T2)et de (73.03%) et (70.32%) par rapport au (T3)ce qui explique bien l'effet de l'incorporation d'une solution nutritive et sa fréquence sur la floraison et la fructification.

Les résultats du taux d'avortement ont été élaborés à base du comptage du nombre des fleurs totales et du nombre de fruits par plante et par traitement. Le taux d'avortement été plus élève chez le MARKETER que le SUPERMARKETER au niveau de (T2) et (T3) par contre au niveau du (T1) le taux d'avortement est plus affecté chez le SUPERMARKETER cela peut s'expliquer d'une part par le fait que la variété du SUPERMARKETER est plus exigeante aux éléments nutritifs et de l'autre part, les basses températures qui pourraient agir négativement sur le phénomène. Cette observation est similaire à celle notée par Chaux et Foury(1994) qui ont montré que les températures diurnes supérieures à 30°C sont défavorables à

la floraison et à la fécondation. A l'inverse la chute des températures (inférieures à 15°C) provoque l'avortement de boutons floraux.

Les résultats de l'estimation du rendement montrent que l'effet des traitements manifeste une action très remarquable sur le paramètre mesuré. L'estimation du rendement est plus abondante au niveau du SUPERMARKETER cela est dû à l'effet variétale.

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir trois groupes homogènes pour les deux variétés, le plus dominant est le (T2) suivi par (T3) enfin le (T1) avec la plus faible production et ce quel que soit variété testée.

Yelle (2006) souligne que les récoltes de concombre ou de melons peuvent être prolongées par une fertigation des plants, comme elle relance les plants et stimule une deuxième floraison.

## 5. Paramètres de qualité

**5.1. Calibre des fruits :** Les calibres des fruits des deux variétés du concombre sont représentés dans le tableau 19.

**Tableau N°19 :** Répartition du calibre des fruits du concombre

Traitement	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Langueur des fruits	14.4 ±2.01 c	19.1 ±1.15 b	18.4 ±2.20 b	10.9 ±1.29 d	20.7 ±.67 a	18.2 ±2.49 b
Diamètre des fruits	31.8 ±2.04 b	42.4 ±1.90 a	40.9 ±2.18 a	27.7 ±3.69 b	45.4 ±4.70 a	44.2 ±3.16 a

Selon les résultats illustrés dans les tableaux 18, nous remarquons que l'eau de Blida affecte négativement le calibre des fruits des deux variétés du concombre testées. Les gammes produites au niveau de ce traitement ont les longueurs et les diamètres les plus faibles par rapport aux autres traitements (T2) et (T3). Les résultats obtenus révèlent que le calibre des fruits du SUPERMARKETER est meilleur par rapport au MARKETER pour les deux paramètres mesurés cela est dû aux caractères variétales de l'espèce.

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir trois groupes homogènes pour les deux variétés, le plus dominant est le (T2) suivi par (T3) enfin le (T1) avec la plus faible calibre pour les deux variétés testées cela peut être expliqué par le manque de potassium dans le milieu

Des observations similaires ont été notées par Yelle (2006) où ils rapportent que l'apport de potassium en fertigation a un impact positif sur la qualité des cucurbitacées

### 5.2. Extrait sec des fruits [%]

**Tableau N° 20** : L'extrait sec des fruits du concombre (%)

Traitement	MARKETER			SUPERMARKETER		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
l'extrait sec (%)	4.14 ±0.14 f	6.14 ±0.02 c	5.34 ±0.60 d	5.66 ±0.02 e	8.51 ±0.18 a	6.87 ±0.02 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différentes moyennes mesurées d'extrait sec des fruits. Ceci met en évidence l'influence des différents traitements testés sur le paramètre mesuré chez les deux variétés.

Le tableau ci-dessus montre que l'extrait sec des fruits du concombre est plus élevé chez le SUPERMARKETER, ou on enregistre les valeurs les plus élevées au niveau du (T2) : 8.51 (%) suivi par (T3) : 6.87 enfin (T1) : 5.66, le même classement des traitements chez le MARKETER.

## Conclusion

---

Le but recherché à partir de ce travail est de comparer les réponses physiologiques de deux variétés de concombre MARKETER et SUPERMARKETER cultivées en pots vis-à-vis une irrigation par l'eau de Blida et une irrigation par une solution nutritive intercalée dans le cycle d'irrigation de l'espèce, à savoir tous les trois jours et tous les six jours et ce durant tous le cycle de développement de la plante.

Les résultats obtenus au cours de ce travail montrent que les plantes des deux variétés alimentées par l'eau de Blida uniquement présentent les résultats les plus faibles au niveau de tous les paramètres physiologiques et métaboliques étudiés. Cependant, les deux variétés ne sont pas affectées de la même manière. En effet, nous avons observé que le type d'incorporation de la solution nutritive et sa fréquence s'expriment par une amélioration des paramètres de croissance, de la vitesse de croissance, du poids frais, et du poids sec (feuilles, tiges). A l'inverse les taux de la matière sèche (feuilles, tiges) présentent des proportions les plus bas par rapport à l'irrigation par l'eau de Blida ceci en raison de la teneur en eau et une biomasse fraîche massive au niveau des plantes alimentées par les traitements (T2) et (T3) et cela compte tenu la richesse des minéraux nutritifs.

Les teneurs en chlorophylles **a**, **b** et **c** sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le comportement des plantes des variétés MARKETER SUPERMARKETER vis-à-vis les traitements testés. Les plantes irriguées par l'eau de Blida ont montré des taux de réduction de la chlorophylle **c** variant de 38.41% à 33.33% par rapport au (T2) quelque soit la variété. Par contre les plantes irriguées par les traitements (T2) et (T3) présentent des réductions très faibles correspondes à la fin du cycle végétatif, Comme montre un effet bénéfique sur les paramètres précédemment signalés et ce durant tous les stades de développement étudiés. En effet, nous avons obtenu des plantes vigoureuses avec des biomasses massives, une précocité et une production en fruits qui est importante quantitativement et qualitativement.

L'irrigation par les traitements (T2) et (T3) a donné des résultats presque similaires.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite du concombre sous serre et en plein champ. Pour cela, il est souhaitable d'approfondir ces recherches afin de les pratiquer à grande échelle.

## Références bibliographiques

**Anonyme, 2006** : Rapport de ministère de l'agriculture, les statistiques agricoles, série « B ». 59p

**Anonyme, 2013** : Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information. pp75.

**AUDER N. et WARRENCE R., 2002** : Nutrition hydrominérale des cultures légumières. *Infos CTIFL*, 1996, n°121, 35-39.

**BAEYENS J., 1967** : Nutrition des plantes de culture ; éditions Nauwelaert. 285p

**BRAJEUL M., JAVOY M., PELLETIER B., LETARD M., 2001** : Le concombre. Ctil éditions, 349PP.

**BRUN R. et SETTEMBRINE A., 1994** : Roses hors sol sous serre : gestion de la nutrition minérale et hydrique P.H.M, *Revue Horticole*. N° 345. pp. 25-29.

**BRUN R., 1989** : Maitrise de la nutrition des cultures florales en hors sols sur substrat inerte. The Pennsylvanian state University Presse, 277 p.

**BUSSARD L., 1996** : *Traité de Botanique Systématique*, vol. 2, Masson & Cie, 1960, p. 1280-97

**CHAUX C. et FOURY C., 1994**: Productions légumières, Tome III, Légumineuses potagères, Légumes fruits, Technique et Documentation – Lavoisier, Paris. 414p.

**CHAUX C., 1972** : Production légumière Ed. J.B. Bailliére. 300 p

**CHAUX C., 1994** : Production légumière: Légumineuses potagères, Légumes fruits », Tome 3 , Ed Tec et Doc, Lavoisier, 1994, 563p

**COIC Y. et LESANT C., 1983**: La nutrition minérale en eau de plantes horticulture avancée h, Document technique S.C.P.A, n °23, Versailles, 21p.

**COIC Y., 1984**: Les cultures sans sol. *Revue science et vie*, hors série n°146. pp 67-75.

**COIC Y., 1989** : Les oligo-éléments en agriculture et élevage. Ed : I.N.R.A. Paris. 114 p.

**CORINILLON P., 1985** : culture hors-sol", *Forum Graines de Chercheurs*, ENSAT. 165p.

**DSASI J.S., 2001** : Production légumière: Légumineuses potagères, Légumes fruits 563p.

**DUTHIL D., 1973** : Eléments d'écologie et d'agronomie, tome III. Exploitation et amélioration du milieu, emploi des facteurs de la production végétale, Ed J.B. 367p.

**ELMESHIRST E.S., 2006** : désinfection des solutions nutritives Compte rendu d'essai, 8 p.

**ELTEZ RZ., 2002**: effects of different EC levels of nutriment solution of greenlosse tomatos. *Growing. acta horticultrae*. Pp :573

**EMBERGER L., 1960** : *Traité de Botanique Systématique*, vol. 2, Masson & Cie, 1960,1280 p

**FAO, 1985**: Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper. n° 29. FAO, Rome Italy. 269p

## Références bibliographiques

**FAO, 2009** : Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Manuel de formation, GCP/NER/041/BEL Promotion de l'Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de Producteurs. 260p.

**HELLER R., 1977**: Physiologie végétale. Tome 1: nutrition. Ed Masson et CSI. 332 p.

**HERBST ST., 2001** : Le Compagnon du Food Lover Nouvel: Définitions globale de près de 6000 Nourriture, boisson et Conditions culinaires. Guide de cuisson Barron Hauppauge, NY: Educational Series Barron. 470p

**HO et ADAMS, 1994. in DEROUICHE B., 2011**: écophysologie du haricot (*phaseolus vulgaris*)variété djadida dans un environnement SALIN. mémoire de Magister, USD Blida, Pp.13-17

**JEANNEQUIN B., 1992** : « Les plastiques en agriculture », C.A.P. Revue horticole, 1992, pp 153-161

**KOLEV N., 1976** : Les cultures maraichères en Algérie, Tome I, légumes et fruits. Ed. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, pp145-161.

**LAFON J.P., Tharaud-Prayer, C., 1996**: Biologie des plantes cultivées h,Ed.2, Ed. Lavoisier Tec. Et Doc., Paris, 233p.

**LAJILI M., 2009** : Nutrition minérale des plantes, P.P.F. pp7-20

**LAUMONIER R., 1979**: Cultures légumières et maraichères, Tome III, Ed J.B Baillièrè, Paris, 1276p.

**LESAIN C., 1974**: Evaluation de la fertilisation et l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrées. Ed : Versailles. 118 p.

**LETARD M et PATRICIAE., 1995** : Maitrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol, Ed. C.T.I.F.L., Paris, 220p.

**LOUE A., 1986** : Les oligo-éléments en agriculture Ed : Agri-Nathan Internationale. Paris. 339 p.

**MARTINEZ S., 2000**: Recyclage des solutions nutritives en culture hors-sol h, Forum Graines de Chercheurs, ENSAT, Toulouse, pp145 - 152

**MORARD G., 1995**: LES cultures végétales en hors sol h, Pub. Agris, Paris, 301p

**Papadopoulos I., 1991**: Fertigation in Cyprus and some other countries of the Near East region. *Fertigation/Chemigation*. FAO, pp 67-82.

**PARIDA A.K., Das A.B., 2005**: Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp 324-349.

**SKIREDJ A., 2005**: Besoins des plantes en eau et en éléments nutritifs Fustigations : guide pour améliorer la production des cultures, Rabat, pp.1-9

**URBAN L., 1997**: l'Introduction à la production sous serre h, Maison Rustique, Paris, 180p.

## Références bibliographiques

**VILAIN M ; 1993** : Production végétale. (BOCKMAN et al, 1990). Vol 1, les composantes de la production. Ed : J.L.Baillière. Paris. 458 p.

**VILAIN M., 1996** : la production végétale, les composantes de la production. Tome 1 : techniques et documentation .Lavoisier, paris. 416p.

**VILAIN M., 1997** : la production végétale, les composantes de la production. Tome 2 : techniques et documentation .Lavoisier, paris. 443p.

**VITRE A., 2003** : Fondements & principes du hors-sol, Doc Vol 3. N° 12, pp 110-121.

**Yelle PE., 2006** : centre de référence en agriculture et agroalimentaire. Colloque sur l'irrigation. Québec. Pp340

Annexe 01 : hauteur finale des plantes.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR. TOTALE	29930.18	59	507.29	143.11 2677.68 3.66	0.0000 0.0000 0.0315	2.32	1.6%
	VAR. FACTEUR 1	770.41	1	770.41				
	VAR. FACTEUR 2	28829.63	2	14414.81				
	VAR. INTER F1.2	39.44	2	19.72				
	VAR. RESIDUELLE 1	290.70	54	5.38				

Annexe 02 : le diamètre des tiges.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR. TOTALE	36.98	59	0.63	0.04 13.12 3.85	0.83774 0.0000 0.0269	0.65	10.0%
	VAR. FACTEUR 1	0.02	1	0.02				
	VAR. FACTEUR 2	11.03	2	5.52				
	VAR. INTER F1.2	3.23	2	1.62				
	VAR. RESIDUELLE 1	22.70	54	0.42				

Annexe 03 : le nombre final des feuilles.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
COUPE FINALE	VAR. TOTALE	1144.18	59	19.39	1.62 299.19 1.99	0.2059 0.0000 0.1439	1.32	4.9%
	VAR. FACTEUR 1	2.82	1	2.82				
	VAR. FACTEUR 2	1040.53	2	520.27				
	VAR. INTER F1.2	6.93	2	3.47				
	VAR. RESIDUELLE 1	93.90	54	1.74				

Annexe 04 : poids frais total, feuilles et tiges du concombre.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Poids frais total	VAR. TOTALE	25722.22	59	435.97				
	VAR. FACTEUR 1	1373.97	1	1373.97	109.20	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	19926.97	2	9963.49	791.84	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	37.41.81	2	1870.91	148.69	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	679.46	54	12.58			3.55	3.0%
Poids frais des feuilles	VAR. TOTALE	13862.62	59	234.66				
	VAR. FACTEUR 1	924.41	1	924.41	192.66	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	9676.08	2	4838.04	1008.30	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	3003.03	2	1501.51	312.93	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	259.10	54	4.80			2.19	3.5%
Poids frais des Tiges	VAR. TOTALE	2194.94	59	37.20				
	VAR. FACTEUR 1	44.75	1	44.75	8.69	0.0047		
	VAR. FACTEUR 2	1830.02	2	915.01	177.76	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	42.20	2	21.10	4.10	0.0216		
	VAR. RESIDUELLE 1	277.96	54	5.15			2.27	4.2%

Annexe 05 : poids sec total, feuilles et tiges du concombre

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Poids frais total	VAR. TOTALE	268.30	59	4.55				
	VAR. FACTEUR 1	42.42	1	42.42	163.26	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	77.23	2	38.61	148.61	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	134.62	2	67.31	259.04	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	14.03	54	0.26			0.51	3.0%
Poids frais des feuilles	VAR. TOTALE	208.77	59	3.54				
	VAR. FACTEUR 1	45.94	1	45.94	318.03	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	37.89	2	18.95	131.16	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	117.14	2	58.57	405.50	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	7.80	54	0.14			0.38	3.5%
Poids frais des Tiges	VAR. TOTALE	14.08	59	0.24				
	VAR. FACTEUR 1	0.06	1	0.06	0.92	0.3444		
	VAR. FACTEUR 2	9.33	2	4.66	71.91	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	1.19	2	0.59	9.15	0.0004		
	VAR. RESIDUELLE 1	3.50	54	0.06			0.25	4.3%

Annexe 06 : taux de matière sèche totale, feuilles et tiges du concombre.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
taux de matière sèche totale	VAR. TOTALE	122.10	59	2.07				
	VAR. FACTEUR 1	0.31	1	0.31	38.22	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	116.95	2	58.48	7152.79	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	4.39	2	2.20	268.49	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	0.44	54	0.01			0.09	0.6%
taux de matière sèche des feuilles	VAR. TOTALE	424.76	59	7.20				
	VAR. FACTEUR 1	0.00	1	0.00	17.89	0.0001		
	VAR. FACTEUR 2	417.94	2	208.97	2355.00	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	6.81	2	3.41	38376.63	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	0.00	54	0.00			0.01	0.1%
taux de matière sèche des tiges	VAR. TOTALE	14.63	59	0.25				
	VAR. FACTEUR 1	3.31	1	3.31	37278.38	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	10.83	2	5.41	60900.20	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	0.48	2	0.24	2705.58	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	0.00	54	0.00			0.01	0.6%

Annexe 07: la quantité de la chlorophylle au début de la floraison.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Chlo « A »	VAR. TOTALE	21.86	17	1.29				
	VAR. FACTEUR 1	0.00	1	0.00	0.00	0.9546		
	VAR. FACTEUR 2	13.64	2	6.82	15.28	0.0006		
	VAR. INTER F1.2	2.86	2	1.43	3.20	0.0757		
	VAR. RESIDUELLE 1	5.36	12	3.20			0.67	5.0%
Chlo « B »	VAR. TOTALE	20.54	17	1.21				
	VAR. FACTEUR 1	9.26	1	9.26	57.26	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	7.20	2	3.60	22.26	0.0001		
	VAR. INTER F1.2	2.14	2	1.07	6.62	0.0116		
	VAR. RESIDUELLE 1	1.94	12	0.16			0.40	6.8%
Chlo « C »	VAR. TOTALE	344.47	17	20.26				
	VAR. FACTEUR 1	0.22	1	0.22	0.49	0.5048		
	VAR. FACTEUR 2	328.55	2	164.28	359.60	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	10.21	2	5.11	11.18	0.0019		
	VAR. RESIDUELLE 1	5.48	12	0.46			0.68	1.3%

Annexe 8: la quantité de la chlorophylle à la pleine floraison.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Chlo « A »	VAR. TOTALE	28.36	17	1.67				
	VAR. FACTEUR 1	0.35	1	0.35	22.20	0.0006		
	VAR. FACTEUR 2	27.08	2	13.54	851.94	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	0.73	2	0.37	23.10	0.0001		
	VAR. RESIDUELLE 1	0.19	12	0.02			0.13	1.8%
Chlo « B »	VAR. TOTALE	15.16	17	0.89				
	VAR. FACTEUR 1	1.66	1	1.66	81.46	0.0000		
	VAR. FACTEUR 2	12.59	2	6.30	308.58	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	0.66	2	0.33	16.07	0.0005		
	VAR. RESIDUELLE 1	0.24	12	0.02			0.14	4.6%
Chlo « C »	VAR. TOTALE	450.92	17	26.52				
	VAR. FACTEUR 1	2.69	1	2.69	36.55	0.0001		
	VAR. FACTEUR 2	440.15	2	220.08	2988.60	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	7.19	2	3.60	48.83	0.0000		
	VAR. RESIDUELLE 1	0.88	12	0.07			0.27	1.0%

Annexe 9: Floraison, Production de fruits et taux d'avortement du MARKETER:

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Floraison	VAR. TOTALE	346.60	59	5.87				
	VAR. FACTEUR 1	1.07	1	1.07	0.61	0.4444		
	VAR. FACTEUR 2	250.90	2	125.45	71.61	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	0.03	2	0.02	0.01	0.9900	1.32	12.4%
	VAR. RESIDUELLE 1	94.60	54	1.75				
Production	VAR. TOTALE	301852.12	59	5116.14				
	VAR. FACTEUR 1	1221.28	1	1221.28	0.62	0.4388		
	VAR. FACTEUR 2	163306.09	2	81653.05	41.69	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	31572.53	2	15789.27	8.06	0.0010	44.24	25.8%
	VAR. RESIDUELLE 1	105752.22	54	1958.37				
taux d'avortement	VAR. TOTALE	30811.10	59	522.22				
	VAR. FACTEUR 1	220.79	1	220.79	4.37	0.0392		
	VAR. FACTEUR 2	2777150	2	13885.75	274.64	0.0000		
	VAR. INTER F1.2	88.60	2	44.30	0.88	0.4250	7.11	19.2%
	VAR. RESIDUELLE 1	2730.20	54	50.56				

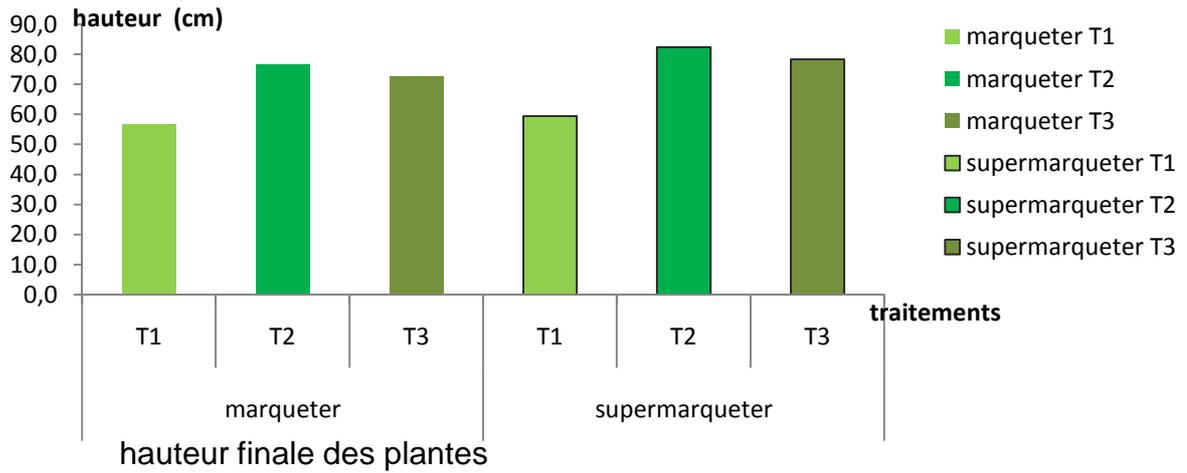
Annexe 10: calibre des fruits du concombre.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Langueur des fruits	VAR. TOTALE	802.33	59	13.60	2.61 90.63 11.09	0.1077 0.0000 0.0001	1.76	10.4%
	VAR. FACTEUR 1	8.07	1	8.07				
	VAR. FACTEUR 2	559.23	2	279.62				
	VAR. INTER F1.2	68.43	2	34.22				
	VAR. RESIDUELLE 1	166.60	54	3.09				
Diamètre des fruits	VAR. TOTALE	3168.18	59	53.70	0.76 126.78 9.30	0.3918 0.0000 0.0004	3.11	8.0%
	VAR. FACTEUR 1	7.35	1	7.35				
	VAR. FACTEUR 2	2457.23	2	1228.62				
	VAR. INTER F1.2	180.30	2	90.15				
	VAR. RESIDUELLE 1	523.30	54	6.69				

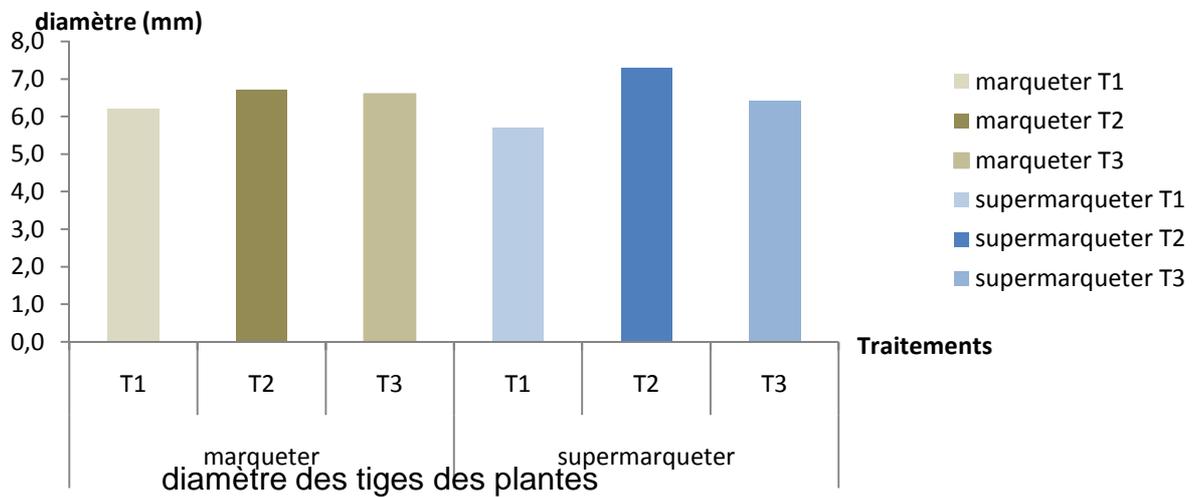
Annexe 11:l'extrais sec des fruits du concombre.

	SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
Extrais sec des fruits du MARKETER	VAR. TOTALE	110.78	59	1.88	5113.87 3072.26 123.69	0.0000 0.0000 0.0000	0.10	1.6%
	VAR. FACTEUR 1	49.01	1	49.01				
	VAR. FACTEUR 2	58.89	2	29.44				
	VAR. INTER F1.2	2.37	2	1.19				
	VAR. RESIDUELLE 1	0.52	54	0.01				

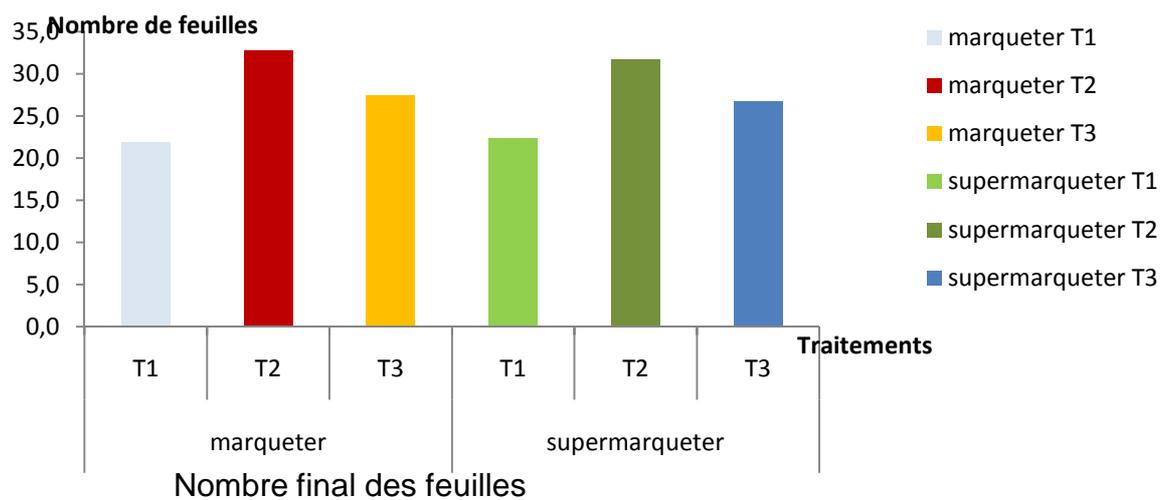
Annexe 12 : hauteur finale des plantes.



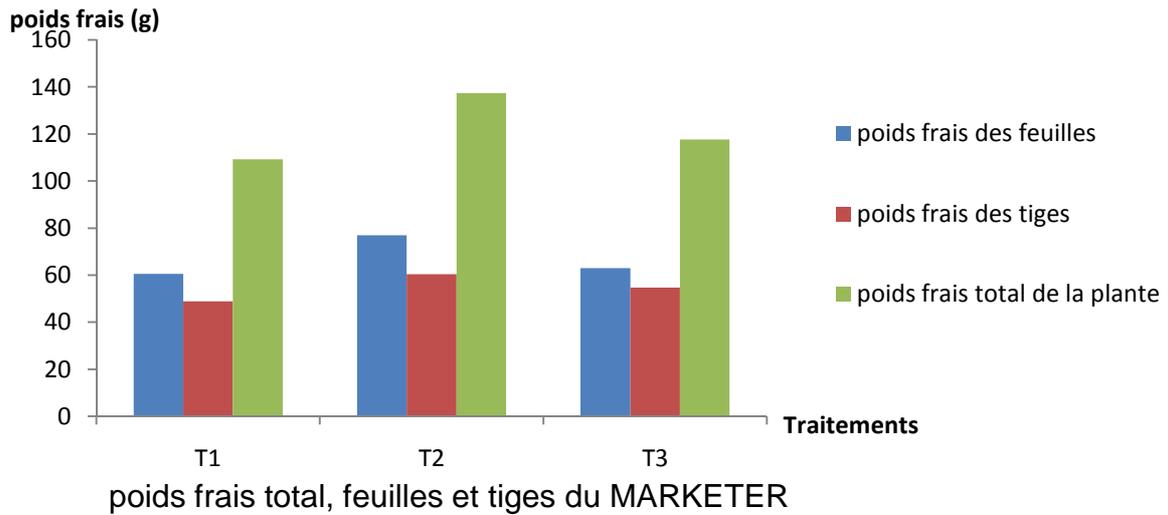
Annexe 13 : le diamètre des tiges.



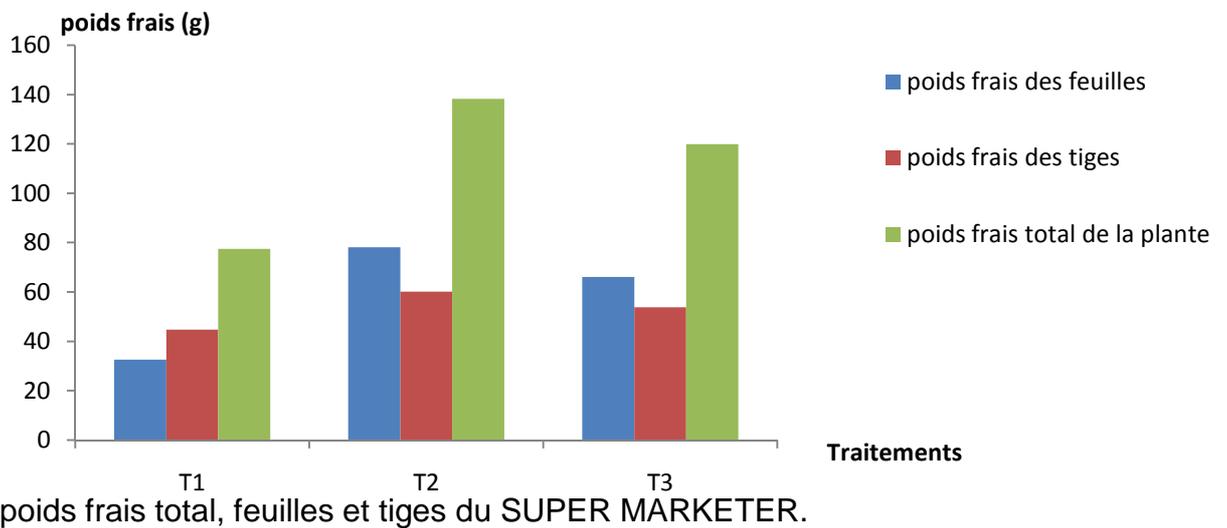
Annexe 14: le nombre final des feuilles.



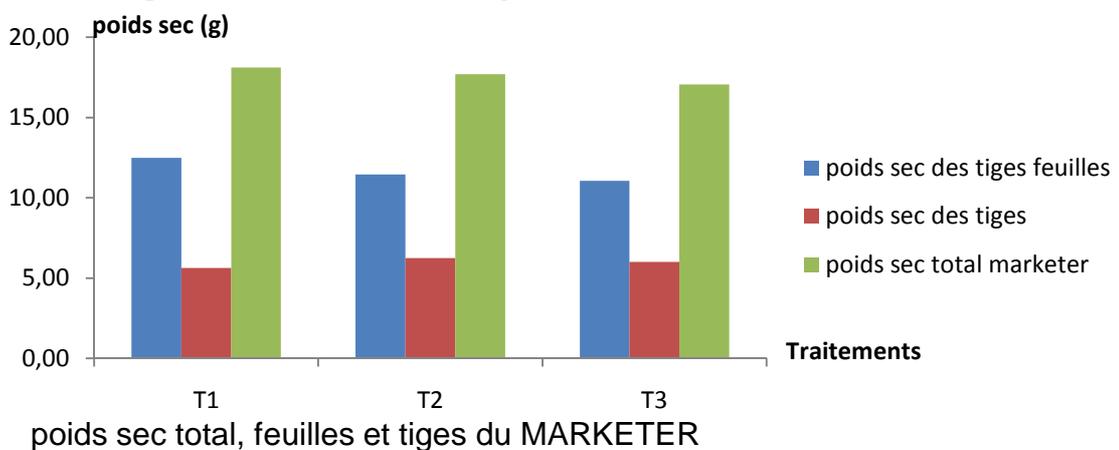
Annexe 15 : Poids frais total, feuilles et tiges du MARKETE



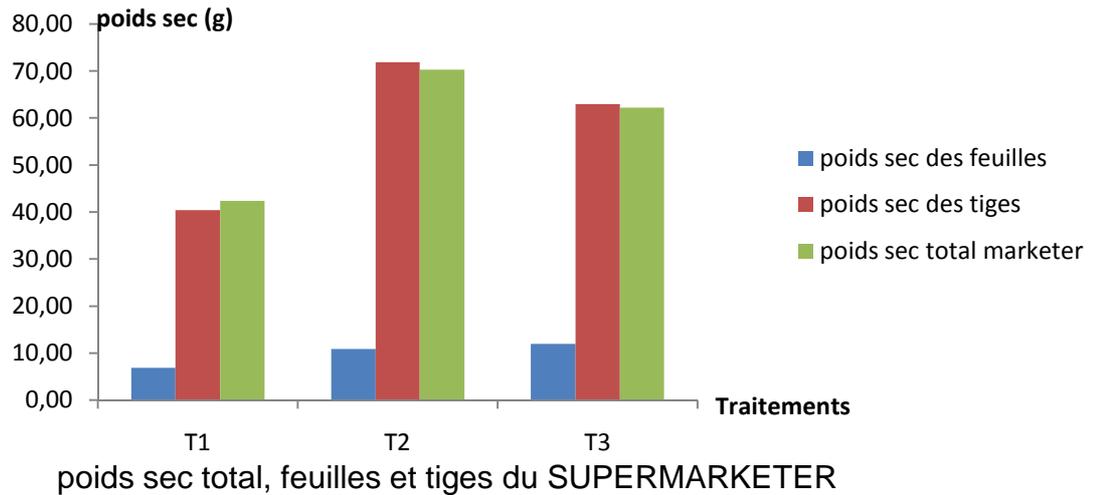
Annexe 16 : poids frais total, feuilles et tiges du SUPER MARKETER.



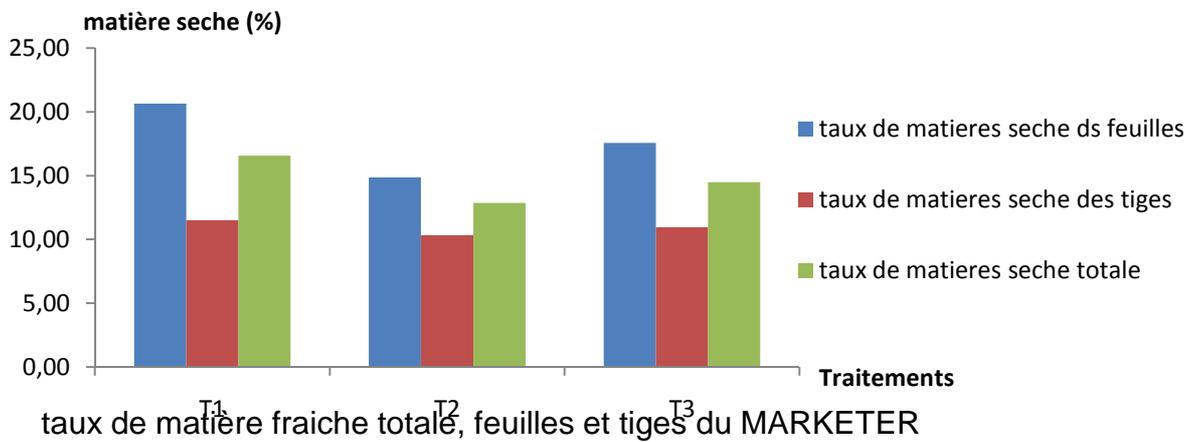
Annexe 17 : poids sec total, feuilles et tiges du MARKETER



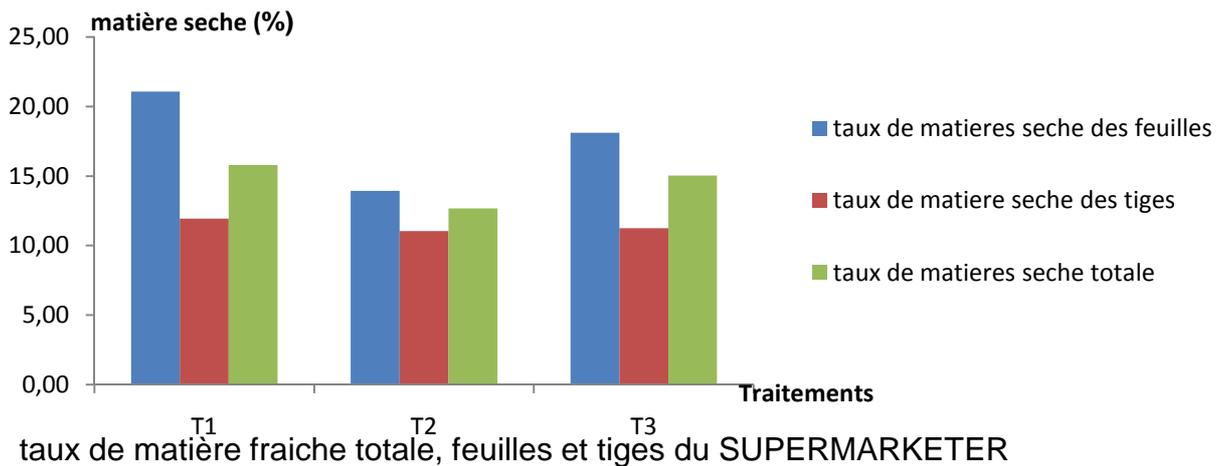
Annexe 18 : poids sec total, feuilles et tiges du SUPERMARKETER



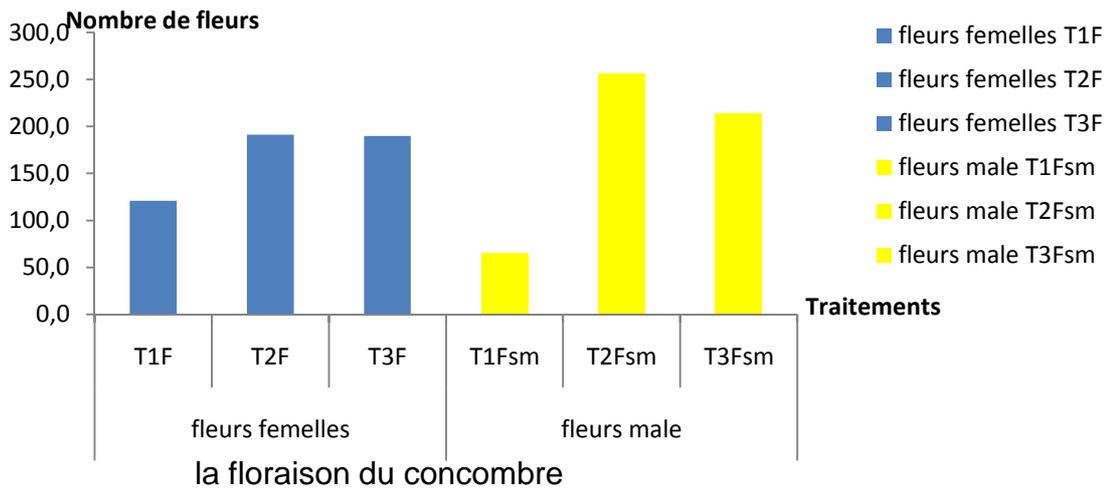
Annexe 19 : taux de matière fraîche totale, feuilles et tiges du MARKETER



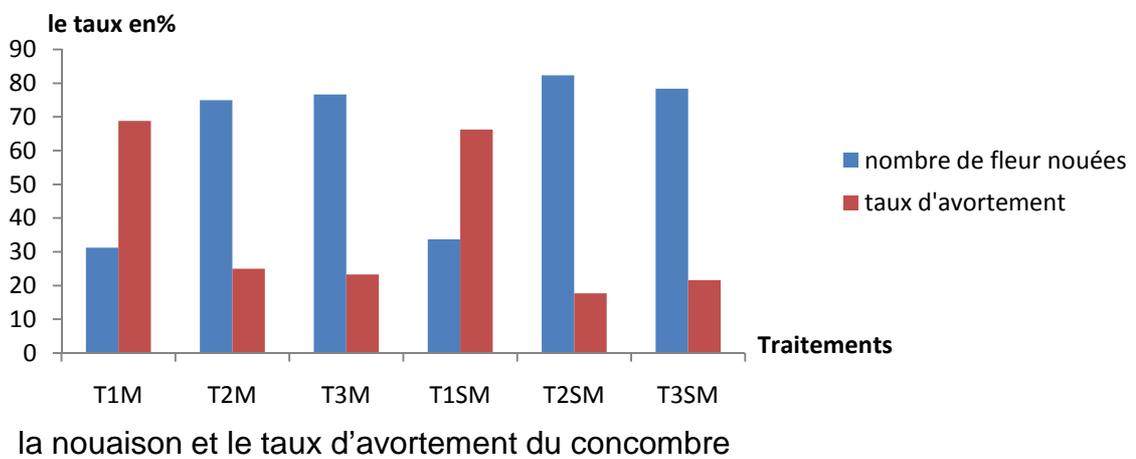
Annexe 20 : taux de matière fraîche totale, feuilles et tiges du SUPERMARKETER



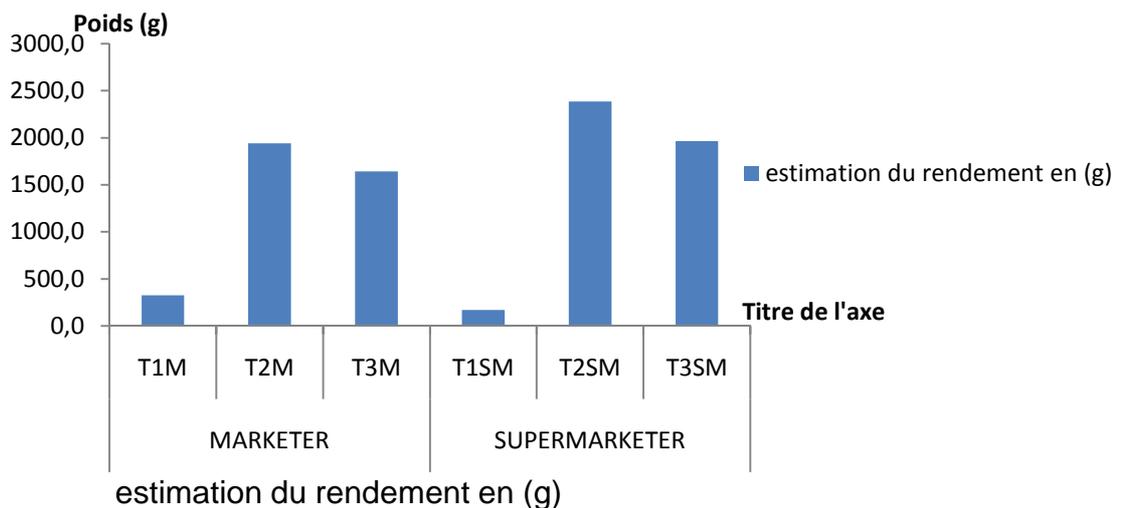
Annexe N°21: la Floraison du concombre



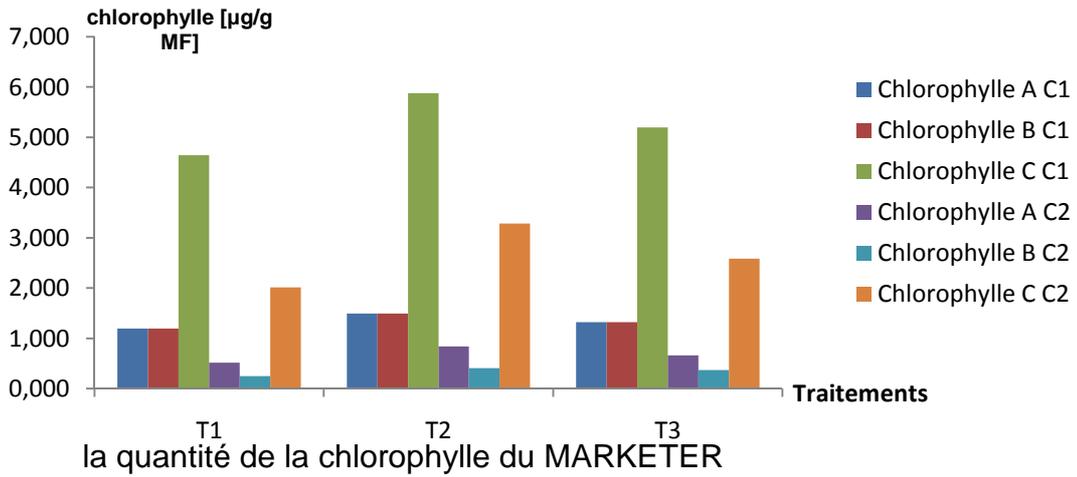
Annexe N°22: la nouaison et le taux d'avortement du concombre



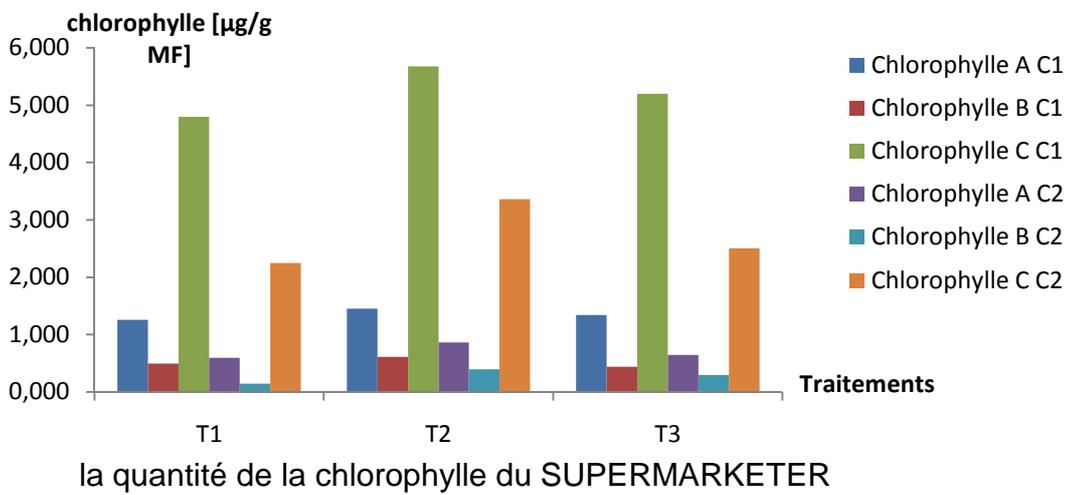
Annexe N°23 : estimation du rendement



Annexe N°24: la quantité de la chlorophylle du MARKETER



Annexe N°25: la quantité de la chlorophylle du SUPERMARKETER



Annexe N°26 : l'extrait sec des fruits du concombre

