



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration de la production végétale

Thème

Modèle d'application de l'agriculture écologiquement intensive : remplacement de l'engrais minéral par l'engrais organique, cas de la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*)

Présenté par : LAKHDARI Badr eddine

OUAHAB Fatma

Devant le jury :

President: M^r NEGADI M MAB (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.)

Encadrant: M^{dme} BELKASMI F MAA (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.)

Examinatrice: M^{dme} MAAFI O MAA (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.)

Invité: M^r ALIAT T MCB (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.)

Année universitaire : 2016/2017

Remerciement

*Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force,
le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Au terme de ce travail nous tenant à remercier tout d'abord notre Encadrant
M^{me} **BELKASMI Farida** pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa
contribution générale à l'élaboration de ce travail.*

Comme nous remercions également :

*Mr **NEGADI Mohammed**, d'avoir accepté de présider le jury.*

*M^{me} **MAAFI Oula** d'avoir accepté d'examiner ce travail pour aussi son
précieuse aide, son suivi et ses conseils durant toute la période du travail.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mr. **ALIAT Toufik**
qui nous a fourni de nombreux conseils et d'orientation*

*A tous les enseignants de science de la nature et de la vie, particulièrement aux
enseignants de Département des Sciences Agronomiques*

*En fin, nous remercions nos familles nos amis et les étudiants, ainsi à tous ce qui ont
contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à : A mes parents Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup : mon fiancé Jakob

à tous mes frères et mes sœurs

A toute ma famille

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Ouahab fatma

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :mes parents

*Les deux personnes, les plus chers au monde que je ne
remercierais jamais assez : leur aides, l'encouragements,
soutiens, sacrifices et leur patience toute ma vie :*

Mes chers parents.

Mes chers frères

A mes très chères sœurs

La grande famille LAKHDARI

Tous mes chers amis Tous les étudiants Amélioration de la production végétale

Tous les étudiants, enseignants et personnel du département d'Agronomie.

LAKHDARI Badr eddine

Résumé

Notre étude a été menée pendant deux mois dans la région de Rabta wilaya de Bordj Bouriridj, elle a pour but d'évaluer et de comparer l'influence de la fertilisation minérale et organique sur la croissance végétative de la plante de tomate (variété Linda F1) dans un système hydroponique sous serre.

Les résultats des paramètres (longueur des feuilles, racines et nombre des feuilles) sont influencés significativement par les différents fertilisants minéraux et organiques et la longueur a un effet non significatif sur la tige.

La majorité des paramètres étudiés à savoir la teneur en éléments nutritive dans la partie aérienne et souterraine sont améliorés par l'apport de fertilisation minérale.

Afin d'obtenir des conditions optimales pour le développement et la croissance de la plante de tomate il serait indispensable de contrôler régulièrement la fertilisation.

Mot clé : la culture hydroponique, la tomate, les fertilisants organique et minéral.

Abstract

Our study was carried out for two months in the Rabta wilaya of Bordj Bouriridj to assess and compare the influence of mineral and organic fertilization on the vegetative growth stage of the tomato plant (Linda F1 variety) on a hydroponic system under a greenhouse

The influence of two fertilizers has been studied on the growth of tomato in hydroponic crop of vegetative growth stage.

The various mineral and organic fertilizers influence the results of the parameters (leaf length, roots and number of leaves) significantly and the length is not significant for the stem.

Most of the parameters studied, namely the nutrient content in the aerial and underground parts, are improved by the contribution of mineral fertilization.

In order to obtain optimum conditions for the growth of the tomato plant it is essential to regularly fertilization.

Keyword: hydroponics, tomato, fertilizer organic and mineral.

ملخص

أجريت دراستنا لمدة شهرين في منطقة الرابطة، برج بوعريريج بهدف تقييم ومقارنة تأثير محلول التغذية المعدني و العضوي على نمو نباتات الطماطم في مرحلة النمو الخضري نوع ليندا (هجين) بنظام الزراعة المائية في بيت بلاستيكي.

بينت النتائج أن تأثير محلول التغذية المعدني و العضوي على المعايير المقاسة (طول الأوراق والجذور وعدد الأوراق) يتأثر بشكل كبير, اما على طول الساق فقد اثر بشكل ضئيل .

بعد متابعتنا للمعايير استخلصنا أن محتوى العناصر المغذية للأجزاء العليا وأجزاء السفلي لنبات الطماطم تكون أحسن بالنسبة محلول التغذية المعدني .

للحصول على الظروف المثلى لتطور نمو نبات الطماطم من الضروري توفير العناصر المغذية الملائمة

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية، الطماطم، المحلول المغذي، السماد العضوي والمعدني

Sommaire

Introduction	01
---------------------------	----

PREMIERE PARTIE : BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: l'Agriculture écologiquement intensive

1. Historique	03
2. L'agriculture Ecologiquement Intensive : concept et objectifs.....	03
3. Les objectifs de l'agriculture Ecologiquement Intensive	05
4. Les Avantages de l'Agriculture Ecologiquement Intensive	06
5. Modèles d'application de l'AEI	06
5.1. Définition de l'engrais	06
5.2. Les engrais minéraux	07
5.3. Engrais organique.....	08
5.4. Comparaison entre les EM et les EO.....	09
6. La solution nutritive de la plante.....	10
7. Culture hydroponique.....	11
7.1 Historique.....	11
7.2. Définition	11
7.3. Substrat de culture.....	12
7.4. le principe.....	12
7.5. Les systèmes de la culture hydroponique.....	12
7.6. Les avantages de l'hydroponie.....	14
7.7. Inconvénients ou limites	15
7.8. La situation de hydroponie au monde	16

8. La tomate.....	16
8.1. La classification de la tomate	17
8.2. Cultures de la tomate	17
8.3. Description botanique de la tomate	17
8.3. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante	18
8.4. La production mondiale.....	19
8.5. Consommation mondiale de la tomate.....	20
8.6. Évolution de la tomate en Algérie.....	20

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

1. Zone d'étude	21
1.1. Ressource en eau	21
2. Le matériel utilisé	22
3. Protocole expérimental	22
3.1. La préparation du terrain	22
3.2. Installation du système NFT	22
3.3. Préparation de la solution nutritive	24
3.4. Le choix de la variété Linda F1.....	24

4.1. Germination	24
4.2. Croissance végétative	25
4.3. Le repiquage et la plantation	25
4.4. Croissance générative: floraison	26
5. Plan chronologique de l'expérimentation	26
6. Les paramètres retenus.....	27
7. Les paramètres retenus	27

Chapitre III : RESULTATS ET DUSCUSSION

1. Effet de la température sur les paramètres de croissance des plante.....	28
2. Composition des solutions nutritives	29
3. Effet du type de fertilisant sur la croissance et développement des plantes.....	29
4. Effet du type de fertilisant sur la longueur de la tige.....	30
5. Effet de type de fertilisant sur la langueur de feuille.....	31
6. Effet de type de fertilisant sur le nombre de feuille.....	32
7. Effet de type de fertilisant sur la longueur de racine.....	33
8. Effet de type de fertilisant sur les biomasses total - des feuilles –tige- racine – bouquet floral.....	34
9. Discussion générale	35
Conclusion générale.....	37

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 01 :Schéma expliquer le concept de l'AEI	05
Figure 02 : Serre de Laval / Fadi Hage ; Sources :La Presse Huffington Post.....	16
Figure 03 : Graphe en courbe de la production mondiale de tomate 1962-2010.....	19
Figure 04 : Consommation mondiale de la tomate par région en 2010.....	20
Figure 05 : Schéma explicative d'un système « hydroponie ».....	23
Figure 06 : Photo capturé au 6 ^{ème} jour de germination.....	25
Figure 07 : Photo capturé au 21 ^{ème} jour de germination.....	25
Figure 08 : Photo capturé au 55 ^{ieme} jour de germination.....	26
Figure 09 : Histogramme de la composition des fertilisants organique et minérale.....	29
Figure 10 : (A) Profil d'évolution de la longueur de la tige (B)Profil d'évolution de la vitesse de la croissance de la tige (cm/jour).....	30
Figure 11 : (A) Profil d'évolution de longueur des feuilles (B)Profil d'évolution de la vitesse de croissance des feuilles(cm/jour).....	31
Figure 12 : Profil d'évolution du nombre des feuilles.....	32
Figure 13 :(A) Profil d'évolution de longueur des racines (B)Profil d'évolution de la vitesse de croissance de racine (cm/ jour).....	33

Liste des tableaux

Tableau I : Expliquer une comparaison très claire entre les EM et les EO	9
Tableau II: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation.....	21
Tableau III : Plan du nombre de jours en fonction du stade de développement des plants.....	27
Tableau IV : La température mesuré en fonction du stade de développement des plants.....	28
Tableau V : Tableau analytique d'effet du type de fertilisant sur la biomasse des différents organes de la plante	34

Liste des abréviations

AB : Agriculture biologique

AD : Agriculture Durable

AEI : Agriculture Ecologiquement Intensive

AI : Agriculture Intégré

AMC :Agriculture Conventiionnelle.

ANOVA : Analyse of Variance

Cirad :Centre de La Recherche Agronomique pour le Développement

CMV: *Cucumber Mosaic Virus*

EM :Engrais Minéraux

EO : Engrais Organique

FAO: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

K : Potassium

MADR :Ministère de l'Agriculture , du Développement Rural

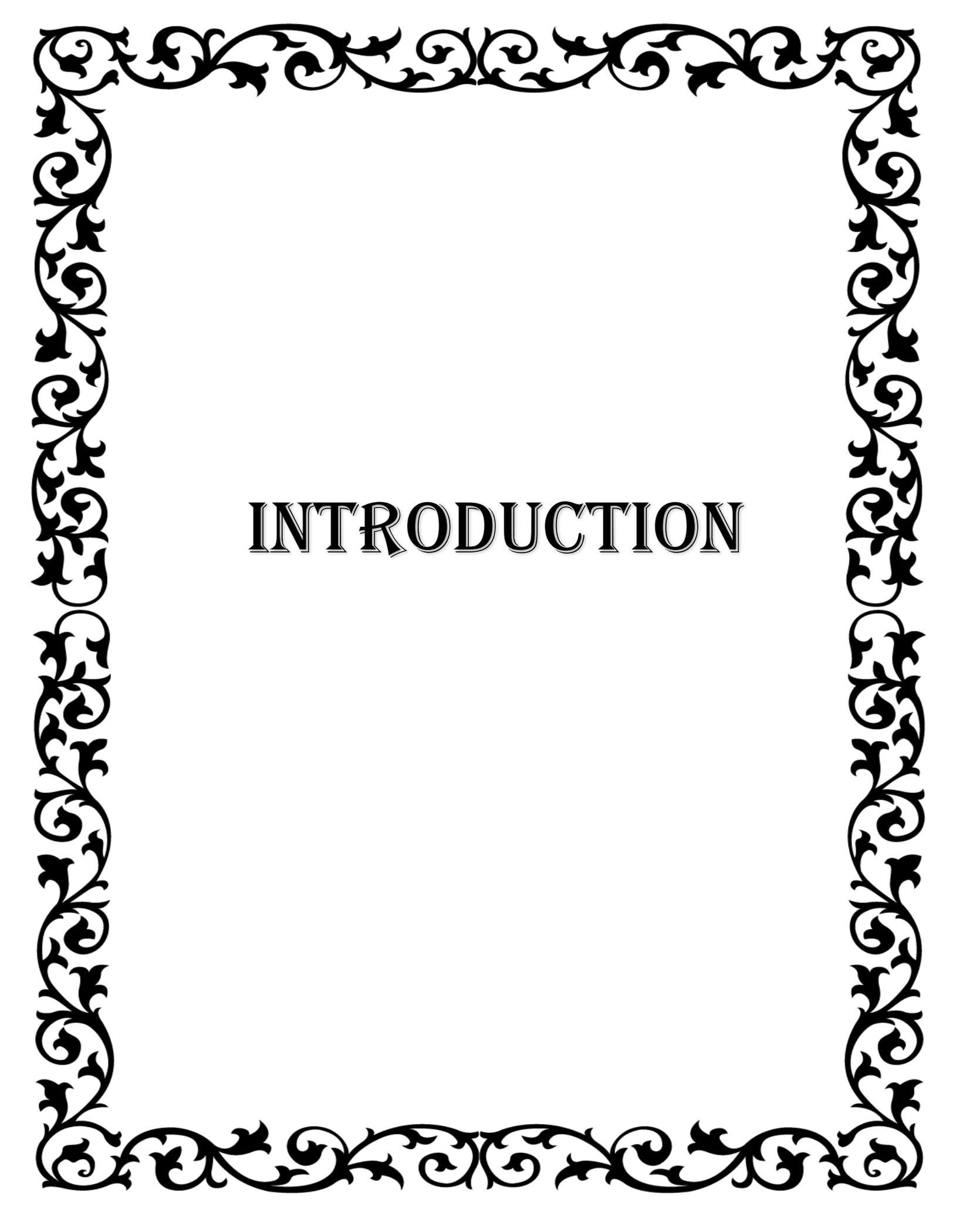
N : Azote

NFT : Nutriment Film Technique

NPK : Engrais ternaire N, P₂O₅ et K₂O

OGM : Organisme génétiquement modifiée

P : Phosphore.

A decorative border with a repeating floral and scrollwork pattern, rendered in black on a white background, framing the central text.

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

Des produits agricoles en quantité et en qualité suffisantes pour nourrir convenablement tous les êtres humains, sans mettre à mal les ressources naturelles utilisées pour produire, cette ambition formulés par les institutions de recherche agronomiques, les agriculteurs, les industriels et les politiques de par le monde?. De nombreux scénarios techniques, biologiques, organisationnels ou d'autres ordres ont depuis de nombreuses années été proposés pour répondre à cet objectif, parmi ceux-ci, les notions d'intensification écologique (IE) ou d'agriculture écologiquement intensive (AEI) qui est adopté et développé au cours de ces dernières années par de nombreux acteurs comme le Centre internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

L'idée de l'intensification écologique selon (**Griffon, 2006 ; CIRAD, 2008**) est la suivante : mettre au point des systèmes de production agricole qui utilisent de façon intensive les processus biologiques et écologiques des écosystèmes, leurs fonctionnalités naturelles, plutôt que d'utiliser de façon intensive des intrants comme l'énergie fossiles, pesticides et les engrais chimiques.

Les engrais chimiques dit minérales ont pour rôle de pallier à la dégradation des sols en matière de l'insuffisance des nutriments pour les plantes, les agriculteurs ont recours, de manière empirique, à des apports de fertilisants qui jouent un rôle important dans l'amélioration et le maintien de la fertilité des sols, dans ce cadre, l'engrais minérale a été longtemps considérée comme la première solution à cette préoccupation (**Bockman et al., 1990**).

L'accès facile aux engrais de synthèse et la spécialisation des exploitations agricoles a conduit à une diminution spectaculaire de l'utilisation des engrais de ferme dans les exploitations sans bétail. Toutefois, si l'usage des engrais est important pour l'augmentation des rendements des cultures, leur coût élevés entravent leur utilisation par les agriculteurs (**Bockman et al., 1990**).

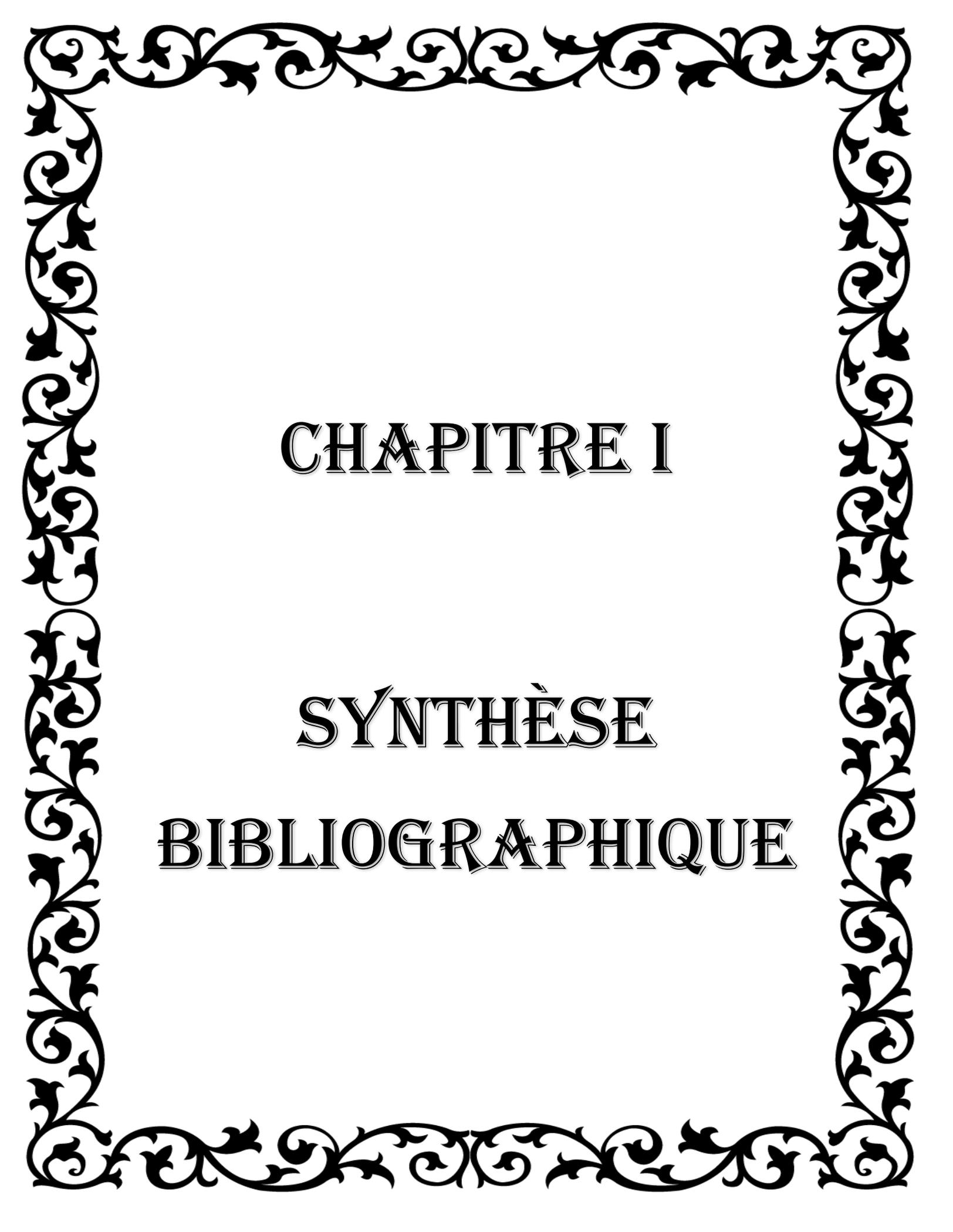
Par ailleurs, les récentes préoccupations sur les effets néfastes des engrais sur l'environnement, ont rendu urgent le développement d'une approche rationnelle pour s'orienter vers d'autres sources d'éléments nutritifs pour les plantes, la méthode alternative largement acceptée par les agriculteurs est l'utilisation des fertilisants organiques. Ce sont des substances qui,

INTRODUCTION

incorporées dans le sol, améliorent à la fois ses propriétés physiques, chimiques et biologiques (Soltener, 2003).

L'agriculture écologiquement intensive et le modèle de remplacement de l'engrais minéral par l'organique ne se traduit pas par une demande d'élimination radicale de l'engrais minéral des pratiques agricoles mais incite d'abord de montrer les bienfaits de l'engrais d'origine organique en agriculture, de la viens l'objectif de notre étude qui a été axé sur une comparaison entre une fertilisation minérale et organique et leurs effets sur la croissance de la tomate au stade de croissance végétative.

Ce travail est conduit sur un système hydroponique comme exemple de l'agriculture intensive.

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns surrounds the text.

CHAPITRE I

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Un peu d'histoire sur l'agriculture moderne

L'agriculture été considérée comme traditionnelle jusqu'à 1920, puis apparue l'agriculture conventionnelle ou intensive, issue de la grande technicité et l'utilisation intensive des intrants (engrais, produits phytosanitaires, variétés végétales à haut rendement...etc). Cette agriculture est caractérisée par de hauts rendements mais elle provoque également la pollution **(Griffon M, 2013)**.

En réponse à la crise écologique, en 1970 une autre forme d'agriculture apparue avec un système de production basé sur le respect du vivant et des cycles naturels, le refus d'usage des engrais chimique, des pesticides et des organismes génétiquement modifiés (OGM) ; c'est Agriculture biologique (AB) **(Deguine JP., Ferron P, 2008)**.

En 2007 l'agriculture écologiquement intensive (AEI) lors du Grenelle de l'environnement a été présenté, elle indique un système productif viable est un système qui évolue dans les limites définies de viabilité de ce système **(Bonny S, 2011)**.

I.2. L'agriculture Ecologiquement Intensive : concept et objectifs

Plusieurs approches voisines peuvent être confondue avec l'AIE comme l'agriculture raisonnée, durable ...etc. Pour différencier l'AIE, il convient donc d'en donner les définitions.

I.2.1. L'agriculture durable

L'agriculture durable se réfère à la définition du développement durable, c'est-à-dire (un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs) le concept insiste sur le respect de limites écologiques et environnementales et sur la viabilité économique et sociale, l'agriculture durable vise donc à réduire l'empreinte environnementale par exemple : la limitation de l'effet de serre, la réduction de la dégradation des sols ,la limitation de la dépense énergétique fossile, la limitation d'usage de pesticides et de ce qui porterait atteinte à la santé des hommes et de l'environnement. **(Demester, ML ., Mercier V, 2016)**.

1.2.2. Agriculture raisonnée

L'agriculture raisonnée est un système de production agricole dont l'objectif premier est d'optimiser le résultat économique en maîtrisant les quantités d'intrants, et notamment les substances chimiques utilisées (pesticides, engrais) dans le but de limiter leur impact sur l'environnement. Elle a pour objectif d'adapter les apports en éléments fertilisants aux besoins réels des cultures en tenant compte des éléments présents dans le sol et du rendement potentiel de la plante. **(Doussan I, 2004)**.

1.2.3. L'agriculture intégrée

L'agriculture intégrée est une agriculture visant à minimiser le recours aux intrants extérieurs à l'exploitation agricole, elle repose donc sur une approche globale ou systémique de la gestion des exploitations agricoles visant à organiser les interactions entre ateliers de production dans le temps et/ou l'espace (par ex. fourniture de protéagineux par le système de cultures au système d'élevage, et fourniture de fumier par le système d'élevage au système de cultures). Ainsi, la mise en œuvre d'une agriculture intégrée est favorisée par la polyculture-élevage **(Paillot G, 2000)**.

1.2.4. L'agriculture de conservation

Elle fait partie de l'agriculture intégrée et a pour objectif la conservation du sol par des rotations diversifiées, un travail limité du sol et une couverture permanente du sol est un autre **(Bouby L, 2010)**.

1.2.5. Agriculture à Haute Valeur Environnementale HVE

L'agriculture à Haute Valeur Environnementale (HVE) est nouvelle (en cours de test) dans les exploitations agricoles, basée sur le principe de la préservation de la biodiversité, gestion des engrais, gestion quantitative de l'eau et consommation énergétique de l'exploitation, en revanche elle ne porte pas sur les aspects sociaux ou économiques **(Méral P, 2010)**.

1.2.6. L'Agriculture Ecologiquement Intensive

Le terme écologiquement intensive se réfère à l'intensivité des fonctionnements naturels que l'on substitue à l'intensité des apports externes (chimique en particulier mais aussi en équipements) (Griffon M, 2007).

Le principe de l'AEI ne s'oppose pas avec l'utilisation des apports externes notamment chimique mais seulement dans la mesure où leur rôle reste subsidiaire (complémentaire et non en forçage)

Le concept aussi est élargi à l'utilisation de nouvelles substances imitant des substances existantes et initié au remplacement de ces dernières (Ghali M, 2013).

L'AEI inclue l'agriculture raisonnée, l'agriculture de conservation (spécialisée sur la protection du sol), l'agriculture intégrée, biologique et l'agriculture durable (Samson E et al, 2012).

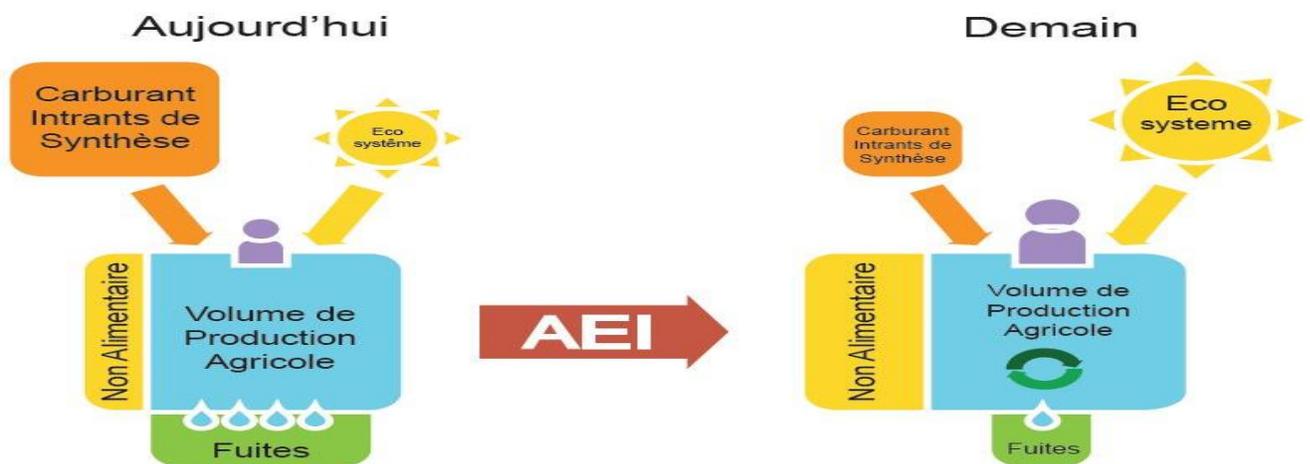


Figure 1 : Schéma expliquant le concept de l'AEI (Porhiel JY, 2013)

1.3. Les objectifs de l'agriculture Ecologiquement Intensive

Les objectifs affichés par AEI sont nombreux :

- La gestion des cycles et des bilans en énergie, en eau et en nutriments pour limiter les coûts, limiter les pertes et la vulnérabilité (gérer la ressource en eau, gérer et lutter contre l'érosion, contribuer à améliorer le climat, contribuer à lutter contre les incendies)
- L'équilibre entre la gestion optimisée des écosystèmes agricoles et le recours à des améliorations génétiques des plantes

- La production de services écologiques couplée aux activités de production de manière à améliorer l'état de l'environnement et de la biosphère.
- Gérer la biodiversité, assurer la beauté des paysages, respecter les besoins et les cycles naturels,
- Améliorer la qualité gustative et nutritionnelle des produits agricoles (**Bonny S, 2011**).

1.4. Les Avantages de l'Agriculture Ecologiquement Intensive

- Protéger la vie des sols et la biodiversité, associer les cultures, utiliser les ressources de la nature elle-même, pour économiser l'eau et l'énergie et limiter les intrants non renouvelables
- Produire de l'énergie à partir de nos déchets, concevoir des bâtiments d'élevage à la fois plus confortables et plus économes.
- Améliorer les qualités nutritionnelles de nos produits.
- Exploiter les ressources formidables des nouvelles technologies, essayer de nouvelles approches ou revenir à d'anciennes pratiques (**Griffon M, 2013**).

1.5. Modèles d'application de l'AEI : remplacement de l'engrais minéral par l'engrais organique

D'après **Berger M, 1996**, L'application de l'AEI se fait selon plusieurs modèles où le principe de base est la substitution totale ou partielle de certaines techniques ou certains intrants pour limiter leurs effets sur l'environnement. De ces modèles on peut citer la technique du labour profond, l'utilisation des plantes médicinales à la place des antibiotiques,etc .

Dans cette étude on s'intéresse au modèle de remplacement des engrais minéraux par les engrais organiques , lorsque notre étude se fait dans un système d'hydroponie on remplace la solution nutritive minérale par solution nutritive organique .

1.5.1. Définition de l'engrais

C'est des produits, ou un mélange de produits, naturelle ou d'origine synthétique, utilisée en agriculture pour assurer ou améliorer la nutrition des végétaux ainsi que les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (**Colin A, 1997**).

1.5.2. Les engrais minéraux

Les engrais minéraux sont formés de substances d'origine minérale. Certains, sont produits par l'exploitation de gisements naturels de phosphate et de potasse, cependant la plupart des engrais minéraux sont fabriqués par l'industrie chimique d'où leurs nom d'engrais chimiques.

Selon la contenance en éléments nutritifs primaires (azote (N), phosphore (P) et potassium (K), ces engrais sont simples en possédant uniquement un seul de ces éléments pour être azotés, phosphatés ou potassiques, ou composés : binaires (deux éléments primaires) ou ternaire (trois), Ils sont fabriqués de manière à être assimilables très rapidement par les végétaux, permettant une grande efficacité.

La quantité de ces éléments présente dans les engrais mis en vente est indiquée sur l'emballage en suivant l'ordre NPK. Cependant on peut remarquer que ces engrais minéraux produits industriellement, se concentrent essentiellement sur les macroéléments primaires nécessaires à la plante et négligeant les macroéléments secondaires ainsi que les oligo-éléments (**Dumat C, 2014-2015**).

Il existe 3 grandes familles d'engrais minéral :

- **Les engrais compactés** : Obtenus par compaction des éléments fertilisants, Ils se présentent sous forme de granulés et sont destinés aux fertilisations de création (en incorporation) et d'entretien (en surfaçage) (**Dumat C, 2014-2015**). Leur granulométrie est adaptée en fonction de l'utilisation souhaitée.
- **Les engrais enrobés** : Eléments fertilisants enrobés d'une couche poreuse à base de résines. Grâce au phénomène d'osmose, l'eau présente dans le sol pénètre dans le granulé par les pores, solubilise les différentes molécules puis ressort chargée en éléments nutritifs. Cette présentation permet ainsi d'étaler la libération de l'engrais dans le temps. Les meilleurs résultats sont obtenus en incorporation au substrat (**Kiari SA., Mahaman S et al; 2014**).
- **Les engrais solubles et les engrais liquides** : Présentés sous forme de cristaux solubles ou sous forme de liquides concentrés et sont destinés à l'irrigation fertilisante, ils sont dilués une première fois (solution mère) avant d'être incorporés à l'eau d'irrigation (solution fille) à l'aide d'une pompe doseuse. Ce système est idéal pour les circuits d'irrigation fixes : fertilisation des massifs, des jardinières, etc...L'engrais est mélangé directement à l'eau d'arrosage (**Colin A, 1997**).

1.5.3. Engrais organique

Les engrais organiques proviennent de diverses matières premières d'origine animale ou végétale, que l'on dessèche ou que l'on broie. L'apport organique en agriculture a un double rôle : effet amendement et effet engrais.

Ce sont des produits qui apportent du carbone organique et des éléments minéraux pour les plantes. Parmi ces éléments on distingue les éléments majeurs (absorbés en grande quantité, tels que l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium et le magnésium), les oligoéléments (nécessaires à faible dose, tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le bore, le molybdène et vanadium) et les éléments utiles à certaines espèces végétales (le cobalt, le sodium, le chlore et la silice) (**Mustin M, 1987**).

Les différents types d'apports organiques exogènes au sol sont :

- ✓ **Fumier** (mélange de litière et de déjections animales ayant subi des fermentations plus ou moins poussées en étable ou en tas (**Adden Ak, 2007**).
- ✓ **Lisier, purin** (mélange des déjections solides et liquides des animaux qui ne contient pas de litière (**Chouinard O et al, 2010**). Ce sont des urines et fèces, mélangées et fermentées. Ils contiennent des débris alimentaires et peuvent éventuellement être dilués par des eaux de pluie et de nettoyage).
- ✓ **Engrais vert** : correspond à une culture de végétation rapide enfouie sur place et destinée avant tout à améliorer le sol. Ce type d'engrais a un effet important sur la protection du sol, on le considère comme une source de matières organiques jeunes ; source d'éléments nutritifs pour les plantes essentiellement en azote (**Soltener, 2003**).
- ✓ **Compost** est un produit stable riche en humus issu de la décomposition rapide de toutes les matières organiques : fumiers, résidus de récolte, déchets agro-industriels, déchets animaux, déchets ménagers (**Mustin M, 1987**). C'est une source importante de matière organique produite par la dégradation ou la décomposition de la matière organique fraîche par des micro-organismes (**Chouinard O et al. 2010**), d'insectes et de vers de terre (**Duplessis, 2002**), dans des conditions bien définies.
- ✓ **Déchets industriels ou urbains** : essentiellement les boues de station d'épuration, Elles sont particulièrement intéressantes sur sols où elles induisent une importante augmentation de la fertilité pouvant dispenser de tout apport d'engrais durant les trois ou quatre années qui suivent (**Adden Ak, 2007**).

1.5.4. Comparaison entre les EM et les EO

Tableau I : Expliquer une comparaison très claire entre les EM et les EO (Berger M, 1996).

	Engrais minéraux	Engrais Organiques
Composant	-Essentiellement N P K	-Végétatif et animale
Intérêts d'utilisation	-Amélioré la qualité chimique	-Enrichissement du sol avec la matière organique essentiellement ce qui incite les activités des microorganismes sur le sol (fixateur d'azote)
Avantages	-Facilité d'acquisition par les agriculteurs (industriel) -Assimilation rapide par les plantes grâce à leur solubilité -Rendement élevé	-Disponible sous différents type (Animale, Végétales) -Pratiques directes et facile sur le sol -Source nutritionnelle des germes et la culture -Améliores la structure du sol (structure et PH)
Inconvénients	-L'utilisation excessive des engrais devient néfaste sur trois niveaux : * végétatif (Composant) *Sol (Texture, mode assemblage) * Economique (Couteuse)	-moins de rendement par rapport l'EM -Prend beaucoup de temps pour la préparation -Perturbation des propriétés de sol (éléments nutritif) et devient instable

Malgré les avantages de la fertilisation organique, son utilisation reste faible par rapport à la fertilisation minérale (Islam M., Munda G.C, 2012), vu l'efficacité de cette dernière, son effet rapide

sur la croissance des plantes et sur le rendement de ce fait le remplacement des engrais minéraux par les engrais organiques nécessite une connaissance des effets négatifs des engrais minéraux.

Le projet d'observatoire national de la fertilisation minérale et organique s'inscrit dans un double contexte de recherche de durabilité.

L'AEI et le modèle de remplacement de l'engrais minéral par l'organique ne se traduit pas par une demande d'élimination radicale de l'engrais minéral des pratiques agricoles mais incite d'abord de montrer les bienfaits de l'engrais d'origine organique en agriculture. Ce dernier d'une part assure la gestion raisonnée de la fertilisation et la préservation des sols (matière organique, neutralisation de l'acidité). Mais aussi valorise les sous-produits et des déchets, en donnant plus d'importance au recyclage pour limiter la mise en décharge et l'incinération, notamment des ressources organiques. (Wunder S, 2005).

Selon (Musas N. N, 2012), l'engrais organique ajoute en valeurs nutritifs à cause de richesses en oglio éléments.

I.6. La solution nutritive de la plante

Les végétaux transforment des ions minéraux en matière organique grâce au phénomène de la photosynthèse.

La solution nutritive apportée est donc constituée d'eau et d'ions dissous dans la solution. (N : Azote / P : phosphore / K : Potassium) (Soltner D., 2003).

I.6.1. Les caractéristiques de solution nutritive

La croissance et le développement des végétaux en culture hors sol nécessitent en permanence une bonne synchronisation entre les besoins des végétaux en éléments minéraux et leur fourniture par la solution nutritive. Dans ce système de culture, la composition de cette solution nutritive est une composante fondamentale du rendement et de la qualité des productions puisqu'elle constitue le seul vecteur de l'alimentation hydrominérale des plantes. Or, la formulation des solutions nutritives reste encore largement empirique. Il en résulte un grand nombre de formules, vraisemblablement plus d'une centaine. Certaines sont adaptées à une espèce végétale, d'autres sont plus polyvalentes (Morard, 1995). La composition minérale de la solution peut aussi être ajustée en fonction de la technologie de culture utilisée (recyclage, substrat...), du stade de développement et des conditions climatiques (influence sur la photosynthèse et la transpiration). La concentration totale en

macroéléments dans les solutions nutritives est en général relativement élevée, d'une part pour éviter l'apparition de tout facteur nutritionnel limitant.

Les acides tels que l'acide nitrique, l'acide phosphorique ou l'acide sulfurique sont largement utilisés en culture hors sol pour ajuster le pH de la solution nutritive. En effet, pour la majorité des espèces cultivées, l'optimum physiologique du pH de la solution se situe entre 5,5 et 6,5 afin d'obtenir une absorption optimale de tous les éléments fertilisants. Dans les régions où les eaux sont chargées en ions bicarbonates, fortement alcalinisant, l'eau doit être acidifiée pour pouvoir entrer dans la préparation des solutions nutritives. Les acides sont très efficaces pour abaisser le pH mais leur manipulation peut présenter un danger pour le producteur.

Un autre moyen d'ajuster le pH de la solution nutritive est d'utiliser du nitrate d'ammonium, qui a un léger pouvoir acidifiant sur la solution. Une solution de nitrate d'ammonium à une concentration de 160 g/l a un pH de 5,5 (**Blanc D,1987**). De plus, lors de l'absorption d'ions NH_4^+ par la plante, son équilibre acido-basique nécessite la libération d'ions H^+ par les racines, ce qui acidifie davantage la solution dans le substrat et le drainage.

1.7. Culture hydroponique

1.7.1 Historique

Selon les historiens, la culture de plantes sur l'eau était pratiquée à l'époque des Aztèques et était utilisée pour les jardins suspendus de Babylone. C'est en 1860 que deux chercheurs allemands ont réussi à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux. Cette découverte a permis de mieux connaître la physiologie de la nutrition et le rôle des éléments minéraux. La technique du hors sol a été introduite en Europe dans les années 70. La culture hors sol s'est, en effet, développée d'abord dans le nord, en Hollande, pays où elle occupe les plus grandes surfaces, ensuite en Belgique, en Espagne, en France, en Italie et en Grèce (**Labrousse P, 2002**).

1.7.2. Définition : Le terme hydroponique - hydroponie provient du latin "hydro" (eau) et "ponos" (travail), autrement dit "le travail par l'eau".

Culture hydroponique est la culture des plantes réalisée sur un substrat neutre et inerte. Ce substrat est régulièrement irrigué d'un courant de solution contenant les sels minéraux et les nutriments essentiels à la plante. Elle est utilisée dans l'horticulture et les cultures maraîchères (**Imist, 2013**).

1.7.3. Substrat de culture

Le substrat de culture est un produit industriel fabriqué par des professionnels du métier de la Formulation de Substrats. Il garantit des propriétés physiques, chimiques et biologiques qui permettent aux plantes de se développer correctement (**Kouassi, 2009**).

1.7.4. le principe

L'hydroponie repose sur :

- l'étude du comportement nutritionnel des végétaux et l'emploi exclusif de plants d'excellente qualité ;
- la culture hors sol ;
- l'utilisation de substrats naturels, organiques ou minéraux,
- un ensoleillement optimum, une luminosité conséquente et une température adaptée ;
- un taux d'hygrométrie suffisant et l'utilisation d'un minimum d'eau ;
- la non-utilisation d'engrais chimique ;
- l'emploi de moyens de forçage (nutriments) exclusivement naturels (**Imist,2013**).

1.7.5. Les systèmes de la culture hydroponique

Les systèmes actuels se différencient par le mode d'apport de la solution nutritive. On distingue, d'une part, les installations à « solution perdue » ou en « circuit ouvert ». Pour ce type, la solution nutritive en excédent est éliminée par drainage puis rejetée en dehors du système de culture. D'autre part, dans les installations à « solution recyclée » ou « en circuit fermé », la solution nutritive est récupérée, recyclée (désinfectée, analysée et reconstituée) et renvoyée aux plantes. Ces installations sont de plus en plus adoptées pour des raisons d'économie et de respect de l'environnement.

Les systèmes de culture hydroponique sont divisés, aussi selon l'utilisation d'un support ou non, en deux grandes catégories, les cultures sans substrat et avec substrat (**Redjala T, 2009**).

1.7.5.1. La culture avec substrat

Cette technique se rapproche le plus de ce qui se passe dans le sol pour une culture traditionnelle, par l'alternance irrigation/ drainage. En outre, le substrat assure aussi une réserve d'eau

et d'éléments nutritifs, contrairement aux techniques sans substrat. Elle fait appel à un support solide qui contribue à l'oxygénation. Par ailleurs, elle présente de nombreux inconvénients concernant le renouvellement et le recyclage des substrats utilisés. Plusieurs systèmes de culture avec substrat sont utilisés tels que : le système à marée, le système goutte à goutte et le système à flux continu (**Kouassi, 2009**).

I.7.5.1.a. Système à marée

Il consiste en une technique utilisant un substrat placé dans des containers étanches de matière plastique appelés tables à marée. Ils sont appelés ainsi car ils ressemblent à de grandes tables possédant un rebord d'une hauteur pouvant varier de dix à une vingtaine de centimètres. Les substrats, très souvent, le coco, les billes d'argile ou les pains de laines de roche, sont alimentés en solution nutritive par leur partie inférieure, par une pompe placée dans un réservoir, pendant un laps de temps assez court mais fréquemment l'eau y demeure un certain temps selon le substrat, puis la gravité l'évacue dans le réservoir (**Kouassi, 2009**).

I.7.5.1.b. Système goutte à goutte

Ce système de culture est un système sur substrat qui nécessite des goutteurs ou capillaires, ainsi qu'un tuyau de distribution et une pompe. En culture hors-sol sur substrat, au moins un goutteur est utilisé par plante. La solution nutritive est distribuée aux plantes par irrigation discontinue sur la surface supérieure de l'enveloppe ou du pot puis ruisselle par gravité vers le dessous du substrat. Par ailleurs, les pots et les enveloppes sont percés dans le fond pour permettre à l'eau de s'écouler. Grâce à ce système, il est possible d'arroser les plantes directement aux racines. C'est l'un des plus répandus actuellement. De plus, si les solutions sont récupérées, il ne peut, en principe, y avoir contamination des sols. Ainsi, ce sont des systèmes peu polluants (**Kouassi, 2009**).

I.7.5.2. La culture sans substrat

Ce type de culture évite l'utilisation d'un support et ainsi son recyclage. De plus, elle présente l'avantage de désinfecter plus facilement l'installation. Pour cette culture, on distingue plusieurs techniques à savoir : l'aquaculture, l'hydroponie et la NFT (nutriment film technique) (**Imist,2013**).

Pour l'aquaculture, la solution nutritive est contenue dans un bac. Elle demande une oxygénation complémentaire de la solution nutritive pour éviter l'asphyxie des racines, via l'utilisation d'un procédé technique complexe. L'aquaculture reste de ce fait un système destiné à la recherche et peu développé dans la pratique (Imist, 2013).

Quant à l'autre technique appelée « hydroponie », Les racines sont maintenues dans l'air alimentées en solution nutritive par des pulvérisations, la NFT Les racines se développent dans une lamelle d'eau courante (Vitre A, 2003).

1.7.6. Les avantages de l'hydroponie

La culture hydroponique présente de nombreux avantages qui sont:

➤ **Le contrôle de la nutrition**

Le premier avantage – et il est de taille – est de permettre un contrôle absolu de la nutrition des plantes, Seuls les éléments que vous introduisez dans l'eau sont présents dans la zone racinaire (Texier W, 2013-2014) .

➤ **La conservation de l'eau**

une plante a besoin de transpirer une certaine quantité d'eau pour se garantir une croissance saine. La rapidité avec laquelle les plantes poussent et s'étoffent en hydroponie suppose une grande consommation d'eau. Cependant, toute l'eau utilisée sera transpirée par la plante, sans le moindre gaspillage par infiltration dans le sol (Texier W, 2013-2014)

➤ **La conservation de l'engrais**

De la même façon, la totalité de l'engrais utilisé est absorbée par la plante. Rien ne se perd dans le sol, ce qui écarte le danger de polluer les nappes phréatiques et de réduire la vie microbienne dans le sol, La réduction de l'utilisation de pesticides, grâce à une meilleure santé et une croissance plus rapide (Texier W, 2013-2014).

➤ **L'inutilité d'un recours aux herbicides**

Ce point est assez évident. Dans les plateaux et les rigoles en plastique, il n'y a pas de place pour les mauvaises herbes, elle permet de se passer d'herbicides et d'éliminer les nuisibles de façon moins agressive, est une technologie assez propre (Redjala T, 2009).

➤ **La production d'une grande quantité de biomasse**

C'est possible. Le niveau élevé de nitrate dans la solution nutritive suscite une croissance végétative phénoménale. C'est un avantage si l'on a besoin d'une grande quantité de feuillage (**Texier W,2013-2014**).

➤ **Une meilleure utilisation de l'espace**

La natte racinaire n'a pas besoin de s'étendre autant qu'en pleine terre. Les plantes reçoivent toute la nutrition dont elles ont besoin sur une surface réduite, sans qu'il y ait de réelle compétition entre elles. En conséquence, elles peuvent pousser bien plus près les unes des autres qu'en terre (**Redjala T , 2009**).

➤ **Le contrôle de la nutrition**

Il est possible de leur apporter ces nutriments différents dans le cas d'une culture en terre, mais au prix d'un certain gaspillage, en les arrosant fréquemment d'une grande quantité d'eau. En hydro, il suffit de vider le réservoir et de le remplir de nouveau. Et, bien entendu, la solution utilisée en phase végétative n'est pas perdue. Vous pouvez la réutiliser pour arroser des plantes (**Texier W,2013-2014**).

➤ **La croissance rapide**

Une plante cultivée par procédé hydroponique avec une nutrition riche en azote développe un feuillage très fourni. Certains le trouvent même excessif, mais, si vous avez besoin de produire en permanence un grand nombre de boutures, rien ne vaut une plante-mère cultivée dans un système hydroponique efficace. L'industrie horticole y a largement recours pour multiplier en grandes quantités toute une variété d'espèces végétales (**Imist,2013**).

I.7.7. Inconvénients ou limites

D'après William F. Gericke, fondateur de l'hydroponie moderne :

1- Une erreur se paie très cher : la terre a la capacité de maintenir un certain équilibre autour des racines. Prenons un exemple : si par erreur vous donnez trop d'engrais à vos plantes ou que le PH n'est pas approprié, les micro-organismes qui vivent dans la terre permettront de rétablir l'équilibre. En revanche, la capacité de la solution nutritive pour réduire ce type d'erreurs est très limitée. Cela signifie qu'une erreur peut être fatale et ruiner la culture en quelques heures.

2-Coût économique : les systèmes de culture hydroponique peuvent supposer un coût initial plus élevé.

1.7.8. La situation de hydroponie au monde

Une start-up canadienne a installé sur un immeuble de Montréal la plus grande serre sur toit au monde. Il s'agit bel et bien d'un véritable modèle d'agriculture urbaine bien que l'absence de production biologique est notable.

La première serre se trouve dans le quartier Ahuntsic-Cartierville de Montréal et fut inaugurée en 2011. Pas moins de 70 tonnes de tomates, poivrons, salades et piments sont cultivées, été comme hiver (-20° à l'extérieur), dans une atmosphère constamment gardée à 25°. Bien sûr, la serre a besoin d'énergie et l'hiver de chauffage, mais le choix d'avoir placé la serre au sommet d'un immeuble déjà existant et occupé permet de récupérer un peu de sa chaleur, rendant possible une réduction de 25 % des dépenses énergétiques. **(site 4).**



Figure 02 : Serre de Laval / Fadi Hage ; Sources :La Presse Huffington Post **(site 4)**

Fin 2013, une seconde serre a vu le jour dans la ville de Laval, à proximité de Montréal. Les deux serres des Fermes Lufa produisent ensemble 190 tonnes de légumes par an et représentent une superficie de 7300 m². La première serre nourrit environ 3000 personnes du quartier de Ahuntsic-Cartierville tandis que la seconde présente à Laval, fourni des légumes à destination d'environ 6000 personnes habitant la région métropolitaine de Montréal. **(site 4).**

1.8.La tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant du sud de la Colombie au nord du Chili et de la cote Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (**Shankara, 2005**).

I.8.1. La classification de la tomate

Règne.....	Plantae
Sous règne.....	Trachenobionta
Embranchement.....	Magnoliophyta
Classe.....	Magnoliopsida
Sous-classe.....	Asteridae
Ordre.....	Solanales
Genre	Solanum ou lycopersicon
Espèce	lycopersicon esculentum Mill.

I.8.2. Cultures de la tomate

La tomate est cultivée selon deux systèmes principaux qui sont:

- La culture de plein champ : Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (**Cirad et Gret, 2002**).
- La culture sous abris : Ce système de culture vise à produire les tomates au long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol (**Cirad et Gret, 2002**). La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (**Jeannequin et al., 2005**).

I.8.3. Description botanique de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle, appartenant au groupe des légumes-fruits (**Baba Aissa, 1999**).

- Le système racinaire : forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices
- La tige : le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, pleine, fortement poilue et glandulaire, se ramifie souvent pour donner un arbuste large et rempli.
- Le feuillage : feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à

12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm.

- Les fleurs: Bisexuées, régulières et entre 1.5 et 2 cm de diamètre. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En générale, il y a six pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres et six étamines et les anthères ont une couleur jaune vif entourant le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère doté de deux à neuf carpelles. Souvent, la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu où les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs.

- Le fruit: Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu, en revanche, la couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. Le fruit à maturité peut se présenter soit, rond et régulier ou côtelés.

- Les graines: Nombreuses, en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (Shankara, 2005).

Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3.5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (Gallais et Bannerot, 1992).

I.8.3. Principales exigences écologiques et climatiques de la plante

La tomate a des exigences particulières: sensible au froid, craint beaucoup le gel, les vents chauds et très exigeant en température (Polese, 2007).

a. La température

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10 °C et au dessus de 38°C les tissus végétaux sont endommagés.

(Shankara, 2005).

L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits (Cirad et Gret, 2002).

b. Eau et humidité

La plante est très sensible à l'hygrométrie, elle ne tolère l'humidité élevée (plus de 80%) et une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (Laumonier, 1979).

c. Sol

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées (Shankara, 2005).

I.8.4. La production mondiale

La production mondiale de tomates a progressé régulièrement au cours du XXe siècle et s'est accrue considérablement durant les trois dernières décennies. Elle est passée de 48 millions de tonnes en 1978, à 74 millions en 1992, 89 millions en 1998, 124 millions en 2006 et 152 en 2010 (figure 03) (FAO, 2012). On estime que 30 % des tomates produites sont transformées.

Ce pourcentage est très différent d'un pays à l'autre. Chaque seconde, ce sont près de 4.000 kilos de tomates qui sont produits dans le monde. (Hutain C, 2011).

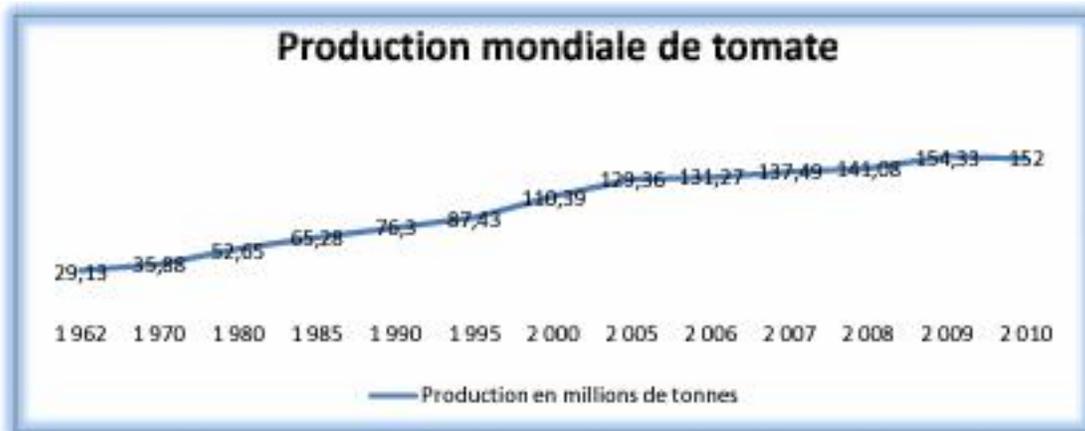


Figure 03 : Graphe en courbe de la production mondiale de tomate 1962-2010

Source : réalisé à partir des données FAO, Avril 2012

1.8.5. Consommation mondiale de la tomate

La consommation ne cesse d'augmenter à l'échelle mondiale, les pays méditerranéens sont les plus gros consommateurs (figure 04), en toute saison. La consommation ne cessera très certainement d'augmenter du fait de l'accroissement de la population mondiale et la durée de conservation (transport sur longue distance).



Figure 4 : Consommation mondiale de la tomate par région en 2010. (FAO.2010)

1.8.6. Évolution de la tomate en Algérie

En Algérie, la tomate est cultivée selon deux modes de production à savoir en culture maraichère et en culture industrielle. La superficie totale réservée est de 32962Ha représentée par 63,06% pour la tomate maraichère et 36,93% pour la tomate industrielle. La tomate représente 7,94% de la superficie totale réservée aux cultures maraichères et industrielles. (Shankara, 2005).

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns surrounds the text.

CHAPITRE 02

MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1. Zone d'étude

Notre expérimentation a été réalisée dans une ferme située à 2km de la commune de Rabta à 7km de sud de la daïra d 'El-Hammadia, wilaya de bordj bou Arreridj. La zone d'étude se développe entre les monts de Hodna et les plaines de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, elle est classé zone steppique.

On distingue deux unités géomorphologique distinctes au sein de la région d'étude : une zone montagneuse et une zone steppique. Elle est à vocation agro-sylvo -pastorale, caractérisée par un relief très accidenté un climat méditerranéen à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur, avec un hiver humide et froid et un été chaud et sec avec une pluviométrie inférieure à 350 mm/an et un sol fortement menacé par l'érosion. la zone d'étude partage deux étages bioclimatique, l'étage bioclimatique aride constitué des communes K'sour, ElHammadia, El Euch et Rabta et l'étage semi aride à sub humide constitue des communes de Bordj Ghdir ,Ouled Braham, Ghilassa et Taghlait.

II.1.1. Ressource en eau

L'irrigation est assurée par un forage de 110 mètre avec un débit moyen de 5 L/s un échantillon a été prélevé et analysé au laboratoire d'analyse des sols et eaux du BNEDER. Les résultats (Tableau I) d'analyse montrent que l'eau présente un pH de 7,67 une valeur qui répond au norme comprise entre 6 et 8 pour la valeur du pH de l'eau d'abreuvement des végétaux, donc l'eau ne présente pas un risque.

Tableau II: Caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation (BNEDER ,2012)

Analyse	Unité	Forage
Ph		7.67
Calcium (Ca^{++})	Mg/L	163.2
Magnésium (Mg^{++})	Mg/L	46.51
Bicarbonate (HCO_3)	Mg/L	313.9
Chlorure (Cl)	Mg/L	63.9
Résidu sec	g/L	0.5

II.2. Le matériel utilisé

- Tuyau en PVC 6m diamètre 80
- Coudes, PVC bouchon
- Rouleau de ruban adhésif isolant,
- Citerne, pompe d'eau
- Des Goblet en plastique diamètre 7,5cm
- Solution nutritive
- Support des plants par galets mer
- Un mètre ruban
- Une scie à métaux
- Une perceuse scie a cloche diamètre 7 cm

II.2.1. Le matériel végétal : la variété de tomate Linda fl (*lycopersicone sculentum mill*)

II.3. Protocole expérimental**II.3.1. La préparation du terrain**

Le terrain été désherbé et mis à niveau.

II.3.2. Installation du système NFT

Après avoir installé des supports dans le sol, le système de tuyauterie est apporté par la suite. Nous avons assuré que chaque tuyau et raccord de tuyau ait un joint en caoutchouc, puis on a mis les tuyaux NFT sur les supports

Enfin, on a percé les tuyaux des trous de 20 mm à 7 cm, on a relia l'extrémité des tuyaux avec coude PVC et puis l'installation des canalisations de distribution pour chaque tuyau NFT.

Pour l'eau un réservoir et une pompe été ajoutés, les tuyaux NFT et le bassin : 80 à 90 % de l'eau coule dans le réservoir que 10 à 20 % coule dans les tuyaux NFT. Les robinets sont utilisés pour contrôler le débit de l'eau à chaque emplacement.

II.3.2.a. Le fonctionnement de système NFT

Le système NFT se compose de bacs coupés en 2 zones, la première zone est là où repose la solution, la 2nd contient le tapis et les racines des plantes, le tout est protégé par un couvercle, avec le temps, il se forme donc un tapis de racines.

La NFT est d'une très grande simplicité, elle consiste en un film de solution nutritive (nutriments et eau) circulant constamment entre les racines des plantes. La solution nutritive qui est pompée dans le réservoir puis remonte et s'écoule dans le bac de culture est ensuite récupérée dans le réservoir.

C'est le film circulant qui différencie la NFT des autres méthodes de culture hydroponique.

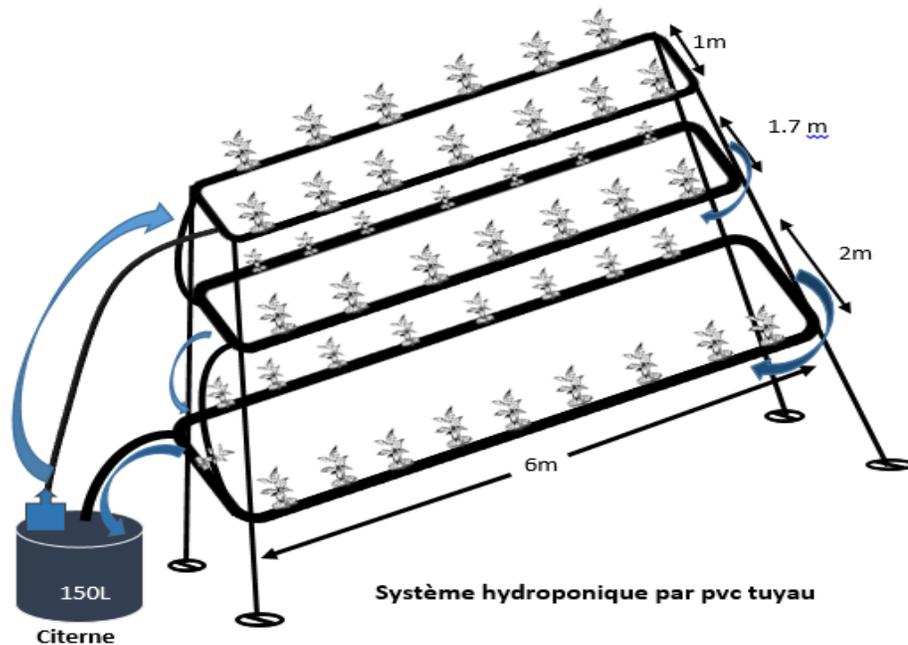


Figure 05 : Schéma explicative d'un système « hydroponie » (BNEDER ,2017)

II.3.4. Préparation de la solution nutritive**➤ Organique**

Mettre dans le seau 1 volume de compost pour 1 volume d'eau. (¼ de seau du fumier de poulet composte, avec ¾ litres d'eau), nous Laissons macérer 7 jours ou plus puis on filtre la solution avec deux filtres différents : un grossier et un beaucoup plus fin.

➤ Minérale

C'est une solution nutritive minérale la mark (fertigofo1).

II.3.5. Le choix de la variété Linda F1

La variété est choisi a cause de son adaptation aux conditions chaudes et humides. Linda F1 a une très bonne résistance au flétrissement bactérien (*Ralstonia solanacearum*), au TMV (Virus Mosaïque du Tabac) et au fusarium., elle a une bonne conservation après récolte avec productivité importante et des fruits fermes, de belle coloration rouge à maturité et de calibre homogène : 90 g (Linda F1) (Cocosol, 2014).

II.4.1. Germination

On met à germer Les graines de tomates dans le terreau dans des plaques alvéolées à l'obscurité à une température de 25°C et à une humidité partielle 55%, les graines sont arrosées avec de l'eau sans engrais quotidiennement. Une bâche transparente ou un dôme transparent (mini serre) pour les petites espaces aident à maintenir ces conditions d'humidité tout en conservant la chaleur.

Lorsque les plantules pointent le bout de nez, on les place sous une lumière pas trop forte pour ne pas les dessécher, voire les brûler. Cependant, un éclairage faible fera filer avec des lampes fonctionnent 16 à 18 heures par jour.

Après une phase de verdissement de 48 heures à la lumière à 22° nous pouvons a percevoir les premiers feuilles (les cotylédons).



Figure 06 : Photo capturé au 6^{ème} jour de germination (07/04/2017).

II.4.2. Croissance végétative

Une fois que les jeunes plants ont développés 3 feuilles il faut repiquer dans des gobelets les mettre dans un espace pour la croissance en attendant leurs installation définitive pour la production de tomates.

21 jours après, les deuxièmes feuilles sont apparents



Figure 07 : Photo capturé au 21eme jour de germination (22/04/2017).

Une fois les pieds de tomates sont grandies (25j), on les a placé dans le système hydroponique

II.4.3. Le repiquage et la plantation

Lorsque les pieds de tomate sont assez forts, on a transplanté les plantules dans le système NFT, étape nécessitant de la délicatesse pour éviter le stress des racines ou la cassure des tiges. En met les gobelets dans le système hydroponique en démarrant la circulation de l'eau et la solution nutritive (minéral et organique)

II.4.4. Croissance générative: floraison et fructification

Après une période d'adaptation, nos observation concerné le développement du feuillage, la tige, les racines, pour y connaître l'état de santé général des plantes (Carence/toxicité/stress climatique).

Après une période très chaude la température, les plantes entrent dans un stress climatique et ont été perdue par la suite.



Figure 08 : Photo capturé au 55^{ieme} jour de germination (25/05/2017).

II.5. Plan chronologique de l'exploitation

Les étapes de développement des plants sont résumées dans les tableaux ci dessous.

D'après ce tableau, on constate que la période semis des grains jusqu'à germination prendre de 1 a 4 jours. Après 15 jours nous avons fait des repiquages en goblet et nous attendant jusqu'à l'apparitions de 5eme feuille pour met les plants dans le système hydroponique.

Tableau III : Plan du nombre de jours en fonction du stade de développement des plants

	Nombre des jours	Stade de développement
Semis – germination	1j —————> 4 j	germination
Repiquage en Goblet	15j —————> 21 j	1 ère vrai feuille
	28j —————> 31 j	4 – 5 feuilles
Repiquage dans système hydroponique	33j —————> 38 j	7 feuilles
	40j —————> 43 j	9 feuilles
	45j —————> 48 j	1 ère bouquet visible

II.6. Les paramètres retenus

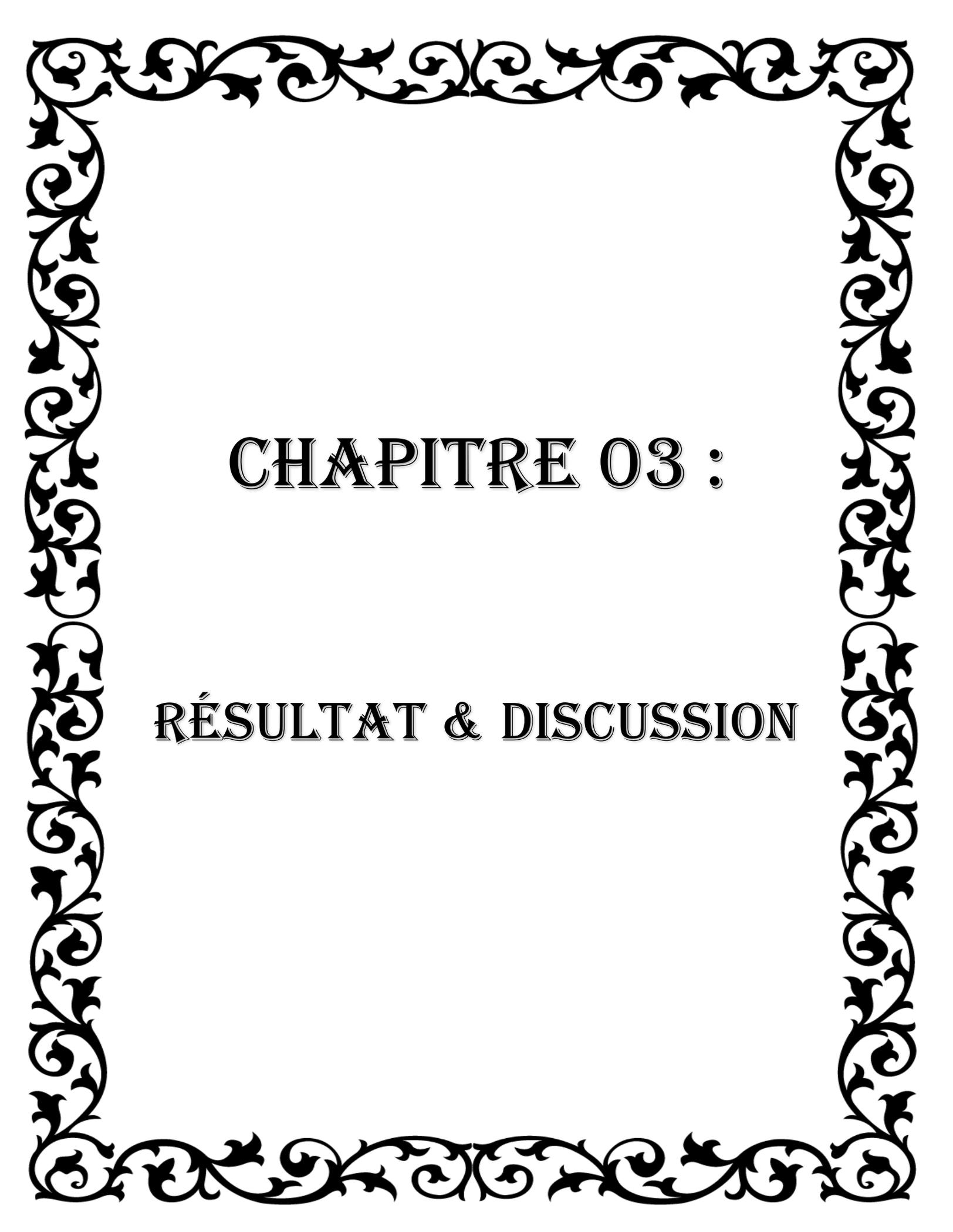
- Longueur de la tige
- Longueur de la feuille
- Nombre des feuilles
- Longueur de la racine
- Biomasse totale
- Biomasse des racines
- Biomasse des tiges
- Biomasse des feuilles
- Biomasse du bouquet florale.

II.7. Traitements statistiques

L'ensemble des données été saisies dans des tableaux EXEL dont le contenu a servi à effectuer au départ des statistiques descriptives en utilisant le logiciel SPSS.23 (Statistical package for Social Science) pour calculer la moyenne, analyser la variance et réaliser des traitements graphiques.

Les profils d'évolution de la croissance des plantes, ainsi que l'étude de leurs variations selon le type d'engrais ont été réalisés à l'aide de la procédure MLG-mesures répétées.

L'étude de l'effet du type de fertilisant sur la biomasse (tige, feuille, racine et le bouquet florale) été réalisé à l'aide de la procédure MLG uni varié. Le seuil de signification à été fixé à $p < 0,05$.

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns surrounds the text.

CHAPITRE 03 :

RÉSULTAT & DISCUSSION

III.1. Effet de la température sur les paramètres de croissance des plantes

Tableau IV : La température mesuré en fonction du stade de développement des plants

Stade de développement	jours	Nuits
Germination	25 à 26°C	25 à 26°C
De la levée au repiquage	20 à 22°C	22 à 24°C
Repiquage au système hydroponique	30 à 35°C	27 à 29°C
Après 40 à 45 jours lorsque le bouquet floral est visible	19 à 23°C	16 à 19°C

En tenant compte du fait que la variété de tomate utilisée est une variété sélectionnée pour les cultures de printemps sous serre, bien adaptée à des conditions relativement précises avec toutefois une tolérance possible à un climat moyennement froid, (**Longuiness,2011**).

Nous avons constaté que durant les deux premières semaines de repiquage au système hydroponique la température été environ 30-35°C.

En général, une augmentation de 1°C de la température de l'air dans la serre augmente de 0,05% la formation de grappe hebdomadaire (**Dorais et al., 2001**).la température a tendance à augmenter plus rapidement puisque l'air chaud ne s'échappe pas par les toits.

De plus, le risque de gradient de température est plus important au moment le plus ensoleillé de la journée (**Opdam et al., 2005; Qian et al., 2012b**).

Une augmentation de la température au-dessus de 26°C influence négativement le développement du plant en commençant par le ralentissement du rythme de nouaison (**Heuvelink et al., 2008**).

Une hausse de température, au contraire, augmente la fluidité des membranes. Pour une température fixée, la fluidité des membranes dépend en premier lieu du degré de saturation des acides gras qui entrent dans la formation des lipides. Lorsque les acides gras sont saturés (ne

possèdent pas de double liaisons) ils ont un point de fusion élevé et les membranes dont ils sont une partie sont rigides. (Gabriel Cornic, Février 2007).

le système racinaire de la tomate se développe à des températures plus basses que ne le fait la partie aérienne (Lingle et Davis 1959 ;Locascio et Warren 1960).

L'influence de l'activité racinaire réduite, du fait des hautes températures relevées dans le sol; cette hypothèse serait complémentaire des observations de Frossard (1980) qui note une dépendance marquée de la respiration racinaire vis-à-vis de l'activité des parties aériennes.

III.2. composition des solutions nutritives

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Dans notre expérimentation on a utilisé une solution organique et une solution minérale.

Les compositions de ces derniers sont illustrées dans la figure n°4.

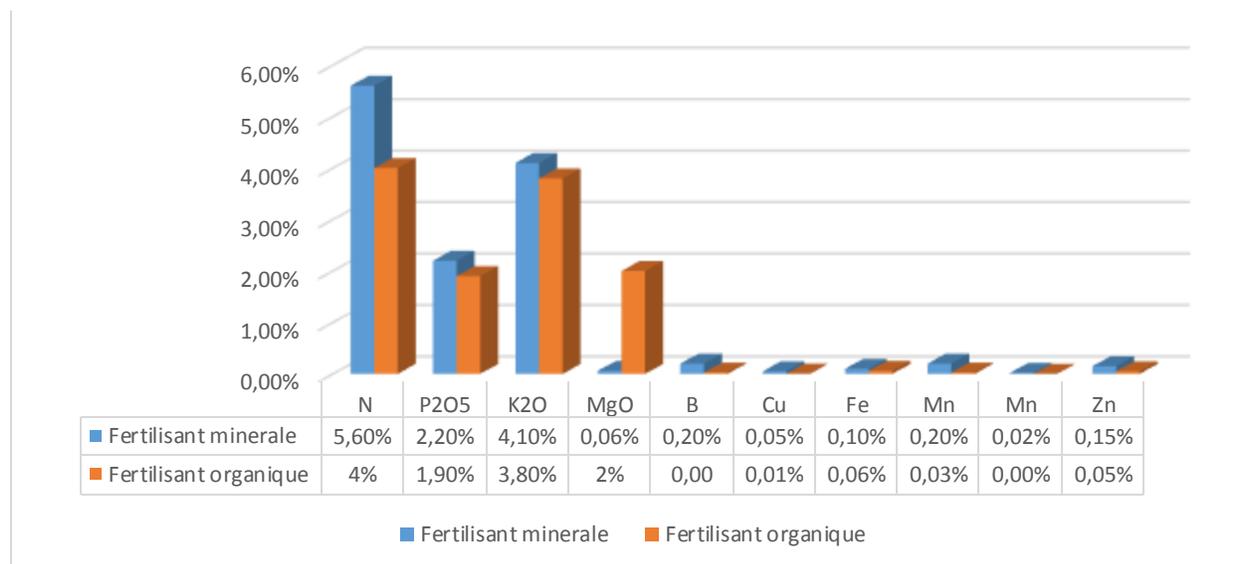


Figure 9 : Histogramme de la composition des fertilisants organique et minérale

III.3. Effet du type de fertilisant sur la croissance et développement des plantes

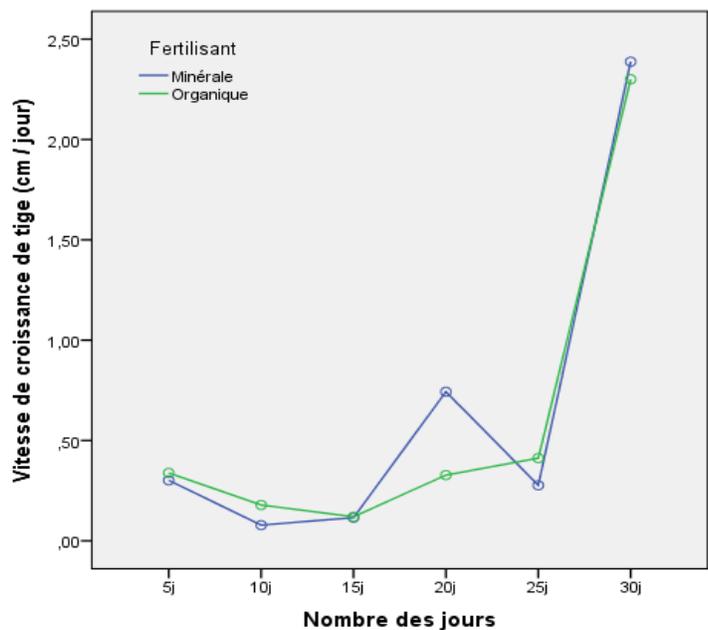
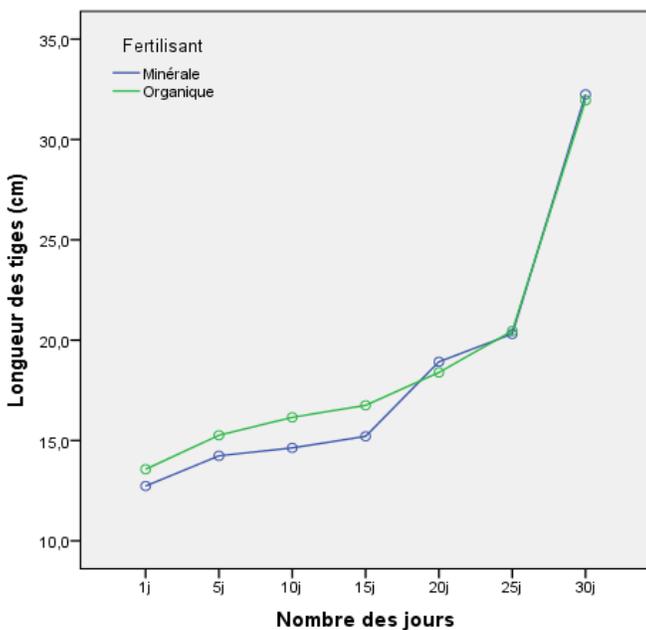
La solution nutritive minérale et la solution organique ont une influence sur la croissance et le développement des tomates.

L'objectif de cette partie est de montrer l'effet de chaque type de fertilisant sur les paramètres de croissance des plantes (taille des tiges, feuilles et racines) la biomasse (poids total ainsi que le poids des différents organes de la plante) ainsi que le nombre des feuilles.

La variation a été mesuré jusqu'au stade de développement florale, qui à pris 55 jours

III.4. Effet du type de fertilisant sur la longueur de la tige

Le type de fertilisant n'as pas d'effet significatif sur la longueur de la tige, par contre nous remarquons une légère supériorité de la longueur des tiges dans le cas de fertilisation organique par rapport au minérale et cela pendant les deux premières semaines. Entre 20 à 25 jours, les plantes traitées par le fertilisation minérale ont montré une vitesse de croissance importante. Entre 25 à 30 jours, l'évolution des deux types de fertilisants devient similaire.



(A)

(B)

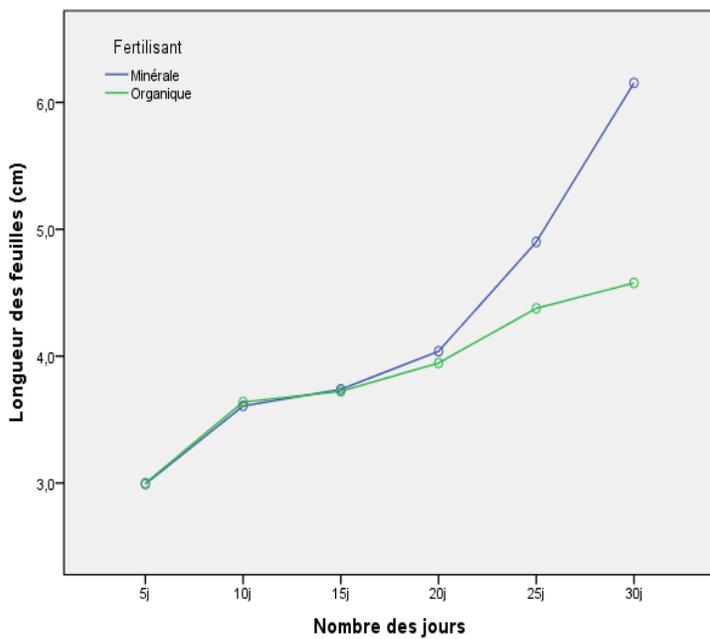
Figure 10 : (A) Profil d'évolution de la longueur de la tige

(B) Profil d'évolution de la vitesse de la croissance de la tige (cm/jour).

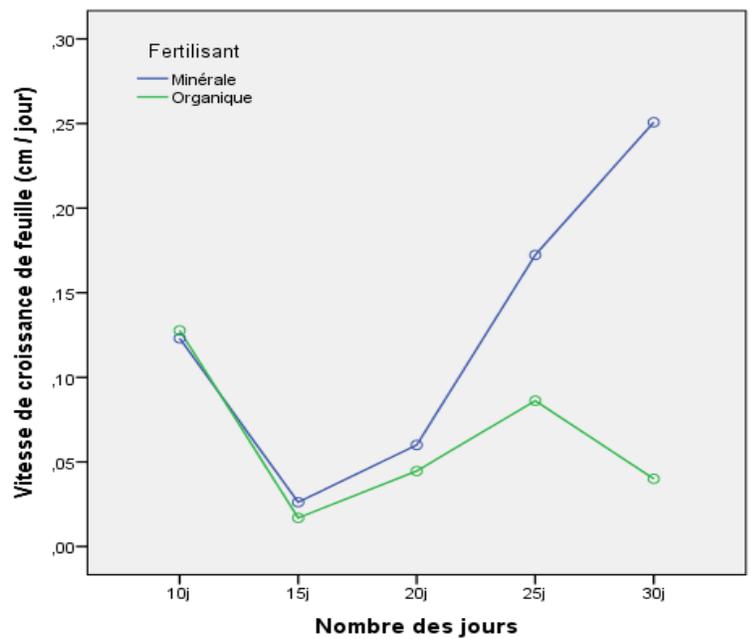
III.5. Effet de type de fertilisant sur la longueur de feuille

Analyse de la variance montre un effet non significatif du type de fertilisant sur la longueur des feuilles, ces résultats de mesure sont illustré dans la figure 6.

Par contre on remarque une légère supériorité de la longueur des feuilles dans le cas de fertilisation minérale par rapport à l'organique et cela à partir du 15^{ème} jour, aussi les plantes a fertilisation minérale ont montré une vitesse de croissance importante au 20^{ième} jour, après l'évolution des deux type de fertilisant deviens similaire.



(A)



(B)

Figure 11 : (A) Profil d'évolution de longueur des feuilles
(B) Profil d'évolution de la vitesse de croissance des feuilles (cm/jour)

III.6. Effet de type de fertilisant sur le nombre de feuille

Le nombre des feuilles est influencé d'une façon significative sur les type des fertilisants.

On remarque une légère supériorité dans les profils d'évolution du nombre des feuilles dans le cas de fertilisation minérale par rapport a l'organique et cela a partir le 15eme jour, donc les plantes a fertilisation minérale ont montré une vitesse de feuillage importante, ce paramètre passe de nombre de 4 à 12 feuille.

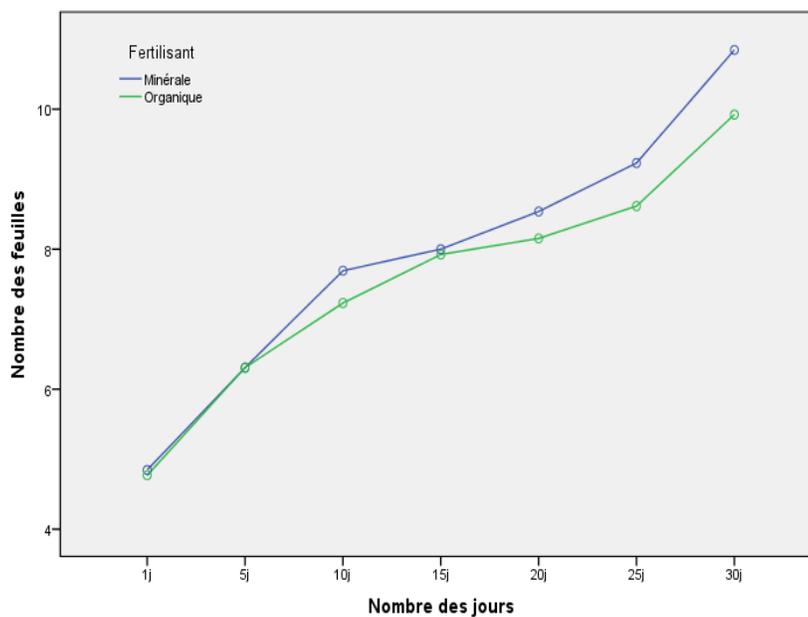
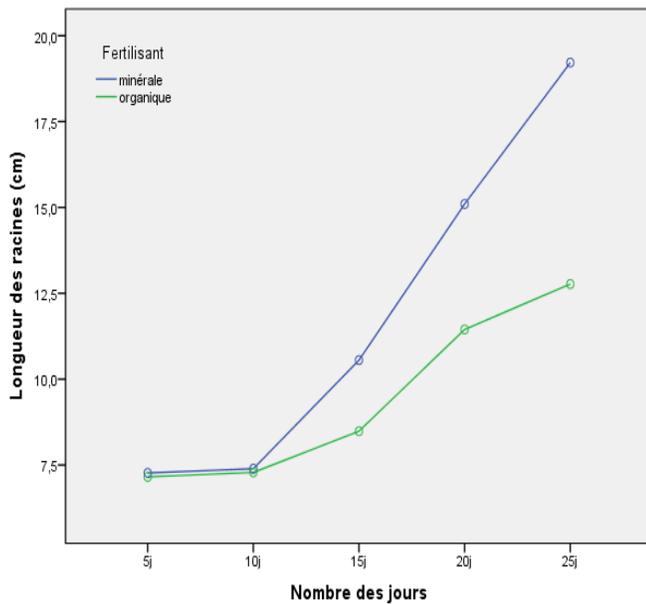


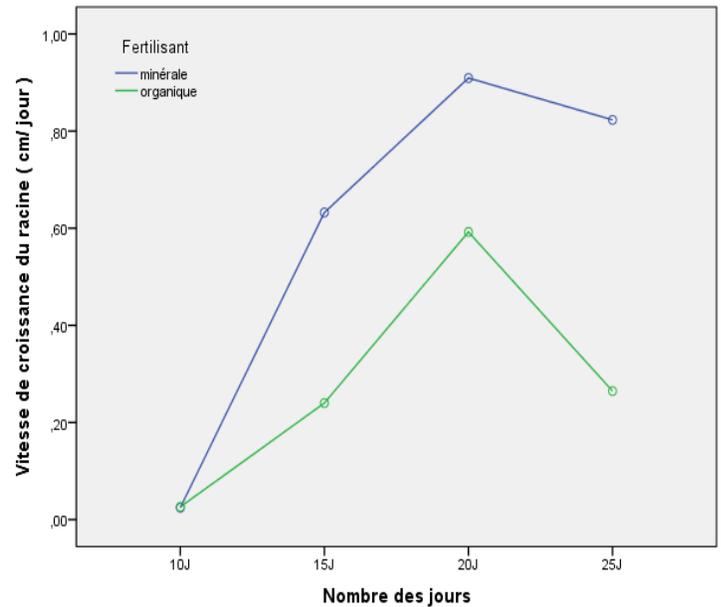
Figure 12 : Profil d'évolution du nombre des feuilles.

III.7. Effet de type de fertilisant sur la longueur de racine

Le type de fertilisant montre un effet hautement significatif sur la longueur des racines, on observe une légère supériorité de l'évolution de la longueur des racines dans le cas de fertilisation minérale par rapport à l'organique et cela à partir du 11^{ème} jour, donc les plantes à fertilisation minérale ont montré une vitesse de croissance plus importante que l'organique.



(A)



(B)

Figure 13 :(A) profil d'évolution de longueur des racines
(B) Profil d'évolution de la vitesse de croissance de racine (cm/ jour)

III.8. Effet de type de fertilisant sur les biomasses total - des feuilles –tige- racine – bouquet floral

Le type de fertilisant influencé significativement sur la biomasse des racines, des tiges, des feuilles, et hautement significatif sur la biomasse total et des bouquets floral.

On constate que la moyenne des biomasses de fertilisant minérale est supérieur par rapport au organique.

Donc le type de fertilisant a un effet significatif sur la masse végétale des plants

Tableau V : Tableau analytique d'effet du type de fertilisant sur la biomasse des différents organes de la plante

Paramètres	Solution	poids (pds frais- pds sec) Moyen (g)	Erreur standard	Signification	
Biomasse totale	Minérale	32,53	3,04	P<0.01	très significative
	Organique	20,27	1,80		
Biomasse des racines	Minérale	3,48	0,51	P<0.05	Significative
	Organique	2,05	0,32		
Biomasse des tiges	Minérale	0,56	0,09	P<0.05	Significative
	Organique	0,28	0,04		
Biomasse des feuilles	Minérale	2,92	0,42	P<0.05	Significative
	Organique	1,77	0,29		
Biomasse des bouquets floraux	Minérale	18,18	1,77	p<0.001	Hautement significative
	Organique	10,73	0,95		

III.9. Discussion générale

La présente étude réalisée en milieu hors sol sous serre, vise à identifier le meilleur fertilisant dans la logique de l'expérimentation et de la vulgarisation en milieu paysan.

En effet, les études conduites en milieu naturel ont montré que les ressources locales comme les déchets organiques, appliquées aux sols tropicaux pauvres et acides peuvent fournir les éléments nutritifs nécessaires pour l'alimentation et la croissance des plantes et par conséquent, accroître le rendement des plantes cultivées (**Mulaji, 2011**).

Les paramètres retenues pour mettre en évidence l'effet des types de fertilisants sur la réaction de la croissance de tomate (longueur des feuilles, racines et nombre des feuilles) sont influencé significativement par les différents fertilisants minérale et organique par contre la longueur de tige montre un effet non significatif.

La croissance des parties aériennes a une relation étroite avec la nutrition et la température (**Anonyme, 1993**).

Les nutriments contenus dans cet amendement sont-ils assimilables par la plante dès leur application (**Le Villio et al, 2001**). Cette facilité d'utiliser les minéraux a certainement accéléré le processus de reproduction.

Des nutriments comme l'azote et le potassium ont une mobilité relative plus élevée que d'autres nutriments tels le phosphore, le calcium, le magnésium et les micronutriments, ce qui les rend plus disponibles pour les plantes, mais également plus vulnérables au lessivage par les eaux (**Miransari, 2011**). Nos résultats révèlent un effet significatif, de l'azote sur la production de biomasse.

L'effet du phosphore sur la croissance des plants est plus manifeste en phase végétative. **Crafts-Brandner (1992)** et **Elliott et al. (1997)**. Des perturbations dans la nutrition d'azote des plantes pendant leur période de croissance pourraient nuire considérablement la culture (**Reust, 1986**).

Toutes ces réalités sont largement documentées, mais l'utilisation des engrais chimiques est actuellement inévitable pour suffire à la demande agricole mondiale qui ne cesse d'augmenter (**Mahdi et al. 2010**). la teneur en azote dans notre dispositif minéral 7,80 % est concentré par rapport l'organique 4%.

Croissance plus rapide et plus importante, alimentation minérale plus satisfaisante. Cet effet précoce des apports de matière organique sur tomate, également observé sur l'enracinement de la plante (**Cisse & Vachaud, 1988**) est déterminant pour l'obtention de meilleurs rendements. En effet les études de **Pieri (1979)** et de **Siband (1981)**.

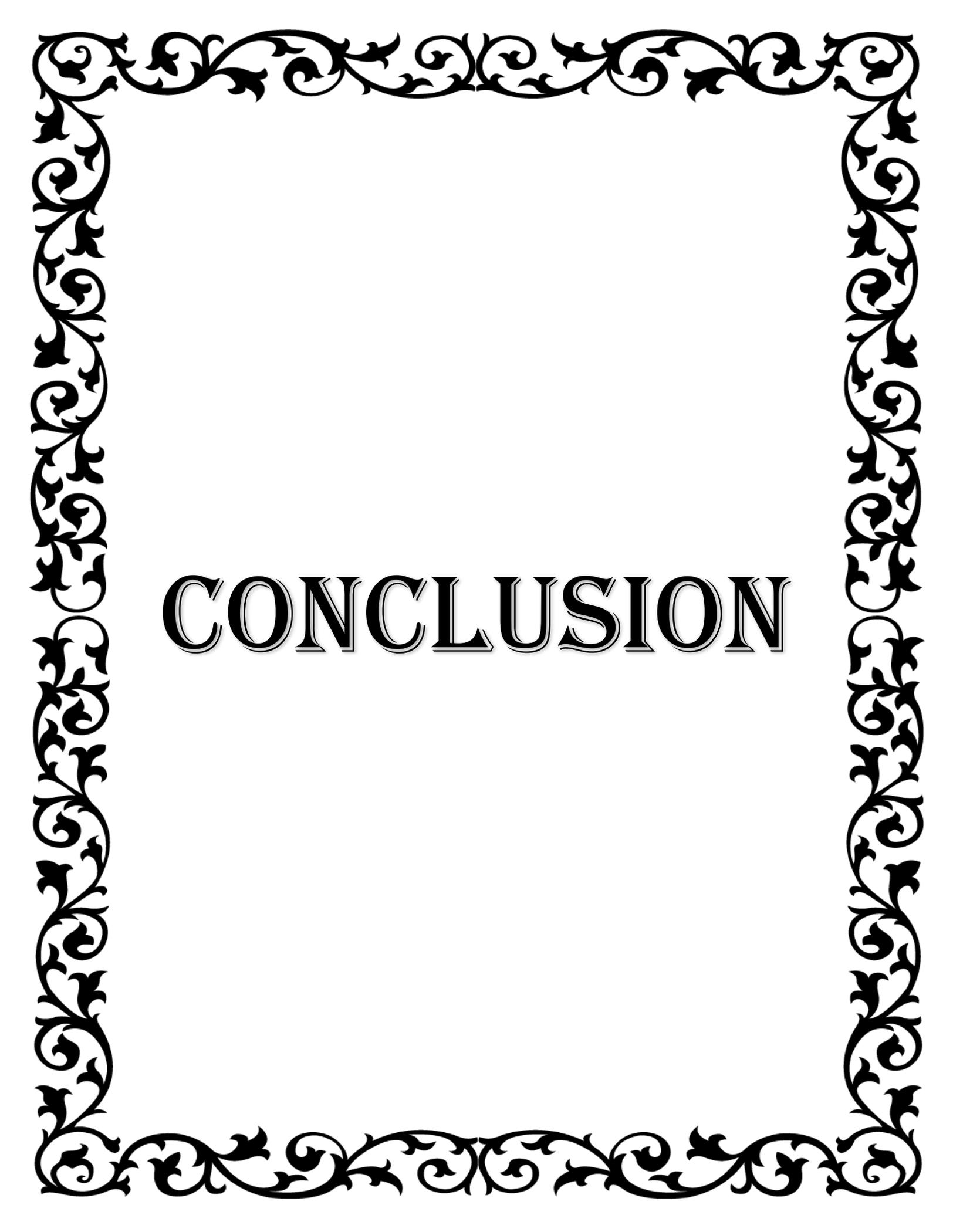
L'activité photosynthétique issue d'une par une accumulation des sucres (**Patterson et al. 1912**) et des éléments minéraux (**Nordin 1911**), le maintien de l'activité photosynthétique et de la production d'énergie dans les feuilles (**Cooper 1973**). L'augmentation de la fertilisation azotée a davantage favorise le développement de la partie aérienne que celui de la partie racinaire.

Notre étude a montré également une augmentation de la longueur de racine de tomate suite à l'arrière effet du phosphore. Ceci pourrait être dû à la disponibilité du phosphore dans la disposition minérale, La teneur en phosphore dans notre solution nutritive minérale est de 3 % et l'organique est de 2,9%.

Ce résultat est comparable à ceux de **Tu et al.1., (2006)** qui ont mentionné que le paillage du sol augmente l'activité des micro-organismes et sa teneur en azote. (**Sainju et al, 2003**) ont aussi trouvé que la production de tomate est réduite par l'excès de nutriment dans le sol. Une augmentation de la production de biomasse et du poids des fruits de tomate, respectivement sous les interactions phosphore/azote et phosphore*azote*résidus a été révélée par notre étude. Ces résultats sont comparables à ceux de **Agele et al., (2008)** ; qui ont noté une augmentation de la biomasse de la tomate sous l'effet de l'application combinée d'azote, de phosphore.

D'autre part la croissance de notre diapositive organique est avec lentement vitesse que le minérale, La matière organique améliore la fertilité du sol en agissant sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol (**N'dayegamiye et Côté, 1996**). L'application des fumures organiques a contribué à augmenter les rendements de nombreuses plantes.

Pour cela une bonne nutrition, un climat plus favorable avec des températures ambiante favorise la croissance et le développement de feuillages, tiges et les racines.

A decorative border with a repeating floral and scrollwork pattern in black ink, framing the central text.

CONCLUSION

Conclusion

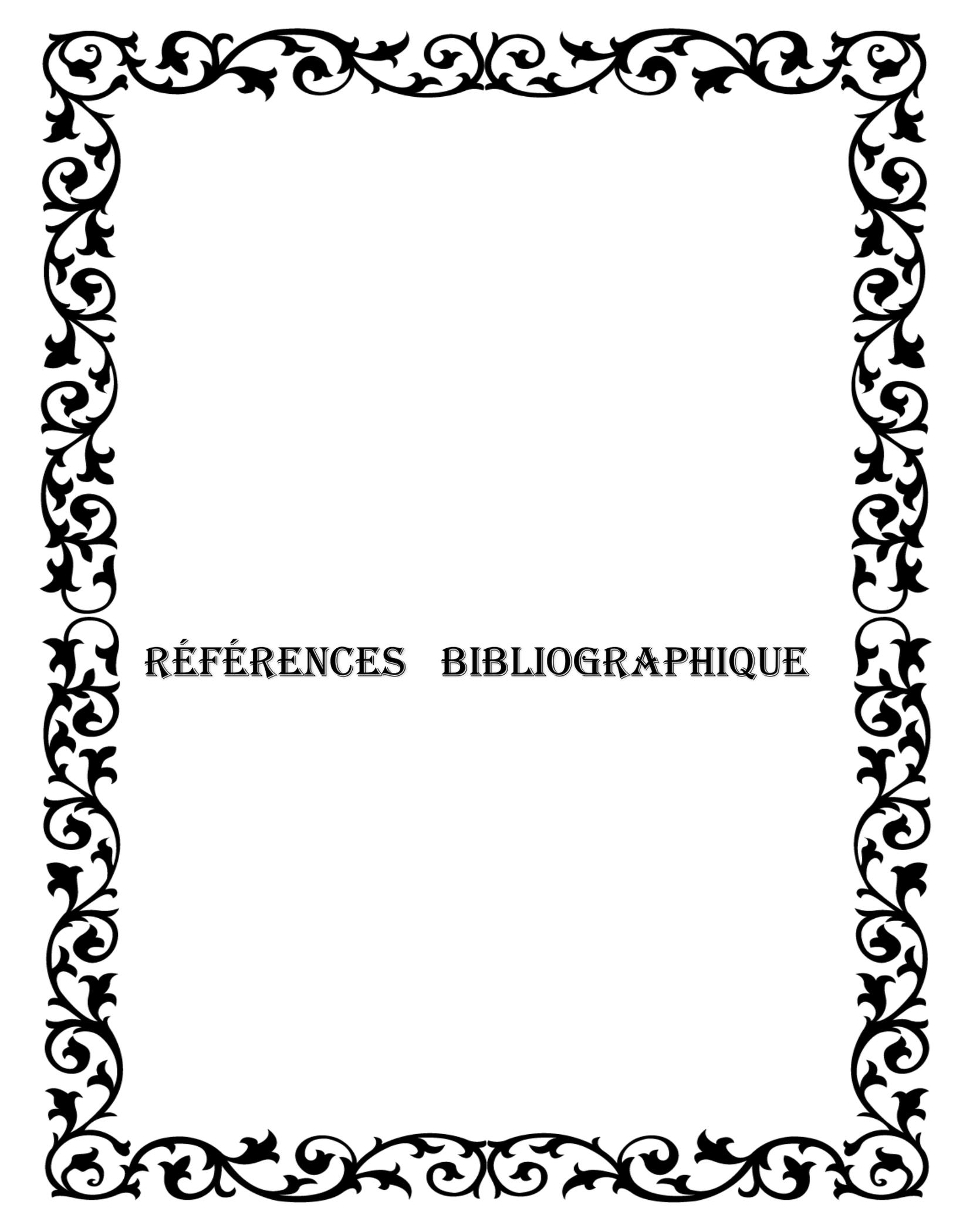
Conclusion

Nos résultats ont pu mettre en évidence l'effet des types de fertilisants sur la croissance de tomate; aucune différence significative entre les deux solutions nutritives en ce qui concerne la longueur de la tige et la longueur de des feuilles a $p > 0,05$ par contre la croissance des racines et le nombre des feuilles été influencé significativement en faveur du fertilisant minérale a $p < 0,05$ cela est due a une fertilisation azotée d'avantage dans la solution minéral qui a favorisé le développement de la partie aérienne (feuilles).

L'augmentation de la longueur de racine de tomate suite à l'arrière effet du phosphore. Ceci pourrait être dû à la disponibilité du phosphore dans la solution minérale, La teneur en phosphore dans notre solution nutritive minérale est de 3 % et l'organique est de 2,9%.

Les apparences entre les deux types de solution nutritives été accentués pour les paramètres de biomasse retenus a $p < 0,05$ pour la biomasse des feuilles, des tiges et des racines et a $p < 0,001$ pour la biomasse du bouquet florale et la biomasse totale, cela est expliqué par la richesse de la solution par l'azote, et la croissance racinaire importante des plantes ayant un fertilisant minéral.

Les résultats de la croissance de la tomate à la faveur de la solution minéral sont due à la facilité de son absorption par la plante et sa richesse en éléments nutritifs mais ne peut pas négliger son effet sur l'environnement, la qualité de la plante ainsi que sur le rendement vu son pris largement supérieur que la solution organique.

A decorative border with a repeating floral and scrollwork pattern, rendered in black on a white background, framing the central text.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographique

- **Adden A.K., 2004** ; Evaluation quantitative ce composts de biomasses diverses et leur
- **Adden Ayi Koffi .,2008** ; . Effets de trois systemes culturaux sur la durabilite de la production de maïs (zea mays L) sur sol ferrallitique au togo meridional , Diplôme de DEA Sciences de Agroressources et Génie de l'Environnement 2008,. Université de Lomé 61p
- **Agele S.O., Adeniji I.A., Alabi E.O., Olabomi A., 2008** ; Responses of growth yield and N use efficiency of selected tomato cultivars to variations in hydrothermal regimes of the cropping seasons in a tropical rainforest zone of Nigeria. *Journal of Plant Interactions* 3 (4), 273-285.
- **Alain Vitre, 2003** ; A Fondements & Principes du hors-sol, (2003).
- **Asmidal, 2004** ; La nouvelle stratégie commerciale. *ASMIDAL infos*, 22 (janvier).
- **Baba Aissa F. 1999** ; Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et de Maghreb.
- **Berger Michel., 1996** ; .L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne... *Agriculture et Développement*, 58 p.
- **Blanc D., 1987** ; Les cultures hors sol. INRA, Paris, 409 p.
- **Bockman, O. C., O. Kaarstad, O. H. Lie, and I. Richards. 1990** ; Agriculture and fertilizers: Fertilizers in perspective. Oslo: Norsk Hydro.
- **Bonny S, 2011** ; L'agriculture écologiquement intensive : nature et défis. *Cah Agric* 20 : 451-62p.
- **Bouby L. 2010** ; Agriculture dans le bassin du Rhône du Bronze final à l'Antiquité : agrobiodiversité, économie, cultures. Thèse de doctorat en Archéologie.33p.
- **Bulletin , 2013** ; IMIST d'Information Technologique-Industrie Agroalimentaire (BIT-IAA) ,n°25,2013
- **Chouinard Omer ; Courchesne Danièle; Martin Gilles ., 2010** ; L'utilisation de compost comme pratique visant une plus grande viabilité des sols chez les fermiers du Sud-Est du Nouveau-Brunswick fermiers du Sud-Est du Nouveau-Brunswick , 2010 . *Community Mobilization and the Social Economy /Mobilisation communautaire et économie sociale.*
- **Cirad, 2008** ; La vision stratégique 2008- 2012. CIRAD, Paris.23

- **Cirad, 2011** ; (Organisme, France Ministère des affaires étrangères), Cirad, centre de de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement .paris
- **Cisse L., Vachaud G, 1988** ; Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord-Sénégal. 1. Bilans de consommation, production et développement racinaire. *Agronomie*, 8 (4), 315-326.
- **Cocosol, 2014** ; SARL au capital de 1.000.000 FCFA, 27 BP 707 ABJ 27, Cote D'Ivoire. N°CC 1409905 A - N°RCCM CI-ABJ-2014.
- **Colin a ., 1997** ; Étude du procédé d'épandage centrifuge d'engrais minéraux. Thèse de doctorat en Génie des procédés industriels 62p.
- **Conway G., 1998** ; The doubly green revolution: food for all in the twenty-first century. Cornell University Press, Ithaca.
- **Cooper A. J. 1973** ; Root temperature and plant growth. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, England. 85p.
- **Crafts-Brandner S.J, 1992** ; Significance of leaf phosphorus remobilization in yield potential in soybean. *Crops Science* 32, 420–424.
- **Deanne-Drummond, C. E., Clarkson D. T. et Johnson C. B. 1980** ; The effect of differential root and shoot temperature on the nitrate reductase activity, assayed in vivo and in vitro in roots of *Hordeum vulgare* (Barley). *Planta* 148: 455-461p .
- **Demeester, ML., Mercier V . 2016** ; Presses Universitaires d'Aix-Marseille. France. Presses Universitaires d'Aix-Marseille, 2016,
- **Dobermann, A. Cassman K. G., Mamaril, C. P., Sheehy, S. E. 1998** ; Management of phosphorus, potassium and sulfur in intensive, irrigated lowland rice. *Field Crop Research* 56:113-138.
- **Doussan I., 2004** ; *Activité agricole et droit de l'environnement, l'impossible conciliation ?* L'Harmattan (Logiques juridiques), 485 p.
- **Dumat camille , 2014**, fertilisation raisonnée des sols et biogéochimie ,ENSAT 2014-15
- **Duplessis J., 2002**. *Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique*, NOVA ed. librairie moderne, Rouiba : 278-279p.

- **FAO, 2009** ; L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. Ciheam,33p.
- **Feret S., Douguet J.M., 2001** ; Agriculture durable et agriculture raisonnée, quels principes et quelles pratiques pour la soutenabilité du développement en agriculture ? Natures Science Société, 9(1), 58-64.
- **Gallais A .et Bannerot H. 1992**, Amélioration des espèces végétales cultivées,
- **Ghali Mohammed., Daniel Karine., Colson François , 2013** ; L'agriculture écologiquement intensive : Une approche économique. Soumis à Economie Rurale.
- **Griffon M , 2006** ; Nourrir la planète, pour une révolution doublement verte. Odile Jacob, Paris.
- **Griffon Michel , 2007** ; Pour des agricultures écologiquement intensives : des territoires à haute valeur environnementale et de nouvelles politiques agricoles. Groupe ESA. Angers : les leçons inaugurales du Groupe ESA, 74 p.
- **Griffon Michel ,2013** ; Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?, Ed. Quae, 2013.
- **Islam M., Munda G.C., 2012** ;Effect of organic and inorganic fertilizer on growth, productivity, nutrient uptake and economics of maize (*Zea mays* L.) and toria (*Brassica campestris*L.).
- **Jérémie Dumas ., Jean Hergel ., Sylvain Lefebvre., 2014** ; .ACM Transactions on Graphics (TOG), 2014.
- **Jeannequin B., Dosba F. et Amiot-carlin MJ. 2005** ; Fruits et légumes caractéristiques et principaux enjeux. Collection « un point sur les filière ».INRA. Paris.
- **Jean-Yves Porhiel ,2013** ; Agriculture Ecologiquement Intensive AEI .chambre D'agriculture Finistère . 15p
- **Kiari SA., Mahaman S., et al .,2014** ; Effets de l'enrobage des graines et de la micro dose d'engrais sur des variétés du mil en zones semi-arides du Niger,2014. Université Abdou Moumouni de Niamey ; Icrisat Centre Sahélien Niamey, Niger 35p.
- **Kouassi Simplicie, 2009** ; Fiche Technico-économique :Culture hydroponique de la tomate, Version originale,Août 2009.

- **Labrousse P , 2002** ;Contribution à l'étude de la résistance de différents génotypes d'*Helianthus* (Astéracées) à *Orobanche cumana* Wallr. (Orobanchacées) Thèse de doctorat en Physiologie et pathologie végétales .85p
- **Le Villio M, Arrouays D, Deslais W, Daroussin J, Le Bissonais Y & Clergeot D 2001** ; Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné. *Etude et Gestion des Sols* **8** (1): 47-63.
- **Lingle J. E et Davis R. M, 1959** ; The influence of soil temperature and phosphorus fertilization on the growth and mineral absorption of tomato seedlings. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **73**:312-322.
- **Locascio, S. et Warren, c. F. 1960** ; Interaction of soil temperature and phosphorus on growth of tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **75**:601-610.
- **Longuenesse J. J., 1978a** ;Température nocturne et photosynthèse. I. Etude bibliographique. *Ann. agron.*, **29**, 525-539.
- **Menzi H., Besson J.-M. & Frick R., 1994** ; Specific norm values: a tool to optimize nutrient efficiency of manure and to reduce ammonia emissions In *Animal waste management* (Ed.J.Hall).Proc of the 7th technical consultation on the ESCORENA network on animal waste management,Bad Zwischenahn (D), 17–20 Mai1994, FAO, Rome,REURTechnical Series34, 345–350.
- **Méral, P., 2010** ; Les services environnementaux en économie : revue de la littérature, programme Serena, Document de travail, 2010-05. 50p.
- **Messiaen C.M., Blancard D., Rouxel F. et Lfon R. 1993**. les maladies des plantes maraichères. 3ème ed. INRA, Paris.
- **Morard, P. 1995** ; Les cultures végétales hors sol. Publications Agricoles, Agen, France. 303 pp
- **Mulaji KC, 2011** ; Utilisation des composts de bio déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, Gembloux Agro bio Tech, 220p.
- **Mustin, M., 1987** ; Le compost : gestion de la matière organique 1987.revue . Food and Agriculture Organization of the U. N 23p.

- **Nordin ASA. 1977** ; Effects of low root temperature on ion uptake and ion translocation in wheat. *Physiol. Plant.* 39: 305-310.
- **Pailotin, G., 2000** ; L'agriculture raisonnée. Rapport au ministre de l'Agriculture, 41 p., Paris. 954p.
- **Patterson R. P., Grunes D, L. Ct Lathwell D. J. 1972** ; Influence of root zone temperature and P supply on total and inorganic P, free sugars, aconitate, soluble amino N in corn. *Crop Sci.* 12:227-230.
- **Pervanchon F., Blouet A., 2002** ; LAE - Laboratoire Agronomie et Environnement Le Courrier de l'environnement de l'INRA, Paris : Institut national de la recherche agronomique Délégation permanente à l'environnement, 2002, pp.117-136
- **Petit J et Jobin P., 2005.** La fertilisation organique des cultures. 48p.
- phytotoxycite. Maîtrise .Université de Lomé. 44p.
- **Redjala T , 2009** ; Etude de l'absorption racinaire du cadmium afin d'améliorer la modélisation de son transfert vers les plantes Thèse de doctorat en Sciences agronomiques 55p
- **Sainju U.M., Dris R., Singh B, 2003** ; Mineral nutrition of tomato. *Food Agriculture and Environment* 1(2), 176-183.
- **Samson E., Van der Werf HMG, Dupraz P, Ruas JF, Corson MS, 2012** ; Estimer les impacts environnementaux des systèmes de production agricole par analyse de cycle de vie avec les données du Réseau d'information comptable agricole (RICA) français. *Cah Agric* .21 vol. 21, n8 4, juillet-août 2012.
- **Shankara N., Van lidt de jeud J., de Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. et Florijin. A, 2005** ; La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5eme ,2005.
- **Soltner D, 2003** ; Les basses des productions végétales. Ed 23ème T1 : le sol et son amélioration 464p.
- **Texier William 2013-2014** ; L'Hydroponie pour tous, Mama Editions, 7 rue Pétion, 75011 Paris France (2013, 2014)

- **Tu C., Ristaino J. B., Hu S, 2006** ; Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry* 38 (2), 247-255p.
- **Wunder, S., 2005** ; The efficiency of PES in tropical conservation, *Conservation Biology*, 21, 1, pp. 48-58.

-

Les sites d'internet

- **Site1** <http://www.aei-asso.org/fr/aei-developpement-durable-mondial/>
- **Site 2** <https://www.dinafem.org/fr/blog/culture-cannabis-systeme-hydroponique/>
- **Site 3** <http://effets-engrais-sur-plantes.e-monsite.com/pages/iii-les-differents-types-d-engrais.html>
- **Site 4** <http://citizenpost.fr/2015/06/quebec-plus-grande-serre-hydroponique-toit-monde/>

Index

DIAGRAMME CLIMATIQUE RABTA

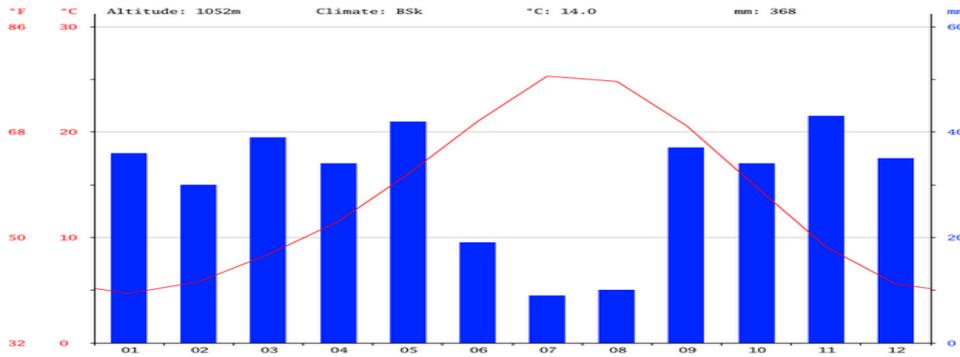


Figure 1 Le diagramme climatique de la région de Rabta wilaya de Bordj Bouriridj de 2001-2012

COURBE DE TEMPÉRATURE RABTA

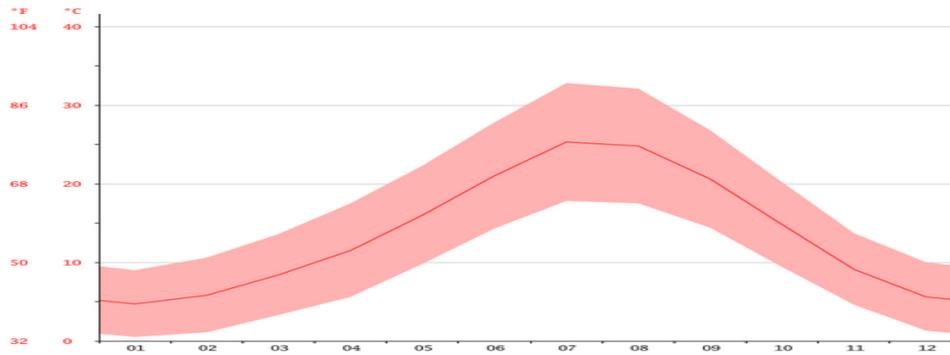


Figure 2 Le courbe de température de la region de Rabta wilaya de Bordj Bouriridj de 2001-2012

TABLE CLIMATIQUE RABTA

month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
mm	36	30	39	34	42	19	9	10	37	34	43	35
*C	4.7	5.8	8.4	11.5	16.0	21.0	25.3	24.8	20.6	14.8	9.1	5.6
*C (min)	0.5	1.1	3.3	5.6	9.8	14.3	17.8	17.5	14.4	9.4	4.6	1.3
*C (max)	9.0	10.6	13.6	17.5	22.3	27.8	32.8	32.1	26.8	20.2	13.7	10.0
*F	40.5	42.4	47.1	52.7	60.8	69.8	77.5	76.6	69.1	58.6	48.4	42.1
*F (min)	32.9	34.0	37.9	42.1	49.6	57.7	64.0	63.5	57.9	48.9	40.3	34.3
*F (max)	48.2	51.1	56.5	63.5	72.1	82.0	91.0	89.8	80.2	68.4	56.7	50.0

Figure 3 : La table climatique de la region de Rabta wilaya de Bordj Bouriridj de 2001-2012

Tableau 1 : La répartition mensuelle des précipitations

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Moyenne/mois (mm)	33	31	49	46	48	35	40	29	41	22	11	7	392
Nombre de jours de pluie	6	7	10	12	11	10	11	8	8	6	3	3	95
Moy/saisons(mm)	Automne =113			Hiver =129			Printemps =110			Eté =40			392
Taux/saison(%)	28.83			32.91			28.06			10.20			100

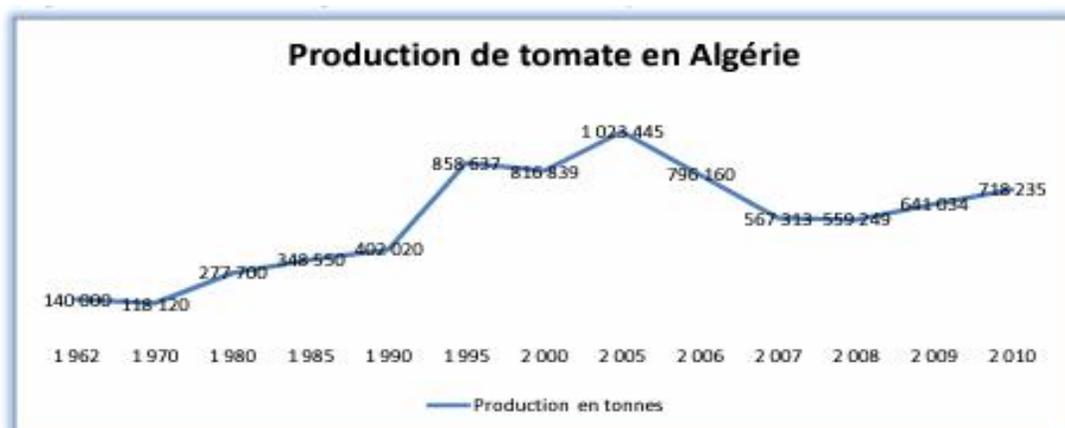


Figure 04 : profil d'évolution de la production de la tomate en Algérie 1962-2010 (FAOSTAT, 2012)

