



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Ferhat Abbas - Sétif 1-**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des Sciences Agronomiques**

**Cours : Cultures maraichères**

**Licence : Production végétale**

**Elaboré par : Dr. BOUREGAA Tarek**



***Les cultures maraichères***

**Année universitaire : 2024-2025**

<b>Table des matières</b>	<b>Pages</b>
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Avant-propos</b>	
<b>Introduction</b>	01
<b>Chapitre 01 : Introduction aux cultures maraichères</b>	02
<b>1. Notions générales</b>	02
<b>1.1. L'agriculture</b>	02
<b>1.2. L'horticulture</b>	02
<b>1.3. Les cultures maraîchères</b>	02
<b>1.4. L'arboriculture fruitière</b>	02
<b>1.5. La floriculture</b>	02
<b>1.6. L'arboriculture ornementale</b>	02
<b>1.7. Définition d'un légume</b>	02
<b>1.7. Au point de vue économique</b>	04
<b>1.7.1. Au point de vue technique</b>	04
<b>Au point de vue botanique et physiologique</b>	04
<b>Principes à suivre</b>	04
<b>Sélectionnez un terrain</b>	04
<b>Créer un plan de culture</b>	04
<b>Les familles botaniques</b>	05
<b>1.10. Aspect technique des productions maraîchères:</b>	07
<b>1.10.1. Exigences en chaleur</b>	07
<b>1.10.2. Classification des cultures maraîchères par tolérance à l'acidité du sol</b>	07
<b>1.10.3. Classification des cultures maraîchères par tolérance à la salinité du sol</b>	07
<b>1.10. Aspect technique des productions maraîchères:</b>	07
<b>1.10.4. Classification des cultures maraîchères selon leurs exigences en eau</b>	08
<b>1.10.5. Classification des cultures maraîchères selon la facilité de leur transplantation à racines nues</b>	08

<b>1.10.6. Classification des cultures maraîchères selon la profondeur de leur enracinement</b>	08
<b>1.10.7. Classification des cultures maraîchères selon leur cycle biologique</b>	08
<b>Développement et croissance des plantes maraîchères</b>	09
<b>La germination</b>	09
<b>1.11.2. Phase végétative</b>	10
<b>1.11.3. Floraison et pollinisation</b>	10
<b>1.11.4. Maturité et récolte</b>	12
<b>Chapitre 02 : Les principales espèces maraichères</b>	
<b>1. Etude des principales espèces</b>	15
<b>2.1. La tomate</b>	15
<b>2.2. La pomme de terre</b>	19
<b>2.3. L'oignon</b>	24
<b>2.4. L'artichaut</b>	28
<b>Chapitre 03 : Cultures protégées</b>	
<b>1. Modes de protection</b>	32
<b>1.1. Paillage</b>	32
<b>1.2. Petit-tunnel</b>	33
<b>1.3. Abri-serre</b>	33
<b>1.4. Culture sous bâche</b>	35
<b>2. Principes de base de la protection des cultures</b>	36
<b>2.1. Échanges d'énergie entre l'abri et l'extérieur</b>	36
<b>2.1.1. Rayonnement</b>	36
<b>2.1.2. Convection et conduction</b>	36
<b>2.1.3. Échange par renouvellement</b>	37
<b>2.1.4. Bilan d'énergie</b>	37
<b>2.2.. Amélioration du bilan énergétique</b>	38
<b>2.2.1. Étude des cas</b>	38
<b>2.2.2. Réduction des pertes</b>	38
<b>2.2.3. Accroissement des apports de chaleur</b>	38
<b>3. Énergies nouvelles pour chauffer les serres</b>	38
<b>3.1. Géothermie</b>	38

<b>3.2. Énergie solaire</b>	39
<b>3.3. Rejets industriels</b>	39
<b>4. Rentabilité des cultures sous serre</b>	39
<b>4.1. Charges financières et investissement</b>	39
<b>4.3. Coût d'investissement</b>	40
<b>4.2. Répartition des charges</b>	40
<b>Chapitre 04 : Cultures hors-sol</b>	
1. Historique de la culture hors-sol	41
2. Définition de la culture hors-sol	41
3. Domaine d'Application	41
<b>3.1. Cultures Maraîchères</b>	41
<b>3.2. Cultures Florales</b>	42
4. Les différents systèmes de cultures hors-sol	42
<b>4.1. Système sans substrat</b>	42
<b>4.2. Système avec substrat</b>	43
<b>4.3. Système sans recyclage de la solution nutritive</b>	43
<b>4.4. Système avec recyclage de la solution nutritive</b>	44
<b>5. Les substrats</b>	44
<b>5.1. Propriétés des substrats</b>	44
<b>5.2. Critères de choix des substrats</b>	45
<b>5.3. Substrats utilisés en culture hors-sol</b>	45
<b>6. Les solutions nutritives</b>	45
<b>6.1. Rôle de la solution nutritive</b>	45
<b>6.2. Formulation de la solution nutritive à partir de l'eau d'irrigation</b>	46
<b>6.3. Étapes de la préparation de la solution nutritive</b>	46
<b>6.4. Systèmes de distribution de la solution nutritive</b>	47
6.4. Contrôle de l'alimentation hydrique	47
6.4.1. Aspects phytosanitaires	48
6.4.2. Impacts environnementaux	48
6.4.3. Pratiques recommandées	48
<b>Chapitre 05 : Production de plants en pépinière</b>	
<b>1. Notion de pépinière</b>	49

<b>2. Modes de production de plants</b>	<b>49</b>
<b>3. Techniques de production en mottes</b>	<b>49</b>
3.1. Préparation du substrat	50
3.1.1. Étapes de préparation	50
<b>3.1.2. Considérations supplémentaires</b>	<b>51</b>
<b>3.2. Semis</b>	<b>51</b>
<b>3.3. Entretien des plantules</b>	<b>52</b>
3.3.1. Arrosage régulier	52
3.3.2. Protection contre les maladies	52
3.3.3. Exposition contrôlée à la lumière	53
<b>3.4. Transplantation</b>	<b>53</b>
3.4.1. Motte de transplantation	53
3.4.2. Choix du moment de transplantation	54
3.4.2. 1. Conseils pratiques pour une transplantation réussie	55
3.4.3. Méthode de plantation	55
<b>4. Le contenant</b>	<b>56</b>
4.1. Nature et propriétés de la paroi du contenant	56
4.2. Géométrie du contenant	56
<b>5. Conduite de la culture</b>	<b>57</b>
5.1. Fertilisation	57
5.2. Irrigation	57
<b>6. Contrôle de la croissance aérienne et racinaire</b>	<b>58</b>
6.1. Évaluation	58
6.2. Ajustement	58
<b>7. Transplantation des plants</b>	<b>58</b>
7.1. Contrôle non chimique	58
7.2. Contrôle chimique : régulateurs de croissance	58
<b>8. Conservation des plants</b>	<b>59</b>
8.1. Effets négatifs	59
8.2. Conservation dans la serre	59
8.3. Conservation en chambre froide	59
<b>9. Programmation de la production de plants</b>	<b>59</b>

<b>9.1. Programmation</b>	59
<b>9.2. Optimisation du temps et de l'espace</b>	59
<b>9.3. Nouvelles tendances</b>	60
<b>10. Transplantation des plants</b>	60
<b>10.1. Manutention</b>	60
<b>10.2. Transplantation</b>	60
<b>10.3. Période critique après la transplantation</b>	60
<b>10.4. Problèmes communs aux plants en mottes</b>	60

### Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau 01 : Liste de principales familles des cultures maraichères	05
Tableau 02 : Classification des cultures maraichères selon la nature du légume	15
Tableau 03 : Cout de production d'un hectare de tomate	19
Tableau 04 : Cout de production d'un hectare de pomme de terre	24
Tableau 05 : Cout de production d'un hectare d'oignon	28
Tableau 06 : Cout de production de 400m <sup>2</sup> de tomate sous serre tunnel pour un rendement de 1250 quintaux/ha	40
Tableau 07 : Stades et durée recommandée pour la transplantation de quelques espèces maraichères	54
Tableau 08	



## Liste des figures

Figure	Page
Figure 1 : Les étapes de germination d'une graine d'haricot	10
Figure 2: Fleur d'une plante maraichères	11
Figure 3 : Cycle de développement et de maturité de la tomate ( <i>Lycopersicum esculuntum</i> )	12
Figure 4: Cycle de développement de la fève ( <i>Vicia faba</i> )	12
Figure 5 : Cycle de développement de l'oignon, radis et carotte	13
Figure 6 : Stades phénologiques de la tomate	15
Figure 7 : Mildiou, Botrytis et Acariens de la tomate	18
Figure 8 : Stades phénologique de la pomme de terre	19
Figure 9 : Mildiou (à gauche) et Alternariose (à droite) sur les feuilles et les tubercules de la pomme de terre	23
Figure 10 : Stades phénologique de l'oignon	25
Figure 11 : Le mildiou, la mouche, la rouille et le botrytis sur les feuilles et le bulbe de l'oignon.	27
Figure 12 : Stades phénologique de l'artichaut	29
Figure 13: Paillage des cultures	32
Figure 14 : Petit tunnel	33
Figure 15 : Types et dimensions des serres	34
Figure 16 : Culture sous bâche	35
Figure 17: Flux d'énergie dans une serre	37
Figure 18 : Utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage des serres	39
Figure 19: Système sans substrat	42
Figure 20 : Système avec substrat	43
Figure 21 : Système avec recyclage de la solution nutritive	44
Figure 22 : Matériaux utilisés comme substrat	46
Figure 23 : Distribution de la solution nutritive dans le système goutte à goutte	47
Figure 24 : Plaque alvéolée	49
Figure 25 : Fibre de coco (à gauche) et Vermiculite (à droite)	50
Figure 26 : Différentes formes de contenants utilisés dans la technique de production des plants en motte	57



## **Avant - Propos**

Ce polycopié du module "Cultures Maraîchères" est conçu pour les étudiants en sciences agronomiques, inscrits dans la spécialité Licence LMD en Production Végétale. Il s'inscrit dans une démarche pédagogique visant à fournir une formation théorique et pratique complète sur les principales techniques de production maraîchère, en tenant compte des réalités agro-climatiques et socio-économiques actuelles.

Les cultures maraîchères occupent une place essentielle dans l'agriculture moderne, en raison de leur contribution significative à la sécurité alimentaire, à la diversification des revenus agricoles, et à la réponse aux besoins nutritionnels croissants. Ainsi, ce document a pour ambition de doter les étudiants des bases scientifiques et des outils techniques nécessaires pour comprendre et maîtriser les différents aspects de cette discipline.

Le contenu de ce polycopié est structuré en cinq chapitres principaux :

- **Introduction aux cultures maraîchères:** Ce chapitre explore les notions fondamentales liées aux cultures maraîchères, en mettant l'accent sur les processus biologiques qui régissent leur développement et leur croissance.
- **Les principales espèces maraîchères :** Une présentation détaillée des espèces maraîchères les plus cultivées, avec un focus sur leurs caractéristiques, leurs exigences édapho-climatiques et leurs cycles de production.
- **Les cultures protégées :** Cette partie traite des techniques de culture sous abri, avec une attention particulière aux serres, aux tunnels et aux avantages qu'ils offrent en matière de rendement et de gestion climatique.
- **Les cultures hors sol :** Une exploration des systèmes de production sans sol, notamment l'hydroponie et l'aquaponie, ainsi que leurs avantages et leurs limites dans un contexte agricole moderne.
- **Production des plants en pépinière :** Ce chapitre aborde en détail les techniques de production des plants, notamment en mottes, avec un focus sur la conservation, la transplantation, et les innovations technologiques récentes.

De plus, ce polycopié intègre des exemples pratiques, des tableaux explicatifs, et des recommandations basées sur des recherches récentes, afin d'éclairer les concepts théoriques et de faciliter leur mise en application.

Nous espérons que ce document constituera une référence utile pour les étudiants tout au long de leur cursus et les préparera efficacement aux exigences du monde professionnel.

### Introduction

Les cultures maraîchères occupent une place primordiale dans notre système alimentaire en fournissant une grande variété de légumes, de fruits et d'herbes aromatiques, contribuant ainsi à une alimentation saine et équilibrée. De plus, elles jouent un rôle essentiel dans la préservation de la biodiversité, la gestion des ressources en eau et la réduction de l'empreinte environnementale de l'agriculture. Selon les données de la FAO, en 2022, la production mondiale de légumes s'est élevée à plus de 1,5 milliard de tonnes, contribuant ainsi à la disponibilité de nutriments essentiels pour des milliards de personnes (FAO, 2023).

Outre leurs avantages nutritionnels, les cultures maraîchères sont également des moteurs économiques importants, générant des emplois dans les zones rurales et urbaines. Elles contribuent ainsi à la réduction de la pauvreté et à la croissance économique. La culture maraîchère offre également une opportunité d'entrepreneuriat pour de nombreux agriculteurs et soutient les marchés locaux.

Un autre aspect crucial des cultures maraîchères est leur durabilité environnementale. Alors que notre planète fait face à des défis environnementaux sans précédent, les pratiques agricoles durables sont devenues primordiales. Les cultures maraîchères, lorsqu'elles sont gérées de manière appropriée, minimisent l'utilisation d'eau, d'engrais et de pesticides, réduisant ainsi l'impact sur les écosystèmes locaux et la biodiversité. De plus, les méthodes innovantes telles que l'agriculture biologique, l'hydroponie et l'aquaponie permettent de produire des cultures maraîchères de manière plus efficace, tout en préservant les ressources naturelles.

Au cours de ce module, nous explorerons les notions et les pratiques clés de production des cultures maraîchères, notamment la classification des espèces, la préparation du sol, la gestion de l'eau, l'utilisation des fertilisants, les techniques de production des plants en pépinière, les cultures protégées, ainsi que les cultures hydroponiques et les cultures maraîchères spéciales.

L'objectif principal de ce cours est de vous fournir les connaissances et les compétences nécessaires pour devenir des professionnels compétents et responsables dans le domaine des cultures maraîchères. Vous développerez une compréhension approfondie des interactions complexes entre les plantes, le sol, le climat et les pratiques culturales. Vous apprendrez à analyser les besoins spécifiques des cultures maraîchères, à élaborer des stratégies de gestion adaptées et à évaluer les avantages et les limites des différentes approches.

La connaissance des cultures maraîchères et de leurs pratiques est essentielle pour garantir une alimentation saine, promouvoir le développement économique et préserver notre environnement.

### 1. Notions générales

#### 1.1. L'agriculture

Ensemble des activités développées par l'homme, dans un milieu biologique et socio-économique donné, pour obtenir les produits végétaux et animaux qui lui sont utiles, en particulier ceux destinés à son alimentation (Larousse, 2024).

#### 1.2. L'horticulture

Science et art de la culture des fruits, des légumes, des fleurs, des arbustes et des arbres fruitiers ou ornementaux. Le domaine d'horticulture renferme plusieurs spécialités notamment :

#### 1.3. Les cultures maraîchères

C'est la production intensive de légumes et primeurs, et celui qui cultive les légumes s'appelle un maraîcher. C'est en effet du mot **marais** que vient le mot maraîchage : qui est un terrain qui s'étend des marécages (d'abord en un lieu bas et humide où les masses d'air ont des variations de pression très faibles) consacré à la culture des légumes, il est très humifère, tourbeux, riche en azote et convient très bien aux légumes et surtout les légumes feuilles. On parle aussi des cultures maraîchères primeurs, de saisons et contre saison.

#### 1.4. L'arboriculture fruitière

Est une branche de l'horticulture qui se concentre sur la culture d'arbres fruitiers (viticulture, agrumiculture, rosacées à noyaux, rosacées à pépins, etc.).

#### 1.5. La floriculture

Elle focalise sur les plantes massives, à fleurs coupées, en pot, rosiers, zones vertes, jardins et parcs, etc.

#### 1.6. L'arboriculture ornementale

Elle s'intéresse à l'utilisation de plantes ligneuses, d'arbres et d'arbustes pour la décoration.

#### 1.7. Définition d'un légume

🚩 Qu'est-ce qu'un légume ? Comment définir un légume ? Peut-on dire qu'un légume est le produit d'une **plante herbacée** alors qu'un fruit provient d'un arbre ?

+ **Réponse:** Non, voici des contre-exemples : la tomate et l'aubergine sont des légumes; leurs plantes sont pourtant ligneuses et non pas herbacées. La plante d'aubergine peut avoir un aspect d'arbuste, en gobelet, pouvant atteindre plus de 2 m de haut dans des conditions climatiques spécifiques, mais l'aubergine n'est pas un arbre ; c'est une culture légumière.

+ **Question:** Peut-on dire qu'une plante légumière présente un court **cycle biologique** (plante annuelle) alors qu'une culture arboricole est pérenne ?

+ **Réponse:** Deux contre-exemples: L'artichaut qui est un légume est une plante vivace. Elle n'a donc pas un court cycle cultural. L'oignon est une plante bisannuelle. Même lorsque la plante se comporte comme une plante annuelle, elle a un long cycle biologique.

+ **Question:** Peut-on dire qu'un arbre produit après plusieurs années de sa plantation alors qu'une culture légumière produit dès sa première année?

+ **Réponse:** Même un arbre fruitier peut produire dès sa première année de culture ; la vigne sous serre dans la région d'Agadir (Maroc) est une culture arboricole qui peut produire dès sa première année. Par contre, certaines variétés d'oignon importées du Canada nécessitent de longues photopériodes pour produire des bulbes ; lorsque ces photopériodes ne sont pas disponibles dans une région donnée, l'oignon peut se transformer en une plante vivace sans produire de bulbe, alors qu'elle est connue comme légume.

+ **Question:** Peut-on dire qu'un légume nécessite la cuisson alors qu'un fruit arboricole est consommé comme dessert ?

+ **Réponse:** Non, la tomate peut être consommée comme hors d'œuvre sans cuisson alors que c'est un légume. Le melon et la pastèque (qui sont des légumes) sont consommés comme fruits de dessert sans cuisson. Le coing est un produit arboricole mais nécessitant la cuisson pour sa consommation.

❖ **La conclusion est la suivante:** un légume est le produit consommé d'une culture maraîchère connue ainsi par les habitudes alimentaires des habitants d'un pays donné. La liste des légumes peut différer entre pays selon les habitudes alimentaires des habitants. Un légume connu dans un pays donné peut être une mauvaise herbe ou une culture fourragère dans un autre pays; c'est le cas des carottes fourragères données aux animaux en France, par exemple, alors que le produit est un légume dans les pays africains pauvres. Une culture est donc considérée comme légumière si les habitants du pays la considèrent ainsi. Seule l'habitude alimentaire est à l'origine de la différence entre un légume et un produit arboricole. Un légume peut donc être un fruit mûr (tomate) ou immature (melon), tubercule (pomme de terre), rhizome (patate douce), racine (carotte), feuille (laitue), bulbe (oignon), inflorescence (chou fleur), réceptacle floral (artichaut), produit d'une plante annuelle (pastèque),

bisannuelle (chou), pérenne (artichaut), herbacée (ciboulette) ou ligneuse (aubergine), dont la longueur de la tige principale dépasse 2-3 m (courge) ou est au ras du sol (fraise), nécessitant la cuisson pour sa consommation (patate) ou consommé en hors d'œuvre sans cuisson (tomate) ou se présentant comme fruit de dessert (melon).

En effet l'horticulture se caractérise généralement du reste de l'agriculture sur certains plans par plusieurs points de vue :

### **1.7.1. Au point de vue économique**

C'est une activité qui fait appel à des capitaux importants pour produire (investissement, dépenses), des coûts élevés des opérations techniques (taille, éclaircissage, fertilisation etc.), des Coûts élevés de conditionnement et de stockage.

### **1.7.2. Au point de vue technique**

- Diversité des opérations techniques (tailles, pincement, palissage etc.)
- Action sur le micro climat (serres, tunnels, châssis etc.)
- Protection sans cesse contre les parasites animaux et végétaux)

### **1.7.3. Au point de vue botanique et physiologique**

Les produits horticoles sont généralement fragiles et périssables et par conséquent, il faut des moyens et des techniques très poussés pour sauvegarder les produits jusqu'au consommateur (chambres froides à atmosphère contrôlée, conditionnement, moyen de transport etc.) et tout cela nécessite des capitaux, c'est à dire de l'argent.

## **1.8. Principes à suivre**

En général, il est nécessaire de respecter les principes suivants, qui peuvent être classés selon l'ordre chronologique des interventions :

### **1.8.1. Sélectionnez un terrain**

- Situé à proximité d'un centre de consommation facilement accessible - très fertile - un aménagement simple (clôture,..., etc.) - Il est possible d'être irrigué avec un approvisionnement simple en eau douce (3 l/s ha en période de pointe).

### **1.8.2. Créer un plan de culture**

- Comprenant des débouchés, des spéculations potentielles, de la rotation, etc...

- Organiser régulièrement l'approvisionnement en semences, matériaux et produits.
- Soigneusement préparer le sol en utilisant un labour et un pseudo-labour avec une fumure de fond.
- Organisez les pépinières et les planches de culture en fonction de la topographie et des vents. Il est fortement recommandé de nettoyer le sol des pépinières pour les espèces repiquées.
- Prévoir des endroits pour le stockage, les engrais et le matériel.
- Assurer de traiter les semences, le sol de la pépinière et les cultures en place.
- Entretien des cultures : éclaircissage, binage, arrosage, fumure d'entretien, etc.

**N.B :** Les cultures légumières nécessitent beaucoup de travail à l'unité de surface.

### 1.9. Les familles botaniques

Les classifications botaniques jouent un rôle essentiel dans la précision de l'identification des cultures maraichères. Elles permettent d'éliminer toute ambiguïté quant à l'identification d'une plante spécifique et évitent les confusions avec d'autres plantes qui pourraient avoir des noms vernaculaires similaires. Ainsi, les classifications botaniques réduisent la nécessité de traiter de vastes quantités d'informations disponibles dans différentes langues à travers le monde.

En Algérie, diverses familles botaniques sont présentes parmi les cultures maraichères. Parmi celles-ci, on peut citer les Crucifères, les Ombellifères (Poacées), les Cucurbitacées, les Alliées, les Liliacées, les Composacées (Astéracées), les Légumineuses (Fabacées), les Solanacées, les Chénopodiacées, les Convolvulacées, les Graminées (Poacées), les Labiées, les Malvacées et les Rosacées (Tableau1).

La classification botanique des cultures maraichères offre une précision essentielle pour l'identification des plantes et permet de réduire la confusion liée aux noms vernaculaires. Cette approche facilite la gestion des informations volumineuses disponibles dans le domaine, indépendamment des langues utilisées.

**Tableau 01 :** Liste de principales familles des cultures maraichères

Famille	Genre et espèce	Nom commun		
		Français	Anglais	Partie comestible
Solanacées	<i>Lycopersium esculentum</i>	Tomate	Tomato	Fruit
	<i>Solanum melangena</i>	Aubergine	Egg-plant	Fruit
	<i>Capsicum sp</i>	Poivron	Pepper	Fruit
	<i>Solanum tuberosum</i>	Pomme de terre	Potato	Tubercule

## Chapitre 01 : Introduction aux cultures maraichères

<b>Cucurbitacées</b>	<i>Cucumis sativus</i>	Concombre	Cucumber	Fruit
	<i>Cucumis melo</i>	Melon	Musk melon	Fruit
	<i>Citrillus vulgaris</i>	Pastèque	Water melon	Fruit
	<i>Cucurbita pepo</i>	Courgette	Squash	Fruit
	<i>Cucurbita maxima</i>	Potiron	Marrow	Fruit
<b>Légumineuses</b>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Haricot	Snap bean	Fruit
	<i>Vicia fabae</i>	Fève	Bean	Graines
	<i>Pisum sativum</i>	Petit pois	Green pea	Graines
	<i>Cicer arietinum</i>	Pois chiche	Chikpea	Graines
<b>Crucifères</b>	<i>Brassica oleracea</i>	Choux	Cabbage	Feuilles
	<i>Br.ole.var.capitata</i>	Chou-pomme	Cabbage	Pomme de feuilles
	<i>Br.ole.var.botrytis</i>	Chou-fleur	Cauliflower	Inflorescence
	<i>Br.ole.var.gemmifera</i>	Ch.de Bruxelles	Brussel sprout	Bourgeons
	<i>Br.ole.var.sabauda</i>	Chou de Milan	Cabbage	Pomme des feuilles
	<i>Brassica napus</i>	Navet	Turnip	Racines
	<i>Raphnus sativus</i>	Radis	Radish	Racine
<b>Composées</b>	<i>Cynara scolymus</i>	Artichaut	Artichoke	Capitule
	<i>Cynara cardunculus</i>	Carde	Cardon	Feuilles
	<i>Lactuca sativa</i>	Laitue	Lettuce	Feuilles
	<i>Cichoruim endiva</i>	Chicorée	Endive	Feuilles
	<i>Helianth tuberosus</i>	Topinambour	Jerusalem	Tubercules
<b>Ombellifères (Apiacées)</b>	<i>Daucus carota</i>	Carotte	Carrot	Racines
	<i>Apium graveoleus</i>	Cèleri	Celery	Feuilles
	<i>Petrosalenum sativum</i>	Persil	Parsley	Feuilles
	<i>Coriandium sativum</i>	Coriandre	Coriander	Feuilles
	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fenouil	Swetfenel	Bulbes
<b>Chénopodiacées</b>	<i>Beta vulgaris</i>	Betterave	Rimorache	Racines
	<i>Spinacia oleracea</i>	Epinard	Spenush	Feuilles
<b>Liliacées</b>	<i>Allium cepa</i>	Oignon	Onion	Bulbes
	<i>Allium sativum</i>	Ail	Garlic	Bulbes
	<i>Allium porrum</i>	Poireau	Leek	Base des feuilles
	<i>Allium cepa var. aggregatum</i>	Echalote	Shallot.	Bulbes
	<i>Asparagus officinalis</i>	Asperge	Asparagus	Turion
<b>Convolvulacées</b>	<i>Ipomoa batas</i>	Patate douce	Sweetpotato	Tubercules
<b>Malvacées</b>	<i>Hibiscus esculentus</i>	Gombo	Ladys fingy	Fruit



### 1.10. Aspect technique des productions maraîchères:

#### 1.10.1. Exigences en chaleur (classification thermique des cultures maraîchères)

##### A- Cultures de saison froide (température: -2 à + 6 °C)

**a- Cultures résistantes au gel et à l'excès de chaleur:** Ces cultures sont, par ordre de résistance décroissante: l'asperge, la chicorée, l'ail, le poireau et l'oignon.

**b- Cultures résistantes au gel mais pas à l'excès de chaleur:** Ces cultures sont, par ordre de résistance décroissante: le cardon, l'échalote, la betterave rouge, la fève en vert, les choux, le radis, les épinards, le navet et la carotte.

**c- Cultures résistantes au froid, mais ne tolérant ni gel ni excès de chaleur:** Ces cultures sont, par ordre de résistance décroissante : le céleri, l'artichaut, l'endive, le fenouil de florence, la laitue, la moutarde, la pomme de terre et le petit pois.

##### B- Cultures de saison chaude

**a- Cultures à faibles exigences en chaleur (T°C: +10/ + 30 °C):** Ces cultures sont, par ordre de besoin en chaleur croissant: la courge, la courgette et le concombre.

**b- Cultures à fortes exigences en chaleur (T°C: +16 à + 32 °C):** Ces cultures sont, par ordre de besoin en chaleur croissant: la tomate, le poivron, l'aubergine, la patate douce et la pastèque.

#### 1.10.2. Classification des cultures maraîchères par tolérance à l'acidité du sol

Cultures peu tolérantes (pH 6 à 6,8)	Cultures à tolérance moyenne (pH 5,5 à 6,8)	Cultures très tolérantes (pH 5 à 6,8)
Asperge, betterave rouge, choux, céleri, courgette, oignon, épinard, bette, cresson, poireau, laitue, melon, gombo, soja.	Fève en vert, haricot vert, carotte, maïs doux, concombre, aubergine, ail, radis, moutarde, petit pois, poivron, potiron, courge, tomate, navet.	Chicorée endive, fenouil, pomme de terre, échalote, patate douce, pastèque.

#### 1.10.3. Classification des cultures maraîchères par tolérance à la salinité du sol

Cultures peu tolérantes	Cultures à tolérance moyenne	Cultures très tolérantes
Radis, céleri, fève en vert, haricot vert, fraise, melon.	Tomate, choux, poivron, laitue, maïs, pomme de terre, melon, carotte, oignon, petit pois, courge, concombre	Betterave rouge, asperge, épinard

**1.10.4. Classification des cultures maraîchères selon leurs exigences en eau**

<b>Cultures peu exigeantes (200-300 mm eau/cycle)</b>	<b>Cultures à exigence moyenne (320-480 mm eau/cycle)</b>	<b>Cultures très exigeantes (500-700 mm eau/cycle)</b>
Haricot vert, betterave rouge, navet, carotte, concombre, laitue, melon, oignon, persil, petit pois, courgette, pastèque	Choux, poireau, pomme de terre, courge, aubergine, piment, tomate	Asperge, artichaut, bananier

**1.10.5. Classification des cultures maraîchères selon la facilité de leur transplantation à racines nues**

<b>Transplantation facile</b>	<b>Transplantation à réussite probable</b>	<b>Transplantation impossible à racines nues (nécessité de la motte)</b>
Betterave rouge, choux, bette, laitue, tomate	Carotte, céleri, aubergine, oignon, poivron	Fève en vert, haricot vert, concombre, melon, petit pois, navet, pastèque, artichaut, cardon

**1.10.6. Classification des cultures maraîchères selon la profondeur de leur enracinement**

<b>Enracinement superficiel (40-60 cm)</b>	<b>Enracinement moyen (90-120 cm)</b>	<b>Enracinement profond &gt; 120 cm</b>
Choux, céleri, maïs doux, endive, ail, poireau, radis, laitue, oignon, pomme de terre, épinard	Haricot vert, fève en vert, betterave rouge, carotte, bette, melon, courge, concombre, aubergine, moutarde, petit pois, navet, poivron, gombo	Artichaut, asperge, potiron, patate douce, tomate, pastèque

**1.10.7. Classification des cultures maraîchères selon leur cycle biologique**

<b>Plantes annuelles</b>	<b>Plantes bisannuelles</b>	<b>Plantes pérennes</b>
Laitue, fève, tomate, piment, courgette, haricot, maïs doux, laitue, concombre, aubergine, melon, pastèque, persil, petit pois,	Ces plantes nécessitent la vernalisation pour la production des graines: exposition à 4-6 °C pendant 1-2 mois; plus le froid est dur, moins longue est la période de vernalisation: Choux, betterave rouge, carotte, céleri, bette, fenouil, poireau, oignon, ail, radis, navet	menthe, artichaut, cardon, asperge, bananier

Le producteur qui ne maîtrise pas cette classification risque de rater par exemple, la production des bulbes d'oignon (culture bisannuelle) et de produire à leur place des semences de mauvaise qualité et non commercialisables (en transformant ses plantes bisannuelles en

plantes annuelles en agissant sur la date de semis, sans qu'il ne s'en aperçoive: semis en Août dans une région continentale; le bulbe est initié en Septembre; il grossit jusqu'à Novembre. Au mois de Décembre, il peut avoir un diamètre de 2 cm; il a donc dépassé la taille juvénile; il peut subir la vernalisation de l'hiver; au printemps, au lieu qu'il grossisse, il monte en hampe florale et produit des graines).

### **1.11. Développement et croissance des plantes maraîchères**

Le développement et la croissance des plantes maraîchères sont des processus dynamiques qui englobent différentes étapes, depuis la germination des graines jusqu'à la maturation des fruits. Ces étapes sont influencées par divers facteurs tels que la génétique de la plante, les conditions environnementales, la disponibilité des nutriments, l'eau et la lumière. Comprendre ces processus est essentiel pour les agriculteurs maraîchers afin de maximiser la production et la qualité des cultures. Dans cette partie, nous examinerons les différentes phases du développement et de la croissance des plantes maraîchères.

#### **1.11.1. La germination**

La germination marque le début du cycle de vie des plantes maraîchères. Elle se produit lorsque les conditions environnementales appropriées sont réunies, notamment la température, l'humidité et la disponibilité de l'oxygène. La graine absorbe de l'eau, activant ainsi des enzymes (comme l'amylase) qui déclenchent la division cellulaire et la mobilisation des réserves nutritives. Les racines et la tige émergent de la graine, et les premières feuilles, appelées cotylédons, se développent. Pendant cette phase, les plantules dépendent principalement des réserves nutritives présentes dans la graine.

Exemple : Pour des cultures comme les tomates, une température optimale de 20-25°C est essentielle pour une germination rapide et uniforme.

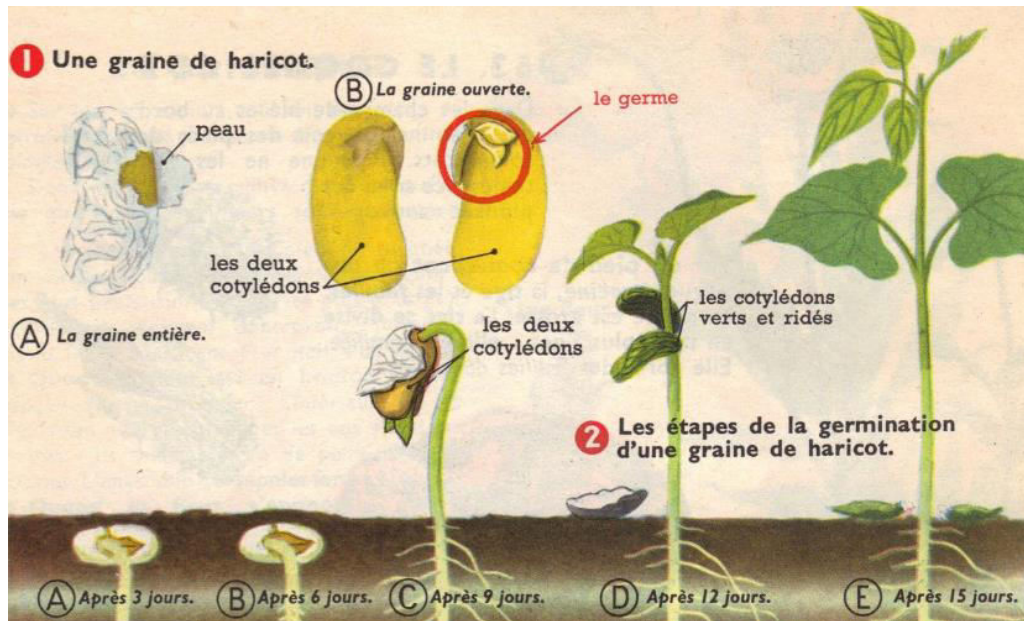


Figure 1 : Les étapes de germination d'une graine d'haricot

### 1.11.2. Phase végétative

Après la germination, la plante maraîchère entre dans la phase végétative, caractérisée par une croissance rapide de la biomasse. Les racines se développent et s'étendent dans le sol pour absorber l'eau et les nutriments nécessaires. Les tiges s'allongent et se ramifient, permettant le développement de nouvelles feuilles. Cette phase est critique car elle détermine la capacité de la plante à réaliser la photosynthèse et à produire des éléments nutritifs.

Pratiques recommandées : Une fertilisation équilibrée en azote (N), phosphore (P) et potassium (K) est essentielle pour optimiser cette phase.

### 1.11.3. Floraison et pollinisation

À un stade approprié de la phase végétative, les plantes maraîchères passent à la phase reproductive. La floraison se produit lorsque les boutons floraux se forment et s'ouvrent pour révéler les fleurs. La pollinisation, qui peut être réalisée par le vent, les insectes ou la gravité, permet le transfert du pollen des organes mâles vers les organes femelles de la fleur. Cette étape est cruciale pour la production de fruits et de graines.

**Exemple :** Les abeilles jouent un rôle fondamental dans la pollinisation des courgettes et des melons, augmentant ainsi le rendement.

#### a. Différents types de floraison

On distingue principalement deux types de floraison :

- **Floraison indéterminée** : Production continue de fleurs et de fruits tout au long de la saison. Exemples : tomates, concombres, haricots.
- **Floraison déterminée** : Production limitée à une période donnée. Exemples : pois, haricots nains (Figure2).

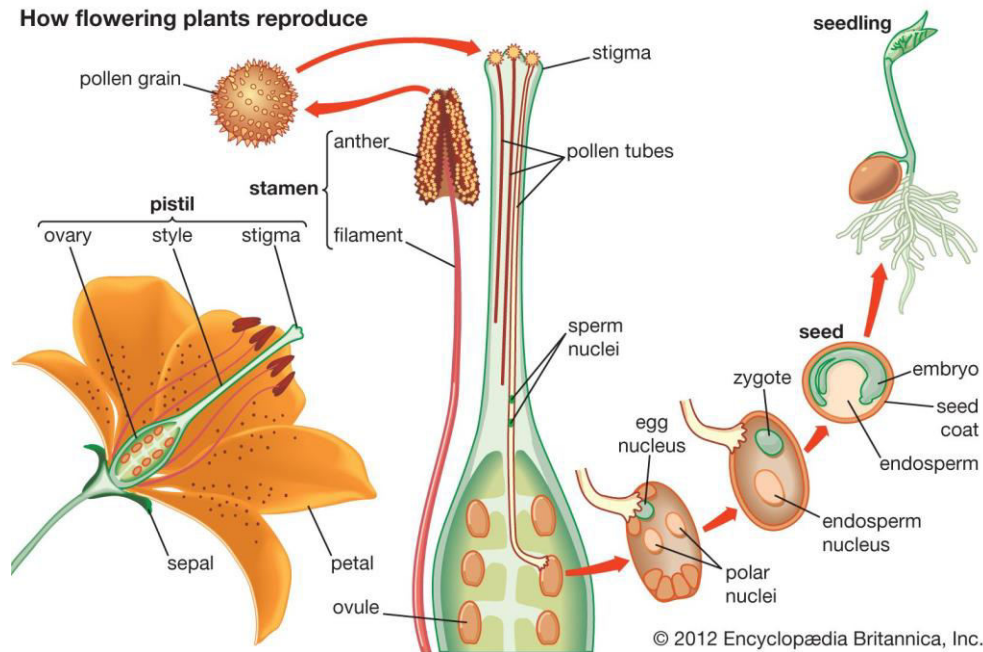


Figure 2: Fleur d'une plante maraîchères

La distinction entre ces types aide à planifier les semis et la récolte.

### b. Mode de reproduction

Deux principaux modes de reproduction existent chez les plantes maraîchères :

- **Reproduction sexuée** : Impose la formation de fleurs et la fécondation. Exemples : tomates, poivrons.
- **Reproduction asexuée** : Se produit sans graines, par bouture, marcottage ou greffage. Exemples : fraisiers, pommes de terre.

La reproduction asexuée permet de conserver les caractéristiques variétales.

### c. Formation des fruits

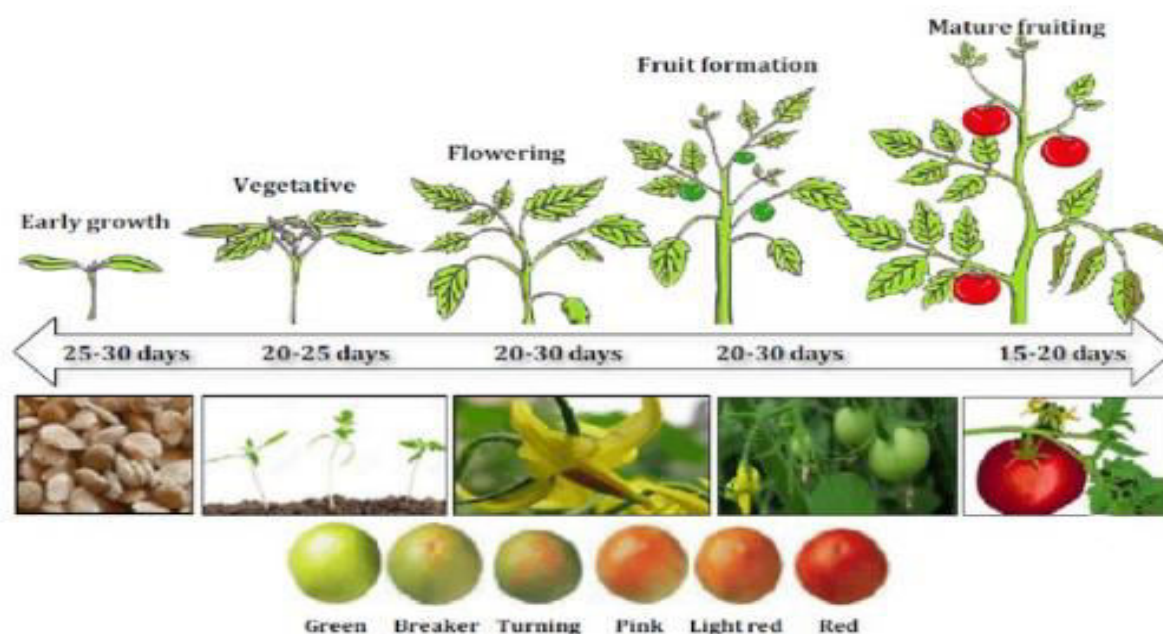
Après la pollinisation, les ovaires fécondés se transforment en fruits. Cette phase implique l'accumulation de composés nutritifs et de pigments. Les techniques modernes, comme l'irrigation ciblée, peuvent améliorer cette phase.



#### 1.11.4. Maturité et récolte

La dernière étape est la maturation. Les fruits atteignent leur taille et leur saveur optimales. Une récolte au bon moment garantit une meilleure conservation et qualité des produits.

Les cycles de développement de la tomate, la fève, l'oignon, le radis et la carotte sont présentés ci-dessous (Figures 3, 4, 5).



**Figure 3 :** Cycle de développement et de maturité de la tomate (*Lycopersicum esculuntum*)



**Figure 4:** Cycle de développement de la fève (*Vicia faba*)

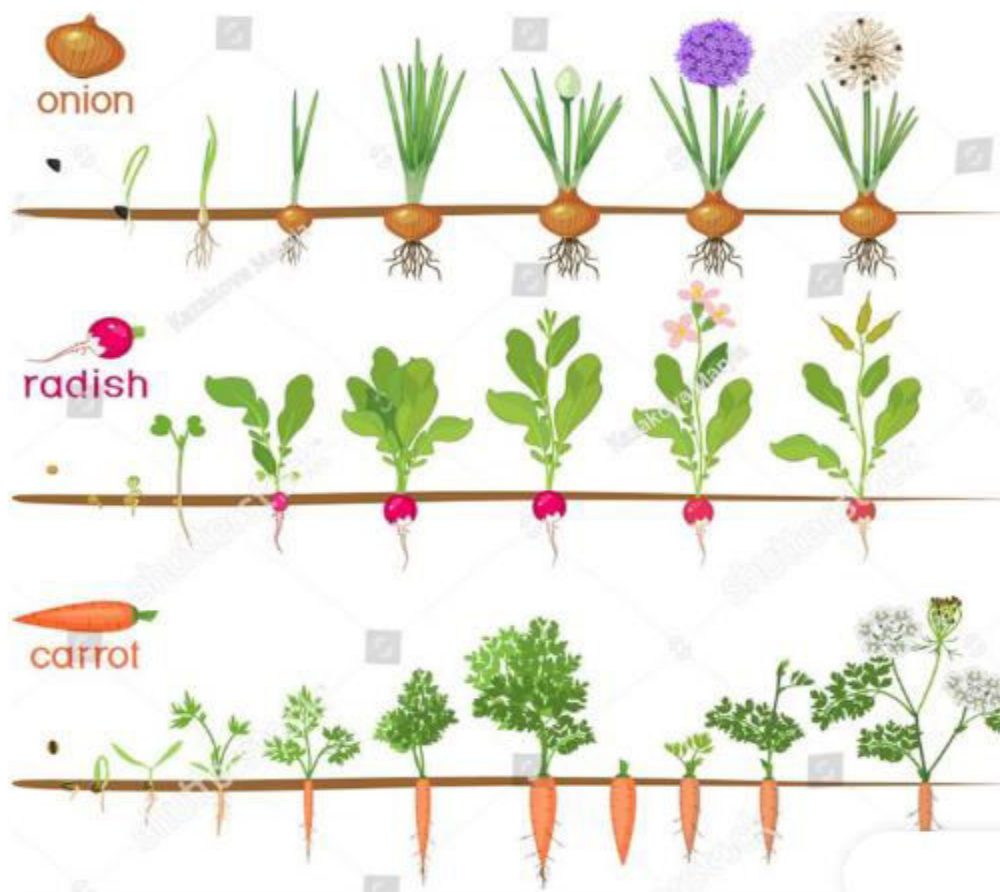


Figure 5 : Cycle de développement de l'oignon, radis et carotte



### 1. Principales catégories d'espèces maraichères

#### 1.1. Les légumes tubéreux et bulbeux

Les légumes tubéreux sont caractérisés par la présence de tubercules souterrains qui stockent les réserves nutritives de la plante. Parmi les légumes tubéreux les plus courants, on trouve les pommes de terre, les topinambours, les patates douces et les ignames. Les légumes bulbeux, quant à eux, comprennent l'oignon, l'ail, l'échalote et le poireau. Ces légumes sont riches en nutriments et jouent un rôle important dans notre alimentation (Argouarch, 2005).

#### 1.2. Les légumes fruits

Cette catégorie comprend différentes familles de légumes, notamment les solanacées, les cucurbitacées et les légumineuses. Les solanacées comprennent la tomate, le poivron, l'aubergine et la pomme de terre (qui peut être classée à la fois comme légume tubéreux et légume fruit). Les cucurbitacées incluent le concombre, la courgette, la citrouille et le melon. Quant aux légumineuses, elles comprennent les haricots, les pois, les lentilles et les fèves. Ces légumes sont souvent récoltés à un stade de maturité où ils sont considérés comme des fruits.

#### 1.3. Les légumes feuilles

Les légumes feuilles sont caractérisés par la consommation de leurs feuilles vertes. Ils comprennent les composées (laitue, endive, chicorée), les chénopodiacées (épinard, bette, cardes), les crucifères (chou, brocoli, radis) et les ombellifères (céleri, persil, fenouil). Ces légumes sont riches en vitamines, minéraux et fibres, et ils contribuent à une alimentation saine et équilibrée.

#### 1.4. Les légumes racines

Les légumes racines sont caractérisés par la consommation de leurs racines ou de leurs tubercules. Ils comprennent la carotte, le navet, le radis, le panais, le céleri-rave et la betterave. Ces légumes sont souvent riches en glucides complexes, en fibres et en vitamines, ce qui en fait des aliments nutritifs et énergétiques.

#### 1.5. Les légumes vivaces

Les légumes vivaces sont des plantes pérennes qui produisent des parties comestibles pendant plusieurs années. Parmi les exemples de légumes vivaces, on trouve l'asperge, les artichauts, les cardons et les rhubarbes. Ces légumes nécessitent généralement des soins et une gestion spécifiques, mais ils offrent une récolte durable au fil des ans.

**Tableau 2:** Classification des cultures maraîchères selon la nature du légume

GROUPE DE LEGUME	ESPECES
<b>Légumes feuilles</b>	Chou pomme, Chou de Bruxelles, Chou-fleur, Laitue, Chicorée, Epinard, Fenouil, Poireau, Céleri, Coriandre, cardon
<b>Légumes racines</b>	Betterave, Carotte, Navet, radis
<b>Légumes tubéreux</b>	Pomme de terre, Topinambour, Patate douce
<b>légumineuses</b>	Fève, Haricot, Petit pois
<b>Légumes vivaces</b>	Artichaut, Asperge, fraisier
<b>Légumes fruits</b>	Aubergine, Concombre et Cornichon, Poivron Tomate, Courge, Melon

## 2. Etude des principales espèces

### 2.1. La tomate

#### a. Origine

La tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) est une plante appartenant à la famille des Solanacées. Originaires des Andes et de l'Amérique centrale, elle a été introduite en Europe au 16<sup>ème</sup> siècle. La culture de la tomate est très répandue en Algérie, avec différentes variétés cultivées sous serre, en plein champ et en grappes.

#### b. Caractéristiques de la plante

La tomate présente les caractéristiques suivantes :

Nombre de graines au gramme : 250 - 350

Température optimum de germination : 20 à 25 °C

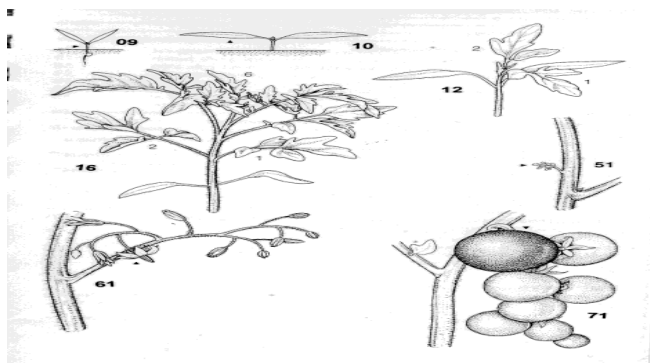
Quantité de semences par hectare : 100 à 250 g

Longévité moyenne de la graine : 4 à 5 ans

Cycle végétatif : 95 à 160 jours

#### c. Stades Phénologiques

La culture de la tomate passe par les stades phénologiques ci-dessous (Figure 06) :



09 : Levée ; 10 : Cotylédons étalés ; 12 :  
02 feuilles étalées ; 16 : Développement  
des feuilles  
51 : Début de la floraison ; 61 : Début de  
la nouaison ; 71 : Maturation des fruits

**Figure 6 :** Stades phénologiques de la tomate

### d - Variétés les plus cultivées en Algérie

En Algérie, les variétés les plus cultivées sont les suivantes:

**Sous serre, multi-chapelles et tunnel :** Panekra, Valouro, Kawa, Tofen, Tyerno, Timgad, Keylago, Agora, Zahra, ...

**Plein champ :** Zéralda, Halida

**Tomate en grappe :** Miracle Grappe

### e - Exigences édapho-climatiques

La tomate a des exigences spécifiques en termes de sol et de climat :

Elle préfère les sols légers sablo-argileux, drainants et riches en humus. La température idéale se situe entre 18 et 27 °C avec une humidité relative d'environ 70%.

Le pH du sol doit être compris entre 5,6 et 6,9.

La tomate est moyennement tolérante à la salinité, avec une plage de 1,92 à 3,2 g/l (3 à 5 mmhos/cm - 1).

Elle a besoin d'environ 1200 heures d'insolation.

### f - Zones de production

La tomate peut être cultivée dans toutes les régions d'Algérie (ITCMI, 2022), mais certaines zones sont plus propices que d'autres :

**Pour la saison régulière :** littoral centre et littoral ouest

**Pour la primeur :** littoral

**Sous serre :** littoral et sud

**Saison :** toutes les régions du pays

### g - Mise en place de la culture

#### ✚ Préparation du sol

Avant la plantation, il est recommandé de réaliser un labour suivi d'un épandage de fumure de fond.

#### ✚ Semis et plantation

Les semis peuvent être effectués en planches ou en pots, en fonction du type de culture : saison, arrière-saison ou primeur.

✚ Saison : Semis de février à mars/avril, suivi d'une plantation à partir du 15 mars (selon les régions).

✚ Arrière-saison : Semis en juillet-août, avec une plantation du 15 juillet au 15 août.

Primeur : Semis en octobre-novembre-décembre-janvier, suivi d'une plantation sous serre en novembre-décembre-janvier-février.

La densité de plantation recommandée est de 20 000 à 25 000 plants par hectare, avec des distances de plantation entre rangs de 1 à 1,20 m et entre plants de 0,35 à 0,45 m.

### Travaux d'entretien

Les travaux d'entretien de la culture de la tomate comprennent le paillage, le palissage, la taille (ébourgeonnage) et d'autres opérations nécessaires pour assurer la croissance et la santé des plants.

### Fertilisation

La fertilisation de la tomate nécessite l'apport d'éléments nutritifs.

Fumure organique : 30 à 40 tonnes par hectare de fumier.

Fumure minérale de fond : 180 unités d'azote (N) par hectare, 70 unités de phosphore (P) par hectare, 200 à 250 unités de potassium (K) par hectare.

Fumure de couverture : 5 apports au total. Les deux premiers apports comprennent 60 unités de N et 50 unités de K, tandis que les apports suivants comprennent 20 unités de N et 60 unités de K.

### Irrigation

La tomate est une plante exigeante en eau, nécessitant environ 5000 m<sup>3</sup> d'eau par hectare, avec des apports importants pendant la période de grossissement des fruits. L'irrigation peut être réalisée à la raie ou au goutte-à-goutte pour une meilleure gestion de l'eau.

### Gestion des maladies et des ravageurs

La tomate est sujette à diverses maladies et ravageurs (Figure 07). Voici quelques mesures de prévention et de gestion :

1. Rotation des cultures : Évitez de cultiver des tomates au même endroit chaque année. Pratiquez une rotation des cultures pour prévenir l'accumulation de maladies spécifiques aux tomates dans le sol.
2. Surveillance régulière : Inspectez fréquemment les plants de tomate pour détecter les signes de maladies ou de ravageurs tels que les taches foliaires, le mildiou, les pucerons ou les aleurodes. Agissez rapidement en utilisant des méthodes biologiques ou des pesticides appropriés si nécessaire.
3. Produits de protection sanitaire : Fongicides : Chlorotalonil pour le mildiou, Oxychlorure de cuivre+Metalaxyl pour l'alternaria et l'anthracnose, Hexaconazole pour l'oïdium,

Azoxystrobine+Diféconazole pour le mildiou, Azoxystrobine pour le botrytis, Cyprodinil pour le botrytis.

**Nématicides** :Ethoprophos pour les nématodes, acide gras palmique, Oléique pour les nématodes, 1,3 Dichloropropen pour les nématodes.

**Acaricides** :Emmamectine benzoate, Propargite pour les acariens.



**Figure 7** : Mildiou, Botrytis et Acariens de la tomate

### **h. Récolte et stockage**

La récolte de la tomate se fait généralement lorsque les fruits sont bien colorés et légèrement fermes au toucher, elle se fait tous les 2 à 4 jours.

Les rendements varient en fonction du mode de culture :

-Plein champ : de 35 à 60 tonnes par hectare.

-Sous serre : de 150 à 200 tonnes par hectare.

Voici quelques conseils pour la récolte et le stockage des tomates :

✚ **Cueillette** : Utiliser des ciseaux de jardin propres pour cueillir les tomates mûres avec une tige d'environ 2 centimètres. Évitez de tirer sur les fruits pour éviter d'endommager les plantes.

✚ **Stockage** : Les tomates mûres peuvent être consommées immédiatement. Si on a une récolte abondante, on conserve les tomates à température ambiante dans un endroit frais et sec, à l'abri de la lumière directe du soleil. Éviter de les réfrigérer, car cela peut altérer leur saveur.

**Tableau 3** : Cout de production d'un hectare de tomate (ITCMI, 2022)

**a. En plein champ**

	Désignation	Main d'œuvre 1500 Da/j	Matériel 2000 Da/H	Approvisionnement Montant (Da)	Montant Total (Da)
01	Pépinière : semences, tourbe et entretien	5	-	184 900	192 400
02	Travaux du sol : labour et façons superficielles	21	13	140 000	191 000
03	Plantation et entretien : fertilisation, Traitement, Irrigation	77	10	891 200	1 021 700
04	Récolte et Transport	60	10	-	105 000
05	Location terre	-	-	-	100 000
	<b>Couts de production Da</b>	<b>163 j</b>	<b>33 h</b>	<b>1 216 100</b>	<b>1 610 100</b>

**b. Sous serre**

	Désignation	Main d'œuvre 1500 Da/j	Matériel 2000 Da/H	Approvisionnement Montant (Da)	Montant Total (Da)
01	Pépinière : semences, tourbe et entretien	2	-	16 250	19 250
02	Travaux du sol : labour et façons superficielles	4,5	0,5	27 000	31 500
03	Plantation et entretien : fertilisation, Traitement, Irrigation	5,5	4	32 600	47 030
04	Récolte et Transport	9	8	-	25 500
05	Location terre	-	-	-	40 000
	<b>Couts de production Da</b>	<b>21 j</b>	<b>12.5 h</b>	<b>75 850</b>	<b>163 280</b>

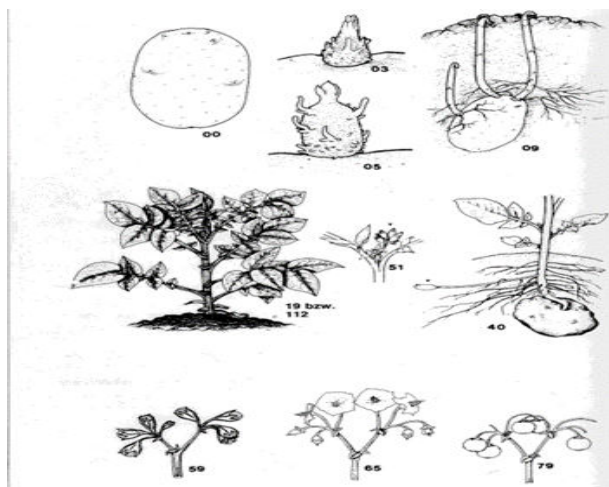
**2.2. La pomme de terre**

**c. Description de la plante**

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) est une plante annuelle appartenant à la famille des Solanacées. Elle a un cycle végétatif de 90 à 120 jours (Figure 08).

**d. Stades phénologiques**

La pomme de terre passe par différents les stades phénologiques, ci-dessous :



00 : Tubercules sans germes.

03 : Fin de dormance ; 05 : Début de formation des racines ; 09 : Début de levée.

112 : Développement des feuilles ; 51 : Début de la floraison ; 40 : Formation des tubercules.

59 : Apparition de l'inflorescence. ; 65 : Floraison ; 79 : Formation des baies.

**Figure 8** : Stades phénologique de la pomme de terre

### e. Variétés les plus cultivées en Algérie

En Algérie, il existe de nombreuses variétés de pommes de terre. Parmi les plus cultivées, on retrouve : Spunta (B), Fabula (B), Nicola (B), Diamant (B), Timate (B), Atlas (B), Bartina®, Désirée®, Kondor®. (B indique une variété blanche, R indique une variété rouge)

### f. Exigences élapho-climatiques

La pomme de terre a certaines exigences pour sa culture :

- Elle aime les sols profonds, sains et de bonne fertilité, de préférence limoneux-argileux.
- La température optimale pour sa croissance est de 15 à 21°C.
- Elle préfère les climats tempérés, humides et brumeux.
- Elle redoute le gel et la sécheresse.
- La luminosité influence la formation de fécule, donc l'ombrage est à éviter.
- Le pH du sol idéal pour la pomme de terre est de 5,8 à 6,5.
- La salinité du sol doit être de 1,9 à 3,2 g/l (5 à 3 mmhos/cm).

### g. Zones de production

La pomme de terre est cultivée dans différentes régions de l'Algérie, notamment :

- Littoral, sublittoral, atlas tellien et hautes plaines.
- **Zones de production de primeur** : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen.
- **Zones de production de saison** : Ain-Defla, Mascara, Mila, Souk Ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi-Ouzou, Tiaret, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-Oued.
- **Zones de production d'arrière-saison** : Ain-Defla, Mascara, Guelma, Chlef, El-Oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa, etc.

### h. Mise en place de la culture

Avant de planter les pommes de terre, il est nécessaire de préparer le sol en effectuant un labour d'une profondeur de 25 à 30 cm. Ensuite, il faut émietter et ameublir le sol en passant des disques, un cultivateur à dents ou un vibroculteur.

### i. La plantation

Pour la plantation des pommes de terre de consommation :

- Les distances de plantation sont de 0,75 m entre les billons et de 0,30 m entre les plants.



- Le calibre des tubercules est de 28-55 mm (pour les semences locales, le calibre est de 28-60 mm).
- La densité de plantation recommandée est de 38 000 à 44 000 plants par hectare.
- Les tubercules doivent être plantés à une profondeur de 5 à 7 cm.
- La quantité de semences nécessaire est de 25 à 27 quintaux par hectare.
- La date de plantation varie en fonction de la zone de culture : **octobre à décembre** pour les primeurs, **janvier à avril** pour la saison, **juillet à septembre** pour l'arrière saison

### ➤ Pour la production de semences

- Les distances de plantation sont de 0,75 m entre les billons et de 0,20 m entre les plants.
- Le calibre des tubercules est de 30-55 mm (correspondant à 1500 à 1700 tubercules par quintal).
- La densité de plantation recommandée est de 53 000 à 60 000 plants par hectare.
- La quantité de semences nécessaire est de 33 à 35 quintaux par hectare.
- Il est important d'utiliser des plants de haute qualité, de classe "Super Elite" ou "Elite".
- Les dates de plantation varient selon les régions, allant de janvier (régions non gélives) à avril (régions des hauts plateaux).

### j. Fertilisation

La fertilisation de la pomme de terre comprend une fumure de fond et une fumure d'entretien :

- **Fumure de fond** : elle peut être organique avec l'apport de 25 à 30 tonnes par hectare de fumier bovin ou ovin, ou de 15 à 20 tonnes par hectare de fientes de volailles. Elle peut également être minérale avec l'apport de 80 à 100 unités d'azote (N) par hectare, de 100 à 120 unités de phosphore (P) par hectare, et de 200 à 240 unités de potassium (K) par hectare. Avant la plantation, il est recommandé d'appliquer un engrais 11-15-15 à raison de 10 quintaux par hectare.
- **Fumure d'entretien** : environ deux mois après la plantation, il est recommandé d'apporter 1,5 quintal d'urée (46%) et 2 quintaux de sulfate de potasse (48%).

### k. Irrigation

L'irrigation de la pomme de terre peut être réalisée par aspersion ou goutte-à-goutte. Les besoins en eau varient en fonction du type de culture :

- **Culture de saison** : 4 000 à 5 000 m<sup>3</sup> par hectare.
- **Culture d'arrière-saison** : 3 000 à 4 000 m<sup>3</sup> par hectare.
- **Culture de primeur** : 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup> par hectare.

Les besoins en eau évoluent au cours du cycle de la plante, étant faibles au début, élevés pendant la formation des stolons et des tubercules (environ 50 à 60 jours après la plantation), puis minimales pendant la maturation.

**N.b :** Il est également recommandé de réaliser 2 binages et buttages pour détruire les mauvaises herbes, protéger les tubercules de la lumière et prévenir la contamination par le mildiou.

### **l. Désherbage**

Le désherbage de la pomme de terre peut être effectué de manière manuelle, mécanique ou chimique. Pour le désherbage chimique, il est possible d'utiliser des herbicides tels que la metribuzine avant la levée et le paraquat après la levée.

### **m. Épuration et défanage**

Pour la production de plants de pomme de terre, des opérations d'épuration et de défanage sont nécessaires. L'épuration consiste à éliminer les pieds malades, tiges et tubercules, présentant des problèmes de dégénérescence, de rhizoctone ou de mosaïque. Si l'infection dépasse 10%, les plants sont refusés.

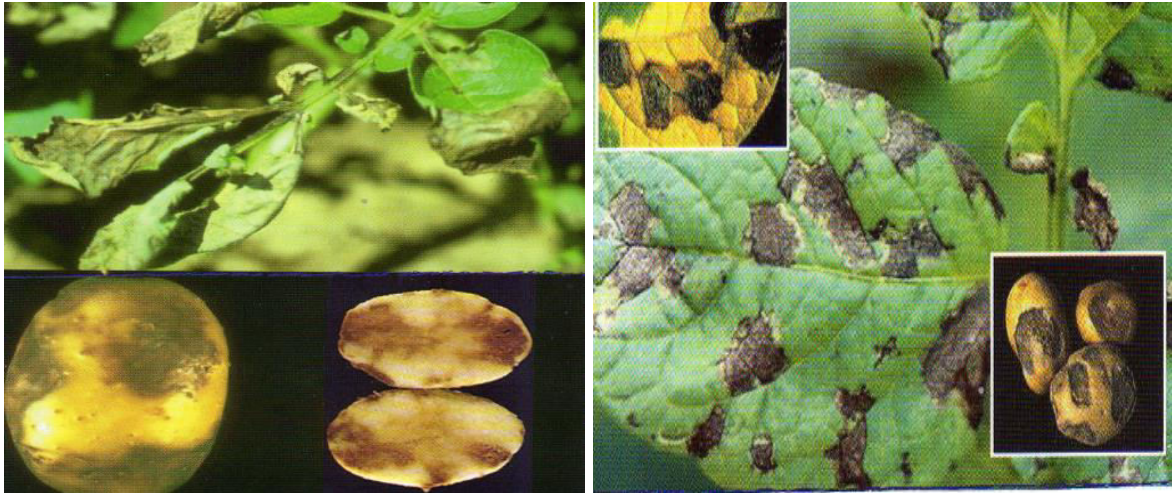
**Le défanage** s'effectue après accord du contrôleur d'épuration

Il s'effectue environ 3 à 4 semaines avant la récolte. Il peut être réalisé de manière manuelle, mécanique ou chimique.

### **n. Protection Phytosanitaire**

Pour la protection phytosanitaire de la culture de la pomme de terre (Figure 09), voici quelques produits recommandés pour lutter contre certaines maladies et ravageurs :

- **Mildiou et Alternaria** : propinèbe (Agripriori), oxychlorure de cuivre (Alcocobre), chlorothalonil (Ardavo), captan (Captan Valles).
- **Pucerons** : acétamipride (Acéplan), thiaméthoxam (Actara), alpha-cyperméthrine (Alphacitin).
- **Teigne** : cyperméthrine (Cythrin), deltaméthrine (Décis), lufénuron (Electra), chlorpyrifos-méthyl (Reldan).
- **Fusariose** : quinazole (Beltanol), hyméxazole (Machigaren).
- **Alternariose** : traitement spécifique non mentionné.



**Figure 9 :** Mildiou (à gauche) et Alternariose (à droite) sur les feuilles et les tubercules de la pomme de terre

#### **o. Récolte**

La récolte des pommes de terre peut être réalisée de manière manuelle ou mécanique. Les rendements varient selon le type de culture :

- **Primeur** : 25 à 28 tonnes par hectare.
- **Saison** : 25 à 30 tonnes par hectare.
- **Arrière-saison** : 30 à 35 tonnes par hectare.

Pour la production de plants (calibre semences), les rendements sont généralement de l'ordre de **180 à 200 quintaux** par hectare.

#### **p. Conservation**

La conservation des tubercules de pomme de terre, notamment pour les semences, nécessite des précautions particulières :

- Maintenir les tubercules pendant 15 jours à une température de **12 à 15°C** pour favoriser la cicatrisation des blessures.
- Pour une conservation à long terme (6 à 8 mois), les tubercules doivent être stockés dans des chambres froides à une température de **4°C**.
- Pour une conservation à court terme (moins de 3 mois), un local couvert, aéré et ventilé dynamiquement peut être utilisé avec une température maintenue entre **5 et 7°C**.

Ces informations concernent la culture de la pomme de terre en Algérie et peuvent varier en fonction des spécificités régionales, des variétés cultivées et des pratiques agricoles locales.

**Tableau 4 : Cout de production d'un hectare de pomme de terre (ITCMI, 2022)**

**a. Saison**

Désignation		Main d'œuvre 1500 Da/j	Matériel 2000 Da/H	Approvisionnement Montant (Da)	Montant Total (Da)
01	semences	3,5	2	450 000	459 250
02	Travaux du sol : labour et façons superficielles	6,5	15	164 500	204 250
03	Plantation et entretien : fertilisation, Traitement, Irrigation	54	11	128 000	231 000
04	Récolte et Transport	54	8	-	97 000
05	Location terre	-	-	-	100 000
Couts de production Da		118 j	36 h	742 500	1 091 500

**b. arrière saison**

Désignation		Main d'œuvre 1500 Da/j	Matériel 2000 Da/H	Approvisionnement Montant (Da)	Montant Total (Da)
01	semences	3,5	2	240 000	249 250
02	Travaux du sol : labour et façons superficielles	21	11	151 500	205 000
03	Plantation et entretien : fertilisation, Traitement, Irrigation	60,5	12	115 500	230 250
04	Récolte et Transport	54	28	-	137 000
05	Location terre	-	-	-	100 000
Couts de production Da		139 j	53 h	507 000	921 500

**2.3. L'oignon**

**a. Origine**

L'oignon (*Allium cepa*) appartient à la famille des Amaryllidacées (Alliacées). Originaire d'Asie centrale. Cultivée par les Egyptiens il y a 5000 ans.

**b. Caractéristiques de la plante**

Cette espèce se caractérise par :

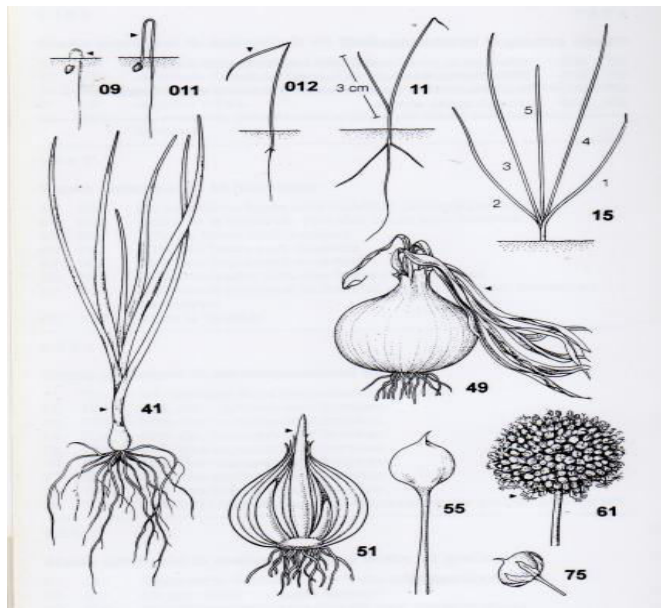
- Nombre de graines au gramme : 250 à 300.
- Température de germination optimum : 24°C
- Longévité moyenne de la graine : 2 à 4 ans
- Quantité de semence nécessaire pour 1 ha :
  - Semis direct : 4 à 7 kg.
  - Plantation d'oignon en bulbes : 7,5 à 8 qx / ha.

- Plante bisannuelle : 1<sup>ère</sup> année formation des bulbes.

➤ 2<sup>ème</sup> année floraison et production de graines

### c. Stades phénologiques

L'oignon a un cycle végétatif qui varie entre 85 et 120 jours. Elle passe par les stades phénologiques suivants (Figure10):



09 : levée.

011 : stade crochet.

012 : stade flagelle.

11 : première feuille étalée.

15 : développement des feuilles.

41 : développement des racines et tiges.

49 : maturation des bulbes.

51 : pousse principale commence à sortir.

55 : apparition des premières fleurs.

61 : début de la floraison.

75 : maturation des graines.

Figure 10 : Stades phénologique de l'oignon

### d. Variétés les plus cultivées en Algérie

Les variétés d'oignons les plus cultivées en Algérie comprennent le Rouge Local, Jaune Local, Jaune d'Espagne, Rouge d'Amposta, et de Barletta.

### e. Exigences édapho-climatiques

L'oignon préfère les **sols sablo-argileux ou argilo-sableux** qui se drainent bien, assurant ainsi une bonne aération et un développement optimal des racines. La température optimale pour sa culture est de **15°C**, mais son activité est plus intense dans une plage de **18°C à 23°C**. Très exigeant en lumière, l'oignon nécessite une forte exposition, car des jours courts peuvent compromettre la formation des bulbes. Il craint les **sols acides** et tolère moyennement la salinité, dans une plage de **1,9 à 3,2 g/l** (3 à 5 mmhos/cm<sup>-1</sup>).

### **f. Zones de production**

Les principales zones de production de l'oignon en Algérie incluent Mascara, Skikda, Boumerdes, et Blida.

### **g. Mise en place de la culture**

- Labour: Effectuer un labour de 15 à 20 cm.
- Préparation du sol: Disquage suivi de hersage.

### **h. Méthodes de production**

#### **- Semis en pépinière (Semis direct)**

Quantité de semence: 4 à 7 kg/ha. Époque de semis: Mi-août à octobre.

Plantation: Densité de repiquage de 40 à 50 pieds/m<sup>2</sup>.

Distances: 0,20 m x 0,10 m.

#### **-Plantation en bulbes secs de consommation**

Plantation en bulbilles: Utiliser des bulbilles de 6 à 30 mm de diamètre.

Densité: 9 à 12 bulbilles/mètre linéaire (soit 7,5 à 8 q/ha).

Époque de plantation: Août à septembre.

### **i. Entretien de la culture**

- Binage et désherbage: Assurer un binage régulier et un désherbage pour maintenir la propreté du champ.

### **j. Fertilisation**

- Éviter l'apport de fumier frais.

**- Fumure minérale de fond:** 60 à 80 unités de N/ha. 100 à 120 unités de P/ha. 180 à 200 unités de K/ha.

**-Fumure d'entretien:** 45 unités de N/ha. 50 unités de K/ha.

### **k. Irrigation**

L'oignon peut se cultiver en sec partout où la pluviométrie est supérieure à **400 mm** entre Décembre et fin avril.

### **l. Protection phytosanitaire**

La figure 11 montre le mildiou, la mouche, la rouille et le botrytis sur les feuilles et le bulbe de l'oignon. Pour lutter contre ces maladies, plusieurs produits phytosanitaires sont utilisés :

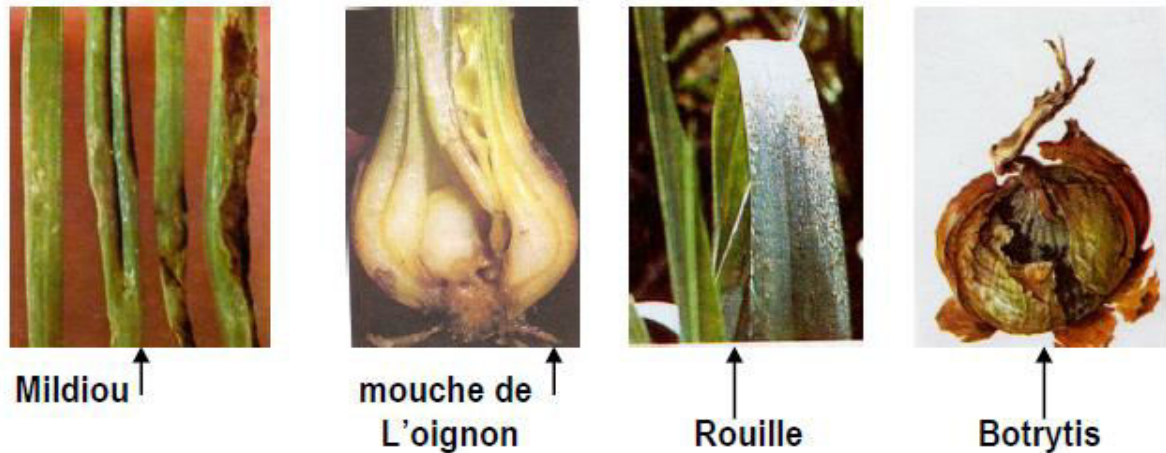
**Rouille :** Chlorotalonil : Thiram Chim, Mancozebe : Cadillac, Hexaconazole : Concord, Propinèbe+Cymoxanil.

**Mildiou:** Cuivre+ Mancozebe: Cuprofix, Propinèbe+ Cymoxanil : Cycone, Famoxadone+

Cymoxanil : Equation Pro

**Botrytis:** Chlorotalonil: Thiram Chim, Cyprodinil: Charus, Procymidone, Cymidone

**Mouche blanche :** Béta Cypermethrine : Akiko, Thiaclopride : Calypro



**Figure 11 :** Le mildiou, la mouche, la rouille et le botrytis sur les feuilles et le bulbe de l'oignon.

#### j. Récolte et conservation

- Récolte

- ✚ L'oignon en vert : récolte fin mars à mai

- ✚ L'oignon production bulbille : mai

- ✚ L'oignon consommation et de conserve : juillet- août - septembre

L'oignon en bulbes récolté doit séjourner quelque jours au champ pour le séchage

- ✚ Rendements : le rendement de l'oignon varie entre **30 à 50 t / ha.**

- Conservation

Avant la conservation procéder au séchage par soufflerie d'air 60°C puis 35°C pendant 20 à 30 heures. Le séchage peut se réaliser dans des locaux à température voisine 0°C et 75% d'humidité relative avec circulation d'air maximum. Néanmoins, les meilleures conditions de stockage sont de 3 à 0°C avec une hygrométrie de 65 %.

Les oignons de couleur se conservent mieux que les oignons blancs.

Pour améliorer la conservation : traiter à l'oxychlorure de cuivre 5 kg / ha 15 jours avant la récolte.



**Tableau 5 :** Coûts de production d'un hectare d'oignon (ITCMI, 2022)

Désignation		Main d'œuvre 1500 Da/j	Matériel 2000 Da/H	Approvisionnement Montant (Da)	Montant Total (Da)
01	Pépinière : semences, terreau et entretien	3	-	157 000	161 500
02	Travaux du sol : labour et façons superficielles	3,5	11	76 000	97 675
03	Plantation et entretien : fertilisation, Traitement, Irrigation	56,5	08	71 250	168 000
04	Récolte et Transport	34	20		81 000
05	Location terre	-	-		100 000
Coûts de production Da		97 j	39 h	304 250	608 175

## 2.4. Artichaut

### a. origine

L'artichaut, dont le nom botanique est *Cynara scolymus*, appartient à la famille des Astéracées. Cette plante est originaire des régions méditerranéennes, où elle est cultivée depuis des siècles pour ses qualités alimentaires et médicinales. L'artichaut est considéré comme une plante hivernale, adaptée aux climats tempérés.

### b. Description de la plante

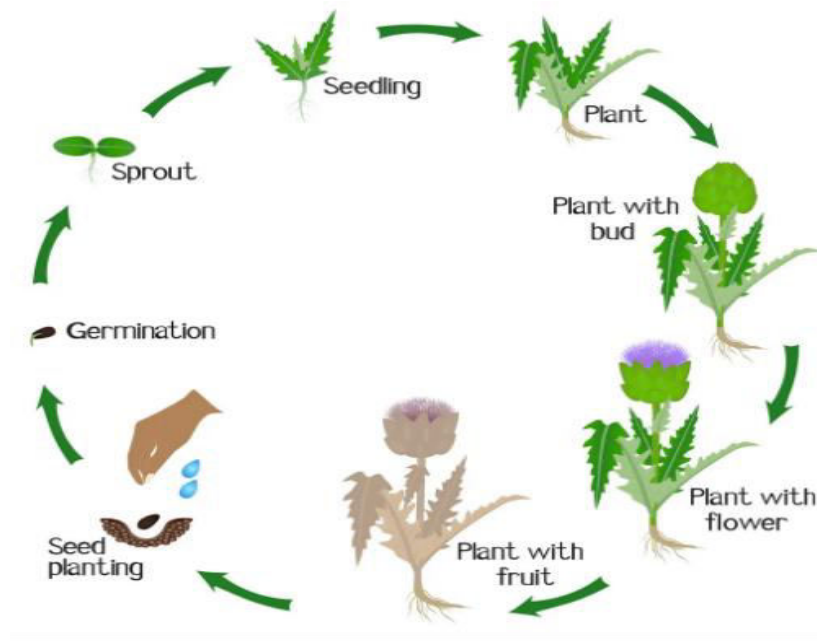
L'artichaut est une **plante pérenne**, c'est-à-dire qu'elle peut vivre et produire pendant plusieurs années. C'est une **plante potagère vivace et rustique**, capable de résister aux conditions climatiques modérées. Pour un développement optimal, l'artichaut nécessite une température située entre **18 et 24°C**, ce qui correspond à des conditions idéales pour sa croissance.

En ce qui concerne la reproduction, la **longévité moyenne des graines** d'artichaut est estimée entre **5 et 7 ans**, ce qui permet leur conservation sur une période relativement longue avant d'être semées..

### c. Stades phénologiques

L'artichaut est considéré comme une plante hivernale. Son cycle végétatif débute aux mois de Juillet – août et se termine sous l'effet des chaleurs du mois de juin qui provoquent le passage de la plante à l'état de repos végétatif : tiges et feuilles se dessèchent complètement et la

partie souterraine, dite rhizome, demeure en état d'activité ralentie (Figure 12). La plante de l'artichaut passe par les stades de développement suivants :



**Figure 12 : Stades phénologique de l'artichaut**

**d. Variétés les Plus Cultivées en Algérie**

Les variétés les plus cultivées en Algérie incluent "Violet de Provence", "Violet d'Hyères" et "Blanc d'Hyères". Ces variétés sont choisies pour leur qualité, leur résistance aux maladies et leur adaptation aux conditions climatiques locales.

**e. Exigences Édapho-Climatiques**

Les exigences édapho-climatiques de l'artichaut sont cruciales pour garantir une bonne croissance et une production optimale. Ce dernier préfère les sols silico-argileux, profonds, meubles et frais, riches en humus, et suffisamment bien drainés. En termes de température, l'artichaut se développe mieux entre 18 et 24°C, mais sa croissance s'arrête dès que la température descend sous 7°C. De plus, l'artichaut craint le froid et les gelées. Le pH optimal du sol est compris entre 7 et 7,5. En ce qui concerne la salinité, l'artichaut est tolérant au sel, avec une salinité comprise entre 1,92 et 3,2 g/l.

**g. Zones de Production**


Les principales zones de production de l'artichaut en Algérie sont Oran, Relizane, Sidi Bel Abbès, Chlef, Blida et Tlemcen. Ces régions bénéficient de conditions climatiques et de sols adaptés à la culture de l'artichaut.

### **h. Mise en Place de la Culture**


#### **Préparation du sol**

Pour préparer le sol à la culture de l'artichaut, il est recommandé de procéder à un labour de 30 cm de profondeur, suivi d'un labour croisé à 25 cm pour améliorer l'aération et la structure du sol. Le coover cropping est également conseillé pour protéger le sol pendant les périodes où il n'est pas cultivé. Ensuite, un hersage est effectué pour homogénéiser la surface du sol, suivi d'un nivellement et d'un billonnage de 1 à 1,2 m pour améliorer l'irrigation et l'aération des racines.

#### **Techniques de multiplication**

 L'artichaut peut être multiplié par plusieurs méthodes. Les œilletons sont prélevés entre avril et mai. Les cabosses, les éclats de souches et les bâtons sont récoltés entre mi-juillet et début août.

#### **Distances de plantation**

 Les distances de plantation recommandées sont de 1 à 1,25 m entre les lignes et de 0,80 m entre les plants. La densité de plantation idéale est de 10.000 à 13.000 plants/ha.

### **i. Entretien de la Culture**

L'entretien de la culture d'artichaut comprend le binage (2 à 3 fois) pour éliminer les mauvaises herbes et aérer le sol, l'éclaircissage pour supprimer les plants excédentaires et améliorer la croissance des plants restants, ainsi que le fauchage pour enlever les feuilles desséchées et prévenir les maladies.

### **j. Fertilisation**

L'artichaut est une plante assez exigeante en nutriments. Une fumure de fond est recommandée, comprenant des apports organiques de 30 à 40 t/ha et des apports minéraux de 150 unités de N, 150 unités de P et 350 unités de K par hectare. En ce qui concerne la fumure d'entretien, des apports de 200 unités de N/ha sont réalisés en quatre phases réparties d'octobre à février.

### **k. Irrigation**

Les besoins en eau de l'artichaut sont estimés à 12.000 m<sup>3</sup>/ha. L'irrigation peut être effectuée par la technique à la raie ou par goutte-à-goutte, selon les ressources disponibles et les équipements d'irrigation.

### **l. Protection Phytosanitaire**

L'artichaut peut être affecté par diverses maladies et ravageurs. Pour lutter contre les pucerons, des produits comme le thiaméthoxam (Actara) et la cyperméthrine (Arrivo) peuvent être utilisés. Les mouches sont combattues avec des solutions comme l'alpha cyperméthrine (Alphacitan). Les noctuelles et le mildiou peuvent être contrôlés avec des produits tels que le beta cyperméthrine (Akito), l'azoxystrobine (Amistar) et l'oxyde de cuivre (Bouillie bordelaise). L'oïdium peut être traité avec du penconazole (Bayfidan) et de l'azoxystrobine (Azole).

### **m. Récolte**

La récolte des capitules d'artichaut doit être réalisée juste avant que les bractées ne commencent à s'écarter. Les têtes sont cueillies manuellement à environ 10 cm sous le capitule. Le rendement varie généralement entre 15 et 19 t/ha, en fonction des conditions de culture et de la gestion de l'irrigation et de la fertilisation.

### 1. Modes de protection

#### 1.1. Paillage

Le **paillage** est une technique simple mais très efficace qui consiste à recouvrir la surface du sol autour des plantes avec des matériaux organiques comme la paille, les copeaux de bois (Weill et Duval, 2009), ou les feuilles mortes ou des matériaux synthétiques tels que des films plastiques (Figure 13). Ce processus présente plusieurs avantages pour les cultures :

- ✚ **Réduction de l'évaporation** : Le paillage aide à maintenir l'humidité du sol en limitant les pertes d'eau par évaporation, ce qui est particulièrement utile dans les zones arides ou semi-arides.
- ✚ **Lutte contre les mauvaises herbes** : En recouvrant le sol, le paillage empêche la croissance des mauvaises herbes en limitant l'accès à la lumière.
- ✚ **Maintien d'une température constante** : Le paillage agit comme un isolant, régulant la température du sol en été comme en hiver. Cela crée un environnement plus stable pour les racines des plantes.
- ✚ **Cas d'utilisation** : Cette technique est particulièrement bénéfique pour les **cultures sensibles à la sécheresse**, comme la tomate ou les courgettes, qui nécessitent une gestion rigoureuse de l'humidité du sol.
- ✚ **Type de cultures adaptées** : Elle est idéale pour les **cultures maraîchères en plein champ**, qui bénéficient d'une protection contre la chaleur excessive et la perte d'humidité.



**Figure 13:** Paillage des cultures



### 1.2. Petit-tunnel

Les **petits tunnels** sont des structures légères, souvent fabriquées en plastique ou en filet, qui sont installées pour protéger les jeunes plants contre des conditions climatiques défavorables comme le froid ou le vent. Ces structures peuvent être montées facilement et sont relativement bon marché, ce qui en fait une option accessible pour de nombreux producteurs (Figure 14).

- ✚ **Protection contre le froid et le vent** : Les petits tunnels créent un microclimat favorable pour les cultures sensibles aux températures basses, ce qui permet de prolonger la période de croissance ou de démarrer les cultures plus tôt dans la saison.
- ✚ **Facilité d'installation** : Ces structures sont légères et flexibles, ce qui permet de les installer et de les déplacer facilement en fonction des besoins de la culture.
- ✚ **Cas d'utilisation** : Les petits tunnels sont utilisés principalement pour les **cultures précoces au printemps**, permettant aux plantes de pousser sous une protection légère avant l'arrivée des températures plus élevées. **Type de cultures adaptées** : Ils conviennent bien aux **salades, carottes, fraises**, et autres cultures précoces qui profitent d'une protection contre le froid et le vent pendant les premières étapes de leur croissance.



Figure 14 : Petit tunnel

### 1.3. Abri-serre

L'**abri-serre** est une structure semi-permanente qui offre une protection durable et robuste contre une variété de conditions climatiques, comme les températures extrêmes, la pluie, ou les vents forts (Figure 15). Ces structures sont généralement plus grandes et plus complexes que les petits tunnels, offrant un meilleur contrôle de l'environnement intérieur. Les serres

peuvent être équipées de systèmes de chauffage, de ventilation, et d'irrigation, permettant ainsi une gestion fine des conditions climatiques (Frechteau, 2004).

- ✚ **Protection contre les aléas climatiques** : Les serres sont conçues pour offrir une protection continue, ce qui les rend idéales pour les **cultures à long terme** ou dans des zones où les conditions climatiques sont particulièrement variables.
- ✚ **Structure semi-permanente** : Ces installations sont robustes et peuvent durer plusieurs années, offrant une rentabilité à long terme.
- ✚ **Cas d'utilisation** : L'abri-serre est particulièrement utilisé en **période hivernale** ou dans les régions à forte variation de température, où la protection contre le gel ou les fluctuations de température est cruciale pour la survie des cultures. **Type de cultures adaptées** : Elle convient bien à des **cultures plus sensibles** telles que les **poivrons, aubergines, tomates**, qui nécessitent une température stable et une protection contre les températures extrêmes.

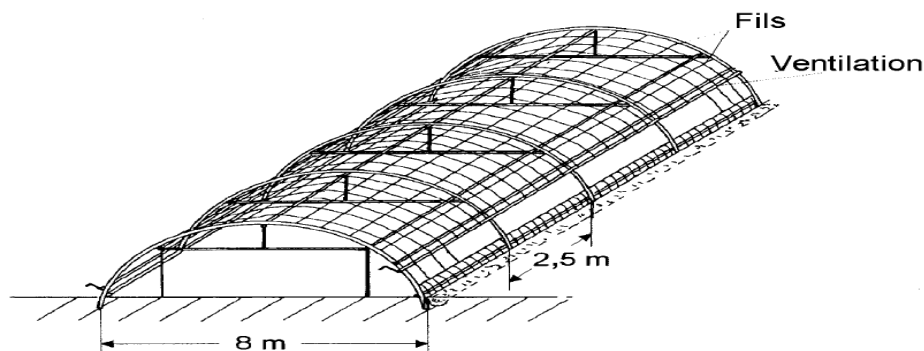


Figure 15 : Types et dimensions des serres



### 1.4. Culture sous bâche

La **culture sous bâche** utilise une couverture en plastique ou en film tendu au-dessus des plantes pour les protéger des intempéries telles que la pluie excessive, le gel, ou les vents violents. Ce type de couverture permet de conserver l'humidité du sol et d'éviter les pertes d'eau (Figure 16).

- ✚ **Protection contre les intempéries** : La bâche sert à protéger les cultures des **pluies excessives** ou du **gel**, créant un microclimat chaud et humide qui favorise la croissance des plantes.
- ✚ **Conservation de l'humidité** : La bâche aide à maintenir un niveau d'humidité du sol optimal en réduisant l'évaporation et en conservant l'humidité du sol à l'intérieur de la couverture.
- ✚ **Cas d'utilisation** : Elle est particulièrement efficace dans les **zones sujettes aux pluies excessives ou au gel**, où la couverture des cultures permet de prévenir les dégâts dus aux intempéries. **Type de cultures adaptées** : Ce mode de protection est adapté pour des cultures comme les **concombres, melons, piments**, qui nécessitent un environnement protégé contre les conditions climatiques extrêmes.



**Figure 16** : Culture sous bâche

### 2. Principes de base de la protection des cultures

Les systèmes de protection des cultures ont pour objectif principal de créer des conditions de croissance optimales pour les plantes tout en réduisant les risques liés aux facteurs environnementaux défavorables tels que les températures extrêmes, l'humidité excessive ou insuffisante, ainsi que les vents forts. Ces systèmes comprennent les serres, les tunnels et les autres types d'abris qui permettent de réguler l'environnement intérieur de manière à soutenir la croissance des plantes. Les protections jouent également un rôle dans la prévention des maladies et des nuisibles, en limitant leur accès aux cultures. L'efficacité d'une protection dépend des matériaux utilisés, du type de structure, et des systèmes de gestion thermique et d'humidité intégrés.

#### 2.1. Échanges d'énergie entre l'abri et l'extérieur

##### 2.1.1. Rayonnement

Le rayonnement solaire est l'un des principaux facteurs influençant la régulation thermique d'un abri. Le rayonnement solaire pénètre à travers les parois transparentes de l'abri, principalement les fenêtres ou les films plastiques, et chauffe l'intérieur. Cependant, ce rayonnement peut être soit absorbé, soit réfléchi par les surfaces internes, ce qui influe sur la température à l'intérieur de l'abri. Pour optimiser les conditions climatiques, il est important d'utiliser des matériaux qui maximisent l'entrée de la lumière tout en limitant la chaleur excessive. Les serres modernes sont souvent équipées de films plastiques à diffusion de lumière qui répartissent le rayonnement de manière uniforme dans l'ensemble de l'espace.

##### 2.1.2. Convection et conduction

Les pertes de chaleur par conduction et convection sont des processus thermiques qui influencent directement la température interne des abris. La conduction se produit lorsque la chaleur se transmet à travers les matériaux de l'abri, comme les murs ou le toit, tandis que la convection concerne les mouvements de l'air chaud à l'intérieur, qui peuvent s'échapper par des ouvertures ou des fissures. Les pertes thermiques par conduction peuvent être réduites en choisissant des matériaux à faible conductivité thermique, comme des isolants ou des fenêtres à double vitrage. La convection, quant à elle, peut être contrôlée par des systèmes de ventilation adaptés, qui permettent d'éviter la stagnation de l'air chaud ou humide à l'intérieur.

### 2.1.3. Échange par renouvellement

Le renouvellement de l'air dans un abri est essentiel pour maintenir une température et une humidité optimales. Cela peut être réalisé grâce à la ventilation naturelle ou forcée. La ventilation naturelle utilise des différences de température ou de pression pour faire circuler l'air, tandis que la ventilation forcée implique l'utilisation de ventilateurs pour activer l'échange d'air. Un renouvellement d'air efficace empêche l'accumulation de chaleur ou d'humidité excessive, ce qui peut créer un environnement défavorable pour les cultures. Il permet également de prévenir l'apparition de maladies fongiques liées à un excès d'humidité.

### 2.1.4. Bilan d'énergie

Le bilan énergétique d'un abri est l'équilibre entre les gains et les pertes d'énergie (Fecteau et Girouard, 2004). Un bilan positif signifie que l'abri conserve suffisamment d'énergie pour maintenir un climat intérieur favorable à la croissance des cultures. Pour cela, il est nécessaire d'optimiser les gains de chaleur (par exemple, grâce au rayonnement solaire) tout en réduisant les pertes (notamment par conduction et convection). Un suivi régulier du bilan énergétique permet d'ajuster les paramètres de ventilation et de chauffage pour garantir des conditions optimales à l'intérieur de l'abri (Figure 17).

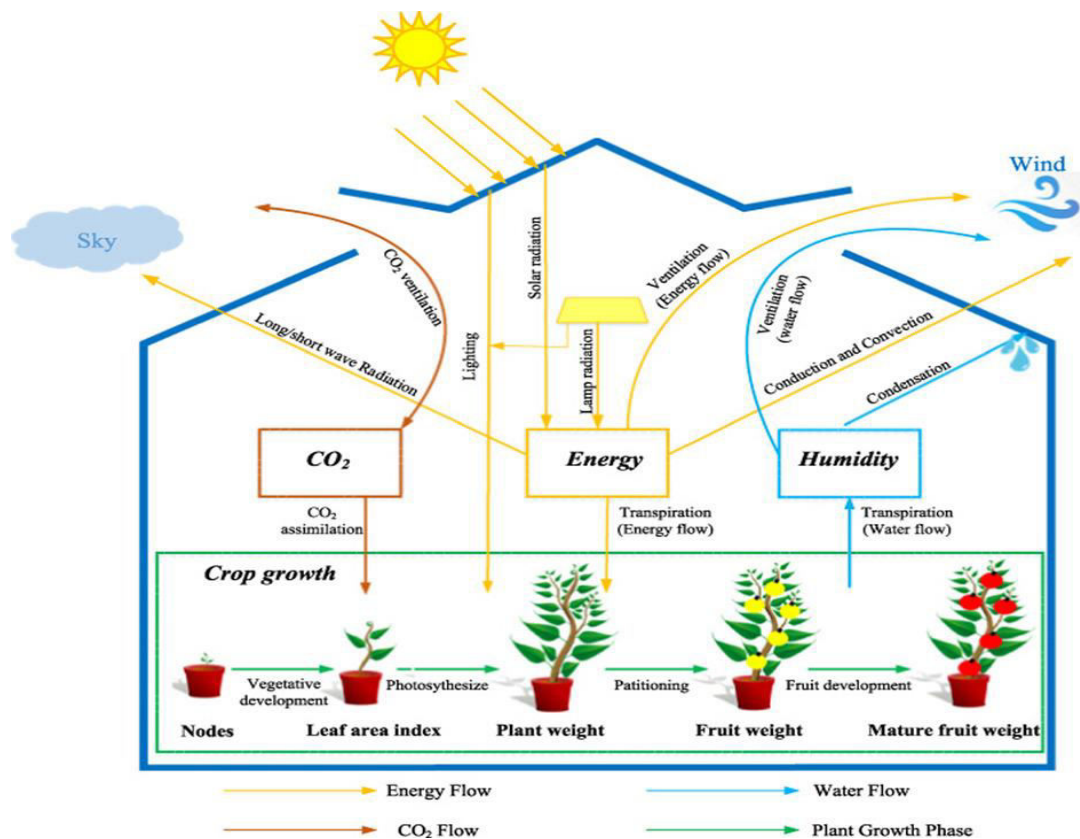


Figure 17: Flux d'énergie dans une serre

### 2.2. Amélioration du bilan énergétique

#### 2.2.1. Étude des cas

L'étude de cas sur l'efficacité énergétique des abris permet d'analyser les pertes et les gains thermiques en fonction des matériaux et des technologies utilisées. Chaque type d'abri présente des caractéristiques spécifiques qui influencent son efficacité énergétique. Par exemple, les serres avec des parois doubles ou des systèmes de couverture réfléchissante peuvent réduire les pertes thermiques et maximiser les gains solaires. De même, les abris équipés de systèmes de chauffage passif (comme des murs de stockage de chaleur) peuvent améliorer le confort thermique sans nécessiter d'énergies supplémentaires.

#### 2.2.2. Réduction des pertes

Pour réduire les pertes thermiques, il est essentiel d'utiliser des matériaux isolants tels que des films plastiques à faible conductivité ou des matériaux composites dans les structures. De plus, il convient de minimiser les infiltrations d'air, notamment en veillant à l'étanchéité des joints, des portes et des fenêtres. Un abri bien isolé conserve la chaleur accumulée pendant la journée et réduit le besoin de chauffage supplémentaire pendant la nuit.

#### 2.2.3. Accroissement des apports de chaleur

L'augmentation des apports de chaleur peut se faire par une meilleure exploitation de l'énergie solaire, par exemple en utilisant des panneaux solaires pour alimenter les systèmes de chauffage ou en maximisant la surface de verre ou de film plastique transparent pour capter davantage de rayonnement. D'autres sources d'énergie renouvelables, comme l'énergie éolienne ou les systèmes de chauffage géothermique, peuvent également être utilisées pour fournir de l'énergie thermique supplémentaire sans polluer.

### 3. Énergies nouvelles pour chauffer les serres

#### 3.1. Géothermie

La géothermie est une source d'énergie renouvelable qui exploite la chaleur naturelle du sous-sol pour chauffer les bâtiments. Dans les serres, cette technologie peut être utilisée pour fournir une chaleur constante et économique, notamment en hiver, lorsque les besoins en chauffage sont plus importants. Les capteurs géothermiques peuvent être installés à proximité des serres pour capter la chaleur souterraine et la distribuer à l'intérieur des structures.

### 3.2. Énergie solaire

L'énergie solaire est l'une des sources les plus courantes pour le chauffage des serres. Des panneaux solaires peuvent être installés sur le toit ou autour des serres pour capter l'énergie du soleil et la convertir en chaleur ou en électricité. Cette énergie peut être utilisée pour alimenter des systèmes de ventilation, de chauffage, ou même d'irrigation, tout en réduisant la dépendance aux sources d'énergie fossiles (Figure 18).



**Figure 18 :** Utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage des serres

### 3.3. Rejets industriels

Les rejets thermiques issus des processus industriels peuvent être récupérés et réutilisés pour chauffer les serres. Cette approche permet de valoriser les déchets thermiques de certaines industries, tout en réduisant la consommation d'énergie conventionnelle. Cependant, cette solution nécessite une planification et une coordination entre les secteurs industriels et agricoles pour garantir la faisabilité et l'efficacité de l'intégration des rejets dans le système de chauffage des serres.

## 4. Rentabilité des cultures sous serre

### 4.1. Charges financières et investissement

L'investissement initial dans une serre, y compris l'achat des matériaux, la construction de la structure, et l'installation des systèmes de chauffage, de ventilation et d'irrigation, représente



une dépense importante. Toutefois, ces coûts peuvent être amortis sur le long terme grâce à des rendements accrus et à une meilleure gestion de l'énergie. Il est donc crucial d'effectuer une analyse financière complète pour déterminer la rentabilité du projet (Tableau).

### 4.2. Répartition des charges

Les charges liées à la gestion des serres comprennent les coûts énergétiques, la main-d'œuvre nécessaire pour l'entretien, l'irrigation et la récolte, ainsi que l'entretien des systèmes techniques (chauffage, ventilation, etc.). Une gestion efficace de ces coûts peut améliorer la rentabilité de la culture en serre. La rationalisation de la consommation d'énergie et l'optimisation de l'utilisation de la main-d'œuvre sont des leviers importants pour maximiser les profits.

### 4.3. Coût d'investissement

Le coût d'investissement dans une serre dépend de nombreux facteurs, tels que la taille de l'abri, le type de matériaux choisis, et les systèmes de gestion thermique et d'humidité. Une analyse détaillée du retour sur investissement doit être réalisée en fonction des rendements attendus et des économies d'énergie réalisées. L'amélioration de l'efficacité énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables peuvent permettre de réduire les coûts d'exploitation et d'augmenter la rentabilité des cultures sous serre (Tableau 06).

**Tableau 06** : Coûts de production de 400m<sup>2</sup> de tomate sous serre tunnel pour un rendement de 1250 quintaux/ha (ITCMI, 2022)

	Désignation	Main d'œuvre 1500 Da/j	Matériel 2000 Da/H	Approvisionnement Montant (Da)	Montant Total (Da)
01	Pépinière : semences, tourbe et entretien	2	-	16 250	19 250
02	Travaux du sol : labour et façons superficielles	4,5	0,5	27 000	31 500
03	Plantation et entretien : fertilisation, Traitement, Irrigation	5,5	4	32 600	47 030
04	Récolte et Transport	9	8	-	25 500
05	Location terre	-	-	-	40 000
	<b>Coûts de production Da</b>	<b>21 j</b>	<b>12.5 h</b>	<b>75 850</b>	<b>163 280</b>

### 1. Historique de la culture hors-sol

La culture hors-sol a vu le jour dans les années 1920, dans des recherches menées aux États-Unis pour cultiver des plantes en dehors de leur environnement naturel. Ce type de culture a pris son essor au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle avec la recherche de solutions pour cultiver des plantes dans des espaces restreints ou dans des conditions climatiques difficiles. Aujourd'hui, la culture hors-sol est largement utilisée dans les serres et les espaces urbains pour produire des légumes, des fruits, et des fleurs. Elle est devenue une méthode efficace pour faire face aux défis liés à l'urbanisation croissante et à la limitation des terres agricoles disponibles.

### 2. Définition de la culture hors-sol

La culture hors-sol, aussi appelée culture en hydroponie ou en substrat, désigne une méthode de culture dans laquelle les plantes sont cultivées sans utiliser le sol naturel (Vitre, 2003). Les racines des plantes sont maintenues dans une solution nutritive qui leur apporte tous les éléments nécessaires à leur croissance. Cela permet de contrôler précisément les apports en eau et en nutriments, ainsi que d'optimiser les conditions de croissance.

Il existe plusieurs types de cultures hors-sol, utilisant divers systèmes, que ce soit avec ou sans substrat, avec ou sans recyclage de la solution nutritive. Ce type de culture est souvent pratiqué dans des environnements contrôlés, comme des serres, où la température, l'humidité et la luminosité peuvent être régulées.

### 3. Domaine d'Application

La culture hors-sol trouve son application dans plusieurs domaines agricoles, notamment pour les cultures maraîchères et florales.

#### 3.1. Cultures Maraîchères

Les cultures maraîchères, telles que les tomates, les laitues, les concombres, ou encore les poivrons, sont couramment cultivées en hors-sol. Cette méthode permet une croissance rapide, une meilleure gestion de l'eau et des nutriments, et une protection contre les maladies du sol. Elle permet également de maximiser l'utilisation de l'espace, ce qui est particulièrement avantageux pour les cultures en zones urbaines où la surface cultivable est limitée. Grâce à la culture hors-sol, il est possible de produire des légumes en dehors des saisons traditionnelles et d'atteindre des rendements plus élevés par mètre carré.



### 3.2. Cultures Florales

La culture hors-sol est également utilisée pour les plantes ornementales et les cultures florales. Les fleurs comme les pivoines, les roses, et les géraniums peuvent être cultivées dans des conditions optimales, sans les limitations du sol. En contrôlant les paramètres environnementaux (luminosité, température, humidité, etc.), il est possible d'obtenir des fleurs de haute qualité, tout en économisant de l'eau et en réduisant les risques de maladies.

### 4. Les différents systèmes de cultures hors-sol

Il existe plusieurs systèmes de culture hors-sol, chacun ayant ses propres caractéristiques et avantages. Ces systèmes peuvent être classés en fonction de l'utilisation ou non de substrat, et du recyclage ou non de la solution nutritive.

#### 4.1. Système sans substrat

Dans le système sans substrat, les racines des plantes sont directement immergées dans une solution nutritive. Ce type de culture est également connu sous le nom d'hydroponie liquide. Les plantes sont maintenues dans une solution riche en nutriments, et la solution est régulièrement renouvelée ou recirculée pour garantir la disponibilité constante des éléments nutritifs. Ce système est particulièrement adapté aux plantes ayant des racines peu profondes, comme les légumes à feuilles (Figure 19).

Les principaux avantages de ce système sont le contrôle total des apports en nutriments et en eau, ainsi qu'une efficacité accrue de l'utilisation des ressources. Cependant, il nécessite un suivi régulier de la solution nutritive pour éviter les carences ou excès de certains éléments.



**Figure 19:** Système sans substrat

### 4.2. Système avec substrat

Le système avec substrat utilise des matériaux inertes comme substrat pour soutenir les racines des plantes tout en leur fournissant de l'eau et des nutriments. Parmi les substrats couramment utilisés, on trouve la perlite, la laine de roche, la fibre de coco, et l'argile expansée. Ce système permet aux racines de pénétrer dans le substrat et d'absorber les nutriments dissous dans l'eau (Figure 20).

Le principal avantage de ce système est qu'il offre une meilleure aération des racines et une meilleure rétention d'eau, ce qui réduit la fréquence d'irrigation et améliore la gestion de l'humidité. Ce système est largement utilisé pour les cultures de tomates, concombres, et poivrons.



**Figure 20 : Système avec substrat**

### 4.3. Système sans recyclage de la solution nutritive

Dans le système sans recyclage de la solution nutritive, la solution nutritive est délivrée aux racines des plantes, mais elle est ensuite éliminée après avoir été utilisée. Ce type de système est moins couramment utilisé en raison de son inefficacité en termes de gestion de l'eau et des nutriments. Cependant, il peut être utilisé dans des systèmes en petites surfaces ou lorsque les ressources en eau sont abondantes et peu coûteuses.

Les systèmes sans recyclage sont souvent utilisés pour les cultures de petite échelle ou pour des projets expérimentaux où la gestion des coûts est moins critique.

### 4.4. Système avec recyclage de la solution nutritive

Le système avec recyclage de la solution nutritive est le plus utilisé dans les cultures hors-sol à grande échelle. Dans ce système, la solution nutritive utilisée par les plantes est récupérée après avoir traversé les racines et est filtrée pour être réutilisée. Ce système permet une économie importante d'eau et de nutriments, réduisant ainsi les coûts d'exploitation et l'impact environnemental de la culture. Il est adapté pour les grandes surfaces de culture et pour les productions intensives (Figure 21).

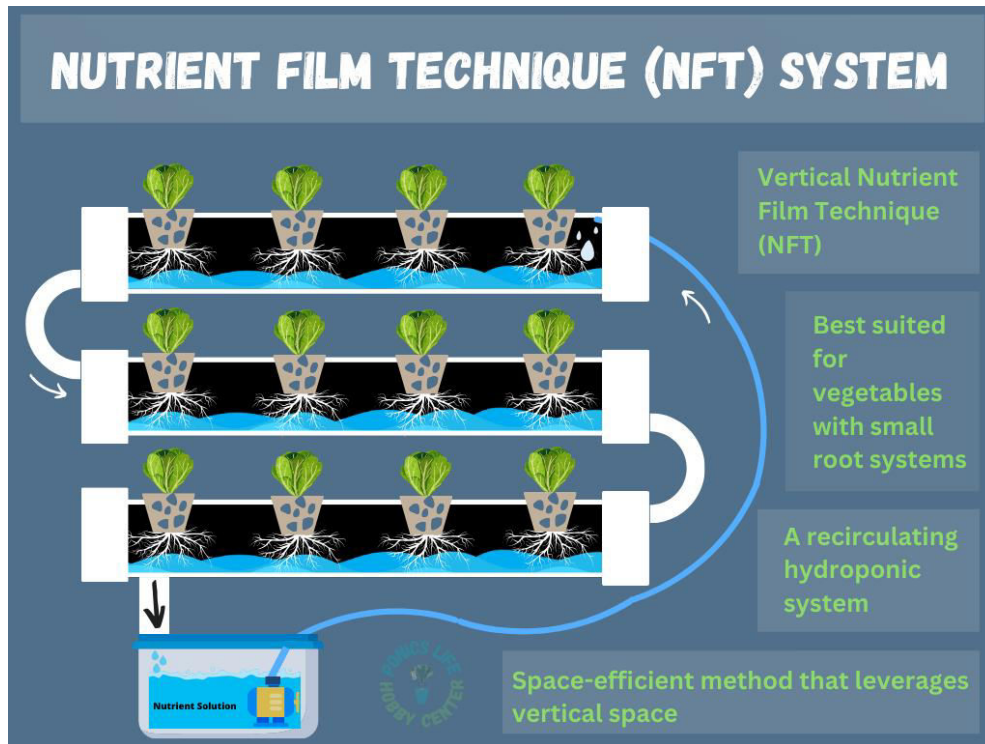


Figure 21 : Système avec recyclage de la solution nutritive

## 5. Les substrats

Les substrats jouent un rôle fondamental en culture hors-sol en fournissant un support physique aux plantes et en influençant leur nutrition et leur développement.

### 5.1. Propriétés des substrats

Un substrat de qualité doit posséder plusieurs caractéristiques essentielles :

- ✚ **Capacité de rétention d'eau et d'air** : Il doit maintenir un équilibre optimal entre l'eau et l'air pour assurer une bonne aération des racines et une rétention suffisante d'humidité.
- ✚ **Stabilité physique** : Le substrat doit conserver sa structure au fil du temps, évitant ainsi le tassement ou la dégradation qui pourraient nuire à la croissance des racines.

- ✚ **pH et conductivité électrique (CE)** : Ces paramètres influencent la disponibilité des nutriments. Un pH adapté (généralement entre 5,5 et 6,5) et une CE appropriée sont cruciaux pour une nutrition optimale des plantes.
- ✚ **Absence de pathogènes et de contaminants** : Le substrat doit être exempt de maladies, de parasites et de substances toxiques susceptibles d'affecter la santé des plantes.

### 5.2. Critères de choix des substrats

Le choix du substrat dépend de plusieurs facteurs :

- ✚ **Type de culture** : Certaines plantes ont des exigences spécifiques en matière de substrat.
- ✚ **Disponibilité et coût** : Les substrats doivent être accessibles localement et économiquement viables.
- ✚ **Propriétés physiques et chimiques** : Le substrat doit répondre aux besoins spécifiques des plantes en termes de rétention d'eau, d'aération, de pH et de fertilité.

### 5.3. Substrats utilisés en culture hors-sol

Divers matériaux sont utilisés comme substrats en culture hors-sol (Figure 22), chacun ayant ses avantages et inconvénients :

- ✚ **Laine de roche** : Offre une excellente aération et rétention d'eau, mais son pH élevé nécessite un ajustement.
- ✚ **Perlite** : Légère et aérée, elle est souvent utilisée en mélange avec d'autres substrats.
- ✚ **Billes d'argile expansée** : Stables et durables, elles assurent une bonne aération et sont souvent utilisées en culture hydroponique.
- ✚ **Fibres de coco** : Biologique et renouvelable, elle offre une bonne rétention d'eau et est souvent utilisée en mélange avec d'autres substrats.
- ✚ **Sable** : Utilisé pour sa stabilité et sa capacité de drainage, il est souvent mélangé avec d'autres substrats pour améliorer la structure.

## 6. Les solutions nutritives

Les solutions nutritives fournissent aux plantes les éléments essentiels à leur croissance.

### 6.1. Rôle de la solution nutritive



Elle assure l'apport en macronutriments (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium, soufre) et micronutriments (fer, manganèse, zinc, cuivre, molybdène, bore, chlore) nécessaires au métabolisme des plantes.



Figure 22 : Matériaux utilisés comme substrat

### 6.2. Formulation de la solution nutritive à partir de l'eau d'irrigation

La formulation dépend de la composition de l'eau d'irrigation et des besoins spécifiques des cultures. Il est essentiel d'analyser l'eau pour ajuster la concentration en nutriments et éviter les carences ou excès.

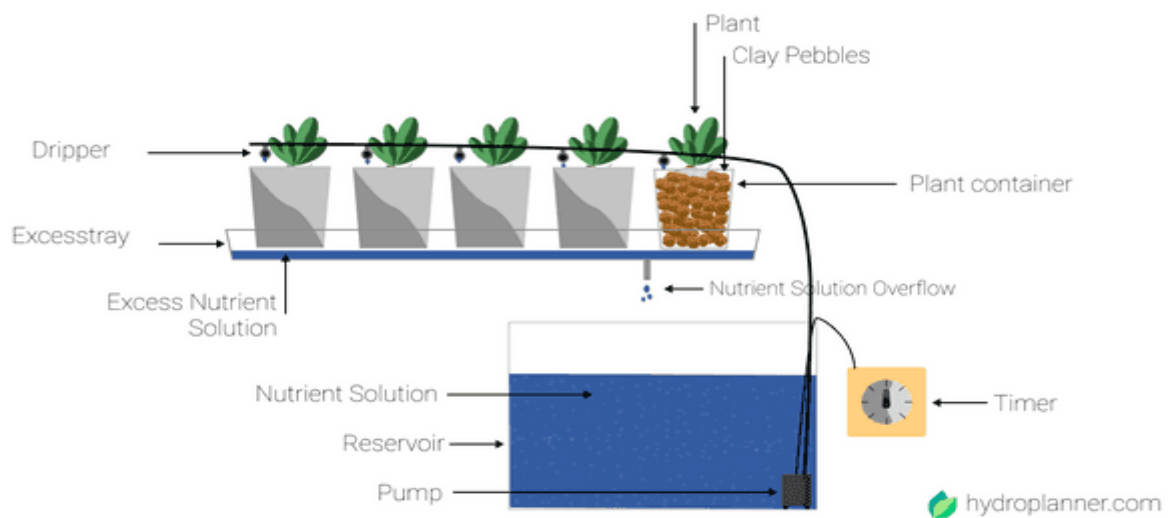
### 6.3. Étapes de la préparation de la solution nutritive

1. **Analyse de l'eau** : Déterminer la teneur en sels minéraux et en pH.
2. **Calcul des besoins en nutriments** : Établir les concentrations nécessaires en fonction des exigences des plantes.
3. **Préparation de la solution** : Dissoudre les sels minéraux dans l'eau en respectant les dosages calculés.
4. **Ajustement du pH** : Utiliser des solutions acides ou basiques pour atteindre le pH optimal.
5. **Contrôle de la conductivité électrique (CE)** : Mesurer la CE pour s'assurer de la concentration en sels.

### 6.4. Systèmes de distribution de la solution nutritive

La distribution de la solution nutritive peut se faire par différents systèmes :

- **Irrigation goutte-à-goutte** : permet une distribution précise et économe en eau (Figure 23).
- **Fertigation** : intègre l'apport de nutriments directement dans le système d'irrigation.
- **Systèmes hydroponiques** : utilisent des solutions nutritives en circuit fermé ou ouvert pour nourrir les plantes.



**Figure 23** : Distribution de la solution nutritive dans le système goutte à goutte

### 6.4. Contrôle de l'alimentation hydrique

En culture hors-sol, l'apport en eau et en nutriments est minutieusement géré grâce à des solutions nutritives adaptées aux besoins spécifiques des plantes. Cette maîtrise permet une utilisation efficace des ressources hydriques, réduisant la consommation d'eau jusqu'à 70 % par rapport aux méthodes traditionnelles. Les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte ou par brumisation assurent une distribution précise, évitant le gaspillage et les pertes par évaporation ou lessivage.

De plus, l'utilisation de substrats à haute capacité de rétention d'eau optimise l'efficacité de l'irrigation. Le recyclage et la réutilisation des solutions nutritives sont également courants, contribuant à une gestion durable des ressources en eau.

### 6.4.1. Aspects phytosanitaires

La culture hors-sol offre des avantages phytosanitaires notables. En éliminant le contact avec le sol, elle réduit l'exposition aux pathogènes telluriques, diminuant ainsi l'incidence de maladies fongiques et bactériennes. Cette méthode limite également la présence de ravageurs du sol, réduisant le besoin en pesticides et contribuant à une production plus saine.

Cependant, la gestion des solutions nutritives nécessite une attention particulière pour éviter l'accumulation de pathogènes dans le système. Une surveillance régulière et une désinfection appropriée des équipements sont essentielles pour maintenir un environnement de culture sain.

### 6.4.2. Impacts environnementaux

La culture hors-sol présente des avantages environnementaux significatifs. En optimisant l'utilisation de l'eau et des nutriments, elle réduit le risque de pollution des nappes phréatiques par les engrais et les pesticides. De plus, l'absence de labour préserve la structure du sol et limite l'érosion. Toutefois, l'utilisation de substrats et de structures en plastique soulève des préoccupations environnementales, notamment en ce qui concerne la gestion des déchets plastiques. Il est crucial de mettre en place des systèmes de recyclage efficaces pour minimiser l'impact écologique.

### 6.4.3. Pratiques recommandées

Pour maximiser les bénéfices de la culture hors-sol tout en minimisant les risques, il est recommandé de :

- ✚ **Surveiller régulièrement** les paramètres des solutions nutritives, y compris le pH et la concentration en nutriments, pour assurer une alimentation optimale des plantes.
- ✚ **Mettre en place des systèmes de désinfection** des solutions nutritives pour prévenir la propagation de maladies.
- ✚ **Utiliser des substrats durables** et recycler les matériaux plastiques pour réduire l'empreinte environnementale.
- **Former le personnel** aux spécificités de la culture hors-sol pour assurer une gestion efficace et durable.



### 1. Notion de pépinière

Une pépinière est un espace dédié à la multiplication et à l'élevage de jeunes plants jusqu'à ce qu'ils soient prêts pour la transplantation. Elle offre un environnement contrôlé qui favorise la germination des semences et le développement initial des plantules, assurant ainsi des plants sains et robustes pour les cultures maraîchères (FAO, 1992).

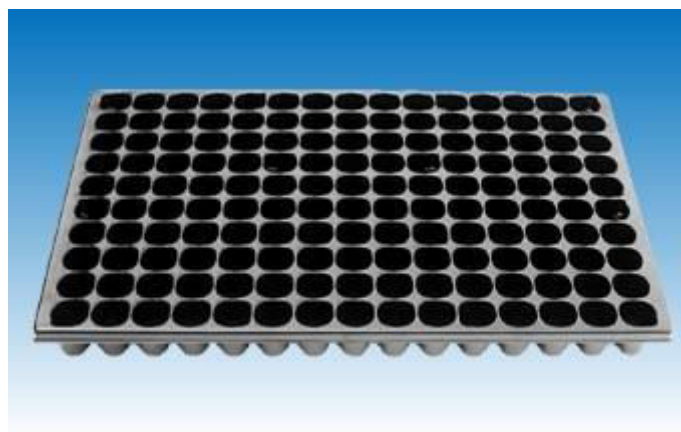
### 2. Modes de production de plants

Il existe principalement deux modes de production de plants en pépinière :

- ✚ **Culture en pleine terre (à racine nue)** : Les semences sont semées directement dans le sol de la pépinière. Cette méthode est adaptée aux espèces tolérantes au repiquage, mais peut présenter des risques liés aux maladies du sol et aux conditions climatiques.
- ✚ **Culture en conteneurs ou en mottes** : Les semences sont semées dans des récipients individuels remplis de substrat, tels que des pots, des godets ou des plaques alvéolées. Cette méthode offre une meilleure gestion des conditions de croissance et facilite la transplantation avec un stress minimal pour les plants.

### 3. Techniques de production en mottes

La production en mottes consiste à cultiver les jeunes plants dans des blocs (Figure 24) de substrat compactés, appelés mottes, qui maintiennent le système racinaire intact lors de la transplantation. Cette technique présente plusieurs avantages, notamment une meilleure survie des plants après la transplantation et une manipulation facilitée.



**Figure 24** : Plaque alvéolée

Les étapes clés de cette technique incluent :

### 3.1. Préparation du substrat

Un substrat efficace combine généralement des composantes organiques et inorganiques, chacune apportant des propriétés spécifiques :

- **Composantes Organiques :**

- **Tourbe de sphagne** : très utilisée pour sa capacité élevée de rétention d'eau et sa structure poreuse favorisant l'aération. Cependant, son pH acide nécessite souvent l'ajout de chaux pour le neutraliser.
- **Fibre de coco** : alternative renouvelable à la tourbe, elle offre une bonne rétention d'eau et un pH plus neutre, réduisant le besoin en chaux. Il est toutefois crucial de s'assurer que la fibre de coco utilisée a une faible teneur en sel.
- **Compost** : source de nutriments et de micro-organismes bénéfiques, il améliore la fertilité du substrat. Cependant, une utilisation excessive peut augmenter la densité du mélange et affecter la porosité.

- **Composantes Inorganiques :**

- **Perlite** : matériau volcanique expansé, il améliore le drainage et l'aération du substrat. sa structure légère aide à prévenir la compaction.
- **Vermiculite** : minéral expansé offrant une bonne rétention d'eau tout en améliorant l'aération. Elle est particulièrement utile dans les mélanges destinés à la germination des semences.



Figure 25 : Fibre de coco (à gauche) et Vermiculite (à droite)

#### 3.1.1. Étapes de préparation

- ✚ **Sélection des ingrédients**

Choisir des matériaux de qualité, exempts de contaminants et adaptés aux besoins spécifiques des plantes cultivées.

### **Mélange des composantes**

Combiner les ingrédients dans des proportions appropriées pour obtenir le bon équilibre entre rétention d'eau et drainage. Par exemple, un mélange typique peut inclure 50% de tourbe, 30% de perlite, et 20% de compost.

### **Ajustement du pH**

Tester le pH du mélange et ajuster si nécessaire en ajoutant de la chaux pour augmenter le pH ou du soufre pour le diminuer, afin d'atteindre une plage idéale généralement comprise entre 5,5 et 6,5.

### **Humidification**

Humidifier légèrement le substrat pour faciliter le mélange et assurer une répartition uniforme de l'humidité, ce qui est crucial pour la germination des semences.

### **Stérilisation (si nécessaire)**

Dans certains cas, il peut être nécessaire de stériliser le substrat pour éliminer les agents pathogènes, notamment en utilisant une solution de formaldéhyde à 40% appliquée au taux de 80 litres par mètre carré.

### **3.1.2. Considérations supplémentaires**

- **Rétention d'eau et drainage** : un bon substrat doit retenir suffisamment d'eau pour les plantes tout en permettant un drainage excessif pour éviter la saturation et la pourriture des racines.
- **Aération** : Une porosité adéquate est essentielle pour l'échange gazeux au niveau des racines, favorisant une croissance saine.
- **Nutriments** : L'ajout d'amendements organiques comme le compost peut fournir des nutriments essentiels, mais il est important de surveiller la conductivité électrique (CE) pour éviter une fertilité excessive qui pourrait nuire à la germination et à la croissance des plantules.
- **Stabilité Structurale** : Le substrat doit maintenir sa structure au fil du temps pour soutenir les plantes jusqu'à leur transplantation.

### **3.2. Semis**

Les semences sont placées dans les mottes préformées, en veillant à respecter les profondeurs et les espacements spécifiques à chaque espèce. La profondeur correcte est essentielle pour assurer un bon contact entre la graine et le substrat, tout en permettant à la lumière ou à l'obscurité de répondre aux besoins spécifiques de germination (Tremblay et Sénécal, 1991).

- **Profondeurs spécifiques** : Chaque espèce a des besoins précis en matière de profondeur de semis.
- ✚ **Graines fines** (comme celles des laitues) doivent être légèrement recouvertes ou simplement pressées dans le substrat pour rester proches de la surface.
- ✚ **Graines plus grosses** (comme celles des haricots ou des courges) doivent être placées plus profondément, à environ 2 à 3 fois leur diamètre.
- **Espacements spécifiques** : Les graines doivent être placées à une distance appropriée pour éviter une compétition excessive entre les jeunes plants. Dans les mottes préformées, généralement une graine par motte est utilisée pour éviter l'enchevêtrement des racines. Si plusieurs graines sont semées dans une même motte (par exemple pour les espèces avec faible taux de germination), un éclaircissage est effectué après la levée.

### 3.3. Entretien des plantules

L'entretien des plantules est une étape cruciale pour garantir leur bon développement avant leur transplantation en pleine terre. Cela implique plusieurs aspects, notamment l'arrosage, la protection contre les maladies, et le contrôle de l'exposition à la lumière.

#### 3.3.1. Arrosage régulier

L'arrosage est essentiel pour assurer la croissance des plantules. L'eau permet de maintenir l'humidité du substrat, ce qui est vital pour la germination et le développement des racines. Toutefois, un excès d'humidité peut entraîner la pourriture des racines, tandis qu'un manque d'eau peut ralentir leur croissance. Il est donc important d'arroser régulièrement sans saturer le sol.

- ✚ **Fréquence d'arrosage** : Elle dépend de l'espèce, des conditions climatiques et de la taille des plantules. En général, un arrosage léger mais fréquent est préférable.
- ✚ **Techniques d'arrosage** : L'utilisation d'un arrosoir avec une pomme fine ou d'un système de goutte-à-goutte peut être avantageuse pour éviter de perturber les jeunes racines et favoriser une distribution uniforme de l'eau.

#### 3.3.2. Protection contre les maladies

Les plantules, étant encore fragiles, sont susceptibles aux maladies fongiques, bactériennes et virales. Une bonne gestion des maladies est donc essentielle pour éviter des pertes (Launais, 2014).

- ✚ **Prévention** : des pratiques comme l'espacement adéquat des plantules, l'évitement d'une humidité excessive, et l'utilisation de substrats stériles peuvent réduire le risque de contamination.
- ✚ **Traitements** : dans le cas de maladies fongiques comme le mildiou ou l'oïdium, l'utilisation de fongicides naturels (ex : soufre, cuivre) ou chimiques peut être envisagée. Toutefois, l'usage de traitements doit être fait avec précaution pour éviter les résistances et l'impact sur l'environnement.

### 3.3.3. Exposition contrôlée à la lumière

Les jeunes plants ont besoin de lumière pour la photosynthèse, mais une exposition excessive ou insuffisante peut perturber leur développement.

- ✚ **Lumière naturelle** : Les semis en pépinière doivent bénéficier d'une lumière suffisante mais indirecte. Une lumière trop intense peut brûler les jeunes feuilles, tandis qu'un manque de lumière peut entraîner une étiolation (allongement anormal des tiges).
- ✚ **Lumière artificielle** : Dans certains cas, une source de lumière artificielle (lampe fluorescente, LED) peut être utilisée pour garantir que les plantules reçoivent la quantité de lumière nécessaire pour leur croissance.

### 3.4. Transplantation

La transplantation des plantules en pleine terre est une étape décisive. Cette opération doit être réalisée avec soin pour éviter un choc thermique, hydrique ou mécanique trop important qui pourrait endommager les jeunes racines. Voici les points essentiels de cette étape :

#### 3.4.1. Motte de transplation

Lors de la transplantation, il est important de transférer les plantules avec leur motte de substrat. Cette technique permet de maintenir l'intégrité du système racinaire et réduit les risques de perturbation.

- ✚ **Avantages de la motte** : La motte préserve les racines délicates et permet à la plante de mieux s'adapter à son nouvel environnement, en réduisant les risques de dessèchement ou de déformation des racines. Elle offre également un environnement de croissance stable lors du transfert.

- ✚ **Préparation de la motte** : Avant la transplantation, il est conseillé de bien arroser les mottes pour éviter qu'elles ne se dessèchent et pour garantir une bonne prise des racines dans le sol.

### 3.4.2. Choix du moment de transplantation

Le moment de la transplantation est également crucial (Tableau 07). Il doit être choisi en fonction de la taille des plantules et des conditions climatiques :

- ✚ **Taille des plantules** : Les plantules doivent avoir un système racinaire suffisamment développé et être assez robustes pour résister au choc du déplacement. Les racines doivent occuper l'intégralité de la motte, sans risque de se casser facilement.
- ✚ **Conditions climatiques** : Le transplanting doit se faire lorsque les conditions sont favorables, généralement au début du printemps ou en automne, selon les cultures. Les jours nuageux ou après une pluie peuvent être les meilleurs moments, car ils minimisent le stress thermique.

**Tableau 07:** Stades et durée recommandée pour la transplantation de quelques espèces maraichères

Espèce	Stade de croissance avant transplantation	Taille des plantules avant transplantation	Durée recommandée pour la transplantation	Période de transplantation idéale
<b>Tomate</b>	4-6 feuilles véritables	Hauteur : 10-15 cm, avec un système racinaire développé	6 à 8 semaines après le semis, lorsque les plantules sont bien enracinées	Après le dernier gel, au printemps (fin avril - mai)
<b>Laitue</b>	2-4 feuilles véritables	Hauteur : 5-10 cm, racines bien formées	3-4 semaines après le semis, quand les racines sont fermes	Printemps ou automne, selon le climat (mars-avril, septembre)
<b>Poivron</b>	4-6 feuilles véritables	Hauteur : 10-15 cm, avec un bon système racinaire	6 à 8 semaines après le semis, une fois que la plante est assez robuste	Après le dernier gel, au printemps (mai)
<b>Aubergine</b>	4-6 feuilles véritables	Hauteur : 10-15 cm, racines bien développées	6-8 semaines après le semis, pour éviter le choc de transplantation	Après les dernières gelées, au printemps (mai)

<b>Chou</b>	4-6 feuilles véritables	Hauteur : 8-12 cm, racines bien formées	4-6 semaines après le semis	Printemps (mars - avril) ou fin de l'été pour une récolte d'automne
<b>Concombre</b>	2-3 feuilles véritables	Hauteur : 8-10 cm, système racinaire bien développé	3-4 semaines après le semis, lorsqu'ils ont un bon enracinement	Après le dernier gel, au printemps (mai)
<b>Céleri</b>	3-4 feuilles véritables	Hauteur : 8-10 cm, racines fermes	6-8 semaines après le semis	Printemps (avril-mai)
<b>Brocoli</b>	4-6 feuilles véritables	Hauteur : 8-12 cm, avec un système racinaire robuste	4-6 semaines après le semis, lorsque les plantules sont solides	Printemps (mars - avril) ou fin d'été (août-septembre)
<b>Courgette</b>	2-3 feuilles véritables	Hauteur : 10-12 cm, avec un bon enracinement	4-6 semaines après le semis	Après le dernier gel, au printemps (mai)
<b>Chou-fleur</b>	4-6 feuilles véritables	Hauteur : 8-12 cm, racines bien formées	4-6 semaines après le semis	Printemps (mars - avril) ou fin d'été pour récolte d'automne

### 3.4.2. 1. Conseils pratiques pour une transplantation réussie

- ✚ **Acclimatation des plantules** : quelques jours avant la transplantation, exposer les plantules à l'extérieur pour les acclimater aux conditions extérieures (processus appelé « **durcissement** »).
- ✚ **Espace et profondeur de plantation** : respecter les espacements entre les plantules et de planter à la profondeur adéquate pour chaque espèce.
- ✚ **Protéger les plantules après transplantation** : utiliser des filets anti-insectes ou des protections légères pour éviter les dommages causés par les animaux ou les conditions climatiques sévères.

### 3.4.3. Méthode de plantation

- ✚ **Préparation du sol** : avant de transplanter, il est important de préparer le sol en l'aérant et en le fertilisant si nécessaire pour garantir une bonne prise des racines.
- ✚ **Creuser un trou adéquat** : le trou de transplantation doit être légèrement plus large et profond que la motte pour que les racines aient suffisamment d'espace pour se



développer sans être comprimées. On dépose ensuite la motte dans le trou, en veillant à ne pas endommager les racines.

- ✚ **Compostage et arrosage** : après avoir inséré la motte, on peut ajouter un peu de compost pour stimuler la croissance des racines et des micro-organismes bénéfiques dans le sol. Un arrosage généreux est aussi nécessaire pour assurer une bonne reprise des plantules.

### 4. Le contenant

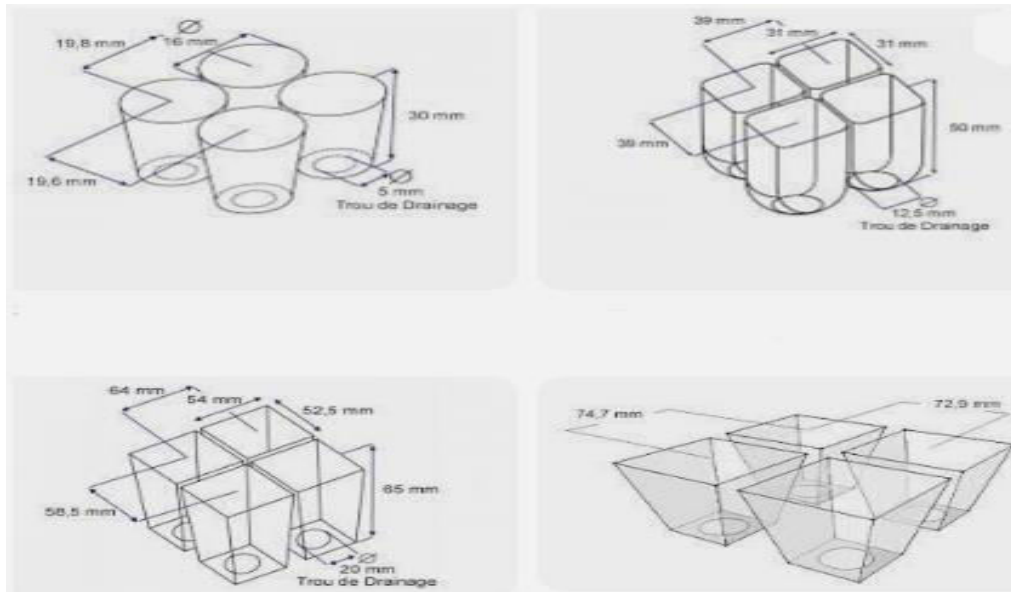
#### 4.1. Nature et propriétés de la paroi du contenant

Le contenant joue un rôle crucial dans la production des plants en motte. La paroi du contenant peut être fabriquée à partir de différents matériaux tels que le plastique rigide, les matières biodégradables, ou encore les polymères recyclés. Les caractéristiques essentielles à prendre en compte incluent :

- ✚ **Porosité** : les parois doivent favoriser une bonne aération et éviter l'asphyxie des racines tout en maintenant une rétention d'eau suffisante.
- ✚ **Rigidité** : les contenants rigides facilitent la manipulation lors du remplissage et du transport.
- ✚ **Biodégradabilité** : les contenants biodégradables réduisent l'impact environnemental en éliminant le besoin de récupération après transplantation.
- ✚ **Couleur** : Les contenants clairs réduisent l'échauffement, tandis que les foncés permettent une meilleure absorption de la chaleur en période froide.

#### 4.2. Géométrie du contenant

- ✚ La forme et la taille des contenants influencent directement le développement racinaire et la gestion des ressources. Les principales considérations incluent :
  - ✚ **Taille** : la hauteur et le volume doivent correspondre à la durée de pépinière et à l'espèce cultivée.
    - Par exemple, les plants de tomates nécessitent des contenants plus profonds que ceux de la laitue.
  - ✚ **Forme** : les contenants carrés maximisent l'utilisation de l'espace dans les plateaux, tandis que les contenants coniques facilitent le démoulage des mottes.
  - ✚ **Drainage** : la présence de trous de drainage empêche la stagnation de l'eau, réduisant ainsi les risques de maladies racinaires.



**Figure 26 :** Différentes formes de contenants utilisés dans la technique de production des plants en motte

### 5. Conduite de la culture

#### 5.1. Fertilisation

La fertilisation est essentielle pour garantir un développement harmonieux des plantules. Les pratiques incluent :

- ✚ **Engrais de fond** : incorporés dans le substrat, ces engrais libèrent progressivement des nutriments (azote, phosphore, potassium).
- ✚ **Engrais solubles** : appliqués en irrigation ou en pulvérisation foliaire, ils permettent des corrections rapides des carences.
- ✚ **Suivi des besoins** : un ajustement précis repose sur des analyses régulières du substrat et des tissus végétaux.

#### 5.2. Irrigation

Un bon schéma d'irrigation favorise une croissance régulière tout en évitant les stress hydriques. Les techniques employées incluent :

- ✚ **Irrigation par aspersion** : adaptée aux petites mottes, elle assure une humidification uniforme.
- ✚ **Irrigation par submersion** : utile pour des contenants multiples, elle préserve les ressources en limitant les pertes.
- ✚ **Gestion de l'évaporation** : le recours à des paillages ou à des serres fermées diminue les pertes en eau.

### 6. Contrôle de la croissance aérienne et racinaire

#### 6.1. Évaluation

L'évaluation de la croissance repose sur plusieurs critères :

- ✚ **Croissance aérienne** : mesure de la hauteur, du diamètre des tiges et du nombre de feuilles.
- ✚ **Croissance racinaire** : analyse visuelle pour vérifier le développement homogène des racines sans déformation.
- ✚ **Santé des plantules** : surveillance des symptômes de carences ou de maladies.

#### 6.2. Ajustement

Lorsque des déséquilibres sont détectés, des actions correctives doivent être entreprises :

- **Régulation de la densité** : espacer les plants pour éviter la compétition et favoriser une ventilation optimale.
- **Pincement et taille** : pour limiter la croissance excessive et renforcer le système racinaire.
- **Application de régulateurs de croissance** : utilisation de substances comme l'acide gibbérellique pour harmoniser le développement des plantules.

### 7. Transplantation des plants

#### 7.1. Contrôle non chimique

Le contrôle non chimique comprend toutes les pratiques visant à optimiser la croissance et le développement des plants sans recourir à des substances chimiques. Ces pratiques incluent :

- ✚ **Gestion de la température et de l'humidité** : maintenir un environnement stable pour minimiser le stress des plants.
- ✚ **Exposition à la lumière** : réguler l'intensité et la durée d'exposition lumineuse pour éviter l'étiolation.
- ✚ **Techniques de taille** : prévenir la dominance apicale pour favoriser une croissance harmonieuse.
- ✚ **Utilisation de substrats optimisés** : garantir une bonne structure et des nutriments adaptés.

#### 7.2. Contrôle chimique : régulateurs de croissance

Les régulateurs de croissance peuvent être utilisés pour :

- ✚ **Contrôler l'élongation des tiges** : réduire la taille des plants et renforcer leur port.

- ✚ **Stimuler l'enracinement** : favoriser la formation de racines secondaires.
- ✚ **Améliorer la tolérance au stress** : accroître la résistance aux variations climatiques.  
Exemple : L'utilisation d'acide gibbérellique pour réguler la croissance des plants.

### 8. Conservation des plants

La conservation des plants est essentielle pour garantir leur qualité avant la transplantation. Une conservation inadéquate peut entraîner des effets négatifs irréversibles.

#### 8.1. Effets négatifs

- ✚ **Déshydratation** : perte d'eau causant un flétrissement des plants.
- ✚ **Maladies** : apparition de pathologies dues à une mauvaise aération ou humidité excessive.
- ✚ **Ralentissement de la croissance** : Conditions inadaptées freinant le développement.

#### 8.2. Conservation dans la serre

- ✚ Maintenir une **température contrôlée** et une **humidité régulière**.
- ✚ Favoriser une **aération optimale** pour réduire les risques de maladies cryptogamiques.
- ✚ Utiliser des écrans thermiques ou des rideaux d'ombrage pour protéger les plants contre les stress lumineux excessifs.

#### 8.3. Conservation en chambre froide

- ✚ Température idéale : entre 4°C et 8°C.
- ✚ Contrôle de l'humidité pour éviter la dessiccation.
- ✚ Transport adapté pour maintenir la chaîne de froid.

### 9. Programmation de la production de plants

Une bonne planification permet de répondre aux besoins du marché tout en optimisant les ressources.

#### 9.1. Programmation

- ✚ **Calendrier des semis** : adapter les semis à la période de plantation et aux conditions climatiques.
- ✚ **Gestion des lots** : produire des plants par tranche pour éviter les surplus.

#### 9.2. Optimisation du temps et de l'espace

- ✚ Maximiser l'utilisation des structures (serres, chambres froides) par une gestion rigoureuse.
- ✚ Minimiser les durées d'attente entre le semis et la transplantation.

### 9.3. Nouvelles tendances

- ✚ **Utilisation de technologies connectées** : surveillance par capteurs pour un suivi précis des conditions de culture.
- ✚ **Production biologique** : utilisation de substrats et nutriments naturels.

## 10. Transplantation des plants

### 10.1. Manutention

- ✚ **Transport soigné** : utilisation de plateaux spéciaux pour éviter la rupture des mottes.
- ✚ **Pré-humidification** : assurer une humidité suffisante des mottes avant la transplantation.

### 10.2. Transplantation

- ✚ **Technique** : faire une ouverture adaptée à la taille de la motte et positionner le plant avec soin.
- ✚ **Espacement** : respecter les distances recommandées pour chaque espèce.

### 10.3. Période critique après la transplantation

- ✚ Importance d'un **arrosage immédiat** pour favoriser l'enracinement.
- ✚ Protection contre les **stress environnementaux** tels que le vent et la chaleur excessive.

### 10.4. Problèmes communs aux plants en mottes

Parmi les problèmes rencontrés pendant l'opération de transplantation des plants on peut citer :

- ✚ **Compactage des racines** : enracinement insuffisant.
- ✚ **Stress hydrique** : problèmes liés à un arrosage inadapté.
- ✚ **Maladies racinaires** : provoquées par des substrats contaminés ou une humidité excessive.

## Références bibliographiques

- Argouarch J. 2005.** Les cultures légumières en agriculture biologique Fiches technico-économiques des principaux légumes : Culture de plein champ et sous abri. Rennes, France, 119p. Disponible sur : <https://www.vivre-en-autonomie.fr/PDF/legumes.pdf>. Consulté le: 10.02.2018.
- FAO. 2023.** *Production: Crops and livestock products*. In: FAOSTAT. Rome. Disponible sur: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Consulté le: 20 décembre 2023.
- FAO. 1992.** *Foresterie en zones arides - Guide à l'intention des techniciens de terrain*. FAO, Rome. 142p.
- Fecteau, M. et M. Girouard. 2004.** *La gestion de l'énergie en serre*, mise à jour par Gilles Cadotte et Marco Girouard, *Cultures en serres*, n° 9, Agri-réseau, Québec, Canada. [www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b05cs04.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b05cs04.pdf).
- ITCMI (Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles). 2022.** *Fiches techniques des cultures maraîchères* (on line), disponible sur <https://www.itcmi-dz.org>. Consulté le 08.06.2023.
- Launais M., Bzdrenga L., Estorgues V., Faloya V., Jeannequin B., Lheureux S., Nivet L., Scherrer B., Sinoir N., Szilvasi S., Taussig C., Terrentroy A., Trottin-Caudal Y., Villeneuve F., 2014.** *Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques*, Ministère charge de l'agriculture, Onema, GIS PICleg, 178p.
- Larousse, 2024.** Définitions (on line). Disponible sur : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/agriculture/1773>. Consulté le: 23.06.2024
- Skiredj, A. 2018.** *Cours général sur les cultures maraîchères*. Institut Agronomique et vétérinaire Hassan, Département d'horticulture. Rabat, Maroc, 21p. Disponible sur : <https://fr.scribd.com/document/492971459/cours-4eme-agro>. Consulté le 29.09.2023.
- Tremblay, N. et M. Sénécal. 1991.** *La production de plants maraîchers en plateaux multicellulaires*, CPVQ. 35p.
- Vitre A. 2003.** *Fondements et principes du hors-sol*. Agri-réseau. Québec, Canada. 10p. Disponiblesur : <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/Documents/FONDEMENTS%20THEORIQUES%20DU%20HORS%20SOL.pdf>. Consulté le : 28.04.2018.
- Weill et Duval, 2009.** *Guide de gestion globale de la ferme biologique et diversifiée*. Module 8 : systèmes cultureux- chapitre 16, Québec, Canada, 14p.



### **Programme des travaux pratiques**

**TP 01 :** Identification et classification des semences des cultures maraichères

**TP 02:** Outils de jardinge et mode d'installation d'une serre tunnel

**TP 03 :** Choix de substrat, semis et plantation des cultures maraichères en pépinière

**TP 04 :** Elaboration d'un projet d'irrigation à l'aide du logiciel CROPWAT