ILYES SAIDANI, Consultant et formateur en culture hydroponique et aquaponique

Cour en Culture Hydroponique

- **Hydroponie**
- **Solution Nutritif**



ILYES

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

1.1. Qu'est-ce que l'hydroponie ?

L'hydroponie ou culture hydroponique (ou agriculture hors-sol) est un terme qui regroupe **les différentes techniques de cultures hors-sols**.

Cette technique consiste à nourrir les racines des plantes qui se trouvent dans un substrat (comme les pains de laines de roche…) avec une solution nutritive ; cette technique permet à la plante d'avoir un meilleur accès à l'oxygène, à l'eau, ainsi qu'à la nourriture. Le contrôle du pH de la solution ainsi que sa conductivité électrique permettent de gérer le milieu par rapport aux besoins de chaque plante, et à chacun des stades de leur vie.

Le principe de la culture hydroponique repose sur le fait que les racines soient en contact direct avec la solution nutritive ou avec l'intermédiaire d'un substrat.

- **Système hydroponique ouvert :**

Les substrats utilisés sont la coco ou la laine de roche et la solution n'est utilisées qu'une seule fois. C'est une technique qui s'amortit financièrement rapidement, la méthode est très efficace mais coûte cher en engrais qui peuvent être polluant lorsqu'ils sont rejetés.

- **Système hydroponique fermé :**

C'est le système le plus utilisé. Il y a beaucoup de systèmes qui existent, mais le principe reste le même. Les plantes poussent dans un substrat arrosé de solution nutritive, mais contrairement au système ouvert, la solution nutritive est réutilisée en boucle.

Ce genre de système est plus performant. La solution nutritive circule en permanence ce qui permet une meilleur oxygénation de l'eau,un gain économique en engrais et plus écologiques car peu de rejets.

1.2. Historique

Les origines de la culture hors-sol sont vraisemblablement très anciennes puisque les Aztèques pratiquaient déjà la culture de plantes sur l'eau. La culture hors sol était aussi utilisée dans les fameux jardins suspendus de Babylone et en Chine, où l'on perpétue depuis des millénaires la culture sur gravier.

La culture hydroponique telle qu'on la pratique de nos jours est née en Allemagne au XIXe siècle. Elle a été expérimentée en 1860 par deux chercheurs allemands qui réussirent à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux.

Le premier système comercial pour la vente des légume à grand échelle a été effectué aux Etats-

ILYES SAIDANI +216 93342739

Unis dans les années 1930.

Les cultures hors-sol, introduites en Europe dans les années 1970, représentent aujourd'hui des millions d'hectares dans le monde. Les produits concernés sont principalement Laitue, tomate et la fraise mais aussi le concombre, le poivron, l'aubergine, la courgette, basilic, l'endive …. , sans oublier de nombreuses fleurs coupées comme la rose, le gerbera et l'œillet…

1.3. Pourquoi s'intéresser à l'hydroponie ? Avantage et inconvénient

Les avantages des cultures hydroponiques par rapport à un système de production classique de pleine terre sont nombreux. C'est pour cela, de nombreux agriculteurs et investisseurs ont commencé l'hydroponie. Les avantage de l'hydroponie sont nombreux :

- **D'abord, l'hydroponie permet de s'affranchir des problèmes chimiques, physiques ou biologiques liés au sol**

La principale raison du développement agricole de la culture hors sol provient de la nécessité de trouver des solutions alternatives à certains problèmes liés au sol comme le problème de la salinité ou la contamination par les agents pathogènes. Cette technique a permis, par exemple, de lutter contre la fusariose ou le « corky root » de la tomate.

En outre, le recours à la culture sans sol devient nécessaire quand ce dernier est de qualité médiocre ou difficile à amender : des terrains caillouteux (non mécanisables), sol pauvre, terrain de mauvaise texture et/ou structure ou infestés de ravageurs (nématodes)

- **L'économie d'eau et d'engrais minéraux**
  - ✓ Les cultures hors sol conduisent à une meilleure maitrise des apports d'eau et en éléments minéraux. En comparant la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un kg de produit à partir d'une culture de plein champ à celle utilisée avec une culture hydroponique, l'économie réalisée par cette dernière peut atteindre 90% à 95% des apports d'eau , (75 à 90% d'économie en eau par rapport à une culture de plein champ (Par aspersion).
  - ✓ Ainsi les cultures hors sol ont permis de développer des activités horticoles dans des régions où l'eau est un facteur limitant : on évite ainsi les pertes par diffusion dans le milieu naturel.

ILYES SAIDANI - 93342739

- ✓ Les légumes ne sont pas lavés après récolte et avant commercialisation/consommation donc on économise l'eau…
- ✓ Toute l'eau utilisée sera transpirée par la plante, sans le moindre gaspillage par infiltration dans le sol.
- ✓ De la même façon, la totalité de l'engrais utilisé est absorbée par la plante. Rien ne se perd dans le sol

- ✓ Doser précisément les quantités de sels minéraux à apporter directement au système racinaire réduisant ainsi les pertes par évaporation ou par projection.

33342739

→ L'économie en engrais dépend du système utilisé : les solutions nutritives qui alimenté les cultures, (appelées effluents) sont de plus en plus recyclés. Ils subissent des traitements (stérilisation chimique/physique et rectifications en engrais) avant d'être réintroduit dans les réservoirs de solutions nutritives. Ce recyclage permet de bien économiser l'apport des engrais fertilisant et aussi limiter les transferts de polluants vers le milieu naturel.

Quant aux engrais minéraux, les techniques de culture hors sol conduisent aussi à une économie importante puisque les apports sont calculés en fonction des besoins et qu'il n'y a pas de stockage au niveau du sol. En réalité, l'économie réalisable va dépendre du choix de la technologie utilisée. Quand l'agriculteur choisit un système à solution recyclée, cette économie sera importante, la plante consomme la quasi-totalité des apports, par contre, quand la culture est effectuée à partir d'une solution nutritive non recyclée (circuit ouvert) les pertes au niveau des percolas sont importantes et les économies réalisables sont limitées.

ILYES SA

- **Le contrôle de la nutrition**

L'un des avantages les plus important est de vous permettre un contrôle absolu de la nutrition de vos plantes. Seuls les éléments que vous introduisez dans l'eau sont présents dans la zone racinaire et à tout moment, vous pouvez vérifier la qualité et la quantité de nutriments dissous dans l'eau.

Le haussement du rendement est dû à la gestion de l'éclairement, de la température, de la fertilisation, à la diminution du stress hydrique et une meilleure utilisation de l'espace disponible.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

- **Une meilleure qualité des produits**

Les plantes qui poussent en hydroponique sont généralement saines, vigoureuse et sont moins souvent traitée. Par conséquent ils y a moins de résidus de pesticides (insecticides, fongicides, l'utilisation d'herbicide est inutile car les plantes ne sont pas en concurrence avec des plantes adventices)

Les légumes ne sont pas en contact avec la terre, donc ils ne présentent pas de salissures et sont plus brillant.

Un des avantages liés à la technique hors-sol est la facilité de déplacement de la culture et l'implication des techniques culturales… fini les rotations de cultures réduction de l'utilisation de pesticides, grâce à une meilleure santé et une croissance plus rapide.

Beaucoup de gens pensent que les pesticides ne suppriment que les insectes nuisibles. En réalité, ces produits ne font pas de distinction, et éliminent aussi les organismes bénéfiques pour la plante.

Grâce à une bonne conduite, la culture hydroponique assure à la plante une croissance saine et rapide, lui permettant ainsi de surmonter les attaques de nuisibles ou, du moins, d'y résister sans détérioration de la qualité du fruit. Cela ne signifie pas que vous n'aurez plus jamais besoin d'agir contre les nuisibles, mais cette nécessité sera réduite, et vous pourrez remédier aux problèmes que vous rencontrerez de façon plus douce, sans éradiquer tout organisme vivant dans le voisinage de vos plantes.

Ce point est assez évident. Dans les plateaux et les rigoles en plastique, il n'y a pas de place pour les mauvaises herbes. Ce qui permet de se passer d'herbicides et d'éliminer les nuisibles de façon moins agressive, est une technologie assez propre.

- **L'utilisation optimale du potentiel génétique de la plante**

En hydroponie, la plante bénéficie de conditions optimales pour exprimer tout son potentiel. C'est la génétique qui pourrait devenir le maillon faible, si vous ne choisissez pas bien votre variété. Le rendement sera faible tant disque tous les conditions sont optimales, c'est pour cela qu'il faut tout simplement renforcé les maillons faibles et donc choisir la variété appropriée pour un meilleur développement en culture hydroponique

ILYES SAIDANI +216 93 342 739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

- **L'accès aux racines**

La plupart des systèmes hydroponiques permettent un accès facile aux racines, ce qui facilite le traitement de problèmes tels que la présence éventuelle d'un agent pathogène ; pris à temps, cela se résout facilement. L'accès aux racines vous apprendra également beaucoup sur la santé et le développement futur de vos plantes, plus les racines sont développés plus la plante absorbe la solution. Cette technique permet de contrôler très précisément l'environnement racinaire (eau- éléments nutritifs) et limiter par conséquent le problème de salinité ce qui améliore la productivité des cultures

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

Grâce à l'hydroponie, Le niveau élevé de nitrate dans la solution nutritive suscite une croissance végétative importante. C'est un avantage si l'on a besoin d'une grande quantité de feuillage (Cas de basilic).

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

La natte racinaire n'a pas besoin de s'étendre autant qu'en pleine terre. Les plantes reçoivent toute la nutrition dont elles ont besoin sur une surface réduite, sans qu'il y ait une réelle compétition entre elles. En conséquence, elles peuvent pousser bien plus près les unes des autres qu'en plein champs. C'est ce qui rend possible des pratiques telles que la **« mer de verdure »,** une technique avec laquelle on peut obtenir une densité végétale impressionnante : en effet, celle-ci peut atteindre 60 à 70 plantes au mètre carré.

Remarque : Sans aller jusque-là, nous verrons un peu plus loin que, sous lumière artificielle, mieux vaut cultiver beaucoup de petites plantes qu'un petit nombre de grandes. L'hydroponie est tout à fait appropriée pour ce genre de technique.

- **La simplification des techniques culturales**

La culture hors sol permet d'éliminer certaines façons superficielles comme la préparation du sol, les binages, le désherbage …, De même, les étapes de la fertilisation (amendement et engrais minéraux), et de l'irrigation sont aussi **remplacées par l'apport de la solution nutritive seulement**. En outre, cette technique facilite considérablement le travail du producteur qui en installant sans contrainte l'ensemble du système peut s'affranchir facilement de la lourdeur des opérations au niveau du sol.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Le gain de précocité

La culture hors sol favorise la précocité d'une culture sous serre par rapport à une même culture en sol selon les régions ainsi un producteur peut bénéficier de prix des primeurs. En effet, l'explication de cette précocité est due à un effet de température qui permet un réchauffement plus rapide du substrat par rapport au sol en place. Cette élévation de température permettrait un meilleur fonctionnement du système racinaire et un produit de meilleure qualité.

L'augmentation du rendement

Les rendements obtenus en utilisant cette technologie sont en général plus élevés que les cultures en plein sol. En effet, la fertilité des sols n'est pas optimale pour la majorité des terres agricole (problème de pathogènes, salinité, mauvaise structure…), la culture hors sol donne toujours des rendements supérieurs. De même, lorsque les conditions d'alimentation hydrique et minérale du sol ne sont pas bonnes, le passage en culture hors sol apporte à l'agriculteur une certaine garantie en limitant les risques de stress nutritionnels (carence, déficience, toxicité). En outre, les cultures hors sol permettent d'augmenter très sensiblement l'occupation du volume utile de la serre car elles autorisent une meilleure utilisation :

→ De la surface avec l'utilisation des pratiques mobiles, il est possible de gagner jusqu'à 40% de la surface.

→ Du volume : Pour des plantes ayant un faible développement, il est possible d'utiliser un dispositif de culture vertical qui permet de multiplier ainsi par sept la surface du sol correspondante.

Cependant comme toute nouvelle technologie, les cultures hors sol apportent aussi des difficultés, parmi lesquelles on cite :

- **Le coût d'installation et d'entretien élevé**

Des charges financières sont induites par une technique de production hors sol. Ces charges concernent d'une part l'investissement au début : L'installation de l'infrastructure (cuves, pompes, contrôles, le système de distribution de la solution nutritive). D'autre part, les charges proportionnelles annuelles qui impliquent l'entretien et l'achat des substrats et des solutions nutritives. Cela génère donc un surcout des techniques hydroponiques par rapport à une même culture effectuée en sol.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

- **Obligation de surveiller régulièrement le pH et l'EC.**
- **Consommation accrue d'engrais.**
- **Obligation d'accroître la sécurité à cause de la proximité de l'eau et des câbles**
- **Dans un système hydroponiques fermés ou la solution nutritive est recyclé, le risque de propagation d'un agent pathogène d'une plante à l'ensemble de la culture est grand.**
- **Toutes les variétés de plantes ne sont pas adaptées à ce type de culture et peuvent se révéler fade avec pas ou peu de saveur**

1.4. Ce qui peut être cultive en Hydroponie

Bon nombre de cultures sont réalisées en hydroponie : c'est notamment le cas des légumes fruits et des légumes feuilles, par exemple 70% des tomates produites en France seraient hydroponiques. Laitues essentiellement, aussi concombres, aubergines, poivrons, diverses salades et herbes aromatiques... Les fraises sont également de bonnes candidates à la culture hors-sol sous serre.

Les fleurs peuvent aussi être obtenues par culture hydroponique (notamment celles dont la culture est forcée de manière à permettre une commercialisation de fleurs coupées en toute saison) ; les orchidées se prêtent particulièrement bien à ce type de culture. Enfin, l'hydroponie est utilisée sur certains murs végétalisés, et trouve des applications très tendance.

2. Les différents systèmes Hydroponiques : Système actif ou passif ? Différenciation, avantages et inconvénients

2.1. Système actif ou passif

2.1.1. Système actif

La différence entre ces « types » de systèmes se fait selon le mode d'acheminement de l'eau (ou l'air). Un système hydroponique actif consiste, en général, à un pot rempli de billes d'argile, de laine de roche ou de coco que l'on arrose automatiquement, en continu ou par cycle. Il existe différents systèmes actifs :

*Ceux à circuit ouvert : la solution circule dans le substrat et elle n'est pas réutilisée.

*Ceux à circuit fermé : la solution circule dans le substrat, puis elle est pour être renvoyé de nouveau.

ILYES SAIDANI 93342739

2.1.2. Système passif

Un système hydroponique qualifie de "passives" car aucune énergie électrique n'intervient dans l'acheminement de la solution nutritive vers le système racinaire. En effet, les plantes s'autoalimentent par capillarité (ou gravité).

La forme la plus utilisée est le système à mèche. On remplit le pot de substrat, on fait passer une ou plusieurs mèches en nylon au travers et qui ressortent sous le pot.

Ces mèches sont mises à tremper dans un réservoir de solution nutritive et amènent (par capillarité) la solution nutritive aux racines.

Cette méthode ne fonctionne vraiment bien qu'avec du terreau car lors d'une utilisation avec un substrat inerte et donc avec un engraissage systématique, les sels minéraux ont tendance à s'accumuler sur la mèche (généralement en coton ou en fibres synthétiques), bloquant ainsi la remontée capillaire de la solution vers la zone racinaire.

L'hydroponie passive est une bonne solution pour s'initier à l'hydro' sans avoir à s'intéresser à des systèmes compliqués nécessitant pompes et minuteurs, ni devoir contrôler EC ou pH.

2.1.3. Avantage et inconvénient du système actif et passif

- ✓ **Système actif** : Plus cher, consomme l'énergie, entretient mais il est plus performant, précis et nous permet de gagner beaucoup du temps.
- ✓ **Système passif :** assez économiques, Tout d'abord le fait que l'eau stagne, ça augmente les chances de voir des pathogènes se développer. L'eau n'est pas non plus oxygénée ce qui n'est pas très bon pour les racines. Ce genre de système est tout à fait exploitable pour faire des essais mais pas pour obtenir un bon rendement. La terre reste plus efficace.

2.2. Les différents systèmes Hydroponiques

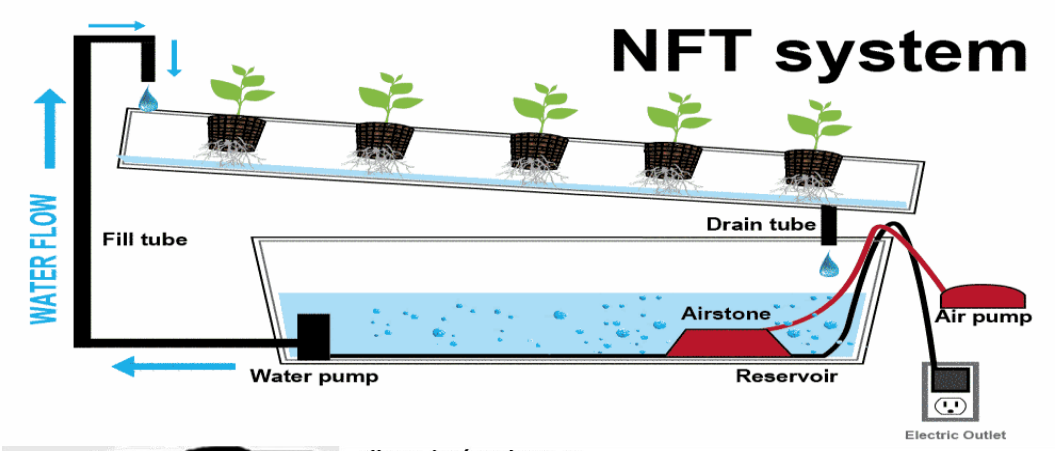
Il existe plusieurs modèles en hydroponie. Ils varient selon les moyens disponibles et le type de cultures utilisés. Par exemple, la culture de tomate ne peut pas être effectuée sur un système raft. En effet, lorsqu'elle se développe, elle devient trop lourde pour flotter à la surface de l'eau du bassin. Les principaux systèmes utilisés en hydroponie sont :

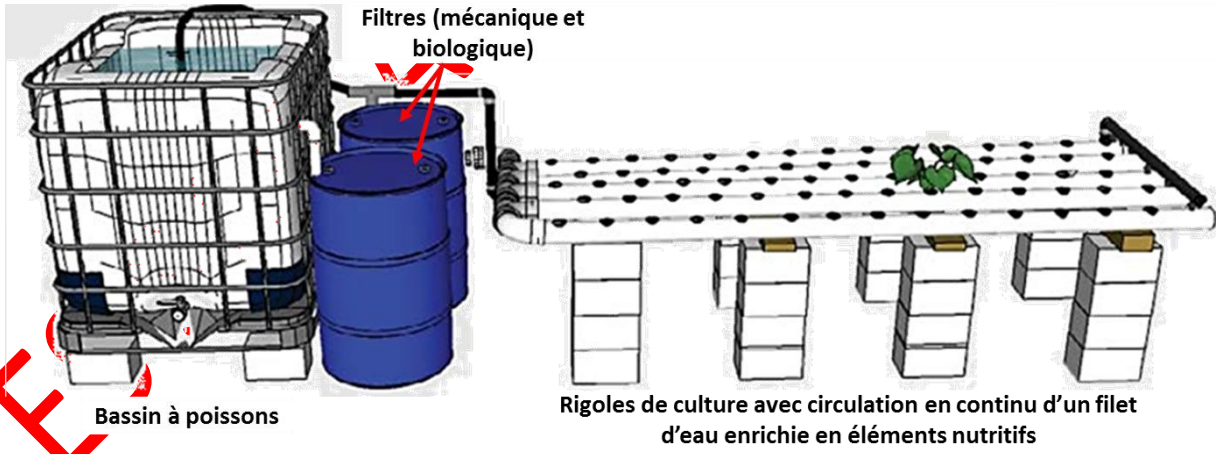
ILYES SAIDANI +216.93342739

2.2.1. Systèmes NFT : Technique sur Film Nutritif

Les plantes sont disposées avec leurs mottes de substrats (laine de roche, ou autres substrat inerte) sur des gouttières en PVC ou plateaux de culture légèrement inclinés (1 à 2%).La solution nutritive est injectée dans la partie la plus élevée et s'écoule vers la partie basse où elle est récupérée puis réinjectée.

Le liquide nutritif circule sur les plateaux et entre en contact avec les racines. L'oxygénation de la solution nutritive s'effectue par son déplacement dans les gouttières et par la grande surface d'échange du liquide avec l'air. Plus l'épaisseur du volume d'eau sera fine, plus la surface d'échange avec l'air sera grande, et l'aération efficace.





Avantages

Le système Nutriment Film Technique (N.F.T.) a de nombreux avantages qui font de lui un système performant :

- ✓ Les systèmes N.F.T ont une hauteur limitée, ce qui permet d'optimiser l'espace en hauteur et éviter de brûler le sommet des plantes sous l'action de la chaleur des ampoules horticoles.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

ILYES 93342739

- ✓ Le nettoyage /désinfection est très rapide car peu de pièces compose ce système.
- ✓ L'accessibilité aux plantes est bonne puisqu'il les gouttières sont généralement surélevées. Ce qui permet un travail à hauteur d'homme.
- ✓ Le principal avantage réside dans les faibles volumes de solution nutritive nécessaire pour mener à bien une culture. Ce système «recycle » la solution nutritive donc on limite la consommation d'intrants (eau, engrais, additifs).
- ✓ Il est également difficile de sur-arroser en N.F.T, ce qui en fait un excellent système pour débutant.
- ✓ Il est également possible d'installer un dispositif de chauffage dans le réservoir et d'atteindre rapidement une température souhaitée aux racines. La croissance, ou le rendement, s'en trouverons augmenté (avantage qui découle aussi du volume de solution nutritive limité)

Cependant, les principaux avantages du N.F.T mènent aux inconvénients de ce système

Inconvénients

- Les défaillances du système sont dues au mauvais fonctionnement de la pompe qui fournit une faible quantité ou bien un apport excessif de solution nutritive ce qui créera un manque d'oxygène aux racines et rendra la plante sensible aux maladies des racines (pythium, phytophtora).
- L'absence de substrats (qui constituerait une réserve hydrique et minérale) impose une surveillance quotidienne du fonctionnement du système (écoulement homogène de la solution nutritive) et une réaction rapide en cas de panne de pompe.
- A ce propos, mieux vaut avoir une pompe de rechange, donc il faut équiper d'un groupe électrogène pour éviter les pannes d'éléctricité.

.

Avec les systèmes Nutriment Film Technique (N.F.T.) de taille modeste, les pannes de courant sont plus simple à gérer. Il est possible d'arroser individuellement la motte de chaque plante avec un arrosoir pour éviter le stress hydrique en attendant le retour de l'électricité.

NB : Si la situation se produit, il faut limiter au maximum la transpiration des plantes; cela passe par:

-l'extinction des ampoules si elles fonctionnent,

ILYES SAIDANI +216 93 342 739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

-la diminution de la température de l'air. (Maintenir une température minimale acceptable pour les végétaux cultivés.),

-une augmentation de l'hygrométrie (humidité de l'air),

-une brumisation des plantes avec de l'eau,

Un autre inconvénient de ce système s'observe quand les températures sont élevées dans l'espace de culture. En effet, plus la température d'un liquide est élevée, moins il peut contenir d'oxygène car l'O_2 devient moins soluble, élément indispensable pour le fonctionnement des racines.

C'est pourquoi on rencontre rarement ce système dans les pays méridionaux ou tropicaux.

Enfin, L'inconvénient majeur propre aux systèmes en circuits fermé est la propagation des maladies /agents pathogènes d'une plante sur l'ensemble de la culture.

Entretien

L'entretien se résume d'un Système Nutriment Film Technique (N.F.T.), comme pour les autres dispositifs hydroponiques, à faire tourner le système avec une solution désinfectante (Eau oxygénée, Eau de Javel), qui assurera la propreté des gouttières/plateau de culture et du circuit de distribution. N'oubliez pas de nettoyer la pompe.

2.2.1.1. Système à Flux Continu

Ce système est généralement de petite taille et constitué de plusieurs petites unités. Ce système a des applications multiples. Il est surtout utilisé pour la culture de plantes mères (plantes sur lesquelles on prélève des boutures), pour des plantes culinaires ou aromatiques.

Cette technique permet aux plantes de s'épanouir pleinement. Les plantes poussent dans des bacs opaques remplis le plus souvent de billes d'argile, car ce substrat n'engendre pas de déchets et donc n'encrasse pas le réservoir qui est placé au-dessous, L'eau ruisselle à travers les billes d'argiles puis retombe dans le réservoir.

Pour éviter que les racines ne soient abîmées par la pompe, ici, c'est une autre technique qui est utilisée. Une pompe à air envoie la solution dans une colonne de pompage, puis la répartit par un anneau de distribution.

Avantage :

- Simple d'installation ;
- Autonomie du système ;
- Diminue l'évaporation car l'arrosage se fait directement aux racines ;
- Ce système engendre de très grosses récoltes à petites échelles ;
- Il permet d'obtenir très rapidement de très grosses plantes et de les gardes en pleine forme très longtemps ;
- Il nécessite un système de relais le liant à un grand réservoir.

➢ **Inconvénients :**

- Contamination des sols possible (System ouvert) ;
- Différence entre le débit des capillaires ;
- Maintenance régulière ;
- Frais importants : remplacement du matériel ;
- Il nécessite l'achat de pompes à air ;
- Il ne permet pas de faire de grosses cultures harmonieuses ;
- Il engendre une forte augmentation de l'humidité ;
- Il n'est pas économique en eau car ce système subit fort l'évaporation de sa solution.

2.2.1.2. Système Table à Marrée (Flux-reflux)

Ils se composent d'une table étanche à rebords ou d'un pot. La table est périodiquement inondée grâce à la solution nutritive d'un réservoir en dessous. Dès que la table est pleine, que le substrat est irrigué, la pompe s'arrête automatiquement, ce qui permet à l'eau de s'écouler sous l'effet de la pesanteur. Il existe plusieurs possibilités de cultures avec ce système : soit on peut placer des billes d'argiles, soit des enveloppes ou différents substrats directement dans la table, ou dans des pots pour l'enracinement des plantes.

Cette technique consiste à faire pousser des végétaux sur du substrat placé dans des conteneurs étanches de matière plastique appelés tables à marée.

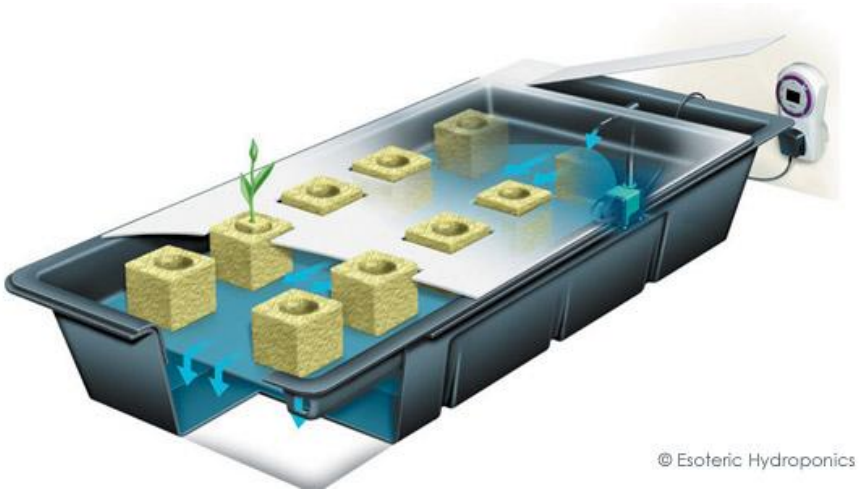
Les substrats sont alimentés en solution nutritive par leur partie inférieure pendant un laps de temps puis la gravité la fait évacuer dans le réservoir. En règle générale, l'eau arrive par le dessous de la table, grâce à une pompe qui est placée dans un réservoir situé sous celle-ci. Pour éviter que l'eau stagne après l'arrosage, un système de drainage est placé sur le fond de la table pour que l'eau s'écoule par un tuyau qui retourne dans le réservoir après récupération.

ILYES SAIDANI

Grâce à ce système, les racines ont facilement accès à la nourriture ainsi qu'à l'oxygène.

Ce système permet une densité de plantation supérieure aux autres systèmes. De plus, il est assez simple de régler le pH ainsi que l'EC de la solution. Grâce à ce système, toutes les plantes seront arrosées en même temps et avec la même quantité de solution nutritive, ce qui diminue les différences de tailles des plantes et garantit une homogénéité des récoltes. Ce système permet un grand gain de temps et d'argent par la simplicité de maintenance et la mise en place. Ce système à solution recyclée est surtout utilisé pour les cultures de plantes vertes sous serre. La solution nutritive pénètre dans le substrat au niveau de sa partie inférieure, y demeure un certain temps, puis est évacuée par gravité dans un réservoir. Après cette récupération, le cycle recommence à intervalles de temps variables.

La subirrigation est répandue en horticulture, essentiellement pour les plantes en pots



- **Avantage :**
  - Assez simple à mettre en place ;
  - N'engendre pas de gros frais ;
  - Offre une alimentation homogène des plantes ;
  - Maintenance facile et rapide ;
  - Recyclage de la solution nutritive.
- **Inconvénients :**
  - Grandes pertes d'eau par évaporation ;
  - Le recyclage de la solution nutritive peut faire fortement varier le pH et l'EC ;
  - Le circuit fermé agrandit les risques de propagations des maladies ;

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

- N'est pas adapté à tous les types de cultures.

2.2.1.3. Le système par percolation ou goutte à goutte

La solution nutritive est distribuée par irrigation discontinue à la surface supérieure du système puis percole vers le bas du substrat. L'enveloppe qui le contient est percée d'orifices à sa partie inférieure ou de fentes latérales qui permette une évacuation des excédents.

L'apport de solution nutritive se fait souvent par l'intermédiaire d'un goutteur ou d'un capillaire installé au pied de chaque plante. C'est l'un des technique commercial en hors-sol la plus répandue actuellement en agriculture.

Le système à percolation est utilisé majoritairement par les professionnels dans les serres de production de maraîchage et floriculture

La solution nutritive est distribuée directement à la base de la plante (au sommet du système racinaire) au moyen de goutteurs. La solution percole (d'où le nom…) à travers le substrat.
Les excédents sont évacués par la base inférieure (grâce aux fentes de drainage) vers des gouttières de récupération (la solution nutritif sera perdue s'il nya pas ces gouttiere de récupération) et peuvent être réutilisés après rectification du pH et d'EC.

Le prélèvement la solution nutritive, la transporter dans le circuit de distribution, et la distribuer par les goutteurs se fait tout simplement avec une pompe à eau (pompe pour aquarium ou vide cave selon l'installation)

Avantages :

- ✓ Coût d'achat assez réduit
- ✓ Facile à nettoyer entre 2 cycles. Il suffit de retirer le substrat avec les racines, de nettoyer le système à l'éponge et de rincer le tout.
- ✓ Facilité d'emploi

Inconvénient :

- ✓ Nécessite souvent une grande quantité de substrat.
- ✓ Laborieux à vidanger vu la contenance

ILYES SAIDANI +216.93-

Entretien :

L'entretien des systèmes à percolation concerne surtout la ligne distribution de solution nutritive :

Les engrais ont tendance a former des cristaux qui colmatent les goutteurs. L'irrigation en eau et nutriments est, de ce fait moins, homogène sur l'ensemble de la culture.

Pour résoudre ce problème il faut remplir le réservoir avec de l'eau chaude (de préférence) avec un pH acide. Attention, chaude mais pas bouillante : la plupart des plastiques utilisés pour la fabrication de systèmes hydroponiques sont déformables sous l'action de la chaleur.

2.2.1.4. Culture en eau profonde ou Système raft ou Systèmes de culture sans substrat ou L'aquiculture (DWC)

La culture sur raft est un système de culture alternatif à la culture dans un substrat. Les plantes sont en fait posées sur un "radeau" flottant, percé, les racines trempant directement dans l'eau enrichie en solution nutritif.

Dans ce système on utilise un «radeau» de polystyrène ou d'autres matériaux utilisés pour la flottabilité. Les réservoirs d'eau ont d'environ 0,2 à 0,4 m de profondeur. Les cultures sont plantées à l'intérieur de pots-paniers, qui sont insérés dans des trous dans les radeaux flottants, tels que leurs racines sont immergées dans l'eau .

Comme la solution nutritive est stagnante, la quantité d'oxygène est faible et généralement insuffisante pour le bon fonctionnement des racines. Pour éviter une asphyxie partielle (hypoxie), il est nécessaire d'enrichir régulièrement le milieu en oxygène en lui insufflant de l'air (à partir d'un compresseur, d'une turbine ou plus simplement d'une pompe à air pour aquarium) ou en rajoutant de l'H2O2 (eau oxygénée). Cette aération peut être continue, mais elle est le plus souvent discontinue, à intervalle régulier durant tout le cycle. Ce bullage d'air favorise également le brassage de la solution qui évite la précipitation des engrais ainsi que leur concentration autour des racines (ce qui peut provoquer le dessèchement des racines, puis leur mort).

La quantité d'eau est variable selon l'âge, l'espèce la variété de la plante et selon la grandeur de l'installation.

Pour compenser l'évapotranspiration et la faible évaporation, cette solution doit être régulièrement complétée avec de l'eau pure, car avec ce système, la plante ayant ses racines complètement plongées dans la solution, elle absorbe plus d'eau que de sels minéraux, ce qui

ILYES SAIDANI +216.93342739

peut faire varier le pH et l'EC. Il est néanmoins nécessaire de remplacer la solution par une nouvelle au moins une fois par mois.

Cette technique de culture est de loin celle qui aura un meilleur rendement au niveau de la quantité de production de fruits ou de légumes ; grâce à cette technique, on peut arriver à obtenir des fruits énormes puisque les racines sont toujours directement plongées dans la solution nutritif et de l'eau.



Les cultures les plus répandues dans ce système sont les salades et les cultures aromatique et médicinale comme le basilic.

NB : Le bac doit être peint en blanc à l'extérieur pour éviter l'échauffement du liquide à l'intérieur

- **Avantage :**
  - Ce système obtient de très gros rendements et profits
  - Un système de culture simplifié
  - Une manipulation des plantes plus aisée
  - Des racines bien oxygénées
  - Il ne nécessite pas beaucoup de maintenance pour son bon fonctionnement ;
  - Comme il n'utilise aucun substrat, il ne cause pas de problème pour gérer les déchets autres que ses plastiques ;
  - Il permet de calculer avec une grande précision les quantités exactes d'eau et de sels minéraux que les plantes utilisent pour subvenir à leurs besoins.

- **Inconvénients :**

- La culture sur de grandes surfaces est difficilement envisageable ;
- Il nécessite l'achat de matériel coûteux pour régler les diverses variations de pH et d'EC ;
- Ce système nécessite l'apport de tuteur pour maintenir les plantes.
- Il faut que ces radeaux ou rafts soient alimentaires.

Les radeaux sont pour la plupart constituées de plaques de polystyrène extrudé. Apporter ce matériau en contact direct avec l'eau nécessite de s'assurer de son innocuité, et qu'il ne relâche pas de produits chimiques néfastes dans l'eau. Il faut donc être vigilant, les plaques de polystyrène destinées à l'isolation des bâtiments comportent souvent un traitement anti-feu qui contient des substances chimiques toxiques.

- **Moins de surface pour les bactéries**

Le substrat dans un bac de culture "classique", de par sa grande surface, a la propriété intéressante d'héberger beaucoup de bactéries. Ces bactéries sont bénéfique pour la croissance des plantes, aussi le substrat fixe également les particules en suspension dans l'eau de manière à la garder limpide.

Sans cette action du substrat, il est nécessaire de filtrer certaine solide qui viendraient sinon se coller aux racines des plantes et les asphyxier. Il n'est pas nécessaire d'avoir des filtres de haute technologie, il est possible de les fabriquer manuellement.

2.2.1.5. L'hydroponie biologique ou Bioponie :

La Bioponie est une méthode de culture biologique hors sol, elle est basée sur des principes de l'agriculture raisonnée.

La Bioponie est 100% organique Pas d'engrais chimiques fabriqués pas de pesticide.

2.2.1.6. Culture vertical :

L'agriculture verticale consiste à produire de la nourriture dans des systèmes hors sols grâce des couches empilées verticalement.

Avantage :

*Elle permet une optimisation extrême de l'espace tout en améliorant l'exposition des légumes au soleil qui est mieux répartie au fil de la journée et du cycle du soleil. Les tours étant amovibles, il est possible de faire des rotations de culture.

*Les murs de culture verticaux sont également très simples à mettre en place.

*Un dernier avantage qui n'est pas à négliger est que certaines tours de culture reproduisent le

ILYES SAIDANI

biofiltre du substrat grâce à un système de mousse synthétique. Des vers et bactéries peuvent alors s'y développer et l'écosystème n'en est que plus vivant

2.2.1.7. Aéroponie :

L'Aéroponie représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de cultures hors-sol et aussi une des plus sophistiquées. En effet, les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide, ni même avec un milieu liquide : elles sont alimentées par un brouillard nutritif obtenu par brumisation (via un brumisateur) de la solution nutritive dans un milieu fermé.

L'Aéroponie est un système qui optimise la croissance des plantes en créant l'équilibre idéal entre la circulation de la solution nutritive et la quantité d'oxygène qui y est dissoute. La solution est récupérée puis réutilisée : le système fonctionne en circuit fermé, ce qui limite l'évaporation de l'eau. L'atmosphère du milieu de culture où se trouvent les racines est saturée par un brouillard nutritif qui se dépose sur les racines puis ruisselle sur ces dernières en assurant leur alimentation minérale.

Ce système assure un excellent rendement, qui est dû au fait que les plantes qui poussent en Aéroponie créent une masse de racines beaucoup plus importante que les autres. La pulvérisation, qui peut être continue, est en général discontinue, par cycles de 15 à 20 minutes, avec des arrêts de quelques minutes pendant la journée, et de quelques heures durant la nuit.

Avantages :

- ✓ Augmentation du nombre de plantes cultivées par m² ;
- ✓ Réduction des traitements contre les parasites, le milieu étant stérile ;
- ✓ Comme ce système fonctionne en cycle fermé, il évite, en principe, la contamination des nappes phréatiques et de l'environnement ;
- ✓ Économie d'eau d'environ 90 % par rapport à une culture normale ;
- ✓ Comme il ne nécessite pas de substrat, il y a un peu moins de problèmes de déchets ;
- ✓ Il est possible de cultiver toutes les espèces de plantes avec ce système.

Inconvénients :

- Emploi massif de matière plastiques ;
- La saveur et la teneur saturée en eau dans les végétaux n'est pas maîtrisée ;
- Comme ce système fonctionne en cycle fermé, le risque de propagation de maladies est augmenté et donc l'utilisation de pesticides aussi ;

ILYES SAIDANI +216.93342739

- Étant dénué de substrat, ce système est très sensible aux variations de température ;
- Ce système engendre de la maintenance, les systèmes de brumisation se bouchant facilement ;
- Il est coûteux à l'achat car le système d'arrosage nécessite l'apport d'une pompe ainsi que d'un filtre.

Il existe aussi pleusieurs type de system comme l'ultraponie par ex, qui est un Aéroponie avancé

2.3. Choisir son substrat en hydroponie

2.3.1. Définition

Le terme de substrat s'applique à tout matériau, naturel ou artificiel qui, placé dans un contenant, pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue le rôle de support pour la plante dans les systèmes de culture hors sol. C'est dans se substrat que se développeront les racines de vos plantes.

En culture hors sol, Les substrats utilisés n'ont pas de rôle nutritionnel direct et doivent être chimiquement le plus neutre possible c'est-à-dire ne réagit pas avec d'autres substances. Il doit protéger les racines de la lumière et leur permettre de respirer, doit être perméable véhicule aussi la solution nutritive jusqu'aux racines des plantes.
Le substrat est la matière qui fera office de support de croissance aux plantes et aux bactéries.

Le substrat idéal n'existe pas. La tendance actuelle privilégie des matériaux uniques et fiables, produits industriellement, dont les qualités et les défauts sont bien connus, et qui font l'objet de consignes d'utilisation précises.

Principaux substrats utilisés en Culture Hors Sol

On trouve Les substrats organiques qui sont soit naturel soit synthétiques, et on a Les substrats minéraux (Naturel + traité ou synthétique)

2.3.2. Les substrats organiques

Correspond à tout éléments du vivant contenant en majorité du carbone, On trouve dans cette catégorie une majorité de substrat naturel mais certain ayant subit un traitement on les appels substrat organique synthétique.

ILYES SAIDANI +216.93342739

2.3.2.1. Les substrats organiques naturels

2.3.2.1.1. Tourbe

Les tourbes proviennent de la décomposition incomplète de végétaux ,la tourbe blonde est celle qui présente le plus d'intérêt pour les cultures hors sol. Sa structure fibreuse, grossière, peu décomposée, lui confère une bonne rétention en eau associée à une structure souple et très aérée. Malgré leur origine organique, les tourbes sont indemnes de pathogènes. Le principal inconvénient de la tourbe est le problème d'humectation par l'eau .

Le dessèchement d'un support de tourbe entraîne un important phénomène de retrait et des difficultés lors de sa réhydratation. D'autre part, il faut prendre des précautions pour l'utilisation de tourbes acides qui doivent être préalablement neutralisées.



2.3.2.1.2. Le terreau

C'est un support de culture naturel formé de terre végétale enrichie de produits de décomposition (fumier et débris de végétaux décomposés). Le terreau doit avoir une porosité en air et en eau permettant à la fois l'ancrage des organes absorbants des plantes et leur contact avec les solutions nécessaires à leur croissance.. Le terreau est utilisé en culture hors-sol notamment pour les semis.



2.3.2.1.3. Fibres de coco

La fibre de coco ou coir est une fibre végétale, naturelle qui entoure et protège la noix de coco. La fibre de coco est fabriquée à partir de l'écorce de noix de coco râpée, puis traitée. Elle est de pH neutre, c'est un substrat inerte.

ILYES SAIDANI +216.93.342.739





Avantage :

- ✓ Il est réutilisable à condition d'être désinfecté entre chaque utilisation ; peut se réutiliser plusieurs fois
- ✓ Il est très aéré et augmente la formation de micro-racines ;
- ✓ Sec, il est très léger
- ✓ Il a une forte capacité de rétention d'eau (10 fois son poids)
- ✓ Il a une faible inertie thermique

Inconvénients :

- Il perd de sa porosité au cours de son utilisation

2.3.2.1.4. Sciure de bois

La sciure de bois désigne l'ensemble des petites particules et fins copeaux issus du sciage de bois.



2.3.2.1.5. Sous-produits agricoles

Il est possible d'utiliser comme substrat différents sous-produits de l'agriculture et de l'agro-industrie. Il existe une grande variété de ces déchets, parmi lesquels les marcs de raisin, les

ILYES SAIDANI +216.93342739

sciures de bois compostées, les fibres de bois (et sous-produits de l'industrie de la cellulose et du textile), les pailles de céréales, la fibre de noix de coco…

A l'état brut, la plupart de ces produits est fermentescible. Ils nécessitent donc un compostage préalable qui stabilise le produit et augmente ses propriétés de rétention en eau ainsi que son homogénéité. Malgré ces précautions, ces produits évoluent dans le temps et deviennent asphyxiants sous **l'effet d'un tassement progressif**.

2.3.2.2. Les substrats organiques synthétiques

Le substrat synthétique provient de la chimie moderne, il est entièrement synthétisé par l'homme**.**

2.3.2.2.1. Polyuréthane

Le produit de présente sous forme d'une mousse spongieuse, souple et légère qui a une porosité ouverte. C'est un matériau peu fragile, chimiquement inerte et facile à mettre en place. Ils peuvent être utilisés plusieurs années sans tassement.

Par contre, ils présentent l'inconvénient d'être coûteux à l'achat et surtout d'avoir une faible rétention en eau (malgré la présence de pores ouverts). De ce fait, l'utilisation de substrats à base de mousse de polyuréthane nécessite un système de distribution de la solution nutritive très performant.

2.3.2.2.2. Polyacrylamide

Il s'agit d'un polymère de synthèse réticulé, rétenteur d'eau, que l'on utilise pour les couches absorbantes. Au moment de l'emploi, la mise en rétention d'eau va le faire gonfler sous forme d'un gel hydro rétenteur qui peut fixer jusqu'à 80 fois son poids sec.

On obtient ainsi un gel de polyacrylamide qui parait toujours humide et saturé d'eau. En réalité, cet aspect peut être trompeur car il y a compétition entre les forces de rétention en eau du polymère et l'absorption de la solution nutritive par les racines. Il faudra donc être extrêmement attentif à l'alimentation hydrique des plantes.

2.3.2.2.3. Polystyrène

Ce polymère synthétique de couleur blanche et extrêmement léger dans sa forme expansée est connu dans ses applications industrielles comme isolant thermique.

ILYES SAIDANI - 93 342 739

Pour cet usage, on utilise en général des flocons obtenus à partir de déchets de fabrication de plaques de polystyrène. Ce produit ne peut pas être utilisé comme substrat pur car, outre son extrême légèreté, il ne dispose d'aucune rétention en eau. Sa porosité est fermée, et sa surface de contact est hydrophobe..

2.3.3. Les substrats minéraux (Naturel + traité ou synthétique)

Les substrats minéraux naturels : On entend par minéral tout éléments contenant qu'une infime de carbone et de se fait, ne se consume pas.

2.3.3.1. Sables

Les sables proviennent du broyage de roches (granite, basalte, calcaires durs) ou sont extraits de sédiments de rivières. En culture hors sol, on peut utiliser les sables grossiers, après élimination des sables fins et des graviers. Ce matériau est caractérisé par une bonne porosité et une excellente stabilité structurale. Par contre, sa capacité de rétention en eau est faible. Enfin, ce sont des matériaux à forte densité et leur capacité d'échange est nulle.

Le sable favorise le drainage et empêche les mélanges de s'agglomérer. On peut utiliser aussi bien du sable d'horticulture que du sable de construction, mais il faut éviter le sable de pierre à chaux. Le sable est très lourd et il est le plus souvent remplacé par la perlite et la vermiculite. On peut toutefois en lester le fond des récipients s'il y a menace de basculement. Le sable peut servir d'ingrédient minoritaire dans les systèmes à réservoir, à goûte-à-goûte, à mèche et à table à marée. La finesse de son grain, jointe à son poids élevé, fait qu'il a tendance à migrer vers le fond du récipient au fil du temps.

2.3.3.2. Gravier

Le gravier est le substrat le moins cher et le plus facile à trouver. Le seul inconvénient qui nous vient à l'esprit est son poids. Veillez par conséquent à ce que votre installation soit suffisamment solide pour accueillir un gros volume de gravier. Petite astuce afin de ne pas modifier le pH de votre système, évitez les graviers calcaires. Il vous suffit de verser du vinaigre dessus et de voir si une réaction se produit (des petites bulles se forment si la pierre est calcaire). Si c'est le cas, il vaut mieux ne pas mettre ce type de gravier dans votre système car il rendrait le pH de votre eau trop élevé (idem avec les cailloux de décoration, pensez à les tester avant).

ILYES SAI

Le gravier est constitué de petits cailloux. Il facilite le drainage tout en conservant l'eau superficiellement et en assurant la circulation de l'air. Tous les graviers ne se valent pas. Faites bien attention d'utiliser un gravier non calcaire, inerte, et un pH neutre. Contrairement aux billes d'argile qui absorbent l'eau et la font remonter dans le substrat, le gravier retient l'eau entre ses composants mais sans générer de capillarité. le gravier est le plus important, il peut être utilisé seul dans les systèmes de goûte-à-goûte, ou en immersion totale dans les systèmes de table à marée.

2.3.3.3. Pouzzolane

La pouzzolane est une roche volcanique obtenue après refroidissement de cendres projetées lors des éruptions. Constituée essentiellement de silice, d'alumine et d'oxydes de fer, la pouzzolane est chimiquement inerte, présente une capacité d'échange très faible ou nulle, et un pH proche de la neutralité. Ce matériau se caractérise par une faible rétention en eau, mais une très bonne stabilité structurale qui lui assure une grande durabilité.

2.3.3.4. Tufs volcaniques

Ce sont aussi des roches éruptives formées par des cendres volcaniques consolidées et sédimentées. Constituées de silice et d'oxyde d'aluminium et de fer, elles renferment des zéolites, petites formes sphériques ou granulaires constituées d'aluminosilicates qui ont une forte capacité d'absorption d'eau. Les tufs volcaniques associent les qualités des pouzzolanes à une bonne capacité de rétention en eau.

Constitués de mélange de matières premières d'origine volcanique, les substrats de culture volcanique combinent aussi pour certains des ensemencements organiques permettant d'approcher les caractéristiques biologiques d'un sol cultivé avec des avantages physico-chimiques permettant d'excellents rendements. Ces mêmes substrats dans des formulations adaptées sont utilisables pour la création de toits végétalisés.

Ce type de substrat est souvent utilisé dans des bacs ou des pots, pour la réalisation de semis, ou lors de l'enracinement des boutures.

- **avantages :**
  - Il est très léger ;

- Il a une très bonne capacité de rétention d'eau ;
- Il est chimiquement inerte ;
- Il est isolant.

➢ **inconvénients :**

- Parfois très polluant quand le transport depuis des contrées lointaines de substrat de vermiculite se fait grâce à des énergies fossiles ;
- Son prix est très élevé ;
- Il se dégrade facilement en poussière et se tasse ;
- Il est difficile à désinfecter.

2.3.4. Les substrats minéraux traités

2.3.4.1. Laine de roche

La laine de roche est le substrat de culture inerte le plus employé en horticulture. Ce matériel est obtenu par la fusion d'un mélange de basalte, de calcaire et de coke, dégradé en fibres stables qui résistent à la biodégradation pendant une longue période.

Ces produits sont spécialement fabriqués en vue de leur utilisation comme substrat de culture hors sol.



Les laines de roche sont des matériaux légers, caractérisés par une bonne porosité et une capacité de rétention en eau élevée. Au contact de la solution nutritive, les laines de roche libèrent des ions minéraux (calcium, magnésium, fer et manganèse) et alcalinisent légèrement le milieu. Il est donc conseillé de saturer le matériau pendant 48 heures avant la mise en culture. Après avoir effectué ce trempage, les laines de roche peuvent être considérées comme inertes.

2.3.4.2. L'argile expansée (Les billes d'argile)

C'est très utilisé parce qu'il est facile à travailler et qu'il est inerte. Sa forme ronde le rend facile à pénétrer et les racines de la plante s'y installent donc aisément. Il a une durée de vie quasi infinie. On peut le nettoyer et même le stériliser. Les billes d'argile cuites absorbent l'eau par capillarité tout en laissant beaucoup d'air circuler entre les billes. On peut les utiliser dans n'importe quel système.

Ce matériau ressemble à de petites boules brunes que l'on utilise pour recouvrir les pots de fleurs. Ces granulés sont obtenus par un traitement à forte chaleur de l'argile. L'argile expansé possède un bon pouvoir isolant, ce qui est nécessaire pour protéger les racines des changements de température.

Il est utilisé pour la culture en container, sur des systèmes de tables à marées, ou à une plus petite échelle dans des systèmes hydroponiques à flux continu. Contrairement à la laine de roche, les billes d'argile sont un substrat durable, sain, écologique

2.3.4.3. Perlite

La perlite est un sable siliceux d'origine volcanique contenant à l'état naturel de l'eau d'hydratation dans sa structure. Brutalement chauffée, elle gonfle d'environ 20 fois son volume initial. On obtient alors des flocons blancs et légers contenant 75% de silice, chimiquement inertes.

La perlite expansée à chaud présente une porosité ouverte élevée associée à une très bonne capacité de rétention en eau. Son principal inconvénient réside dans sa fragilité mécanique. Les grains de perlite expansée sont friables et ont tendance à se désagréger en poudre fine.



Avantage de la Perlite

La perlite a des propriétés chimiques très intéressantes pour le cultivateurs en hydroponie.
Un pH compris entre 6,8 et 7,2, un pouvoir tampon nul permettant de piloter précisément la fertilisation (mais attention aux erreurs de dosages…).

Mais c'est surtout grâce à sa grande porosité que la perlite est utilisée en hors-sol. (C'est aussi pourquoi la perlite et utilisé comme isolant thermique).

La perlite s'utilise « pure » dans des bacs ou gouttières avec une irrigation au goutte à goutte.

Inconvénients

Mais, autant les caractéristiques physiques de la perlite sont bonnes (grande porosité, faible densité), autant ces caractéristiques mécaniques laissent à désirer : la perlite est facilement friable et se tasse au fur et à mesure que la masse de la plante augmente.

La porosité totale de la perlite diminue en même temps que le tassement augmente et les grains poreux de perlite se transforment en fine poudre blanche.

2.3.4.4. Vermiculite

La vermiculite est une argile phylliteuse (structure en feuillets) qui contient de l'eau. Traitée à la chaleur, la vaporisation brutale de l'eau comprise entre les feuillets provoque un gonflement de 10 à 12 fois l'épaisseur initiale.



La vermiculite expansée est un matériau léger, présentant une bonne capacité de rétention en eau tout en conservant une bonne aération. Par contre, elles sont chimiquement active, est dotée d'une forte capacité d'échange et, en raison de sa structure, est fragile et a tendance à se tasser.

2.3.4.5. Mélange de substrat :

On fait un mélange de substrat pour pleusieur raison, prinicipalement pour augementer la rétention de l'eau ou pour échapper à certaine probleme chimique du substrat.

Exemple 1 : La fibre de coco peut être mélangée au perlite ou de la bille d'argile à hauteur de 30%, afin de maximiser sa capacité de drainage. Résistante à la putréfaction, elle nécessite néanmoins une attention particulière au niveau de l'irrigation automatisée : une sécheresse avérée entraînerait une acidité malencontreuse du milieu et un développement de carences chez les plantes. De plus, par son milieu d'origine et à moins qu'elle soit déjà "prête à l'emploi" (certaines marques la proposent déjà traitée), la fibre de coco doit être tamponnée grâce à

l'utilisation d'un "buffering agent" qui va venir dissoudre tous les sels qu'elle contient et la préparer efficacement à recevoir les plantes.

Exemple 2 : Le polystyrène expansé présente une capacité de rétention nulle, sa surface hydrophobe ne retient pas le liquide. Le polystyrène s'emploie donc le plus souvent en combinaison avec d'autres matériaux.

Exemple 3 : l'argile expansée est utilisée en horticulture professionnelle en mélange avec de la tourbe.

2.3.4.6. Qualités requises pour un bon substrat

Pour commencer, il ne doit pas modifier le pH de la solution nutritif (exemple: surtout pas de pierres calcaires). Ensuite, il doit être de taille convenable, c'est-à-dire qu'il ne doit être ni trop gros ni trop petit. Si le substrat est trop petit, il pourrait se colmater avec les racines des plantes et ainsi empêcher la bonne circulation de l'air, empêchant alors les bactéries aérobies de se développer. Il pourrait même se faufiler dans les filtres et boucher votre système. Si le substrat est trop gros, il créera des poches d'air néfastes pour les racines des plantes. Un substrat de bonne dimension se situe entre 10 et 25 millimètres de diamètre.

Veillez aussi à ce que le substrat ne se désagrège pas avec le temps. Cela risquerait de polluer l'eau s'il n'est pas organique et donc de provoquer des maladies à vos poissons et de contaminer votre système (exemple avec la culture sur laine de roche). Si vous choisissez un substrat minéral vous n'aurez pas ce problème.

3. Phases de croissance de la plante et saisonnalité

3.1. Fonctionnement végétal (Les besoins d'une plante)

Pour un développement optimal, la plante a des besoins (lumière, oxygène, nutrition, pH, température, etc.) qu'il faut satisfaire en quantité et en qualité.

3.1.1. La lumière

Les plantes ont besoin de trouver de l'énergie pour se développer, fleurir ou encore donner des fruits. Pour franchir ces étapes, les plantes vont utiliser l'énergie du soleil. Ce processus très particulier s'appelle la photosynthèse. Mais les trois différents aspects de la lumière, soit la

ILYES SAIDANI +216.93

quantité, la qualité et la durée, ont également un impact majeur sur la croissance. La quantité, la qualité et la durée dépendent beaucoup de la saison, de l'heure du jour, de l'emplacement géographique et des conditions météo. L'effet de chacun des aspects sur la croissance et le développement des plantes sera expliqué plus loin.

39

3.1.1.1. La photosynthèse

La photosynthèse est un processus biochimique permettant aux plantes vertes à réduire le dioxyde de carbone de l'atmosphère par l'eau absorbée par les racines à l'aide de l'énergie solairecaptée par les feuilles avec libération d'oxygène afin de produire des glucides..

Le bilan de la photosynthèse est le suivant:

CO2 + 12 H2O + (Énergie lumineuse) => C6H12O6 +6 H2O+ O2

Plus la lumière est importante et plus la photosynthèse est efficace, jusqu'à un point maximal, au-delà duquel elle ne s'améliore plus. Chaque plante à une activité photosynthétique maximale pour une intensité lumineuse qui lui est propre.

Dans la photosynthèse d'autres éléments interviennent (eau, CO2, température) et tous peuvent devenir des facteurs limitants

La photosynthèse est un processus utilisé par la plante pour produire de la nourriture pour croître. Plus le taux de photosynthèse est élevé, plus la plante croît rapidement. Le taux de photosynthèse est principalement influencé par l'intensité et la qualité de la lumière.

En résumé :

Energie lumineuse + dioxyde de carbone + eau (+ autres nutriments) = Glucose + oxygène

Pour la phase de respiration : Glucose + oxygène = dioxyde de carbone

Le glucose étant source d'énergie pour la plante

Certaines plantes sont plus ou moins exigeantes en lumière.

ILYES

3.1.1.2. Influence de la température sur la photosynthèse

Certaines plantes atteignent un maximum de photosynthèse avec des températures plutôt froides, d'autres avec des températures élevées. Chaque plante à une température idéale pour faire un maximum de photosynthèse. Au-dessus et au-dessous de cette température, la photosynthèse diminue.

3.1.1.3. Influence du CO2 sur la photosynthèse

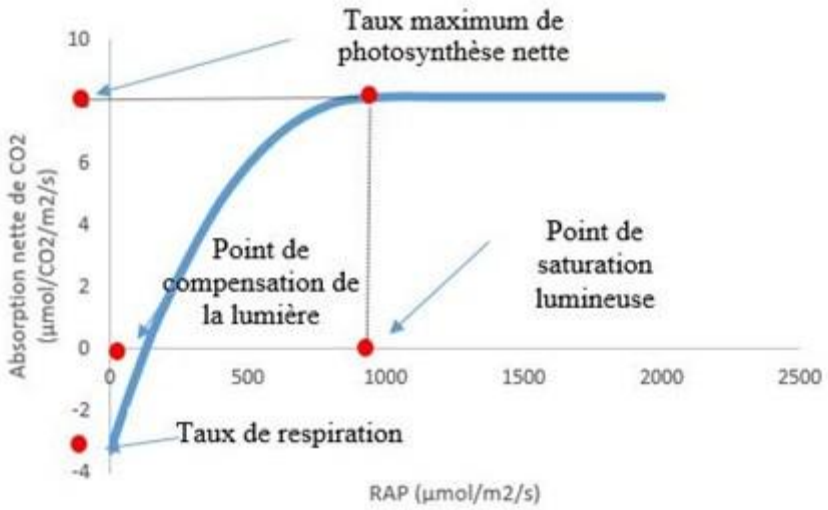
La concentration en CO2 dans l'atmosphère est voisine de 0,03%. La valeur optimale pour les plantes est la plupart des cas supérieur à 0,03%. C'est pour cela que l'on augmente artificiellement la concentration en CO2 dans les serres, pour augmenter la photosynthèse et donc le rendement des plantes. Des valeurs supérieures peuvent entraîner des dommages.

3.1.1.4. Quantité de lumière :

Le taux de photosynthèse dépend grandement de la quantité de lumière; le taux de photosynthèse est plus élevé avec la hausse du Rayonnement Actif Photosynthétique (RAP). Chaque espèce de plante commence le processus de photosynthèse à différents niveaux d'énergie lumineuse; cela est appelé « le point de compensation de la lumière ». Ce point est atteint lorsque l'énergie lumineuse est suffisante pour que l'activité photosynthétique produise plus d'oxygène qu'il n'en faut pour la consommation de la plante pour sa respiration (cas de plante intérieur) .

3.1.1.5. Point de saturation lumineuse

Lorsque ce point est atteint, l'intensité de la lumière ne fait pas augmenter le taux de photosynthèse et la courbe du taux de photosynthèse cesse d'augmenter.



Graphique du point de compensation de la lumière et du point de saturation lumineuse.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

3.1.1.6. Qualité de la lumière :

La qualité de la lumière fait référence à la couleur ou à la longueur d'onde absorbé par la plante. Le soleil émet des longueurs d'onde entre 10 et 2800 nm. Elles se divisent en trois domaines : rayonnement ultraviolet (10-380 nm), rayonnement visible (380-780 nm) et rayonnement infrarouge (780-2800 nm). L'énergie la plus élevée correspond aux longueurs d'onde les plus faibles; le rayonnement ultraviolet a une énergie plus élevée que le rayonnement infrarouge. Le rayonnement visible se divise en : violet (380-430 nm), bleu (430-500 nm), vert (500-570 nm), jaune (570-590 nm), orange (590-630 nm) et rouge (630-680 nm). La photosynthèse se produit entre 400-700 nm; cet intervalle est appelé «Rayonnement Actif Photosynthétique » (RAP).

En général, différentes longueurs d'onde ont différents effets sur les plantes.

Différentes sources de lumière distribuent la lumière différemment :

- **Lampe à incandescence** : Elle génère une tendance presque linéaire avec peu de lumière provenant du spectre bleu et le plus gros de la lumière provenant du spectre rouge.
- **Lampe fluorescente** : Elles génèrent le plus gros de leur lumière dans les spectres bleu, vert et rouge, le plus important étant le spectre bleu.
- **Lampe à sodium à pression élevée** : La pointe la plus élevée est le vert, suivi du rouge.
- **Lampe** aux halogénures : La pointe la plus élevée est dans le spectre vert; le spectre rouge représente environ la moitié de la pointe d'énergie provenant du vert et en dernier le bleu.
- **Diodes électroluminescentes (DEL)** : Ce type de lumière émet une longueur d'onde spécifique. Le fabricant peut produire ces diodes dans une couleur/longueur d'onde spécifique selon les exigences du client.

3.1.1.7. Durée de la lumière ou photopériode :

Le nombre d'heures de lumière par jour influence directement la floraison. Les plantes peuvent être divisées en trois catégories en fonction de la durée du jour requise pour que la floraison soit déclenchée :

Plantes de jours courts, Plantes de jours longs, Plantes à jour neutre.

En résumé, le processus le plus important déclenché par la lumière chez les plantes est la photosynthèse.

3.1.2. Température

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Chaque plante pousse dans des températures et des variations de température qui lui conviennent. Des valeurs critiques basses ou élevées provoquent l'arrêt ou le redémarrage de la végétation. L'optimum de croissance se situe en général entre 25 et 35°C et la croissance est stoppée entre 40 et 45°C.

On notera également que les besoins en température ne sont pas constants. Certaines plantes ont besoin de périodes froides pour initier des processus comme la levée de dormance (réveil des graines) ou la floraison.

- ✓ **Différences entre la température de l'air et la température de la plante**

On remarque généralement une accélération des processus biologiques lorsque la température augmente, ce qui peut à la fois entraîner des effets favorables ou défavorables. Par exemple, l'accélération de la croissance ou de la fructification compte comme un avantage, dans la plupart des cas. En revanche, la respiration excessive est défavorable, car la plante consacre moins d'énergie à la fructification et produit donc des fruits plus petits. Certains effets sont ressentis à court terme, alors que d'autres apparaissent à long terme. En l'occurrence, la température agit immédiatement sur l'équilibre d'absorption de la plante.

Les températures de la plante et de l'air sont différentes. Les plantes cherchent à atteindre la température optimale et, pour y parvenir, l'équilibre entre la température de l'air, l'humidité relative et la lumière joue un rôle important. En présence de beaucoup de lumière, la plante se réchauffe ce qui crée un écart de température entre la plante et l'air. Pour se rafraîchir, la plante doit augmenter son taux de transpiration. Tout comme la température, le taux de transpiration dépend des conditions environnementales comme la lumière, le niveau de CO2 atmosphérique et l'humidité relative, mais aussi des espèces végétales.

3.1.3. Oxygène

La plante a besoin d'O2 pour la respiration. Lorsque le végétal est dans l'obscurité, seul l'autre type de respiration a lieu. La plante absorbe de l'O2 et rejette du CO2.

3.1.4. Besoin en CO2

La teneur optimale de ce gaz varie selon les plantes cultivées,

– Fleurs coupées : 600à 1500ppm (Lys, Rose, etc)

– Potées fleuries, plantes à massifs, plantes vertes : 600 à 1000ppm (Pensée, Primevère, Célosie, et plantes d'appartement)

– Plantes maraichères: 1 000 à 1 500ppm. (tomate, concombre, fraise)

3.1.5. Eau

L'eau est le facteur indispensable à toute forme de vie sur Terre. Chez les plantes, l'eau sert à transporter les nutriments et leur assimilation par les racines. De plus, l'usage d'un filtre à eau s'avère utile mais pas totalement efficace parce que les solides dissous dans l'eau ne sont pas retenues, uniquement les particules en émulsion. Seulement la mise en place d'un **osmoseur inversé**, composé de membranes semi-perméables en polymères retenant toute impureté de l'eau qui le traverse, garantit une eau pure.

Pourquoi les plantes ont-elles besoin d'eau ?

Privées d'eau, les plantes se flétrissent et meurent. En effet, elles perdent de l'eau par leurs feuilles.

D'abord, les réactions chimiques qui se font dans ses cellules nécessitent de l'eau. Le processus de la photosynthèse, par exemple, se fait à partir de l'eau.

La plante perd de l'eau par de petits orifices, les stomates, situés sous les feuilles. C'est la transpiration, comme chez nous. Elle est utile, car cette évaporation permet à la plante de rester fraîche. Surtout, la montée de l'eau depuis les racines apporte avec elle des minéraux du sol, vitaux pour la plante.

Les besoins varient également en fonction du stade de végétation. Les besoins sont ainsi plus importants lors du semis, de la plantation, du rempotage et lors des phases de croissance.

Adaptation des plantes aux besoins en eau

Pour assurer leur survie, les plantes se sont adaptées aux conditions de disponibilité en eau:

- Fermeture des stomates (structures permettant à la plante de respirer et de transpirer) pendant la journée,
- Réduction du métabolisme dans les régions arides,

- Limitation des surfaces d'échanges (aiguilles à la place des feuilles),
- Perte des feuilles quand les conditions deviennent trop sèches.

Ces adaptations des végétaux permettent de choisir des plantes convenant aux conditions de votre projet.

✓ **Les risques d'asphyxie**

Certaines plantes sont plus sensibles que d'autres à l'excès d'eau qui asphyxie les racines.

✓ **L'évapotranspiration (Evaporation+ tranpiration)**

Le substrat fournit à la plante l'eau et les éléments minéraux nécessaires à sa croissance et à son développement. L'eau est le constituant majeur des plantes. Cependant la plus grande partie de cette eau est transpirée par les feuilles, sous forme de vapeur d'eau au moyen de multiples petits orifices (les stomates). C'est la "transpiration".

Au même temps, le substrat, sous l'effet du rayonnement solaire laisse aussi échapper de l'eau vers l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau ; ce phénomène est appelé "évaporation".

La transpiration de la plante et l'évaporation de l'eau du substrat se déroulent en permanence simultanément. L'addition de ces deux phénomènes est dénommée "évapotranspiration".
La transpiration dépend de l'humidité de l'air
La transpiration dépend de l'ouverture des stomates
La transpiration dépend de la température de la feuille

3.1.6. Humidité

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ou dans une substance (linge, pain, produit chimique, etc.).

Dans l'air elle peut se mesurer grâce à un hygromètre et s'exprime en pourcentage le plus souvent.

ILYES SAIDANI 93 342 739

- ✓ **Les plantes et le degré hygrométrique**

Les plantes sont très sensibles à l'humidité : qu'elles soient xérophiles ou hygrophile, chaque espèce de plantes à des besoins spécifiques. On peut aussi affirmer que **chaque étape de la croissance d'un végétal demande un degré hygrométrique précis**. (bouturage, croissance, floraison). Des écarts d'humidité important par rapport aux exigences des plantes auront plusieurs conséquences se traduiront par l'abaissement de la qualité et le rendement.

– Une masse d'air sèche occasionne les fermetures des stomates afin de limiter la perte d'eau.

– Une atmosphère saturée d'humidité provoque l'ouverture des stomates (mais la transpiration est réduite, et la circulation de la sève également).

On sait que la première nourriture des plantes est le dioxyde de carbone. Ce gaz entre dans la plantes par les stomates que s'ils sont ouvert. Or une atmosphère sèche cause la fermeture des portes d'entrées que sont les stomates.

Les croissances des plantes cultivées en hydroponiques est optimales quand l'humidité relative est comprise entre 50 et 70%.

Au delà de 70%, l'atmosphère devient favorable aux développement de maladies et ravageurs. La transpiration des plantes est réduite: La production de matière sèche est limitée.

Les boutures non racinés nécessitent par contre une atmosphère saturée, pour limiter la perte d'eau et échapper aux dessèchement. (à l'étouffé)

En deçà de 30%, les plantes ferment leurs stomates pour limiter les pertes d'eau. Les échanges gazeux sont donc faible ce qui ne stimule pas la photosynthèse. Au final, le rendement n'est pas optimales

L'humidité relative (HR) de l'air de serre influence le taux de transpiration des plantes. La haute HR de l'air à effet de serre provoque moins d'eau à partir des plantes, ce qui entraîne moins de transport de nutriments des racines vers les feuilles et moins de refroidissement des surfaces des feuilles. Des humidités élevées peuvent également causer des problèmes de maladie dans certains cas. Par exemple, une forte humidité relative favorise la croissance de la botrytis et de la moisissure.

59
ILY

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Humidité trop faible	Humidité trop élevée
Flétrissement	Mollesse
Retard de croissance	Maladies foliaires accrues
Feuilles plus petites	Carences en nutriments
Brûlure de la pointe des feuilles	Maladies racinaires accrues
Repli des feuilles	Oedème
Infestation accrue d'araignées rouges	Brûlure du bord des feuilles (guttation)

"Réponse des plantes à l'humidité"

Comment réduire le taux d'humidité :

Le niveau d'humidité élevé serait la principale cause pour toutes sortes de problèmes de champignon, comme l'oïdium. Comment empêchez-vous cela?

3.1.7. Ventilateurs de ventilation

Les ventilateurs aident à réguler la température, les niveaux de CO2 et l'humidité relative. Pendant les mois d'hiver, il est plus probable que vous ayez besoin d'un ventilateur pour la déshumidification plutôt que de réduire la température. Les ventilateurs à un réglage trop élevé combiné à une chaleur élevée peuvent également entraîner des niveaux d'humidité plus faibles.

Une serre utilisera de 5 à 10 m^3 d'eau par semaine. Où se passe cette eau? Il se transforme et s'évapore dans l'air. Donc, fondamentalement, ces m^3 d'eau seront conservés dans l'air. Si cette humidité est laissée, les feuilles deviennent molles, la transpiration ralentira (rappelez-vous que l'écoulement d'eau à travers la plante aide à la maintenir en résistance) et les stomates seront étouffés. Ce brouillard d'humidité est remplacé par de l'air sec qui permet aux stomates de fonctionner correctement. Un ventilateur qui tire l'air hors de la serre de croissance fera le travail. Un ventilateur est aussi important que l'eau, la lumière, la chaleur et l'engrais.

Idéalement, vous utiliserez un ventilateur d'extraction haut dans la serre pour faciliter le flux d'air et éviter la stratification. Les ventilateurs sont évalués par le volume d'air qu'ils déplacent en mètres cubes par heure (m^3 / h). Calculez la taille de votre serre en multipliant la largeur par la hauteur par la profondeur et achetez un ventilateur qui changera l'air toutes les 1 à 5 minutes.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

P = 60 * (Volume de serre (m^3) / Temps de renouvèlement de l'air (min))

Avec P : Puissance de ventilateur

Temps de renouvèlement de l'air : de 1 à 5 minutes

Volume de serre : la largeur * la hauteur * la profondeur

Exemple :

On souhaite changer de l'air toute les 3 minute pour une serre de 600 m3, donc il faut acheter un ventilateur apte à déplacer 200m3 d'air/minute donc 12000m3/heure.

Afin de contrôler l'humidité et de réduire la condensation à l'intérieur de la serre, l'on peut : garder une température de l'air plus uniforme dans la serre en utilisant des ventilateurs (photo ci-dessous, et des écrans thermiques; éviter les fluctuations de températures soudaines; ajuster les pratiques d'irrigation selon l'environnement de la serre et les conditions météorologiques.



Les ventilateurs horizontaux sont une bonne façon de déplacer l'air afin d'éviter les écarts de température dans la serre.

Comment augmenter le taux d'humidité : L'on peut ajouter de l'humidité, particulièrement dans les serres de propagation ou lorsque l'air est trop chaud et sec, mais il faut éviter de créer des flaques d'eau sur le plancher ainsi que la formation de condensation sur les feuilles et les

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

autres surfaces. Cela nécessite l'utilisation d'appareils comme des brumisateurs ou des pulvérisateurs, qui ajoutent de la vapeur d'eau à l'air pour réduire la perte d'eau par les feuilles des boutures non enracinées ou des plantes qui sont dans des conditions de chaleur extrême et de faible humidité.

De tels appareils accomplissent trois choses :

1. Ils refroidissent l'air
2. Ils ajoutent de la vapeur d'eau
3. Ils réduisent le déficit hygrométrique

N'oubliez pas que le fait d'augmenter le taux d'humidité a un impact sur les pratiques d'arrosage. Il est donc important de les ajuster en conséquence.

3.2. Le cycle de végétation d'une plante

Semence en germination → induction florale→ nouaison →formation du fruit et de la graine

1→Phase végétative

2→phase reproductive

3→Grossissement

Les étapes critiques dans le cycle d'une plante maraichère sont :

1) Germination
2) Croissance végétative
3) Floraison/ Bulbaison/tubérisation
4) Fructification et production des graines

Le comportement de la plante à travers ces étapes va dépendra de plusieurs facteurs :

- Facteur climatique : T°, lumière, longueur du jour, RH, CO2 ….
- Facteurs édaphique : eau, élément nutritif
- Facteurs génétique : résistance aux maladies, calibre et nombre de fruit, qualité de produit ….
- Technique culturale : Fertilisation, irrigation, entretien

→→→ Cela détermine le choix de l'espèce et celui de la variété cultiver

ILYES SAIDANI +216.

3.2.1. Germination

Pour favoriser la germination, le maraicher doit connaitre les conditions optimales favorable à ce phénomène, en particulier pour la T° et RH.

On doit aussi tenir compte de la dormance parcequ'il ya des graines qui germent directement (Tomate , piment) mais d'autre qui demandent une période de dormance de 5 à 6 moi (chicorée, aubergine) ou encore de 2 à 3 mois (Tubercules de pomme de terre).

3.2.2. Croissance végétative

Comme pour la germination, il existe des conditions optimales pour la croissance(T°, RH ,lumière ….)

En considérant la température, on parle d'espèce :

- De saison froide : cultivé de l'automne jusqu'à printemps (persil, fenouil ….)
- De saison chaude : cultivé de printemps jusqu'à l'automne (solanacée..) , ils peuvent être protèges et cultivés en saison froide (serre, petit tunnel)

Remarque : La phase végétative commence toujour par une phase dite juvénile. Pendant cette phase, la plante ne peut pas être induite en fleurs même si les conditions favorables à la floraison sont réunies. Il faudrait que la plante dépasse cette phase pour pouvoir être induite en fleur.

3.2.3. La floraison

On retrouve des espèces à floraison :

*Annuelle : Floraison pendant la même année de plantation ou de semis. C'est-à-dire que la plante achève son cycle dans l'année même, exemple ; tomate , piment ….

* Bisannuelle : la premier année , la plante ne forme que le végétation et ne fleurit que la deuxième année : ex Oignon, carotte , endive ….

*Pluriannuelle : ces des espèce vivace : asperge, artichaut …

Remarque : Des plantes peuvent être cultivé comme bisannuelles en Europe mais se comportent en plantes annuelles en Tunisie vu les conditions de culture et le climat particuliers.

3.2.3.1. L'induction florale

C'est le changement physiologique au niveau de balance hormonal qui rendre possible la mise à fleur si toutes les autres conditions internes et externes sont favorables. On parle de maturité de floraison.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Les espèces maraichères sont réparties en 2 groupes :

i) La floraison est induite normalement suite à la phase juvénile sans besoin d'exposer la plante à des conditions particulières (ex : solanacée, cucurbitacées)

ii) L'induction florale a lieu suite à la phase juvénile mais après que la plante soit exposé à une température déterminée ou un photopériode particulière (ex :oignon, fraisier ..)

Exemple :

Photopériodisme : Le photopériodisme est le rapport entre la durée du jour et de la nuit.

En Tunisie , la photopériode la plus élevée 14H :30

La photopériode la moins élevé = 9H30

En fonction de la sensibilité des plantes à la photopériode, on distingue :

a) Des plantes indifférentes, qui ont besoin d'un éclairement minimum (tomate, piment…)

b) Des plantes aphotiques n'ayant aucun besoin de lumière pour fleurir

c) Des plantes de jour court : des plantes de jours courts dites nyctipériodiques, qui ne fleurissent que si la durée de la phase lumineuse durant un jour est inférieure à un seuil appelé photopériode critique (PPC) propres à la culture (Fraisier, haricot …), Lorsque la durée du jour dépasse un point critique, ces plantes arrêtent de fleurir et tombent en croissance végétative (Elles fleurissent tôt au printemps ou en automne)

Si pour une variété de fraisier, PPC=12h , alors cette variété va être induite en fleur uniquement quand la durée quotidienne d'éclairement est inférieur à 12h. D'ailleurs, on estime que la plupart des variétés de fraisier cultivée en Tunisie sont induites au cours de mois de Novembre (Ce pour cela le fraisier ne peut être induite en été puisque en été la photopériode dépasse 12h).Néanmoins, il existe des variétés à PPC élevée (14-15h).

d) Des plantes de jour long dite héméropériodiques: l'induction florale n'est réalisée qu'à une longueur de jour supérieur à la PPC (pomme de terre, pastèque, melon …),elles fleurissent vers la fin du printemps et au début de l'été. Lorsque la durée du jour est plus courte qu'un certain point critique, les plantes arrêtent de fleurir et tombent en croissance végétative.

Remarque : Une plante de jour long peut être induite en jour court si sa PPC est faible. Ainsi pour pouvoir dire qu'une plante est de jour court ou de jour long, il faut connaitre sa PPC et la comparer la photopériode des différentes saisons de culture.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

ILYES SAIDANI +216 93342739

- ✓ **Température :**

Il existe des espèces qui, pour être induite en fleur nécessitent des températures basses ; on parle de besoin de vernalisation ex : oignon, choix, navet, carotte...

Les températures exigées peuvent être relativement basse (5-10°C) mais elles peuvent aussi élevées (15-20°C)

3.2.3.2. L'initiation florale

C'est l'expression morphologique de l'induction florale, les ébauches floraux ne peuvent pas être observés que sous microscope, cette étape est suivie par la formation des boutons floraux et ensuite des fleurs.

3.2.3.3. La floraison

La morphologie florale est hautement déterminante pour le type de pollinisation. Dans le cas des fleurs complètes, on a souvent une forte proportion d'autopollinisation.

On parle d'autopollinisation quand le pollen d'une plante féconde les fleurs de la même plante

On parle de pollinisation croisée quand la fleur va recevoir du pollen à partir d'une autre plante.

3.2.4. Nouaison et fructification

La nouaison est le premier stade de fructification. Elle est la phase initiale de la formation du fruit. C'est le moment où l'ovaire de la fleur se transforme en fruit après la fécondation. Elle est constitué de 4 étapes principale :

*Gamétogenèse : problème : basse T° = pollen non viable

*Pollinisation : Problème : RH élevé = déhiscence déficitaire des anthères , pollen agglutiné

*Germination :

*Fécondation :

La fructification est le phénomène de transformation par fécondation des fleurs en fruits

ILYES SAIDANI +216 93342739

4. Les éléments nutritifs

Parmi les nombreux éléments que l'on peut retrouver dans la composition des tissus végétaux, dix-neuf (19) seulement se sont révélés indispensables à la croissance, au développement et à la reproduction des plantes. Ces éléments essentiels sont :

	O	Oxygène	**3 éléments de l'air et du sol**
	C	Carbone	
	H	Hydrogène	
6 éléments majeurs	**N**	Azote	**16 minéraux essentiels = ELEMENTS FERTILISANTS**
	P	Phosphore	
	K	Potassium	
	S	Soufre	
	Ca	Calcium	
	Mg	Magnésium	
10 oligo-éléments	**Fe**	Fer	
	Zn	Zinc	
	Cu	Cuivre	
	B	Bore	
	Mn	Manganèse	
	Si	Silicium	
	Mo	Molybdène	
	Na	Sodium	
	Co	Cobalt	
	Cl	Chlore	

Les éléments essentiels sont répartis en deux groupes :

ILYES SAIDANI +216.93342739

1) le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui proviennent de l'air et de l'eau du sol ;

2) les 16 autres, que la plante trouvent sous forme minérale dans le sol, sont appelées **ELEMENTS FERTILISANTS**.

2 milieux où la plante trouve ce dont elle a besoin : l'air et le substrat (l'eau on cas des systèmes sans substrat comme le système DWC)

La plante trouve tous ces éléments essentiels dans deux milieux : l'air et la solution nutritive. L'air fournit le carbone (assimilé sous forme de CO2) et l'oxygène, fixé grâce à la photosynthèse. La solution nutritive fournit les éléments minéraux et l'eau.

Seules les légumineuses (haricot, niébé, arachide, etc.) peuvent tirer une partie de leur azote dans l'air, grâce à une symbiose bactérienne au niveau de leurs racines (nodosités). Il n'est de ce fait pas nécessaire d'apporter de fertilisation azotée à ces cultures.

6 éléments majeurs : Parmi les éléments minéraux essentiels, six (6) sont nécessaires en grande quantité, ce sont les ***éléments majeurs*** : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le soufre (S), le calcium(Ca) et le magnésium (Mg). Les trois premiers, N, P et K, sont les éléments minéraux dont la plante a besoin en plus grandes quantités, c'est pourquoi ces 3 éléments sont intégrés dans la composition de la majorité des engrais chimiques.

10 oligo-éléments : Des ***éléments mineurs***, dits ***oligo-éléments***, sont également nécessaires en quantité moindre : le fer, le zinc, le cuivre, le bore, le manganèse, le silicium, le molybdène, le sodium, le cobalt et le chlore.

Les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Aux stades où ils sont nécessaires, les éléments minéraux doivent être disponibles en quantités suffisantes et sous une forme disponible. Si les éléments ne sont pas disponibles au moment nécessaire, la croissance de la plante sera limitée et le rendement final plus faible.

4.1. Eléments minéraux et exigences des plantes

Chacun des éléments fertilisants essentiels remplit une ou des fonction(s) spécifique(s) dans la croissance et le développement de la plante. Une carence en l'un d'entre eux aboutit à une croissance réduite ou anormale. Les rôles principaux de chaque élément fertilisant et les effets causés par leur carence sont expliqués dans le présent chapitre.

- **L'azote (N)**

L'azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. C'est le constituant numéro un des protéines, composants essentiels de la matière vivante. Il s'agit donc d'un facteur de croissance, mais aussi de qualité.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Les plantes, à l'exception des légumineuses, ne peuvent pas absorber l'azote sous sa forme gazeuse. L'azote devra donc être apporté par les fertilisants. En revanche, il ne sera pas nécessaire d'apporter des engrais azotés aux légumineuses.

L'essentiel de la nutrition azotée des plantes est assurée par les nitrates NO3- .

L'azote est un élément qui :

- **n'est pas mobile dans la plante ;**
- **est nécessaire tout au long du cycle de la plante (apports fractionnés) ;**
- **agit rapidement ;**
- **se lessive rapidement (nitrates) ;**
- **se volatilise rapidement (ammoniaque)** ;
- **doit être appliqué en plusieurs fois**
- **peut être fixé à partir de l'azote atmosphérique par les légumineuses.**

Ces particularités expliquent que son apport soit généralement fractionné (plusieurs apports au cours du cycle de culture). L'azote doit donc être apporté, autant que possible, juste avant son absorption par la plante.

➢ **Le phosphore (P)**

Le phosphore intervient dans les transferts énergétiques (ATP), dans la transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), la photosynthèse et la dégradation des glucides. Cet élément est essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité, le grossissement des fruits et la maturation des graines.

Certains stades sont plus sensibles au manque de phosphore que d'autres.

- **est mobile dans la plante**
- **favorise le développement des racines**
- **doit être appliqué dès le début de la culture**

➢ **Le potassium(K)**

Le potassium est très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans le développement racinaire, dans l'absorption des cations (ions positifs, p.ex. NH4 +, Ca++, Mg++, Cu++, Fe++), dans l'accumulation des hydrates des protéines, dans l'activation des enzymes de la photosynthèse, dans le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante (régulation des stomates). C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilâtes vers les

ILYES SAIDANI +216 93342739

organes de réserve (bulbes et tubercules) et il participe activement à améliorer la qualité des fruits et la taille des grains et des semences.

- important pour la résistance à la sécheresse et aux maladies

- stimule la floraison, améliore le développement et la qualité des fruits et des grains

- favorise la constitution de réserve dans la plante

- doit être appliqué en début de culture.

➢ Le soufre (S)

Le soufre est nécessaire à la croissance des plantes. Il est un constituant des acides aminés soufrés et joue un rôle essentiel dans le métabolisme des vitamines.

L'alimentation des plantes en soufre s'effectue essentiellement à partir des sulfates, les racines absorbant les ions SO4-

➢ Le calcium (Ca)

Le calcium est un constituant important des membranes cellulaires, il joue également un rôle dans la division cellulaire (mitose) et dans le maintien de la structure des chromosomes. Enfin, il est un activateur important d'enzymes et un neutralisant des acides organiques.

Au-delà de ses rôles essentiels au sein de la plante, il joue un rôle essentiel dans le contrôle du pH (acidité) du milieu de culture et donc de la disponibilité des autres éléments pour la plante (certains ions sont rendus inaccessibles à des pH trop faibles ou trop élevés).

➢ Le magnésium (Mg)

Le magnésium est un constituant primordial de la chlorophylle, il joue donc un rôle important dans la photosynthèse. Il favorise la mobilité des sucres et du phosphore dans la plante et est aussi un activateur important d'enzymes.

➢ Les oligoéléments

Les oligo-éléments sont les autres éléments chimiques dont la plante a besoin en très faible quantité. En général, ils ne manquent pas mais il peut cependant parfois exister des carences spécifiques sur des types particuliers. La carence en molybdène est par exemple particulièrement évidente chez les légumineuses.

ILYES SAIDANI +216.93342.739

4.2. Mécanismes de la nutrition végétale

Les plantes absorbent normalement les éléments fertilisants par leurs racines, bien qu'elles puissent le faire également par leurs feuilles, mais dans une faible mesure et souvent de manière négligeable.

Les éléments fertilisants pénètrent dans les racines sous forme d'ions (particules infiniment petites porteuses de charges électriques). Ces ions peuvent être positifs (cations) ou négatifs (anions). Les cations sont p.ex. l'ammonium NH4 +, le potassium K+, le calcium Ca++, le magnésium Mg++, le manganèse Mn++. Les anions sont p.ex. les phosphates H2PO4- ou HPO4--, les nitrates NO3-, les sulfates SO4--. Pour être disponibles sous forme d'ions, les éléments fertilisants doivent être en solution dans l'eau. Dans un substrat totalement dépourvu en eau, la plante ne pourra pas absorber les éléments minéraux même si ceux-ci sont disponibles en grande quantité.

L'absorption proprement dite de l'eau et des éléments fertilisants se fait à l'extrémité des plus fines racines, dans des organes de taille microscopique appelés poils absorbants.

Le développement du système racinaire est donc directement responsable de la capacité qu'aura la plante à se nourrir.

L'absorption d'éléments nutritifs est un phénomène actif complexe qui nécessite de l'énergie et fait intervenir la respiration (production de CO2). Dans des milieux asphyxiés (peu d'oxygène), la respiration sera ralentie et l'absorption racinaire limitée. Dans de telles conditions, les carences se manifestent plus fréquemment.

4.3. Carences

Lorsqu'un (ou plusieurs) élément nutritif fait défaut ou est présent en quantité trop faible, les besoins de la plante ne seront pas satisfaits, sa croissance et son développement seront limités, on parle alors de ***carence***. Les symptômes de carence se manifesteront de manière spécifique pour chaque plante et selon l'élément qui est déficitaire. La connaissance de ces symptômes permettra de diagnostiquer le déficit nutritionnel qui est en cause et d'y remédier par apport de fertilisant adapté.

➢ Carence en azote

- Port rabougri
- Coloration vert pâle ou jaunâtre des feuilles les plus âgées, à partir du sommet
- Réduction de la floraison
- Diminution de la teneur en protéines

ILYES SAIDANI +216.93342739

➢ **Carence en phosphore**

- Apparence générale rabougrie, croissance ralentie
- Coloration particulière bleu-rougeâtre à pourpre, vers l'extérieur des feuilles
- Croissance radiculaire réduite
- Retard de maturité, mauvaise formation des grains et des fruits

➢ **Carence en potassium**

- Chloroses (jaunissement) sur le bord extérieur des feuilles suivies de brûlures et de brunissement
- Croissance ralentie et rabougrissement (plantes chétives)
- Faiblesse des tiges et verse facilitée
- Fruits et graines atrophiés ou ratatinés

➢ **Carence en soufre**

- Jeunes feuilles d'une couleur vert-jaune pâle uniforme
- Croissance des pousses ralentie
- Tiges de petit diamètre

➢ **Carence en calcium**

- Les carences en calcium sont rarement visibles car les effets secondaires liés à l'acidité du sol limite la croissance
- Jeunes feuilles tordues, de petite taille, vert foncé, s'incurvent, se craquellent
- Croissance radiculaire ralentie, racines pourrissent
- Dessiccation et chutes des bourgeons (cas graves)
- Affaiblissement des tiges

➢ **Carence en magnésium**

- Chlorose striée typique et nécrose (surtout chez les feuilles les plus âgées) dues au jaunissement internervaire des feuilles
- Feuilles de petite taille, faiblesse des rameaux
- Sensibilité aux attaques de champignons

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

4.4. Gestion de l'eau : Composition chimique et qualité de l'eau

➢ Le pH

Le **potentiel hydrogène** ou pH est une mesure de l'acidité ou de la solution alcaline.

Le PH est la valeur utilisée pour connaitre et déterminer le niveau d'acidité ou d'alcalinité d'une solution grâce au calcul de la concentration en ions hydrogène positifs (H+). Ce terme fut défini pour faciliter son utilisation, le calcul du Potentiel d'hydrogène (PH).

Formule du Potentiel Hydrogène: PH = – Log $_{10}$ (H+)

Plus souvent, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C.

L'échelle ou rang du PH est divisée en 14 points, le **PH 7 est considéré comme PH neutre, au-dessus de 7 et jusqu'à 14 il est alcalin, et acide entre 0 et 7**

- Une solution de pH = 7 est dite neutre ;
- Une solution de pH < 7 est dite acide ; plus son pH diminue, plus elle est acide ;
- Une solution de pH > 7 est dite basique ; plus son pH augmente, plus elle est basique.

L'échelle de pH est logarithmique, ce qui signifie que chaque unité de changement équivaut à une variation de dix fois dans la concentration en hydrogène / hydroxyle. En d'autres termes, une solution avec un pH de 6,0 est 10 fois plus acide qu'une solution d'une valeur de pH 7,0 et une solution avec un pH de 5,0 serait 10 fois plus acide que la solution de 6,0 pH et 100 fois plus acide que la solution avec un pH de 7,0.

Cas d'un mélange de solutions de pH connus

$$\mathrm{pH} = -\log\left(\frac{V_1 \cdot 10^{-\mathrm{pH}_1} + V_2 \cdot 10^{-\mathrm{pH}_2}}{V_1 + V_2}\right)$$

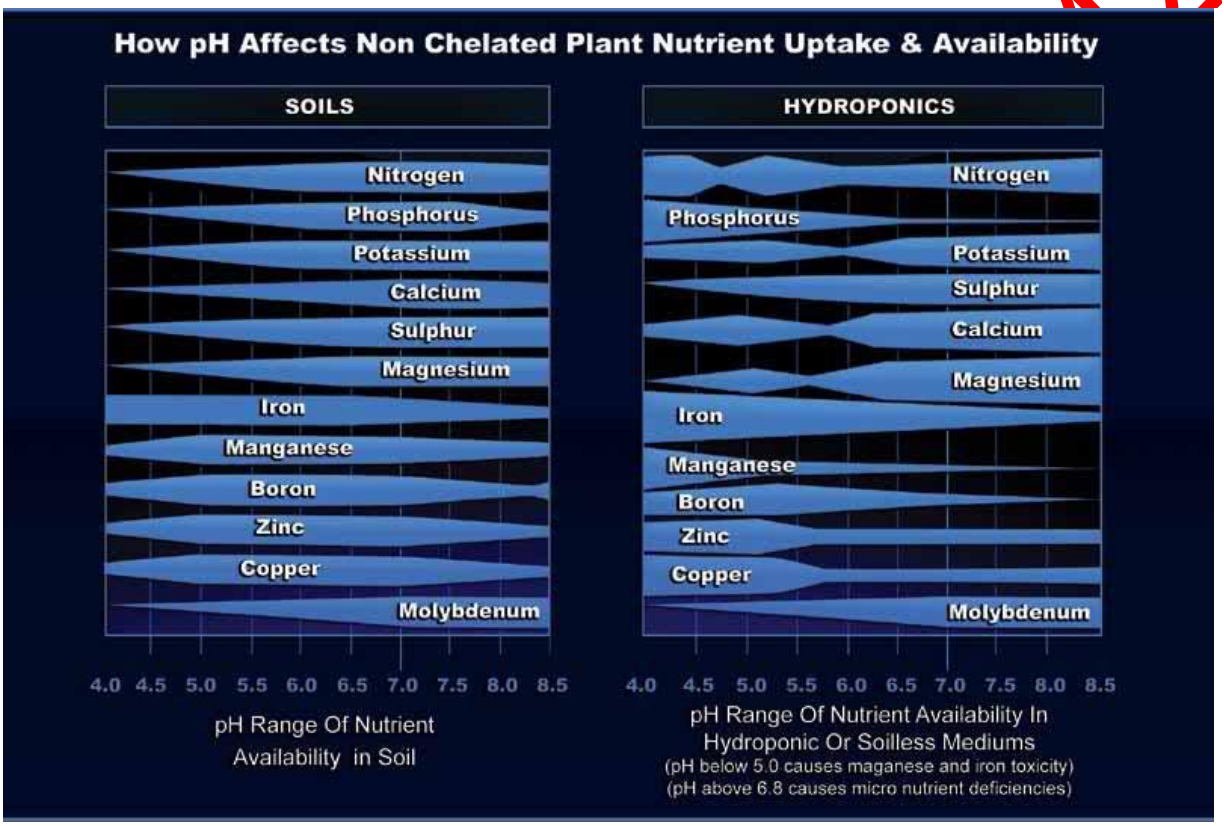
Cette formule est très approximative, notamment si les acides ou bases utilisés sont faibles, et devrait être utilisée avec la plus grande prudence.

Bien que ce soit peut-être l'un des aspects les plus négligés, le pH est très important dans les installations hydroponiques.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

4.4..1. Pourquoi le pH est important?

Lorsque le pH n'est pas au bon niveau, la plante perdra sa capacité à absorber certains des éléments essentiels requis pour une croissance saine. Pour toutes les plantes, il existe un niveau de pH particulier qui produira des résultats optimaux **(voir le ci-dessous).** Ce niveau de pH varie d'une plante à l'autre, mais en général, la plupart des plantes préfèrent un environnement de croissance légèrement acide (entre 5,5 et 6,0), bien que la plupart des plantes puissent survivre dans un environnement avec un pH compris entre 5,0 et 7,5.



Lorsque le pH augmente au-dessus de 6,5, certains nutriments et micronutriments commencent à précipiter de la solution et peuvent coller aux parois du réservoir. Par exemple: le fer sera à peu près à moitié précipité au niveau de pH de 7,3 et à environ 8,0 il n'y a pratiquement plus de fer laissé en solution. Pour que vos plantes utilisent les nutriments, elles doivent être dissoutes dans la solution. Une fois que les nutriments ont précipité de la solution, vos plantes ne peuvent plus les absorber et subiront une déficience et une décès si elles ne sont pas corrigées. Certains nutriments précipiteront de la solution lorsque le pH chute également.

Le graphique 2 ci-dessous vous donnera une idée de ce qui arrive à la disponibilité de certains nutriments à différents niveaux de pH

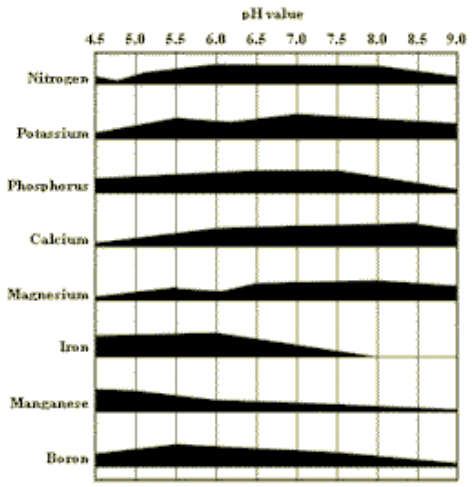
pH Values For Different Hydroponic Crops

(*From Hydroponic Food Production* by Howard M. Resh Woodbridge Press, 1987)

Plant	pH Range
Beans	6.0-6.5
Broccoli	6.0-6.5
Cabbage	6.5-7.5
Cantaloupe	6.5-6.8
Carrots	5.8-6.4
Chives	6.0-6.5
Cucumbers	5.8-6.0
Garlic	6.0-6.5
Lettuce	6.0-6.5
Onions	6.5-7.0
Peas	6.0-6.8
Pineapple	5.0-5.5
Pumpkin	5.0-6.5
Radish	6.0-7.0
Strawberries	5.5-6.5
Tomatoes	5.5-6.5

Chart 2

Availability Of Nutrients Available At Different pH Levels



NOTE:
This chart is for soiless (hydroponic) gardening only and does not apply to organic or dirt gardening.

4.4..2. Contrôle du pH

Lorsque vous en cultivez en hydroponie, le contrôle et l'ajustement du pH est une chose simple. Il existe plusieurs façons de vérifier le pH de la solution nutritive dans votre système hydroponique.

Les bandes d'essai en papier sont probablement le moyen le plus économique de vérifier le pH de la solution nutritive. Ces bandes de papier sont imprégnées d'un colorant sensible au pH qui change de couleur lorsqu'il est trempé dans la solution nutritive. La bande de papier est alors comparée à un tableau de couleurs pour déterminer le niveau de pH de la solution vérifiée, Ces bandes de test sont peu coûteuses, mais elles peuvent être difficiles à lire, car les différences de couleurs sont subtiles.

ILYES SAIDANI +2

Les kits de test de pH liquide sont probablement la méthode la plus populaire pour vérifier le pH. Ces kits de test de liquide fonctionnent en ajoutant quelques gouttes d'un colorant sensible au pH à une petite quantité de la solution nutritive, puis en comparant la couleur du liquide

résultant avec un tableau de couleurs, Bien que légèrement plus coûteux que les bandes de test papier, ils sont plus faciles à lire et extrêmement précis et fiables.

La façon la plus haute technologie de vérifier le pH est d'utiliser les compteurs numériques. Ces compteurs viennent dans une large gamme de tailles et de prix. Le type de pH-mètre le plus populaire est le stylo numérique. Ces stylos sont fabriqués par plusieurs entreprises différentes et sont très pratiques et faciles à utiliser. Vous plongez simplement l'électrode dans la solution nutritive pendant quelques instants et la valeur du pH s'affiche sur un écran LCD.

Ces pH-mètres sont très précis (lorsqu'ils sont correctement étalonnés) et rapides. Ils doivent s'occuper de façon appropriée, si non ils vont cesser de fonctionner. L'électrode de l'ampoule en verre doit être maintenue propre et certains doivent être humides en tout temps. ces pH-mètres sont en fait des compteurs de tension très sensibles et sont sensibles aux problèmes de l'électrode (Dans ce cas il faut choisir donc une bonne qualité),

Les compteurs de pH doivent généralement être étalonnés fréquemment, car les compteurs peuvent dériver et pour assurer la précision, vous devez vérifier l'étalonnage souvent. Avec la plupart des stylos, la pointe doit être stockée dans une solution de stockage d'électrode ou dans une solution tampon et ne doit jamais être déshydratée.

NB : Étant donné que les compteurs de pH ont la réputation de se dégrader sans avertissement, il est judicieux de conserver une sauvegarde d'urgence pour vérifier le pH (bandes de test en papier ou kit de test de pH liquide), au cas où.

4.4..3. Réglage du pH

Il existe plusieurs produits chimiques pour ajuster le pH. Les plus populaires sont l'acide phosphorique (pour diminuer le pH) et l'hydroxyde de potassium (pour augmenter le pH). Ces deux produits chimiques sont relativement sûrs, même s'ils peuvent causer des brûlures et ne doivent jamais entrer en contact avec les yeux.

Plusieurs autres produits chimiques peuvent être utilisés pour ajuster le pH des solutions nutritives hydroponiques. L'acide nitrique, L'acide citrique alimentaire et l'acide sulfurique peuvent être utilisés pour abaisser le pH mais sont beaucoup plus dangereux que l'acide phosphorique.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Ajouter toujours les éléments nutritifs à l'eau et mélanger la solution (L'engrais abaissera généralement le pH de l'eau en raison de sa composition chimique). Après avoir ajouté des éléments nutritifs et mélanger la solution, vérifiez le pH en utilisant la méthode que vous avez choisie. Si le pH doit être ajusté, ajoutez le réglage approprié. Utiliser de petites quantités d'ajusteur de pH jusqu'à ce que le niveau de pH soit l'endroit où vous le souhaitez. Vérifiez à nouveau le pH pour être sur de sa valeur.

Le pH de la solution nutritive aura tendance à augmenter car les plantes utilisent les nutriments. En conséquence, le pH doit être vérifié périodiquement et ajusté si nécessaire. Pour commencer, je vous suggère de vérifier le pH quotidiennement. Chaque système changera le pH à un taux différent en fonction de divers facteurs. Le type de milieu de culture utilisé, la météo, le type de plantes et même l'âge des plantes influent toutes sur les variations de pH.

+216.93342739

4.4..4. L'influence du PH dans les cultures hydroponiques

Le PH devra être adapté selon le stade de vie des plantes, afin qu'elles puissent correctement **absorber les nutriments présents dans la solution nutritive**.

Pendant la période de **croissance un PH de 5.5** sera idéal pour les petites plantes ou boutures, puis nous le ferons progressivement monter à 5.8. Lors du passage en floraison, nous pourrons **faire varier le PH jusqu'à 5.9 pendant la phase de pré-floraison** afin que les plantes aient un meilleur accès à l'azote et à une partie du PK, et autres micro éléments. De cette façon les plantes disposeront en permanence de tous les aliments nécessaires pour un début de floraison abondant et sans carences.

En phase de floraison le rang de PH devra fluctuer **de PH 6.0 à PH 6.2** pour une meilleure absorption des éléments nutritifs présents. En fin de floraison, le PH pourra être augmenté jusqu'à **6.3-6.4**.

Un déséquilibre du PH, **rendra les éléments nutritifs moins accessibles** et forcera les végétaux à puiser dans leurs réserves nutritives situées dans les plus grandes feuilles qui se répercuteront sur la quantité et la qualité de la récolte.

ILY

La seconde option consiste à améliorer la terre dont nous disposons en la mélangeant à d'autres substrats pour la rendre plus adaptée à la culture de cannabis. Dans ce cas il faudra commencer par connaitre la composition de la terre que nous utiliserons comme base.

Le substrat idéal sera **spongieux et de qualité, riche en nutriments et facile à drainer et manipuler**, pour que les racines des plantes puissent facilement s'y développer et y puiser tous les éléments nécessaires pour une croissance saine et une floraison épanouie. Si ces conditions ne sont pas réunies, même les meilleures génétiques de cannabis disponibles et les engrais les plus performants ne suffiront pas, le système racinaire devant impérativement s'épanouir dans le substrat proposé pour des plantes vigoureuses.

- **EC : Electro-conductivité, ou conductivité électrique (salinité)**

Les deux facteurs les plus importants dans la gestion des nutriments et de l'eau sont la conductivité et le pH, et une bonne compréhension de ces variables est essentielle pour un projet hydroponique réussi.

L'électro-conductivité noté, EC, donne une estimation de la richesse en sels nutritifs présent sous forme d'ions dans la solution nutritive. La mesure de cette valeur est réalisée grâce à un conductimètre (ou testeur EC), petit appareil de mesure de la conductivité électrique de la solution nutritive.
Son principe de fonctionnement est simple. Il utilise la capacité qu'à l'eau chargé en ions à transporter un courant électrique. Plus la concentration en ions est importante, plus le liquide conduira facilement le courant électrique donc la valeurs de l'EC sera élevée. Une eau parfaitement pure ne contient pas d'ions et ne peut transporter le courant électrique. (en théorie), la conductivité électrique sera nulle.

En hydroponique, tous les éléments nutritifs sont constitués de sels minéraux, qui sont dissous dans l'eau, et la résistance des solutions nutritives peut être détectée par un compteur de conductivité électrique (EC)

La mesure régulière de l'électroconductivité est importante dans le cadre d'une culture car elle permet de suivre la consommation d'eau et de sels nutritifs:
– Lorsque la conductivité électrique d'une solution nutritive augmente durant la culture, cela signifie que la plante consomme plus d'eau, et que la concentration en engrais augmente.

ILYES SAIDANI +216 93 342 739

Ce phénomène d'EC qui monte sans cesse intervient également l'évaporation (L'évaporation de l'eau diminue quand l'EC augmente)

– A l'inverse, une électro conductivité qui baisse est le signe d'une consommation d'ions nutritifs. Il faut pensant à compenser ses prélèvements par la plante par l'ajout d'engrais

4.4..1. Pourquoi CE est-il important?

Le fait de connaître la CE de la solution d'alimentation est important car il donne au producteur une indication de la solidité de la solution et de la croissance de la plante affectée par le niveau nutritif. Différentes plantes se développent bien à différents niveaux de résistance aux éléments nutritifs (CE), et il est important de contrôler cette force nutritive pour fournir les conditions optimales dans la zone racinaire, ce qui permet une absorption maximale des nutriments dans le reste de la structure cellulaire de la plante.

Table 11.30
General target conductivity (EC) values for different stages of plant growth
(Conductivity Meter calibrated using 2.76 mS/cm standard)

	Cuttings/ seedlings	Vegetative phase (Grow)	Flowering/ fruiting phase (Bloom)
Hydroponics (e.g. NFT, Rockwool, perlite)	0.6 to 0.8mS	1.6 to 2.0mS	1.6 to 2.3mS
Coco fibre	0.6 to 0.8mS	1.3 to 1.6mS	1.6 to 2.0mS
Soil	0.3 to 0.6mS	0.6 to 0.8mS	0.6 to 1.0mS

These EC values are based on nutrient being used with each watering. For hand-fed soil systems, nutrient can be used every second watering. In this case however, double the EC values above.

Use the lower EC in the following situations:

- For delicate plants (e.g. lettuce and herbs)
- When air temperatures are above 30°C (86°F).
- The EC of make-up water exceeds 0.5mS.

These target EC values do not include the EC of the water. Therefore, if the water has an EC of 0.3mS, for example, the target EC for hydroponics during vegetative phase would be 1.9 to 2.3mS (i.e. EC of water + recommended EC).

4.4..2. EC et nutriments

L'eau du robinet contient des sels minéraux qui produiront une EC, mais EC seul ne signifie pas nécessairement que l'eau contient des sels nutritifs qui aideront les plantes à se développer. Par exemple, l'eau du robinet contient du sodium et de la chloramine, qui ont une valeur de CE,

mais ces minéraux ne sont pas bénéfiques pour les plantes. Par conséquent, il est important de vérifier l'EC de l'eau du robinet avant de préparer la solution d'alimentation et d'ajouter la quantité appropriée de concentré d'éléments nutritifs pour obtenir la CE souhaitée.

4.4..3. Entretien et maintenance des compteurs EC

Les compteurs EC doivent être maintenus en les gardant nettoyés et calibrés en tout temps. Cela assurera que le compteur fournit toujours une lecture précise afin que la gestion du réservoir d'alimentation soit constante et que les plantes obtiennent toujours les nutriments requis. La surface de la sonde est l'endroit où l'instrument prend la lecture de la solution, donc si la surface de la sonde est sale ou contaminée, la lecture peut être inexacte. Un soin et une maintenance appropriés du compteur EC assureront des lectures précises et maximiseront la durée de vie de l'appareil. Assurez-vous donc de suivre ces étapes simples:

*Suivez les instructions fournies avec l'appareil.
*Nettoyez la pointe de la sonde après chaque utilisation avec de l'eau fraîche.
*Nettoyez périodiquement la pointe de la sonde en utilisant le kit de soins de la sonde EC.
*Calibrez le compteur EC mensuel si nécessaire.
*Avant le stockage à long terme, retirez les piles.

4.4..4. Unités de mesure pour CE

Les étiquettes nutritives indiquent les valeurs de conductivité dans une variété d'unités. Les unités les plus communes sont:

- mS / cm (Milli-siemens par centimètre) - souvent abrégé en "mS".
- µS / cm (Micro-siemens par centimètre) - souvent abrégé en "µS".
- cF (facteur de conductivité).
- ppm * (parties par million) ou mg / L (milligrammes par litre). Les deux ont la même valeur numérique. Ce sont les unités pour les «sels dissous totaux» (TDS). Les compteurs EC qui fournissent ces unités disposent de logiciels internes qui convertissent mathématiquement les lectures de conductivité en une estimation TDS. Cependant, cette estimation est susceptible de nombreuses erreurs et, par conséquent, son utilisation devrait être évitée.

Choisir d'utiliser mS, µS, cF ou ppm

ILYES SAIDANI +216.93342739

Table 11.20. Interconversion factors
µS/cm ÷ 1000 = mS/cm
cF ÷ 10 = mS/cm
mS/cm x 1000 = µS/cm
cF x 100 = µS/cm
mS/cm x 10 = cF
µS/cm ÷ 100 = cF
Note, mhos (Ω) and siemens (S) are equivalent units i.e. mS/cm = mΩ/cm

Pour utiliser les recommandations de conductivité, le producteur doit d'abord savoir quelles «unités», le compteur fonctionne, par exemple, mS / cm, cF. Cela sera affiché sur l'affichage numérique ou sur le corps du compteur. Certaines marques offrent de multiples options telles que cF, mS et µS. Si tel est le cas, choisissez l'option qui correspond à celle utilisée par la recommandation. Par exemple, si votre cultivar local recommande de maintenir la solution nutritive à 2,2 mS, passez le compteur pour lire "mS".

Si le compteur ne fournit pas les unités spécifiées dans la recommandation de conductivité, il devra être converti manuellement. Par exemple, si la recommandation est de 2,2 mS et le compteur ne fonctionne que dans cF, convertissez la recommandation en cF en la multipliant par 10. soit 2,2 m x 10 = cF 22.

4.4..5. Limitations de l'EC

Il est important de reconnaître que, bien que la CE donne une bonne indication de la solidité d'une solution nutritive, elle a ses limites. La première est que la CE ne donne absolument aucune indication de l'équilibre nutritif de cette solution. Le deuxième est qu'il ne mesure pas les composants non ioniques dans la solution. Cela signifie que lorsque l'on utilise des engrais organiques, la résistance de la solution sera supérieure à celle indiquée par ses EC, car la plupart des composés à base de carbone ne sont pas ioniques et ne s'inscrivent pas sur un compteur EC.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

4.4..6. La CE évolue dans un système

Lorsqu'une solution nutritive est utilisée dans un système hydroponique en croissance de plantes, qu'il soit recyclé ou non, son EC changera avec le temps. C'est parce qu'il y a presque toujours une différence dans le taux d'absorption de l'eau et des nutriments par les plantes. En règle générale, si l'on utilise une solution initiale de 2,0 mS / cm, en particulier par temps chaud, les plantes prennent habituellement plus d'eau que de nutriments. Cette eau supplémentaire est évaporée par la plante pour se garder cool, une opération connue sous le nom de transpiration. Le résultat final est que toute solution restante va devenir plus forte et donc une CE plus élevée.

4.4..7. lectures CE et ajuster la CE de la solution nutritive

Étape 1. Vérifiez l'étalonnage du compteur à l'aide d'une solution standard de conductivité réputée .

Étape 2. Remuez soigneusement le réservoir de nutriments avant l'échantillonnage. Assurez-vous que le récipient d'échantillonnage est propre en rinçant quelques fois avec la solution nutritive.

Pour les systèmes de recirculation, il est plus facile d'interpréter les lectures CE en veillant toujours à ce que le réservoir soit rempli au même volume avant de prendre l'échantillon, c'est-à-dire si le niveau du réservoir est tombé à la moitié, alors la lecture de la CE sera deux fois plus élevée que ce serait Lorsqu'il est plein (en supposant que l'eau de remplissage contient des sels nuls).

Étape 3. Rincer l'électrode dans de l'eau distillée puis retirer l'excès d'eau en secouant doucement ou en essuyant avec un tissu. Immergez l'électrode dans l'échantillon et attendez quelques minutes ** avant d'allumer le compteur et d'enregistrer l'EC

** Attendez plus longtemps si la température de l'échantillon est significativement différente de la température ambiante.

Étape 4. Réglage de la conductivité:

A) Si la CE est inférieure à la cible: Ajouter du nutriment jusqu'à ce que la cible soit atteinte (n'utilisez pas d'additifs à cet effet). Pour calculer ce volume mathématiquement, reportez-vous au tableau 18.50 .

ILYES 93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

B) Si la CE est bien au-dessus de la cible: Ajoutez plus d'eau (eau de remplissage). Pour calculer ce volume mathématiquement, reportez-vous au tableau .

Table 18.50 How much nutrient is needed to achieve the target EC?
(Conductivity Meter calibrated using 2.76 mS/cm standard)

Volume of nutrient (ml) required per *litre*	= Target EC *minus* Current EC / 100 fold EC^	x 10
Volume of nutrient (ml) required per *gallon*	= Target EC *minus* Current EC / 100 fold EC^	x 38

^ Calculate using method at "Nutrient concentration" (page 38).

Example: The 'target EC' is 2.3mS, however, the EC is currently 1.9mS. It is determined that the nutrient's 100-fold EC is 3.3mS^. Therefore, 4.6ml of nutrient is needed per gallon to achieve an EC target of 2.3mS i.e. Volume of nutrient required per gallon = (2.3 - 1.9) x 38 ÷ 3.3 = 4.6ml.

Table 18.60 How much top-up water is needed to lower the EC?
(Conductivity Meter calibrated using 2.76 mS/cm standard)

Total volume after dilution**	= Current EC / Target EC	x Current volume

**Assumes top-up water has nil EC.

Example: The 'target EC' is 2.3mS, however, the EC is currently 2.8mS and the reservoir contains 35 gallons of nutrient solution. Therefore, to achieve 2.3mS, 7 gallons of top-up water must be added to the reservoir i.e. Total volume after dilution = 2.8 x 35 ÷ 2.3 = 42 gallons.

Étape 5. Lorsque vous avez fini, rincer l'électrode avec de l'eau distillée. Stocker l'électrode dans de l'eau distillée lorsqu'il n'est pas utilisé.

4.4..8. Symptômes dues à une CE excessive

Les symptômes suivants se produisent généralement lorsque la teneur totale en sel (EC) dans l'eau est excessive:

- Tout d'abord, il y a flétrissement des feuilles et des tiges

- Croissance réduite.

- Les feuilles deviennent brûlées autour des bords et peuvent se faner ou mourir.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

- Les feuilles peuvent tomber Les producteurs devraient noter que beaucoup de ces symptômes sont également révélateurs d'autres problèmes tels que le manque d'eau, les maladies, la malnutrition et la lumière ou la chaleur excessive.

Alcalinité

L'alcalinité est le terme utilisé pour exprimer la concentration de bicarbonate (ou le carbonate, si le pH est supérieur à 8,2) dans les eaux «naturelles» ou non contaminées. Le bicarbonate (HCO3 -) est alcalin et élimine donc le pH. L'eau à haute alcalinité est une cause majeure de l'augmentation du pH dans les solutions nutritives. Pour cette raison, il est nécessaire de vérifier le pH de la solution nutritive plus fréquemment chaque fois que l'eau à haute alcalinité est ajoutée. L'alcalinité est éliminée en abaissant le pH avec l'acide.
L'alcalinité peut confondre les producteurs dans leur tentative d'estimer la quantité d'acide nécessaire pour abaisser le pH.

L'alcalinité de l'eau est liée au pH, mais c'est en fait un paramètre différent. C'est une mesure de la capacité de l'eau à résister aux changements de pH ou, en d'autres termes, c'est la capacité tampon de l'eau. Ne confondez pas "Alkalinity" avec "Alkaline" (ce qui signifie un pH de 7.0-14.0).

Les principales composantes de l'alcalinité de l'eau sont:

- Carbonates (CO_3^{-2})
- Bicarbonates (HCO_3^-)

L'alcalinité est habituellement exprimée en ppm ou mg / L de carbonate de calcium (CaCO3). Plus l'alcalinité est élevée, plus l'acide peut être ajouté sans modifier considérablement le pH. C'est parce que les bicarbonates (HCO3-) et les carbonates (CO3-2) réagissent avec les ions hydrogène (H +) apportés par l'acide, ce qui les empêche de laisser tomber le pH.

Exemple : Le cultivateur A a une source d'eau avec un pH de 9,0 et une alcalinité de 45 mg / L de $CaCO_3$. Le cultivateur B a une source d'eau avec un pH de 8,0 et une alcalinité de 120 mg / L de $CaCO_3$.
Les deux producteurs ont besoin que le pH de leur eau d'irrigation soit de 5,0 et qu'ils utilisent de l'acide sulfurique à cette fin.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Même si l'eau de Cultivateur A a un pH plus élevé (la concentration d'ions hydrogène dans son eau est 10 fois supérieure à celle de Cultivateur B), il doit ajouter moins d'acide que le cultivateur B pour atteindre le même pH cible.

Dureté

L'eau est considérée comme «dure» lorsqu'elle contient de grandes quantités de calcium dissous, de magnésium et/ou d'autres éléments. Alors que le calcium et le magnésium sont requis par les plantes . lorsque l'eau dure est utilisée dans les systèmes de recirculation, le niveau de calcium peut devenir excessif après plusieurs ajouts d'eau de remplissage. Cela peut entraîner un précipité blanc (sulfate de calcium) formé dans le système. Cela peut provoquer le blocage des composants de la plomberie tels que les tuyaux et les goutteurs. Cela réduit également la quantité de sulfate disponible.

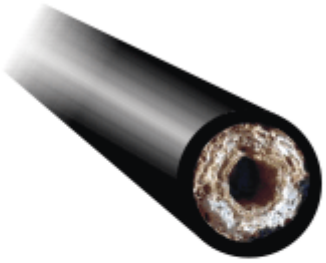


Fig 6.5 The build-up of calcium 'scale' in pipes will reduce flow rates and eventually cause blockages. Regular chemical treatment will help prevent this.

Ce problème peut être minimisé en utilisant une formule nutritive personnalisée, ou en maintenant le pH bien en dessous de 6,0. Les résines "échange de base" sont également appropriées pour éliminer la dureté. Ceux-ci sont maintenant généralement installés dans les lave-vaisselle domestiques. Ils utilisent une résine échangeuse «cation» pour remplacer les ions calcium (et magnésium) formant des incrustations par des ions «sodium» non formant une échelle. Lorsque la résine est épuisée, elle peut être restaurée en le rinçant avec du sel commun (chlorure de sodium).

Une forte dureté est souvent associée à des eaux ayant un pH élevé. Bien que la dureté ne soit pas la cause d'un pH élevé, l'association est due au fait que la dureté et l'alcalinité (la source de pH élevé dans cette instance) proviennent généralement de la même source: les dépôts de calcaire (carbonate de calcium) dans les aquifères. Lorsque le calcaire est attaqué par le CO2 dissous dans l'eau de pluie, ces dépôts sont dissous lentement. Cela produit à la fois le calcium (cause de «dureté») et le bicarbonate (causes de l' alcalinité).

- **L'eau dure et les minéraux indésirables**

Le titre hydrotimétrique (T.H. ou G.H. en allemand pour GesamtHärte), ou dureté de l'eau1, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	très douce	eau douce	plutôt dure	dure	très dure

La dureté s'exprime en ppm (ou mg/L) de CaCO3 ou en degrés français (symbole °f ou °fH) en France (à ne pas confondre avec le symbole °F, degré Fahrenheit). Un degré français correspond à 10-4 mol·L-1, soit 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre d'eau.

L'eau contenant trop (appelée «dureté totale») peut créer de sérieux problèmes. Le calcium excessif est le principal facteur déterminant si l'eau est difficile ou non.

L'eau dure peut également causer des problèmes physiques. Des niveaux élevés de fer, de calcium et d'échelle de la chaux parmi d'autres éléments commencent à se développer sur les pompes à eau, les tubes, les éléments chauffants, les réservoirs, les émetteurs de gouttes, etc. Cela cause de nombreux problèmes avec le colmatage des équipements, cesse de fonctionner et peut même causer du pH problèmes.

.L'eau dure exige que les racines dépensent plus d'énergie pour absorber l'eau et les nutriments utilisés pour la croissance des plantes. De toute évidence, l'utilisation d'une meilleure eau donne à vos plantes un départ

- **Où commencer**

Pour l'hydroponique, vous aurez besoin de deux outils: un pH-mètre et un compteur de conductivité électrique (EC) (ou un compteur de solides dissous total (TDS) si le compteur EC n'est pas disponible). Un compteur est seulement bon que son bien réglé son étalonnage ; Calibrez vos compteurs en utilisant les instructions fournies avec le compteur.

Conseil: La qualité de l'eau peut changer tout au long de l'année. Vérifiez régulièrement les meilleurs résultats.

Une fois que vous avez ajouté des nutriments à votre eau, en fonction des recommandations du fabricant, bien mélanger et tester le pH. Un pH en dehors de la plage acceptable peut être ajusté en ajoutant la solution appropriée, comme **pH Up ou pH Down**. . Dose, mélanger

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

soigneusement et tester à nouveau. Un pH en dehors de la gamme recommandée est l'une des principales causes de problèmes dans la culture hydroponique. Un pH trop élevé ou trop faible entraîne rapidement des déficiences. Rappelez-vous que le pH peut changer à mesure que les plantes poussent et changent la chimie de l'eau. Le test et l'ajustement du pH entre les changements d'eau aideront à garder vos plantes en plein essor.

Conseil: les papiers pH sont une sauvegarde peu coûteuse pour votre pH-mètre. Ces sondes fragiles ont tendance à se briser au pire moment possible!

Le chlore (ou la chloramine) peut être ajouté à l'eau du robinet pour tuer les agents pathogènes potentiels. L'aération de votre eau pendant 24 heures ou l'utilisation de l'eau à travers un filtre à charbon aidera à éliminer le chlore.

5. La filtration mécanique

Elle vise à séparer l'eau des particules solides en la faisant passer à travers un milieu poreux, ce qui ne laisse passer que les liquides et les particules solides plus fines que les trous du filtre (porosité)

L'eau traverse les filtres soit par gravité « c'est-à-dire par l'écoulement naturel du liquide au travers du filtre de haut en bas » soit avec l'aide mécanique d'une pompe.

5.1. Filtration en surface

La filtration en surface retient les particules à la surface du filtre formant un résidu de plus en plus important au cours du temps. Les particules étant retenues par le filtre, cette technique est limitée par l'accumulation des particules à sa surface, qui finissent peu à peu par le boucher, ce qui nécessite de le nettoyer, voire de le remplacer.

- **Filtres en pierre**

La porosité de certaines pierres permet un filtrage de l'eau.

Avantages

- ✓ Maintenance facile et remplacement des pierres en cas dégradation des pièrres .

ILYES SAIDANI +216..59

- ✓ Des dispositifs rudimentaires peuvent être fabriqués localement dans les pays en développement.

Inconvénients

- N'élimine pas la majoritédes bacteries, elle n'élimine que les grosses impuretés

➢ **Filtre en céramique**

Il s'agit de dispositifs permettant de filtrer de l'eau de surface en la filtrant à travers un matériau poreux. Actuellement, les filtres en céramique se présentent sous la forme de cartouches filtrantes possédant une porosité de 0,2 à 0,5 µm ce qui constitue une barrière pour retenir toutes les impuretés en suspension ainsi que la quasi-totalité des bactéries et parasites protozoaires. La plupart des dispositifs sont utilisées pour de petites quantité entre 20 et 30 litres. C'est un dispositif simple et compacte, il est particulièrement robuste, performant et facile à entretenir.



En cas de turbidité de l'eau à traiter, les membranes céramiques se colmatent, ce qui a pour conséquence une diminution du débit. Il est donc nécessaire dans ce cas de procéder régulièrement au nettoyage à la brosse des cartouches filtrantes accompagné d'une légère désinfection à l'eau de javel.

Avantages

- ✓ Maintenance réalisable par l'utilisateur.
- ✓ Elimine presque l'intégralité des maladies présentes dans les eaux stagnantes.
- ✓ Des dispositifs rudimentaires peuvent être fabriqués localement dans les pays en développement.

Inconvénients

ILYES SAIDANI +216.93342739

- Ne peut être utilisé que sur des eaux relativement peu turbides pour ne pas colmater trop rapidement le filtre.
- Risque de contamination de l'eau stockée si elle n'est pas un peu chlorée.

5.2. Filtration en profondeur

Dans la filtration en profondeur, les particules sont retenues à l'intérieur du filtre et ne forment donc pas de gâteau en surface, le colmatage s'effectue ainsi beaucoup moins vite. Cependant, cette technique est réservée à la filtration des très petites particules, d'une taille allant du nanomètre jusqu'au micromètre.

➢ **Filtre en papier**

Les filtres en papier sont utilisées pour filtrer l'eau dans les cafetières, les bassins de jardin et les piscines de petite dimension. Pour la plupart, ils ne sont pas lavables et réutilisables, ils sont jetables.

➢ **Filtres à sable**

Le filtre a sable permet de retenir toutes les particules incapables de passer à travers lui. La qualité de la filtration peut être améliorée par l'ajout de floculant qui réduit les espaces entre les grains de sable. Les filtres à sable doivent être régénérés régulièrement, pour qu'il ne se colmate pas, en inversant le sens de passage de l'eau dans le filtre (de la piscine vers l'égout). Le sable doit être renouvelé tous les cinq ans environ pour garder son pouvoir de filtration.

Avantage

Le sable est le moyen le plus simple de filtrer une eau puisqu'il s'agit d'un élément naturel, disponible en grandes quantités et totalement inoffensif pour l'environnement. Il suffit de choisir un sable plus ou moins fin pour obtenir une filtration plus ou moins fine sans avoir à aménager plusieurs étages de filtration.

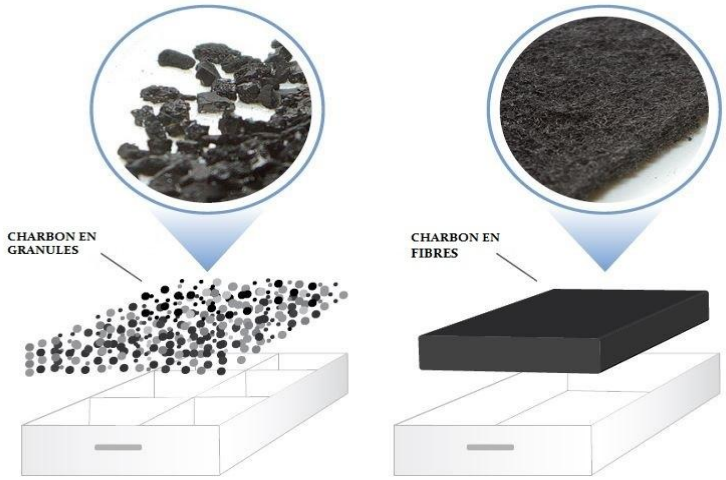
5.3. Filtres à osmose inverse

L'osmose inverse est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau.

ILYES SAIDANI +216.93342739

5.4. Filtres aux charbon actif

Systèmes de filtration utilisés dans les carafes filtrantes (5 µm) éliminant l'odeur, le goût et certains pesticides.



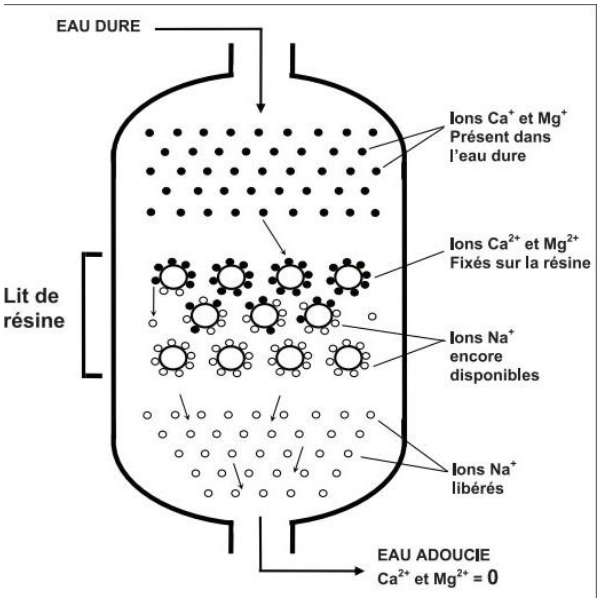
C'est un matériaux microporeux" signifie que le charbon actif, malgré son apparence solide, est en fait composé d'un réseau de fissures et de pores reliés entre eux, présents dans tout le matériau. Les pores sont extrêmement petits, d'une taille comprise entre 2 et 1000 nanomètres (10^{-9} m). il est donc utilisé pour la purification et la filtration des gaz. En effet,le gaz heurte le charbon en certaines points c'est ainsi qu'il se fait absorber.

NB : il est souvent nécessaire d'employer des quantités importantes de sable pour filtrer une grande quantité d'eau, le charbon actif permet des filtrations bien plus compactes en raison de sa structure microporeuse. Un gramme de charbon actif représente une surface de filtration comprise entre 400 et plus de 2 000 m².

5.5. Filtres à résine

Système de filtration à base de résine ionisée (en forme debille, chargé à la surface) utilisé dans certaines carafes filtrantes qui est capable de retenir certains contaminants, des métaux lourds tels que le plomb et des minéraux tels que le calcaire.

ILYES SAIDANI +216.93342739



❖ **La bio filtration**

Ce type de filtration ne peut exister qu'en aquaponie ou en bioponie. Le système aquaponique repose sur la réutilisation de l'eau pour le maintien des poissons et des cultures. Il dépend donc de l'efficacité des filtres biologiques dont les bactéries nitrifiantes oxydent l'ammoniac, produit par les poissons et qui leur est toxique, en nitrate, qui est généralement non toxique et bio assimilable par les plantes. Les bactéries nitrifiantes se développent naturellement sur les racines des plantes et sur les parois de leur habitat, c'est pour cette raison que l'aquaponie contient une partie appelé bio filtre qui va favoriser le développement de ses bactéries.

Quant à la bioponie c'est une forme d'hydrponie sauf que la solution nutritive est issue de la dégradation bactérienne de la matière organique. Ce bio filtre contient du compost et des bactéries qui vont permettre la dégradation de la matière organique complexe en minéraux simple. Après quelques jours voire des semaines selon la quantité qu'on désire produire. Le composte doit être humidifié, tenue à une température de 40°C et procédé à plusieurs retournements pour aérer le tas afin d'accélérer la décomposition. Ensuite on ajoute une grande quantité d'eau, pour que les minéraux simples soient lessivés et passe dans l'eau récupéré par filtration.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Ces bactéries ont des besoins en lumière, en température, en pH de l'eau en espace et en matériel sur lequel se développer. Le matériel déposé dans le bio filtre doit avoir une surface spécifique importante.





Oxygénation et circulation d'eau : Favoriser l'aération et la respiration des bactéries

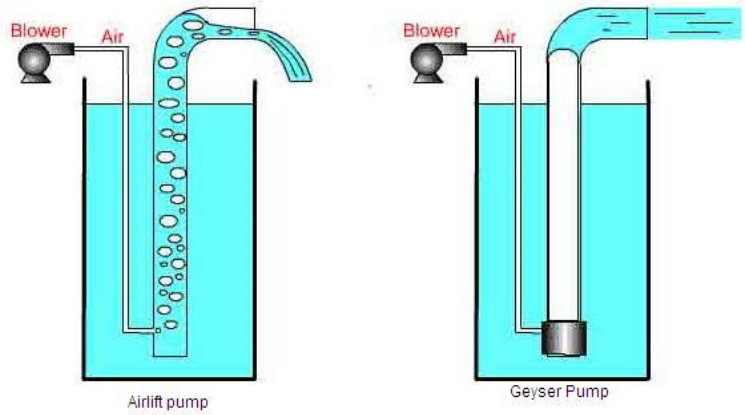
6. Pompes à air

6.1. Compresseur à air

La pompe à air est utilisée pour augmenter le niveau d'oxygène dissous dans la solution nutritive car les racine ont besoins d'oxygène pour respirer. Sans oxygène dissous, les racines s'asphyxient et les plantes se dégradent rapidement

6.2. Pompe Air-lift

Le système de pompage par Airlift consiste en l'injection d'air compressé dans une canalisation verticale afin d'y entraîner le liquide s'y trouvant.



Avantages de la pompe Air-lift

- ✓ La simplicité de ce principe de pompage en fait un atout indéniable.
- ✓ Dissolution de l'oxygène dans l'eau : participe à l'aération de l'eau

ILYES SAIDANI +216.93342739

- ✓ Pas d'abrasion de l'intérieur de la pompe dû aux débris

Inconvénients

- Coût de fonctionnement : souvent la quantité d'air à compresser est relativement importante par rapport au débit de liquide pompé
- Ce système de pompage n'est adapté que si la hauteur manométrique totale (HMT) est faible. Pour une HMT plus importante, un système par pompe conventionnelle est nécessaire.

7. Pompes à eau

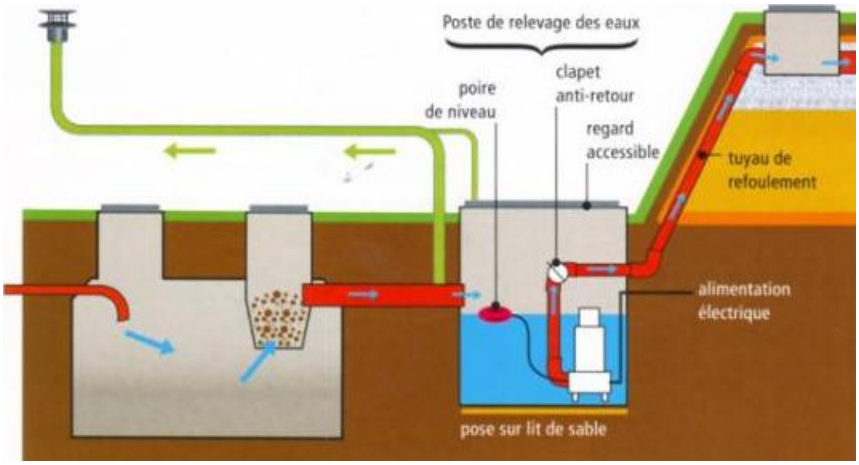
Pour choisir une pompe à eau adéquate il faut prendre en considération les caractéristiques suivant :

- ✓ Type
- ✓ Débit (indiqué sur l'appareil)
- ✓ Pression (indiqué sur l'appareil)
- ✓ Hauteur de refoulement
- ✓ Hauteur d'aspiration
- ✓ Hauteur manométrique totale (HMT = Hauteur d'aspiration + hauteur de refoulement à proprement parler)
- ✓ Matériaux
- ✓ Types d'eaux (claire, trouble, usée…)

7.1. Pompe de relevage

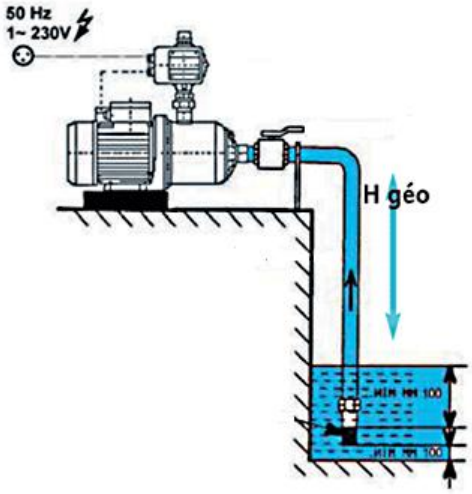
La **pompe de relevage**, s'adapte à tout type d'**eaux chargées** ou claires. C'est un appareil polyvalent, qui s'immerge dans le liquide, servant souvent de vide-cave en période orageuse. La pompe de relevage peut également servir à évacuer l'eau d'un bassin ou d'un puisard.

ILYES SAIDANI +216.93342739



7.2. Pompe de surface

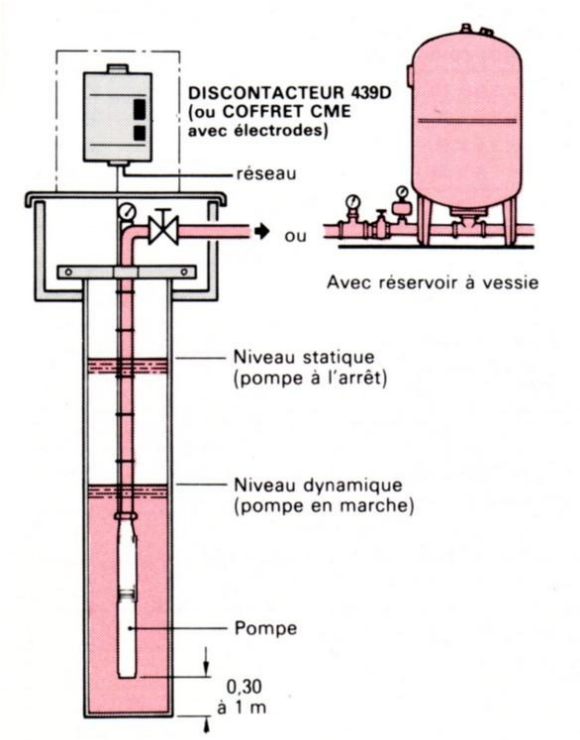
La **pompe de surface** est destinée aux réservoirs dont la profondeur ne dépasse pas les 7 mètres. Comme son nom l'indique, cette pompe reste en surface et donc placée en dehors du liquide. Elle fonctionne au moyen d'un tuyau qui aspire l'eau pour la refouler. La **pompe de surface** peut servir à l'arrosage d'un jardin, puisé du puit, nettoyage d'équipements, alimentation d'un appareil en eau, etc.



7.3. Pompe immergée

La pompe immergée s'adapte aux réservoirs profonds (au-delà de 7 mètres de profondeur). Comme son nom l'indique, cette **pompe à eau** s'immerge totalement dans le liquide, et seuls le tuyau et le câble restent en surface. Grâce à son faible diamètre, cette pompe peut être installée dans les puits de forage. Elle s'adapte aussi aux systèmes d'évacuation d'eaux pluviales.

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com



7.4. Pompe surpresseur

Auto-amorçante, la pompe surpresseur s'enclenche automatiquement en cas de besoin. Elle a pour fonction **d'augmenter la pression** dans les conduits d'eau. Pour pallier les problèmes de sous-pression dans l'habitat liés à une mauvaise distribution ou pour régulariser et/ou surélever la pression d'une pompe de relevage/surface, on équipe son installation d'un surpresseur voire d'un réservoir à vessie pour plus d'efficacité, d'économie et pérennité.

7.5. Motopompe

Pour aspirer et/ou vider de l'eau en toute autonomie et à usage soutenu, on utilise une motopompe.

8. D'autres traitements appliqués à l'eau

- **System UV**

A part la filtration, le rayonnement UV assure une place importante dans le domaine de la désinfection de l'eau. L'action stérilisante, est due à la perturbation apportée par les radiations ultra-violettes dans la structure chimique des constituants de la cellule vivante, et par suite, de leur fonctionnement.

Avantages :

- ✓ L'ultraviolet fonctionne sans ajout de produit chimique
- ✓ Facile à opérer et exige peu d'entretien
- ✓ Assurer une eau potable de qualité, et cela, sans y changer le goût

Inconvénient

- Nécessite une préfiltration afin de s'assurer de l'efficacité du système ultraviolet éliminant ainsi certains minéraux

9. Installer son système hydroponique, Gérer mon système hydroponique

9.1. installer mon système ? Ce qu'il faut savoir

Avant de commencer le montage de la serre, il est primordial de bien choisir son emplacement. Il faut implanter la serre dans un endroit où il y a le moins d'ombre possible. Il faut éviter si possible de la placer à l'ombre des arbres, des clôtures ou des arbustes. Donc, il est préférable d'éviter les endroits ombragés, pour que la serre se réchauffe au contact direct avec les rayons du soleil.

Il est aussi important de ne pas placé l'installation hydroponique dans un adroit non protégé du vent car des vents forts peuvent endommager la structure. De plus il serait préférable que l'installation soit proche d'une source d'eau, pour éviter des dépenses importantes dans l'apport de l'eau.

- ➢ **Comment orienter sa serre**

L'orientation de la serre va dépendre de vos besoins et de ce que vous souhaitez y faire.

Si vous souhaitez cultiver des légumes de l'été jusqu'à l'automne, orientez votre serre Nord-Sud (voir le dessin ci-contre) . Elle bénéficie ainsi des premiers rayons du soleil du matin et se réchauffe vite ; et au coucher du soleil la température dans la serre est maintenue jusqu'au dernier rayon.

ILYES SAIDANI +216.93342739



Si votre objectif est d'y hiverner des plantes, de cultiver des légumes de l'hiver jusqu'au début du printemps, orientez l'entrée de la serre au Sud, et les deux plus grandes faces à l'Est et à l'Ouest, pour profiter un maximum du soleil bas de l'hiver.

En région Nord, où le soleil chauffe peu, orientez les faces les plus longues face au sud, vous lui assurerez ainsi le meilleur ensoleillement possible. De plus, les pignons seront placés est-ouest, ainsi la construction résistera mieux aux vents violents.

Si la serre est directement adossée au mur de la maison, de préférence celui orienté au sud, cela permet de bénéficier de la chaleur et de la protection du bâtiment. Cette option permet d'exploiter l'espace dédié à la végétation comme lieu de vie près de la maison.

Placez la porte du côté le moins exposé au vent dominant. Enfin, évitez les fonds de vallées ou les cuvettes, préférez les coteaux ou les zones plates de votre terrain. En cas de fort ensoleillement, l'effet de serre risque de faire surchauffer vos plantes. Un rideau de soleil protégera vos semis et plantations. Pour utiliser au maximum l'espace intérieur, disposer des étagères ou tables de cultures dans votre serre. La serre est traditionnellement en verre horticole de 3 mm. Plus solides, les panneaux en polycarbonate assurent une résistance aux intempéries.

9.2. Que peut-on produire et Que ne peut-on pas produire ?

- ✓ **Les plantes qui poussent bien dans une serre hydroponique**

Les serres hydroponiques peuvent produire des rendements plus importants qu'une serre traditionnelle, mais pour un succès maximal, le producteur doit comprendre ce qu'il faut pousser et ce qu'il ne faut pas cultiver. Certaines plantes peuvent se propager trop pour cultiver

ILYES SAIDANI +216 93342739

correctement dans une serre hydroponique. D'autres plantes peuvent être des plantes météorologiques fraîches et ne pourront pas supporter les températures élevées constantes pour lesquelles d'autres plantes pourraient avoir besoin de prospérer. Ensuite, il existe d'autres plantes qui ont besoin d'une attention particulière, si vous décidez de les cultiver dans une serre hydroponique, il faut donc connaitre la meilleure plante appropriée à la zone de l'installation de système hydroponique.

Dans un système hydroponique, on peut produire des légumes fruits (Tomate , poivron …) et des légumes feuilles (laitue, persil …) ,aussi en peut produire le concombres, aubergines, diverses salades, fraise et herbes aromatiques (Basilic. Menthe, sauge…).

Les fleurs peuvent aussi être obtenues par culture hydroponique.

- ✓ **Les plantes qui ne poussent pas dans une serre hydroponique**

Les plantes qui prennent beaucoup d'espace pour se développer sont peu propices à la croissance dans ce type de serre. La pastèque et d'autres melons, la courge et le maïs sont certains de ces légumes. Ils gagnent énormément d'espace pour se développer.

Beaucoup de plantes ont besoin des abeilles pour les polliniser, car elles ont des fleurs mâles et femelles sur elles. Ces plantes sont un peu laborieuses pour être cultivées dans le domaine de l'hydroponie, puisque vous n'avez pas d'abeilles à l'intérieur de la structure. Cependant, si vous êtes prêt à apprendre la tâche laborieuse de polliniser ces plantes vous-même, certains d'entre eux vont toujours bien dans ce contexte.

9.3. Semis et Transplantation : Quand, Où et comment ??

- ❖ **Quand**

Pour favoriser la semis, le maraîcher doit connaître les conditions optimales favorables à ce phénomène, en particulier pour la température et l'humidité relative. Exemple : la pastèque ne peut pas être semée trop tôt et on attend généralement la fin du printemps (mars, avril) pour pratiquer le semis vu que c'est une espèce très exigeante en température.

On doit aussi tenir compte de la dormance parce qu'il y a des graines qui germent directement (tomate, piment) mais d'autres qui demandent une période de dormance de 5 à 6 mois (chicorée, aubergine…) ou encore de 2 à 3 mois (tubercules de pomme de terre).

Exemple 1 : Tomate

ILYES SAIDANI

	Semis	**Plantation**	**Récolte**
Saison **Saison tardive**	15 janv. → Fin fév. 15 avril → 15 mai	1er mars→15 avril 15 mai → 15 juin	Juin → Octobre Sept. → Déc.
Arrière saison **En plein champ** **Sous serres**	 15 juillet → 15 août 15 août → 15 sept.	 15 août →15 sept. 15 sept. →15 octobre	 Novembre → Février Décembre → Mars
Primeur **Sous serres** **Sous tunnels**	 1er →30 octobre 1er →30 novembre	 15 nov. →15 déc. 15 déc. →15 janv.	 Février → juin Avril → juin

Exemple 2 : Piment

Culture	**Semis**	**Plantation**	**Récolte**
Saison	15/01→01/03	15/03→15/04	Juin → Oct.
Saison tardive	1/04→30/04	15/05→15/06	Sept. → Déc.
Arrière saison (Sous tunnel ou sous serre)	15/07 → 30/07	1/09 → 15/09	Nov. → Juin
Primeur (sous serre)	15/11 → 30/11	15/01 → 30/01	Mai → Juillet

Exemple 3 : Laitue

Culture	**Semis**	**Plantation**	**Récolte**
Culture d'automne	15/07 → 30/08	15/08 → 30/09	Oct → Janv
Culture d'hiver	01/09 →15/10	01/10 →15/11	Déc → Fév

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Culture de printemps	15/10 → 30 /11	15/11 → 30 /12	Fév → Avril
Culture d'été	01/12 → 15/01	01/01 → 15/02	Mars → Juin
Culture de plein été	Fév → Mars	Mars → avril	Juin → Août

❖ **Où et comment ??**

Sept étapes pour semer des graines en utilisant des plateaux de propagation

1) Remplissez un plateau de semis avec le milieu de culture tels que le compost ou la fibre de coco.

2) Semer les graines dans des trous d'environ 0,5 cm de profondeur, Recouvrez les trous avec le support restant sans le compacter.

3) Placer le plateau dans une zone ombragée et irriguer. Les systèmes automatiques d'arrosage réduisent le travail.

4) Après la germination et dés que les premières feuilles apparaissent, commencez à durcir les semis en les mettant dans une lumière de plus en plus intense pendant quelques heures par jour.

5) Fertiliser les semis une fois par semaine avec un engrais organique doux à base de phosphore Afin de renforcer leurs racines (facultatif).

6) Continuez à cultiver les semis pendant au moins deux semaines après la première apparition des feuilles pour assurer une croissance adéquate de la racine.

7) Transplanter les semis dans le système lorsqu'une croissance adéquate est atteinte et que les plantes sont suffisamment fortes.



Plante de laitue avec du sol retiré des racines avant transfert dans une unité hydroponique

ILYES SAIDANI +216 93 342 739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Après la germination ,toute les plantes doivent petre transplanté dans leurs nouveau milieu de criossance,la transplantation doit être soit directement dans le système, soit transplantée dans un nouveau pot.

La transplantation de semis obtenus à partir du sol n'est pas recommandée; Cela ne devrait être fait que si cela est strictement nécessaire. Dans ce cas, tout le sol doit être éliminé très doucement du système racinaire car il peut transporter des agents pathogènes végétaux. Ce processus de lavage est très stressant pour les semis et il est possible de perdre 4-5 jours de croissance pour que la plante s'adapte à de nouvelles conditions. Ainsi, il est préférable de commencer le semis des graines en utilisant des milieux inertes (laine de roche, vermiculite ou fibre de coco) dans les plateaux de propagation comme le montre ci-dissus. De cette façon, les semis peuvent être transplantés avec un minimum de choc. Des plantes plus grandes provenant de pots peuvent également être plantées, mais encore une fois, le sol doit être enlevé. Évitez de transplanter au milieu de la journée parce que les racines des plantes sont extrêmement sensibles à la lumière directe du soleil et les feuilles peuvent faire face au stress hydrique en raison des nouvelles conditions de croissance. Il est recommandé de planter au crépuscule afin que les jeunes plants aient une nuit pour s'acclimater dans leur nouvel environnement avant le soleil du matin.

Transplantation en lit de culture

* lorsque vous plantez en lit de culture, lors de plantation de plante en gravier ou de tout autre milieu de culture, écarter simplement le gravier et creusez un trou assez grand pour contenir la plante. Plantez environ de 5 à 7 cm sous la surface du gravier de sorte que les racines sont partiellement immergées dans l'eau. Ne pas planter trop profondément, ce qui permettrait à l'eau de contacter la tige ou les feuilles et pourrait entraîner une maladie (pourriture des cols).

ILYES SAIDANI 26342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Step-by-step procedure of transferring a seedling into a media bed unit. Removing the seedling from the nursery tray (a); digging a small hole in the medium (b); planting the seedling (c); and backfilling with medium (d)



Transplantation en système NFT

* Pour planter dans les tubes NFT, le semis doit être soutenu par un tube court ou une tasse nette contenant 3-4cm de substrat (gravier, bille d'argile..) ou d'autres milieux de culture. Le reste de la tasse nette doit être rempli avec un mélange de gravier et un milieu retenant l'humidité tel que le compost ou la fibre de coco. Le moyen aide à retenir l'humidité car les racines des jeunes plantes ne touchent que faiblement l'écoulement d'eau à l'intérieur du tuyau de croissance. Si la fibre de coco ou le compost n'est pas disponible, tout support standard suffira. Après une semaine, les racines se sont étendues au delà du pot et dans les tubes NFT de croissance avec un accès complet à l'eau qui coule le long du fond des tubes NFT.

ILYES SAIDANI

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Preparing the seedling, growing medium, net cup and extender for an nutrient film technique unit (a); placing the seedling and medium into the net cup (b); and inserting the net cup into the grow tube (c)



Transplantation en système DWC

* comme la plantation dans les systèmes NFT, les systèmes DWC ont besoin de l'installation à l'aide d'une petite tasse net remplie de 3-4 cm de milieu inerte. Lorsque le semis est bien supporté, placez-le dans l'un des trous réalisés au niveau de polystyrène pour flotter au dessus de l'eau. Le fond de la tasse nette devrait simplement toucher le niveau de l'eau.

Preparing the seedling, growing medium, and net cup for a deep water culture unit (a); placing the seedling and medium into the net cup (b); and inserting the net cup into the floating raft (c)



9.4. Nutrition de la plante en fonction de son type et de son stade de croissance

La nutrition minérale des plantes varie selon l'espèce, la variété et selon le stade de croissance de plante.

L'absorption des sels est influencée par le stade de croissance. En effet lorsque la plante est en développement pendant les premiers stades, ces besoins sont différents de ceux lorsque la plante est développée. Les jeunes pousses ont une biomasse moins réduite donc ces besoins sont moins accrus que les plantes les plus âgées.

ILYES SAIDANI 16.933427 39

9.5. Les indicateurs à suivre au quotidien et entretien général du système

La production de cultures dans les systèmes hydroponiques nécessite toujours une maintenance. La liste suivante peut sembler beaucoup de travail ; Cependant, à mesure que vous devenez expérimenté, la plupart des tâches et des contrôles ne prendront que quelques minutes par jour.

Quotidien

* Vérifier le réservoir pour les niveaux d'eau, les fluctuations de pH et de EC.
* Vérifier la température ambiante et les pourcentages d'humidité.
* Si vous utilisez du CO2, le système de CO2 doit être vérifié pour s'assurer qu'il fonctionne correctement.
* Vérifier l'arrosage. Si une pompe échoue, elle devrait être remplacée immédiatement. Si les gouttеurs sont bloqués, ils doivent être nettoyés ou remplacés immédiatement.
* Vérifiez les plantes pour les maladies et les infestations d'insectes. Il est toujours préférable d'arrêter tôt les épidémies de maladies et d'insectes. Plus une infestation est longue, plus il sera difficile de guérir, les pertes de rendement seront élevées et Les dégâts aux cultures seront possibles.
* Vérifiez les plantes pour la décoloration des feuilles et les déformations qui peuvent être causées par des problèmes tels que les déficiences en éléments nutritifs ou la combustion des éléments nutritifs (suralimentation)
* Changer complètement le réservoir de nutriments au moins toutes les deux ou trois semaines.
* L'hygiène des cultures est extrêmement importante. Couper et jeter les feuilles malades. Si une plante est gravement malade, il est toujours préférable de jeter une ou deux plantes pour lutter contre les épidémies qu'il ne faut détruire une culture complète, de même pour les infestations d'insectes, en particulier les araignées.
* Entretien général - les ampoules défectueuses, les moteurs légers, les ventilateurs, les conduites mobiles, les fuites etc. doivent être remplacés immédiatement en cas de panne ou réparés.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Hebdomadaire

* Le milieu de croissance (substrat) doit être rincé une fois par semaine pour empêcher le blocage des éléments nutritifs.

* La pulvérisation foliaire pour les maladies et les insectes nuisibles devrait être faite chaque deux semaine pour éviter les épidémies.

* Périodiquement, rincer un mélange d'eau propre et de peroxyde d'hydrogène dans votre système pour garder la tuyauterie propre et sans accumulation néfaste. Vous devriez maintenir la propreté de votre système en tout temps.

Fin de chaque culture

* Le système hydroponique doit être complètement désinfecté à la fin de chaque culture. Cela minimisera la transmission des maladies à la prochaine récolte.

* La salle de croissance doit être désinfectée avec des insecticides et des fongicides. Les murs, les planchers, les plafonds et l'équipement doivent être essuyés pour éliminer les insectes et les spores des champignons. Cela minimisera aussi la transmission des maladies à la prochaine récolte.

11. Irrigation

Méthode 1 :

Les besoins en eau (ET_c) correspondent à la hauteur d'eau nécessaire pour contre balancer les pertes en eau par évapotranspiration. Il s'agit de la quantité d'eau dont la plante a besoin pour croître de façon optimale. Ces besoins se calculent en appliquant la formule suivante:

$$\mathbf{ET_c = K_c \,.\, ET_0}$$

ET_c : évapotranspiration de la culture = besoin de la plante (en mm /jour).

ET_0 : évapotranspiration potentielle (en mm /jour).

K_c : coefficient cultural, varie selon le stade végétatif .

Variation du K_C en fonction des stades de développement

ILYES SAIDANI +216.93342739

Stade de développement	K_c
Du semis au début de floraison	**0.50**
De la floraison du 1er bouquet à celle du 2ème bouquet	**0.65**
De la floraison du 2ème bouquet à celle du 4ème bouquet	**0.80**
De la floraison du 4ème bouquet au début de la récolte	**1.10**
Du début de la récolte à la mi-récolte	**1.00**
De la mi-récolte à la fin de la récolte	**0.90**

Besoin brute (Bb) :

Le besoin brut en eau est la quantité d'eau à apporter en prenant compte de l'uniformité du réseau d'irrigation et de la fraction de lessivage et il est calculé comme suit :

Bb= Bn / (Cu* (1-Lr))

Avec : Bb : besoin brute de la plante en mm/ jour

Bn : besoin net

Cu : coefficient d'uniformité du réseau d'irrigation (CU= 0.93 car on utilise une irrigation gouttes à gouttes)

Lr : fraction de lessivage qui exprime la dose supplémentaire à ajouter à la dose demandée par la plante pour lessiver les sels apportés par l'irrigation

Lr= ECi / (2* EC max)

ECi : conductivité électrique de l'eau d'irrigation

EC max : conductivité électrique maximale tolérée par la culture

Temps d'arrosage (T_a)

Le temps d'arrosage est le temps ou la durée du temps qu'il faut irriguer quotidiennement pour satisfaire le besoin brut de la plante en tenant compte des caractéristiques du réseau d'irrigation. Cette période se calcule comme suit : **T_a= Bb/P_{fic}**

Avec

Pfic = (Q * Ng/ ha) / 1000

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Q : Débit d'un goutteur en litre par heure

Ng/ ha : nombre de goutteur par hectare

Noté bien que : 1mm = 10 m^3 / ha

C'est l'idéal d'établir d'un programme d'irrigation

Méthode 2 :

***Calcul du volume à apporter à chaque irrigation**

Le déclenchement d'une irrigation doit intervenir lorsque 20 % de la RFU sont consommés.

V = Volume à apporter à chaque irrigation

RFU = Réserve Facilement utilisable ou Disponibilité ou rétention en eau

VS = Volume de substrat / plant (volume du pain de coco / nombre de plant)

Taux de drainage = 30 % Volume de RFU consommé = 20 %

V = (RFU*VS*20 %) +30 % * V1

Avec V1 : RFU*VS*20 %

***Calcul du temps d'irrigation**

T = Temps d'irrigation en minute

D = Débit en litres / heure d'un goutteur pour chaque plante

(D= débit/h de tous les goutteurs / le nombre total de plants)

V = Volume à apporter en ml

T = (60/ (D*1000))*V

Fréquence d'irrigation

• Une fois le temps d'arrosage défini, celui-ci reste invariable.

• Ce sont les fréquences qui doivent varier en fonction du développement des plants

• Le nombre de fréquence quotidienne doit répondre aux besoins de la plante par rapport aux taux de drainage.

Exemple : • Pour une culture, la fréquence sera de 5 à 10 sur un substrat à faible rétention (bille d'argile) et seulement 3 à 7 pour un substrat à forte rétention (fibre de coco).

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Méthode 3 : Avec un tensiometre connecté

Le déclenchement d'une irrigation doit intervenir lorsque 20 % de la RFU sont consommés (sinon stress hydrique).

9. Exemple de mise en place d'un système hydroponique pour la production de laitue en Cananda

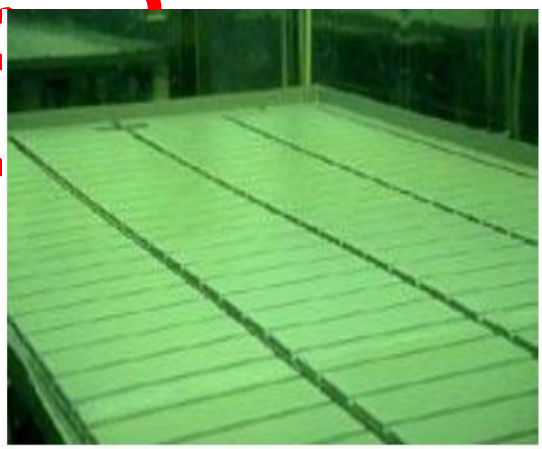
9.1. Matériel de la serre

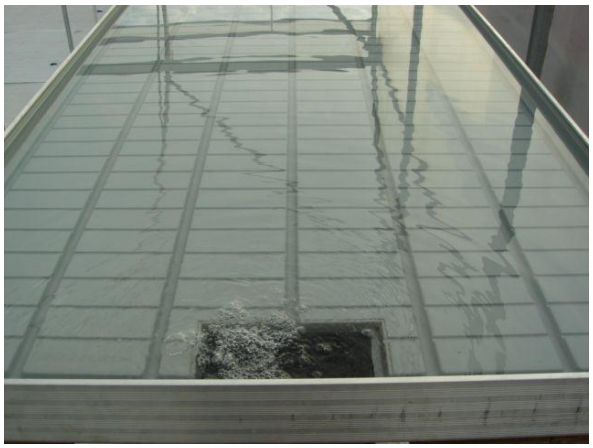
Une importance fondamentale pour la production de laitue hydroponique sont les composantes physiques de la zone de germination et de la zone de développement de la culture après la germination. Il faut avoir non seulement une idée des composants physiques associés à chaque étape, mais aussi une bonne compréhension de leurs objectifs.

9.1.1. Zone de production de pépinière ou de semis

Les premiers 11 jours de production de laitue ont lieu dans la zone de production de semis. Les semis se développent mieux dans des conditions d'éclairage constante avec une température, une humidité relative, un dioxyde de carbone et une irrigation spécifiques, étroitement contrôlées. Ces conditions ne peuvent être satisfaites que dans une zone contrôlée, qu'il s'agisse d'une serre ou d'une salle de croissance, avec les équipements suivants :

- ✓ Banc de systeme Flux-reflux, tables ou étangs
- ✓ Réservoir de solution et plomberie
- ✓ Eclairage supplémentaire
- ✓ Capteurs

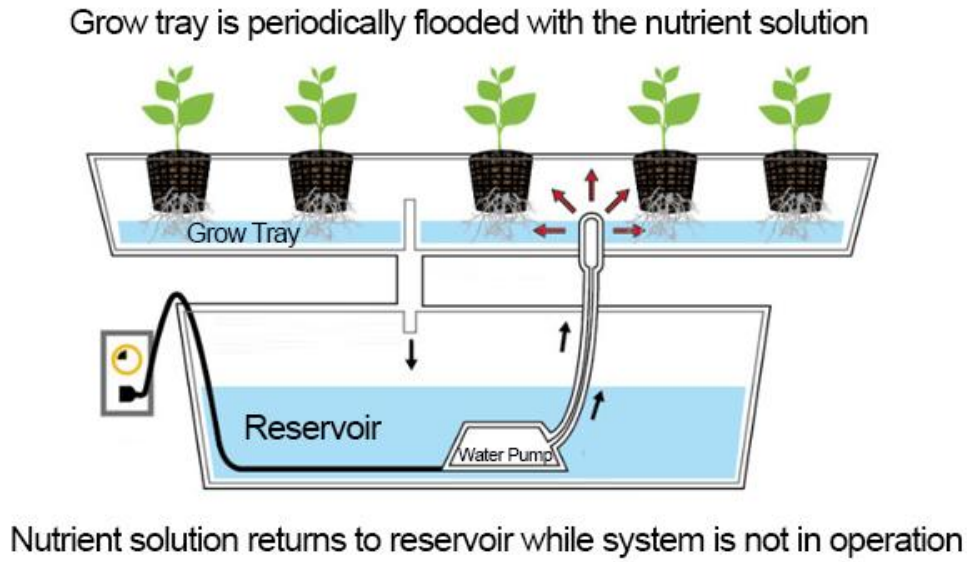




ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Figure 1 : le banc en train d'être inonder par la sous-irrigation.



Pour fournir uniformément les semis en germination avec de l'eau et des nutriments, les bancs de systeme Flux-reflux (environ 2,5 par 1,3 m) sont périodiquement (2 à 4 fois par jour pendant environ 15 minutes) inondés. Ces bancs ont été spécifiquement conçus pour fournir de l'eau et des nutriments par sous-irrigation. Grâce à une pompe et une tuyauterie, la solution d'engrais est pompée dans le banc. La solution est ensuite vidée automatiquement après une période de temps donné.



Figure 2: Banc pour semis

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com



Figure 3: Zone de plantation sur un étang dans la serre



Figure 4: Disjoncteur à la fin d'une baguette pour arroser à la main.

Les plateaux sont placés sur les bancs de systeme Flux-reflux (Figure 2) ou sur un étang (Figure 3) et sont arrosés par un tuyau qui a un disjoncteur (voir la figure 4 ci-dessus) qui ralentit le vitesse d'arrosage d'eau pour que les semis fragiles ne soient pas endommagés.

ILYES SAIDANI 216.93 342739

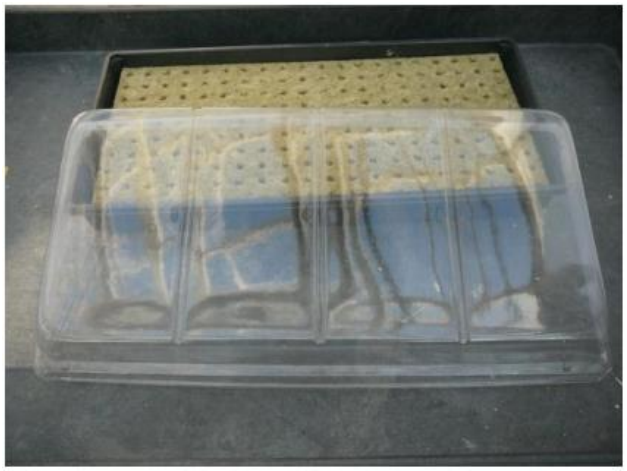


Figure 5 : Couverture d'humidité portée contre une feuille de laine de roche

Des couvertures d'humidité (Figure 5) sont utilisées pour fournir un environnement d'humidité élevé autour des graines en germination.

- **Réservoir de solution et plomberie**

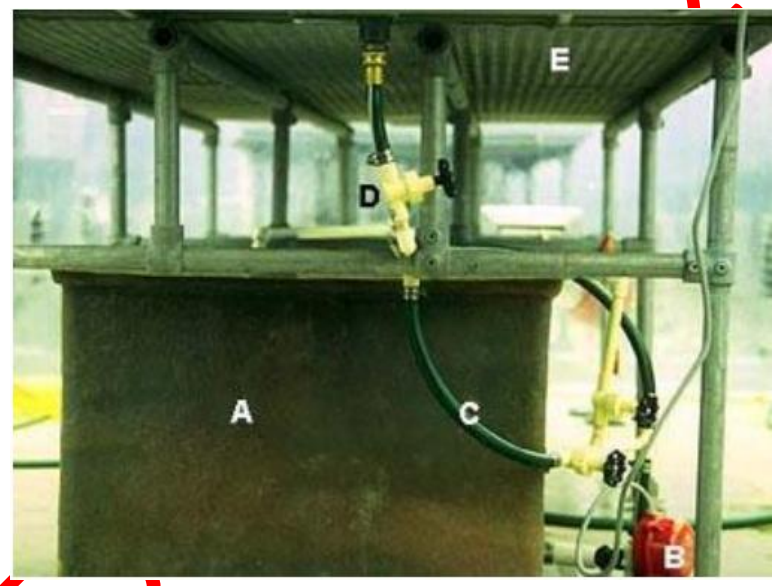


Figure 6. Réservoir de solution de nutriments réservoir en fibre de verre (A), pompe (B), tuyauterie (C) et vanne (D). Le fond du banc de germination peut être vu dans (E).

Un réservoir de fibre de verre (A) voir la figure 6, détient la solution nutritive utilisée pour le sous-irrigation des semis. Un réservoir en plastique pourrait également être utilisé mais peut ne pas être aussi solide que la fibre de verre. Des précautions doivent être prises pour procurer un récipient en plastique qui ne se dégradera pas rapidement en plein soleil si la zone de

ILYES 216.93342739

germination est en serre. Tout réservoir utilisé devrait être suffisamment opaque pour éviter la croissance des algues. Environ 250 L de solution nutritive est suffisante pour amorcer le système (avec une taille de banc indiquée ci-dessus), remplir le banc et fournir une solution nutritive pour les 11 premiers jours de croissance pour environ 2000 semis. Une petite pompe (B) de puissance 1/50 HP est utilisée pour pomper la solution au banc. La tuyauterie (C) doit être flexible pour s'adapter aux besoins particuliers de la zone de germination. Une vanne d'étranglement ou de vanne (D) est incluse pour contrôler l'écoulement de la solution nutritive sur le banc de systeme Flux-reflux. Le fond du banc de sous-irrigation (E) est visible dans la photo ci-dessus.

La pompe peut fonctionner sur un minuteur afin que l'irrigation puisse se produire sans intervention humaine.

- **Éclairage**

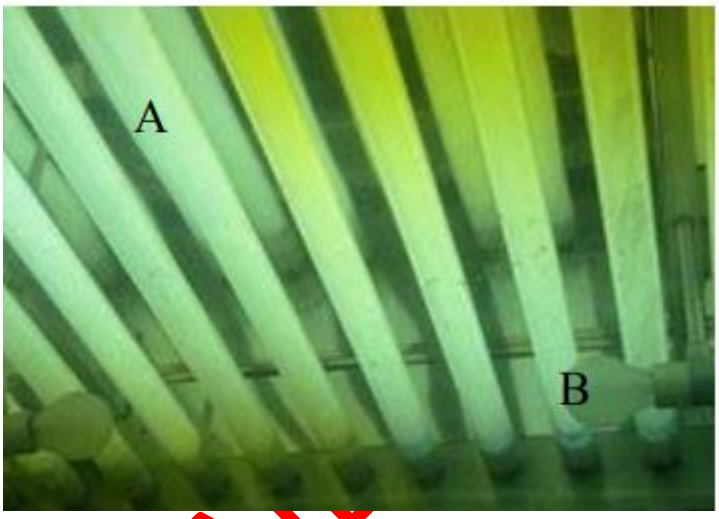


Figure 7 : Éclairage fluorescent (A) et incandescent (B) dans la salle de croissance. L'éclairage fluorescent est utilisé pour la production de biomasse végétale et l'éclairage incandescent est utilisé pour le contrôle de la photopériode.

- **Chambre de germination**

ILYES SAIDANI +216.93342739



Figure 9 : Eclairage à haute intensité (HID) dans une serre

Si la germination des semis est effectuée en serre, on recommande une lumière émit par des lampes telque les lampes à vapeur de sodium sous haute pression (Figure 9).

- **Configuration et intensité de l'éclairage**

Les lampes doivent être configurées pour une répartition uniforme de la lumière sur toute la zone de culture. L'intensité lumineuse est maintenue à au moins 50 µmol/m2/s de PAR (rayonnement photo-synthétiquement actif , Les mesures de PAR donnent une indication de la quantité possible de photosynthèse et de croissance effectuée par la plante) pendant les premières 24 heures, les graines sont conservées dans la zone de germination.

Pour les 10 jours restants, l'intensité lumineuse est maintenue à 250 µmol/m2/s.

La photopériode (ou la durée du jour ou la durée d'éclairement par jourss) est de 24 heures. Des photopériodes plus courtes sont acceptables si l'intensité lumineuse augmente.

I est important de mesurer régulièrement la luminosité des lampes. Si l'intensité de la lumière descend en dessous d'un niveau acceptable (par exemple 200 µmol/m2/s), de nouvelles lampes devraient être installées. Un capteur quantique peut être utilisé pour mesurer la quantité de PAR.

- **Zone d'étang**

Les concepts impliqués pour les étang sont les suivants:

- ✓ Taille de l'étang
- ✓ Solution nutritive
- ✓ Construction
- ✓ Design d'étang
- ✓ Éclairage

ILYES SAIDANI +216.93342739

- ✓ Ventilateur à palette
- ✓ Capteurs

➢ **Taille de l'étang**

Par exemple, pour la production de 1245 têtes par jour, une superficie de 660 m^2 est nécessaire. Les plantes de laitue sont cultivées dans la zone de l'étang pendant 21 jours. Cela comprend un ré-espacement des plantes au jour 21, de 97 plantes /m^2 à 38 plantes / m^2.

➢ **Solution nutritive**

Deux portions égaux de Solutions A et B (voir les formules en annexe) sont ajoutées à l'eau d'osmose inverse à fin d'obtenir une EC de 1200 µS / cm ou 1,2 dS / cm.

➢ **Construction**



Figure 12 : La photo de gauche montre un étang . La photo de droite montre un étang de béton

➢ **Conception**

La zone de l'étang (propagation de la culture) est conçue pour permettre un espacement des plantes (également appelé ré-espacement). Pour faciliter le processus d'espacement, plusieurs étangs fonctionnent en parallèle. Les plantes sont cultivées dans l'un des étangs entre les jours 11 et 21. Après ré-espacement (de 97 plantes m^{-2} à 38 plantes m^{-2}), les plantes sont déplacées dans l'un des étangs où elles seront cultivées pour deux Semaines (jour 21 à jour 35).

➢ **Éclairage**

ILYES SAIDANI 216.93342739

Une répartition uniforme de la lumière est nécessaire dans la zone de culture des étangs.

Des consultants indépendants d'éclairage ont des logiciels spécialisés pour déterminer le nombre et le placement appropriés des lampes nécessaires pour une intensité lumineuse spécifique et uniforme. Il est essentiel d'avoir l'installation correcte du système d'éclairage..

- **Ventilateur à palette**



Figure 14 : Ventilateur à palette pour augmenter le mouvement de l'air vertical et donc l'évapotranspiration. Ceci est important pour la prévention de la brûlure des pointes

Un ventilateur aérien comme une ventilateur à palette (figure 14) sert à souffler l'air verticalement vers le bas sur les plantes de laitue à raison de 43 m^3 par minute. Le flux d'air augmente la transpiration de des culture. Cette augmentation de la transpiration augmente le transport des nutriments, en particulier du calcium, des racines aux jeunes feuilles de laitue à croissance rapide. Le plus grand taux de transport d'éléments nutritifs fournit des quantités suffisantes de calcium aux feuilles et, par conséquent, empêche les brûlures des pointes. Sans ce flux d'air, la laitue doit être cultivée sous des niveaux de lumière réduits ralentit le taux de croissance.

ILYES SAIDANI +216.93342739

9.2. Composants du système

9.2.1. Capteur d'oxygène dissous

La plupart des fabricants recommandent que les capteurs d'oxygène dissous soient calibrés quotidiennement. Les capteurs modernes sont assez stables et ne seront probablement pas étalés dans un court laps de temps. N'oubliez pas que vos données sont aussi bonnes que votre calibrage, alors assurez-vous d'étalonner régulièrement tous les capteurs.

Un capteur portatif est toujours un outil de dépannage essentiel et devrait toujours être disponible.

9.2.2. Pompe centrifuge submersible compacte

Spécifications: 0.02 HP, 75 W, max. 1.5 ampères

9.3. Technologie informatique et surveillance

La technologie informatique fait partie intégrante de la production de laitue hydroponique. Un système de contrôle informatique (exemple : Argus, Hortimax, Priva) devrait être utilisé pour contrôler l'environnement abiotique. Différents capteurs sont utilisés pour surveiller les paramètres de l'environnement de serre. Ces paramètres comprennent la température de l'air de la serre, la solution nutritive, l'humidité relative, la concentration en dioxyde de carbone de l'air, les intensités lumineuses de la lumière du soleil, l'éclairage supplémentaire ainsi que le pH, les niveaux d'oxygène dissous et la conductivité électrique (EC) de la solution nutritive. Les capteurs communiquent les conditions environnementales à l'ordinateur de commande qui activera des mesures de contrôle de l'environnement telles que le chauffage, la ventilation et l'éclairage.

9.3.1. Importance biologique des paramètres environnementaux

9.3.1.1 Température

La température contrôle le taux de croissance de la plante. Au-dessus et en dessous de ces plages de température, l'activité enzymatique commence à se détériorer et, par conséquent, les processus chimiques ralentissent ou s'arrêtent. À ce stade, les plantes sont stressées, la croissance est réduite et, éventuellement, la plante peut mourir. La température de l'environnement de la plante doit être maintenue à des niveaux optimaux pour une maturation rapide et réussie. La température de l'air et de l'eau doit être surveillée et contrôlée.

ILYES SAIDANI +216.93342739

9.3.1.2.Humidité relative

L'humidité relative (HR) de l'air de serre influence le taux de transpiration des plantes. La haute HR de l'air à effet de serre provoque moins d'eau à partir des plantes, ce qui entraîne moins de transport de nutriments des racines vers les feuilles et moins de refroidissement des surfaces des feuilles. Des humidités élevées peuvent également causer des problèmes de maladie dans certains cas. Par exemple, une forte humidité relative favorise la croissance de la botrytis et de la moisissure.

9.3.1.3.Dioxyde de carbone ou CO2

La concentration de CO_2 de l'air à effet de serre influe directement sur la quantité de photosynthèse (croissance) des plantes. La concentration normale de CO2 à l'extérieur est d'environ 390 parties par million (ppm). Dans les serres, l'augmentation des concentrations de CO_2 à 1000-1500 ppm accélère la croissance. Le CO2 est fourni à la serre en ajoutant du CO2 liquide.

9.3.1.4.Lumières

Les mesures de lumière sont prises avec un capteur quantique, qui mesure le rayonnement photo-synthétiquement actif (PAR) dans les unités µmol / m^2 / s. PAR est la lumière qui est utile pour les plantes pour le processus de photosynthèse. Les capteurs à pied et les lux sont inappropriés car ils ne mesurent pas directement la lumière utilisée pour la photosynthèse.

9.3.1.5.Oxygène dissous

Les mesures d'oxygène dissous (DO) indiquent la quantité d'oxygène disponible dans la solution nutritive de l'étang pour les racines à utiliser pour la respiration. La laitue augmentera de manière satisfaisante à un niveau de DO d'au moins 4 ppm. Si aucun oxygène n'est ajouté à l'étang, les niveaux de DO vont tomber. L'absence d'oxygène dans la solution nutritive arrête le processus de respiration et endommage sérieusement et tue la plante. L'oxygène pur est ajouté au système de recirculation dans les étangs des grandes exploitations. Habituellement, le niveau est maintenu à 8ppm (7-10, aucun avantage à 20 ppm). Pour des systèmes suffisamment petits, il est possible d'ajouter de l'air à la solution à travers une pompe à air et une pierre d'air d'aquarium, mais le niveau d'oxygène dissous atteint ne sera pas aussi élevé que possible avec de l'oxygène pur.

9.3.1.6.Le pH

Le pH d'une solution est important car il contrôle la disponibilité des sels d'engrais. Un pH de 5,8 est considéré comme optimal pour le système de culture de laitue décrit, mais une gamme

ILYES SAIDANI +216.93342739

de 5,6 à 6,0 est acceptable. Les déficiences nutritionnelles peuvent se produire à des plages supérieures ou inférieures à la plage acceptable.

9.3.1.7.Conductivité électrique

La conductivité électrique (EC) est une mesure des sels dissous dans une solution. Comme les nutriments sont absorbés par une plante, le niveau de la CE est abaissé puisqu'il y a moins de sels dans la solution. Alternativement, la CE de la solution augmente lorsque l'eau est éliminée de la solution par les processus d'évaporation et de transpiration. Si la CE de la solution augmente, elle peut être abaissée en ajoutant de l'eau pure, par exemple, de l'eau d'osmose inverse). Si la CE diminue, elle peut être augmentée en ajoutant une petite quantité d'une solution concentrée d'éléments nutritifs.

9.3.2. Quelque consigne

Paramètres	**Consigne**
Température de l'air	24 C jour / 19 C nuit
Température de l'eau	Maximum de 25 ° C
Humidité relative	Minimum 50 et maximum de 70%
Dioxyde de carbone	1500 ppm si la lumière est disponible, ambiante (~ 390 ppm) si non
Oxygène dissous	7 mg / L ou ppm, échec de la récolte si moins de 3 ppm
pH	5,6-6

9.4. Production de laitue

Ce manuel est destiné à une production quotidienne de tête de lait de feuille de 150 grammes. La production de la culture de la laitue est séparée en deux zones de culture. Les graines sont commencées dans une zone de germination où elles germent et poussent pendant 11 jours. Ils doivent être ombragés de plein soleil le premier jour après la germination, mais peuvent ensuite être exposés à la lumière.

Le jour 11, les plantes sont transportées dans la serre dans la zone d'étangs où elles sont cultivées jusqu'au ré-espacement du jour 21 et enfin récoltées le jour 35.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Stade de germination

L'étape de germination est prévue pour les jours de production 0 à 11 et peut se produire dans une chambre de croissance ou une zone de pépinière en serre.

Jour 0 - Semis

La production commence par la fabrication des milieux de germination. Le média remplit 7 plateaux de 200 bouchons chacun (Plaque de laine de roche qui ont 10 x 20 cellules). Une graine de laitue est placée dans chaque trou (peut avoir 2 ou 3 dans la même trou). La laine de roche doit être humidifiée avec une solution nutritive qui a un pH relativement faible tel que 4.5 pour éliminer les poches de contaminants à haut pH. Les plateaux sont placés dans la zone de germination qui peut être un banc flux-reflux, une table ou un flotteur dans l'étang. Les plateaux sur un banc Flux-reflux sont sous-irrigués avec de l'eau osmosé pendant 1/4 heure toutes les 12 heures. Pour les 24 heures initiales, l'éclairage est maintenu à 50 µmol/ m^2/s avec une photopériode de 24 heures pour assurer une bonne germination si une salle de germination est utilisée. La température est réglée pour 20C dans la salle de germination. Les plateaux de semences peuvent être recouverts de couvercles d'humidité en plastique pour assurer une humidité relative élevée qui empêche la dessiccation.

Jour 1 - Ajustement à l'environnement



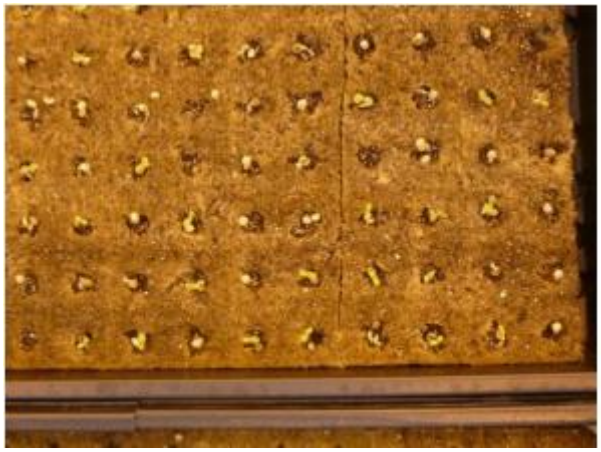
Une solution d'engrais est ajoutée à l'eau par le haut ou par le bas (par inondation) 24 heures après le semis. La CE de l'eau est maintenue à 1200 µS / cm. Le pH de la solution est ajusté à 5,8 avec une éventuelle addition d'une base, d'hydroxyde de potassium (KOH) et d'acide nitrique lorsqu'il est trop élevé.

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

La température est élevée à 25 ° C et les lumières ont augmenté à 250 µmol/m^2/s. Ces facteurs environnementaux sont maintenus pendant le reste du temps des cultures dans la zone de germination. La sous-irrigation continue pendant 1/4 heure toutes les 12 heures jusqu'au jour 6. La photopériode reste à 24 heures. Si on utilise un arrosage manuel, la même fréquence d'arrosage ne doit pas être utilisée, mais il faut prendre soin de ne pas sécher les médias.

Jour 2 - Diminution de l'humidité

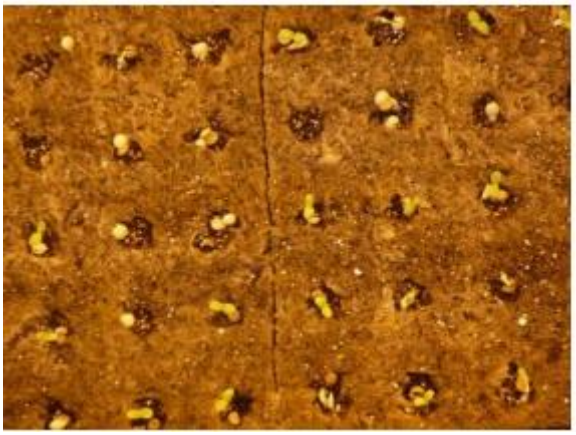


Les couvertures d'humidité en place aux jours 0 et 1 sont retirées au jour 2. À cette époque, la graine a germé et la radicule a commencé à pénétrer dans le substrat.

Des niveaux élevés d'humidité pendant les deux premiers jours de germination sont pour s'assurer que les graines ne se dessèchent pas. Les faibles niveaux de lumière pendant les premières 24 heures fonctionnent en conjonction avec une forte humidité pour éviter un séchage excessif des graines.

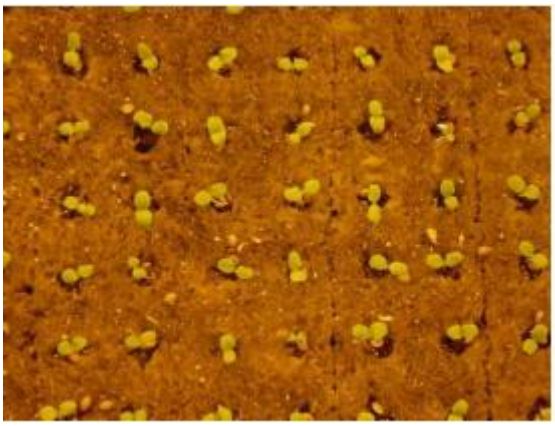
ILYES SAIDANI +216.93342739

Jour 3 - Suppression des semis doubles



Des semis doubles devraient être retirés des trous aux jours 3 ou 4 pour assurer une culture uniforme. Toutes les semences qui sont particulièrement importantes doivent être retirées afin qu'elles ne suppriment pas la croissance des plantes avoisinantes. En outre, le pourcentage de germination peut être déterminé pour surveiller la qualité des semences et les conditions de croissance appropriées à ce stade. Il est essentiel d'avoir des conditions environnementales cohérentes et une croissance constante des plantes au cours de cette étape.

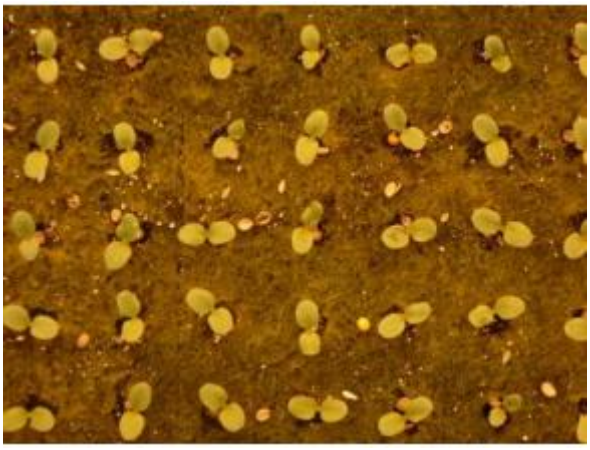
Jour 4 :



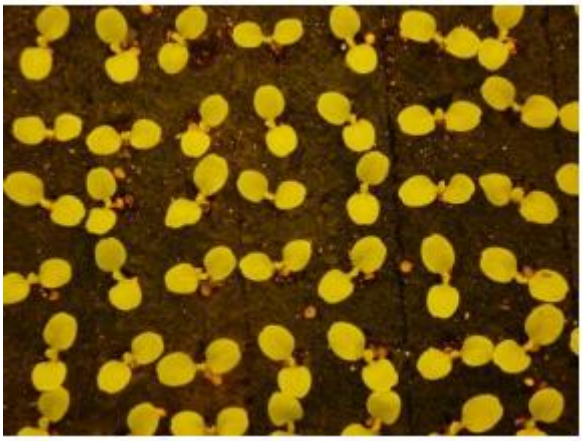
Jour 5 :

ILYES S... +216 93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

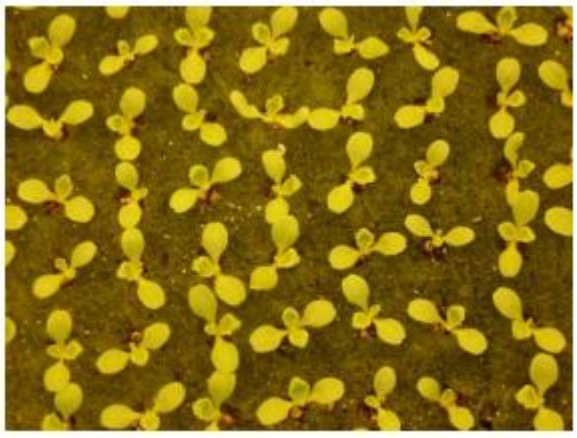


Jour 6 - Augmentation de la fréquence d'arrosage



Les semis de laitue ont atteint une taille telle qu'ils nécessitent maintenant un arrosage plus fréquent avec un fréquence de quatre fois par jour, ou toutes les six heures avec une durée de 15minutes .

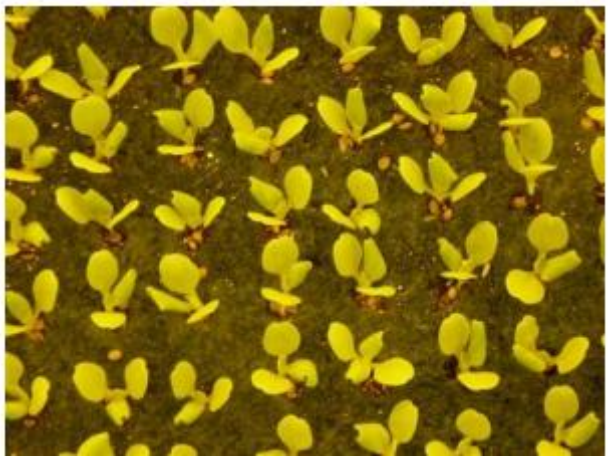
Jour 7



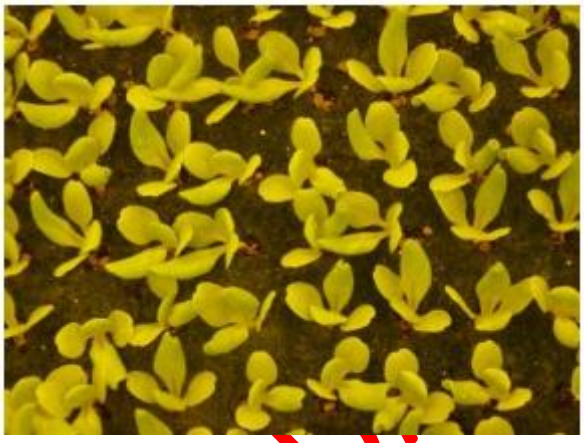
ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Jour 8



Jour 9



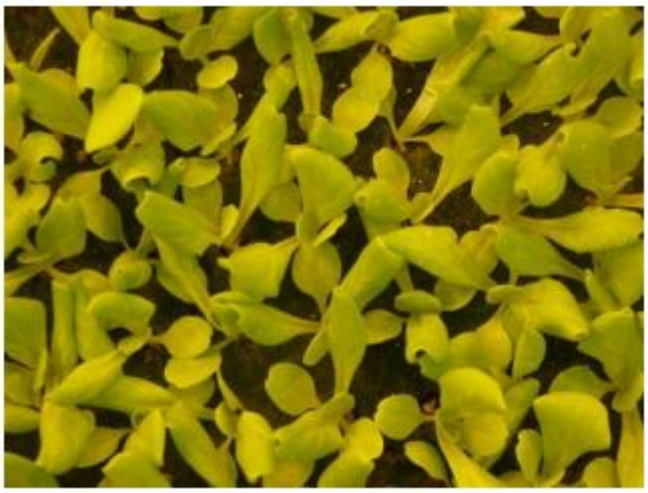
Jour 10



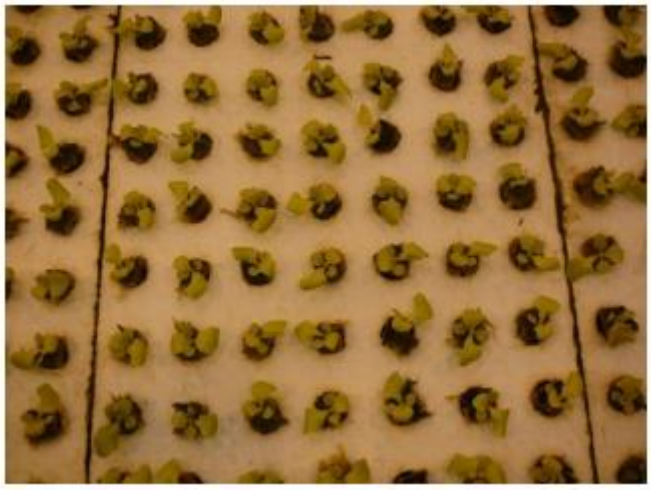
ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Jour 11



À ce moment, les feuilles commencent à se chevaucher. Les racines des semis ont augmenté dans le bas du plateau. Lors du transport des bouchons sur la zone de l'étang, évitez d'endommager ces racines exposées.



Jour 11: cette photo montre les plantes juste après la transplantation dans les flotteurs.

Transplantation

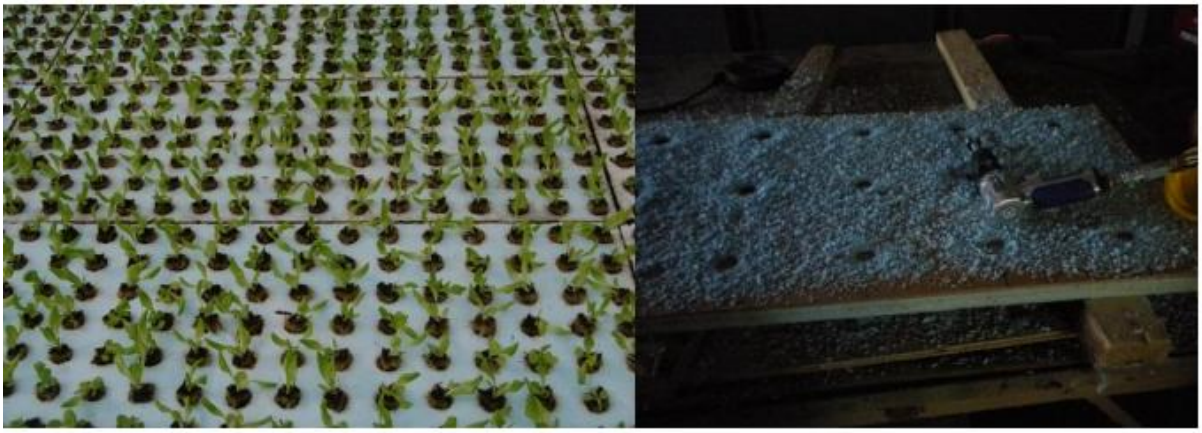
Le jour 11, les semis sont transportés dans la serre et transplantés dans l'étang. Avant la transplantation, les semis sont soigneusement sous-irrigués. La transplantation peut être programmée pour suivre les périodes normales de sous-irrigation afin d'éviter la dessiccation pendant le transfert.

ILYES SAIDANI 216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com

Les bouchons de semis flottent dans l'étang dans les flotteurs. Chaque flotteur est foré à la main avec un diametre adéquat.

Flotteurs en styromousse



Jour 21



Jour 35 – Récolte

ILYES SA 16.3 59

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com



Après récolte



Les flotteurs sont nettoyés entre chaque cycle de croissance avec une solution d'eau de javel faible (2%).

Pour la plus part des variétés de laitue, le PPF se situe entre 140 et 300 µmoles m^{-2} .s^{-1} (7560 lux à 16 200 lux) ou (48W par m2 à 102.6 W par m2 selon le type de lampe utilisé), il n'y a plus avantage à augmenter l'éclairement. Au niveau de la qualité de l'éclairement, dans, l'équilibre se situe entre 40% et 60 % de bleu. Pour ce type de laitue dite de printemps, l'apport de rouge lointain est néfaste au développement végétatif et provoque, même à faible dose, le développement reproductif de la plante (montaison).

ILYES SAIDANI +216.93342739

Tél : +216 93.342.739
E-mail : ilyes.saidani.is@gmail.com