

Département d'Agronomie

Licence (L3) : Production Végétale 2019-2020

Module : Cultures Maraichères

Cours N° 08 : Les Cultures hors-sol

Historique

L'idée de cultiver en hors sol, est apparue depuis longtemps comme une méthodologie pour établir les mécanismes de l'absorption racinaire des éléments minéraux, et pour étudier le fonctionnement des plantes.

En réalité, la découverte des cultures hors sol doit être attribuée à deux chercheurs allemands Knop et Sachs. Simultanément en 1860 et de manière indépendante, ces deux auteurs ont réussi à faire pousser des plantes sur des milieux entièrement liquides constitués d'eau additionnée de sels minéraux. Plus tard, dans les années 50, certains organismes de recherches en France, en Hollande s'intéressaient aux applications horticoles des cultures hors sol, mais il ne s'agit encore que d'étapes de pré-développement. Enfin, le véritable développement des cultures hors sol date des années 1975-1980.

Définition

Le terme culture hors-sol signifie « faire croître des plantes sans sol ». Elle est défini comme étant « une technique de croissance de végétaux non aquatique dont les racines plongent dans un milieu entièrement organique ou inorganique, et sont alimentées grâce à une solution nutritive » (MAXWELL, 1986).

MORARD (1995) définit les cultures hors sol comme « culture des végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol ».

Au sens strict, la culture hors-sol est la culture dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et isolé du sol. On parle souvent de cultures sur substrat, car ce milieu reconstitué repose souvent sur l'adoption d'un matériau physique stable : le substrat, parfois d'origine manufacturé et industriel, parfois d'origine naturelle.

Il existe des cas de culture hors-sol n'utilisant pas des substrats : cultures sur film d'eau ou hydroponiques : l'aéroponique, dans lequel des racines sont placées dans un brouillard nutritifs.

Domaine d'application

Ces techniques permettent la production de plantes à l'échelle domestique, mais peuvent également être utilisées pour la production commerciale. Elles s'adaptent à bon nombre de [légumes](#) (légumes feuilles, tomates, concombre, poivron, etc.), de fruits (essentiellement les fraises), d'herbes aromatiques et de plantes ornementales.

Avantages et Inconvénients des cultures hors-sol

Avantages

Parmi les avantages de cette technique, on cite:

- Elimination des problèmes liés au sol ;
- Economie d'eau et d'engrais minéraux ;
- Simplification des techniques culturales ;
- Gain en précocité ;
- Augmentation du rendement ;
- Produit de meilleure qualité ;

On peut ajouter un avantage qui est la suppression des travaux de préparation et d'entretien du sol, le labour, l'hersage, les binages, les désherbages

Inconvénients

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

- Coût d'installation et d'entretien élevé ;
- Maîtrise incomplètes des déchets (rejet de solution nutritive, certains substrats non recyclables).
- Contraintes liées à l'irrigation et à la fertilisation ;
- La limitation du système racinaire ;
- Le renouvellement fréquent de la solution fertilisante ;
- Le niveau élevé des compétences et connaissances requises ;

Les différents systèmes de cultures hors – sol

En général, ces systèmes sont classés en fonction de la présence ou de l'absence du substrat.

1- Les systèmes de cultures sans substrat

Ils peuvent être considérés comme plus simples puisqu'ils mettent directement en contact la solution nutritive étant le seul vecteur responsable de l'alimentation, ils évitent donc l'emploi d'un substrat et les contraintes qu'il occasionne (achat, mise en place, renouvellement ...).

L'Hydroponie: Elle représente la méthode la plus ancienne qui correspond à l'utilisation des premières solutions nutritives. Les racines des plantes plongent dans un milieu strictement liquide contenu dans un bac de culture en matière plastique opaque et il doit être extérieurement peint en blanc pour éviter l'échauffement du liquide intérieur. Le volume de solution à prévoir par plante dépend de sa taille (1 litre à 1.5 litres par plante aux premiers stades de développement et 10 litres et plus pour les plantes en période de fructification ou de maturation des fruits).

Nutrient film technique (N.F.T): Conçue par l'anglais COOPER en 1979, c'est la seule technique sans substrat utilisée en horticulture. Du fait de la difficulté d'aérer un liquide stagnant, le principe de l'oxygénation repose sur la circulation du milieu nutritif sous une

faible épaisseur d'où le nom de NFT : La solution nutritive s'enrichit en oxygène dissous au cours de son lent déplacement par échange avec l'air, au niveau de la surface du film liquide.

L'Aéroponie: Elle représente l'évolution la plus récente des technologies de culture hors sol et c'est aussi le système le plus sophistiqué: Les racines sont alimentées par un brouillard nutritif obtenu par nébulisation de la solution nutritive dans une enceinte close. Deux types de systèmes peuvent être utilisés pour produire des aérosols:

- Un nébuliseur est installé directement au fond de l'enceinte de culture et pulvérise la solution nutritive en fines gouttelettes
- La solution nutritive sous pression est injectée dans une buse qui la disperse sous forme de fines particules dans un conteneur clos

2- Les systèmes de cultures avec substrat

C'est la culture d'espèces végétales dans un milieu isolé du sol, par ailleurs, elle fait intervenir un substrat qui doit être normalement inerte. Cependant, l'utilisation de ces systèmes est très répandue dans la pratique pour plusieurs raisons:

- L'utilisation d'un substrat est un moyen simple et efficace pour assurer l'oxygénation du système racinaire. Le substrat est, par ailleurs, un milieu poreux dont les espaces lacunaires sont occupés par les fluides quand, le liquide s'écoule par gravité et est remplacé par un volume équivalent d'air, c'est cette alternance irrigation drainage qui assure le renouvellement de l'air et favorise donc l'apport de l'oxygène aux racines.
- Le substrat permet l'ancrage du système racinaire, cela évite le tuteurage des espèces de petite taille et diminue la difficulté de celui des cultures à grand développement (tomate, concombre)
- Après l'irrigation et percolation, le support solide conserve une partie de la solution nutritive à la surface et à l'intérieur des particules (porosité ouverte) ce qui assure une certaine réserve hydrominérale

Pour les systèmes de cultures hors sol avec substrat, il existe deux moyens pour réaliser l'apport de la solution nutritive:

- **La sub-irrigation:** La solution nutritive pénètre dans le substrat au niveau de sa partie inférieure, y demeure un certain temps puis elle est évacuée par gravité dans un réservoir.
- **La percolation:** La solution nutritive est distribuée par irrigation discontinue à la surface supérieure du système et qui percole par la suite vers le bas du substrat.

Substrats utilisés

Tous les substrats peuvent être classés en fonction de leurs inerties physique, chimique ou biologique.

1- Propriétés mécaniques

Pendant la durée d'utilisation, les propriétés mécaniques des substrats concernent essentiellement l'évolution de trois facteurs : la souplesse, le tassement et la dégradation

- **Souplesse et l'élasticité** : dépendent de la texture des particules élémentaires et de la granulométrie ;
- **Tassement au bas de l'enveloppe** : qui correspond à une dégradation des propriétés structurales initiales du substrat en fonction du temps ;
- **Dégradation** : est un phénomène assez proche du précédent, il correspond à la destruction de la structure ;

2- Propriétés physiques

Ce sont principalement les propriétés physiques des substrats qui optimisent l'absorption minérales et hydrique de la plante par a apport de solution nutritive et d'oxygène suffisant.

- **Porosité** : tous les substrats sont poreux, comportant en leur sein des cavités des « vides » dans lesquels se trouvent des fluides (liquide, gaz) ;
- **Rétention d'eau** : elle joue un rôle essentiel dans la capacité d'alimentation en eau des plantes et dans la stratégie d'irrigation ;
- **Teneur en air** : cette teneur est égale à la différence entre la porosité totale et la teneur en eau et inversement ;

3- Priorités chimiques

- **pH** : Le pH est une abréviation du potentiel d'hydrogène, permettant d'exprimer le degré d'acidité ou de basicité d'une solution aqueuse. Il dépend de la concentration des ions $[H_3O^+]$ de la solution ;
- **Conductivité électrique CE** : La conductivité est la mesure dans la solution du substrat de la concentration totale en engrais (salinité de la solution). Plus la solution est salée en engrais, plus la conductivité mesurée électriquement est grande ;
- **Capacité d'échange cationique (CEC)** : Est la quantité de cations fixés par le sol ou le substrat. Elle est exprimée en équivalents par m^3 de sol ou de substrat sec.

4- Propriétés biologiques

- **Réaction de biodégradation** : Les substrats d'origine minérale sont presque inertes biologiquement. A l'inverse des substrats d'origine organique contiennent des organismes vivants et sont susceptibles de se dégrader. Les bactéries et les champignons sont les principaux agents responsables de la décomposition de la matière organique ;
- **Rapport C/N (Carbone/Azote)** : a été proposé comme un indicateur de stabilité biologique des substrats d'origine organique. En effet le rapport C/N est généralement élevé au début du processus de décomposition, à la fin, il atteint valeurs beaucoup plus basses ;

Irrigation fertilisante ou « fertigation »

La fertigation correspond à un apport d'engrais, combinant l'irrigation et la fertilisation.

La solution fertilisante est l'une des principales composantes de l'hydroponie, car tous les éléments nécessaires à la croissance et au développement de la plante y sont apportés en même temps que l'eau.

Le principe de l'irrigation fertilisante est que la solution doit satisfaire entièrement les besoins de la plante, tout au long du cycle de la culture.

Solution nutritive

Il faut connaître les besoins des plantes avant de préparer les solutions nutritives. Au niveau des racines, la plante doit trouver les éléments fertilisants (les macroéléments et les microéléments) en quantités suffisantes et nécessaires à sa croissance et à son développement. Pour une bonne alimentation et un bon développement toutes les plantes vertes à chlorophylle nécessitent 13 éléments minéraux qui sont subdivisés en macroéléments : Calcium (Ca), magnésium (Mg), Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K), Soufre (S) et microéléments Bore (B), Chlore (Cl), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Molybdène (Mo), Zinc (Zn).

Tableau 1 : Les macroéléments : leur forme d'absorption et leur rôle dans la plante

Elément	Forme absorbée	Rôle
Azote	$\text{NO}_3^- \text{NH}_4^+$	Constituant essentiel des acides aminés ; de la chlorophylle ; primordial pour la croissance des plantes.
Potassium	K^+	Production de fruits ; transport des sucres ; turgescence et rigidité des tiges.
Phosphore	H_2PO_4	Elément fondamental dans le métabolisme de la plante (ADN et ARN) ; important pour la croissance des racines.
Calcium	Ca^{+2}	Maintien la structure cellulaire ; très important pour la quantité des fruits.
Magnésium	Mg	Chlorophylle ; maturation des fruits.
Soufre	SO_4^{-2}	Entre dans la composition des protéines

Tableau 2 : Les microéléments, leur forme d'absorption et leur rôle

Elément	Forme absorbée	Rôle
Fer	Fe^{2+}	Activités métaboliques : photosynthèse
Cuivre	Cu^{2+}	Stabilité de la chlorophylle
Zinc	Zn^{2+}	Synthèse des régulateurs de croissance AIA
Molybdène	$\text{Mo}^{2+} \text{O}_4^{6-}$	Participe au métabolisme de l'azote
Manganèse	Mn^{2+}	Photosynthèse ; réductions nitrate
Bore	BO_3^-	Métabolisme de l'auxine ; la germination du pollen ; facilite le transfert des glucides.