

République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain T'émouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département Agro-Alimentaire



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master en: Protection des végétaux
Domaine: Agro-Alimentaire
Filière: Sciences Agronomiques
Spécialité: Protection des Végétaux

***Contribution à l'étude des contraintes d'application de
l'hydroponique en Algérie
(Etude de cas la willaya de Ain t'émouchent)***

Présentée Par :

Melle GHASSOUL KHALDIA

Devant le jury composé de :

Dr. Meryem BENAHMED-CHEKROUN	Université Ain Témouchent	Encadrante
Dr. Louerrad yasmina	Université Ain Témouchent	Présidente
Dr. Hadjira ABDELLAOUI	Université Ain Témouchent	Examinatrice

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Je remercie tout d'abord Allah tout-puissant, qui m'a éclairé sur le chemin de la connaissance et m'a donné la volonté et la patience nécessaires à la réalisation de ce modeste travail.

Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude vont à Madame BENAHMED-CHEKROUN Meryem, maître de conférences à l'Université d'Ain Témouchent, qui m'a accompagné dans ce parcours pédagogique par ses encouragements, son soutien et ses précieux conseils tout au long de l'élaboration de ce modeste travail. Que Dieu la récompense abondamment.

Je tiens également à exprimer ma sincère gratitude aux membres du jury, Lourad yasmina et Abdellaoui hadjira, qui ont bien voulu accepter de discuter et d'évaluer ce mémoire.

Je tiens à remercier Benouadhah et Guennouni Hamadouche et Omar, ainsi que tous les employés de la Chambre d'Agriculture d'Ain Témouchent, en particulier M. Addada Akacha, Chef de Division Olive à la Chambre d'Agriculture, et M. Belmo Ahmed, Président de la Chambre d'Agriculture, ainsi que tous ceux qui m'ont aidé par leurs conseils et leurs encouragements tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie tout particulièrement mes chers parents pour leur esprit de sacrifice et leur dévouement. et leur soutien permanent, tant moral que matériel, pour me permettre de construire un avenir meilleur.

Je tiens également à remercier tous mes professeurs, l'administrateur et le personnel du département Agro-alimentaire de l'Université d'Ain témouchent.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui m'ont soutenu, encouragé et aidé dans la réalisation de cette thèse. Que Dieu vous récompense abondamment et place ce travail dans la balance de vos bonnes actions.

Dédicace

El hamdoulilah qui m'a donnée la volonté d'accomplir et faire ce modeste travail.

Au nom d'ALLAH Je dédie ce modeste mémoire à :

À mon modèle, celui qui m'a appris que la vie est une lutte et que la connaissance est une arme, à ma source de force et de soutien, et à ma première école, mon cher père.

À celle qui a capturé mon cœur avec son amour et éclairé mon chemin avec ses conseils, à mon espoir et mon modèle, à toi ma chère mère bien-aimée.

À mon soutien, mes sœurs ***Cherifa, Zahra, Khadija*** et ***Amina*** , à mes petites chéries, les filles de mes sœurs, ***Zainab, Kawthar, Inas et Nour El Houda Imane***, à la famille de mon oncle Karim qui m'a soutenu et aidé dans mon parcours scolaire.

À celles que Dieu a faites mes sœurs, mes amies que je considère comme de compagnonnage sincère, ***Houda, Zainab , Narimane , Haouaria ,khawla , Imane , Nora*** . À tous ceux avec qui j'ai partagé des moments au cours de ma période scolaire, à mes camarades ma promotion protection des végétaux 2023-2024

À tous ceux qui ont trouvé une place dans mon cœur mais pas dans mes écrits, à tous ceux-là, je dédie mon travail et le fruit de mes efforts. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.

Résumé

L'hydroponie est une solution alternative pour préserver les ressources en eau et respecter l'environnement, tout en garantissant des niveaux de production élevés pour assurer l'approvisionnement alimentaire futur des nations. Sa flexibilité lui permet d'être appliquée dans des conditions et pour des usages variés. Cependant, l'hydroponie peut être confrontée à un certain nombre de défis. À cet égard, une contribution a été apportée à l'étude des contraintes liées à l'application de la culture hydroponique en Algérie (étude de cas, willaya d'Ain Temouchent).

Pour mieux comprendre cette méthode, en synthétisant les travaux les plus récents sur le sujet, une revue de la littérature a été réalisée, suivie d'une étude de terrain. Pour cette foire, 80 agriculteurs de la willaya ont été interrogés sur le système hydroponique, son fonctionnement et les contraintes de son application. Les résultats ont montré qu'un défi majeur cité par presque tous les agriculteurs était le coût initial élevé de la construction, et qu'il y avait très peu d'institutions traitant de l'agriculture hydroponique dans le pays.

L'étude a révélé que les agriculteurs étaient également confrontés à un manque de compétences en matière de culture hydroponique. Certains agriculteurs ont également indiqué que le manque de formation et de sensibilisation constituait un défi majeur. Les résultats de cette étude permettent également de conclure que l'agriculture hydroponique n'est pas bien développée dans le pays et que le gouvernement n'a pas réussi à la soutenir de manière adéquate.

Mots clés : Hydroponique, Contraintes, Défis, Culture hors sol, Algérie

Abstract

Hydroponics is an alternative solution to preserve water resources and respect the environment, while ensuring high production levels to ensure the future food supply of nations. Its flexibility allows it to be applied in various conditions and for various uses. However, hydroponics can face a number of challenges. In this regard, a contribution was made to the study of the constraints linked to the application of hydroponics in Algeria (case study, willaya of Ain Temouchent).

To better understand this method, by synthesizing the most recent work on the subject, a literature review was carried out, followed by a field study. For this fair, 80 farmers from the Willaya were questioned about the hydroponic system, its operation and the constraints of its application. The results showed that a major challenge cited by almost all farmers was the high initial cost of construction, and that there were very few institutions dealing with hydroponic farming in the country.

The study found that farmers also faced a lack of skills in hydroponics. Some farmers also indicated that lack of training and awareness was a major challenge. The results of this study also allow us to conclude that hydroponic agriculture is not well developed in the country and the government has failed to adequately support it.

Keywords: Hydroponics, Constraints, Challenges, Soilless cultivation, Algeria

الملخص

وتعتبر الزراعة المائية حلاً بديلاً للحفاظ على الموارد المائية واحترام البيئة، مع ضمان مستويات إنتاج عالية لضمان الإمدادات الغذائية المستقبلية للدول. تسمح مرونتها بتطبيقها في ظروف مختلفة ولإستخدامات مختلفة. ومع ذلك، يمكن أن تواجه الزراعة المائية عددًا من التحديات. وفي هذا الصدد، تم المساهمة في دراسة المعوقات المرتبطة بتطبيق الزراعة المائية في الجزائر (دراسة حالة ولاية عين تموشنت).

لفهم هذه الطريقة بشكل أفضل، من خلال تجميع أحدث الأعمال حول هذا الموضوع، تم إجراء مراجعة للأدبيات، تليها دراسة ميدانية. في هذا المعرض، تم استجواب 80 مزارعًا من الولاية حول نظام الزراعة المائية وتشغيله والقيود المفروضة على تطبيقه. وأظهرت النتائج أن التحدي الرئيسي الذي أشار إليه جميع المزارعين تقريبًا هو التكلفة الأولية المرتفعة للبناء، وأن هناك عددًا قليلًا جدًا من المؤسسات التي تتعامل مع الزراعة المائية في البلاد.

ووجدت الدراسة أن المزارعين واجهوا أيضًا نقصًا في المهارات في مجال الزراعة المائية. وأشار بعض المزارعين أيضًا إلى أن الافتقار إلى التدريب والوعي كان يمثل تحديًا كبيرًا. تسمح لنا نتائج هذه الدراسة أيضًا باستنتاج أن الزراعة المائية ليست متطورة بشكل جيد في البلاد وأن الحكومة فشلت في دعمها بشكل كافٍ.

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية، المعوقات، التحديات، الزراعة بدون تربة الجزائر

Table de matières

Table de matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

الملخص

Table de matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Introduction générale. 1

Première partie

Synthèse bibliographique

1. Le concept de la culture hydroponique 3
2. L'importance de la culture hydroponique 7
3. Culture hydroponique dans le monde et en Algérie : 11
 - 3.1. Dans le monde 11
 - 3.2. En Algérie 14
4. Contraintes d'application du système hydroponique 15
5. Fonctionnement des structures hydroponiques 16
 - 5.1. Méthode de la Mèche 17
 - 5.2. Méthode de flux-reflux » ou table à marées 18
 - 5.3. Méthode à percolation ou goutte à gouttes 18

5.4. Culture en eau profonde (DWC)	18
5.5. Technique de ruissellement nutritif ou Technique du Film Nutritive (NFT)	18
5.6. Technique de l'Aéroponie	19
6. Substrats utilisés en hydroponique	19
7. Solution nutritive en hydroponique	19
7.1. Le pH (potentiel hydrogène)	20
7.2. La concentration en sels ou la conductivité électrique (EC) de la solution nutritive	20
7.3. Température de la solution nutritive	22
8. Qualité de l'eau utilisée pour la préparation de la solution nutritive	23
9. Nutriments pour les plantes hydroponiques	23
10. Les plantes qui peuvent être cultivées en hydroponie	25
11. Différence entre la culture hydroponique et l'agriculture en sol	26

Deuxième partie

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude	28
II. Contribution à l'étude des contraintes de l'application de culture hydroponique à la wilaya d'Ain témouchent	28
II.1. Section niveau intellectuel et socioéconomique	29
1. Leur âge	29
2. Leur niveau d'études	29
3. Type d'emploi occupé	29
4. Moyens de financement : aide financière du gouvernement, fonds propres ?	29
II.2. Section expérience dans l'agriculture en général	29
1. Quand avez-vous commencé à pratiquer l'agriculture ?	29
2. Avez-vous une expérience significative en matière d'agriculture ?	29

3. Avez-vous des connaissances 'savoir faire' dans le domaine de l'agriculture ? 29
4. Quel type d'agriculture ou de culture pratiquée ? 29

II.3. Section sur la connaissance de l'hydroponie et les contraintes

de son application 30

1. Avez-vous déjà entendu parler de la culture hydroponique ? 30
2. Adopteriez-vous un jour la culture hydroponique pour faire pousser des plantes ? 30
3. Pensez-vous que l'hydroponie est un moyen innovant pour cultiver des plantes ?
Qu'en pensez-vous ? 30
4. Avez-vous les compétences nécessaires pour mettre en œuvre la culture hydroponique ? 30
5. Allez-vous appliquer la culture hydroponique ? 30
6. Pourquoi l'agriculture hors sol n'a-t-elle pas été appliquée ? 30
7. A quel point pensez-vous qu'il est facile d'utiliser l'agriculture et l'eau ? 30
8. Avez-vous une idée du coût d'investissement d'une chambre hydroponique ? 30
9. Sur la base de votre expérience, quelles suggestions feriez-vous pour faciliter l'application de la culture hydroponique ? 30
10. Si vous utilisez le système hydroponique, pensez-vous que cette technologie aidera les agriculteurs à préserver leurs terres et à faciliter leur travail ? 30
11. Selon vous, quel est le plus grand avantage de la culture hydroponique ? 30
12. Selon vous, quel est le plus grand inconvénient de la culture hydroponique ? 30
13. Selon vous, la culture hydroponique a-t-elle un impact positif sur L'environnement ? 30
14. Avez-vous rencontré des agriculteurs qui pratiquent la culture hydroponique au niveau de leur exploitation ? 30
15. Avez-vous déjà visité une réserve agricole contenant des bassins Hydroponiques ? 30
16. Si vous utilisez la culture hydroponique, pensez-vous que la production sera plus courte et d'une qualité répondant à la demande du marché ? 30
17. Que pensez-vous de la combinaison de l'hydroponie et de l'agriculture biologique ? 30
18. En Algérie, l'application de l'hydroponie sera-t-elle plus répandue et bénéfique en 2050 ? 30

19. Préférez-vous les produits biologiques aux produits conventionnels ?	
20. Quels sont les inconvénients de l'hydroponie en Algérie ?	30

III .Etude statistique

Troisième partie

Résultats et discussions

I. Résultats de la section niveau intellectuel et socioéconomique:	
32	
I.1. Âge des agriculteurs interrogés	32
I.2. Niveau intellectuel des agriculteurs interrogés	32
I.3. Type d'emploi occupé des agriculteurs interrogés	33
I.4. Les sources de financement des agriculteurs interrogés	34
II. Résultats de la Section expérience dans l'agriculture en général	34
II.1. l'expérience dans le domaine de l'agriculture pour agriculteurs interrogés	34
II.2. les connaissances acquises dans le domaine d'agriculteurs interrogés	35
II.3. Type d'agriculture ou de culture pratiquée	36
III.3. Résultats de la Section sur la connaissance de l'hydroponie et les contraintes de son application	37
III.3.1. la connaissance de la culture hors sol (hydroponique)	37
III.3. 3. L'innovation de la culture hydroponique par apport aux agriculteurs interrogés	38
III.3. 4. Les compétences de mise en œuvre de la culture hydroponique par apport aux agriculteurs interrogés	39
III.3. 5. Intentions d'application de la culture hydroponique dans l'échantillon des agriculteurs interrogés	40
III.3. 6. Raisons pour lesquelles l'agriculture hors sol n'a pas été appliquée par l'échantillon des agriculteurs interrogés	41

III.3.7. Opinion sur la facilité d'utilisation de l'agriculture et de l'eau par l'échantillon des agriculteurs interrogés	41
III.3.8. Estimation du coût d'investissement pour une chambre hydroponique dans l'échantillon des agriculteurs interrogés	42
III.3.9. Suggestions des agriculteurs enquêtés pour faciliter l'application de la culture hydroponique	43
III.3.10. Perspective sur l'impact de l'hydroponie sur la préservation des terres et la facilité du travail agricole dans l'échantillon des agriculteurs interrogés	44
III.3.11. Avantages de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs interrogés	44
III.3.12. Inconvénients de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs interrogés	45
III.3.13. Impact de la culture hydroponique sur l'environnement selon l'échantillon des agriculteurs interrogés	46
III.3.14. Taux d'Adoption de l'hydroponie par les agriculteurs interrogés	47
III.3.15. Répartition de l'échantillon selon leur visite aux réserves agricoles avec des bassins hydroponiques	48
III.3.16. Impact de la culture hydroponique sur la durée de production et la qualité adaptée au marché selon l'échantillon des agriculteurs interrogés	48
III.3.17. Perspective de l'échantillon sur la combinaison entre l'agriculture traditionnelle et de la culture hydroponique	49
III.3.18. Perspective sur la popularité et les avantages potentiels de la culture hydroponique en Algérie en 2050 selon l'échantillon des agriculteurs interrogés	50
III.3.19. Répartition de l'échantillon selon leur préférence pour les produits biologiques par rapport aux produits conventionnels	50
III.3.20. les inconvénients de l'hydroponie en Algérie selon l'échantillon des agriculteurs interrogés	51
Conclusion	53
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

CAT : Technique à action capillaire

CEC: Cation-exchange capacité

DSA : la Direction des Services Agricoles

DIS: DRIP IRRIGATION SYSTEME

DFT: DEEP FOLOW TECHNIQUE

EC : conductivité électrique

ENSA : École nationale supérieure agronomique d'Alger

FT : Technologie de flottaison

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles

NFT : Technique du Film Nutritive

RDT : Technique de trempage des racines

SPSS: Statistical package for social sciences

TDS : Total dissolution solide

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des agriculteurs interrogés selon le niveau académique.

Figure 2 : Répartition de l'échantillon selon le poste.

Figure 3 : Répartition de l'échantillon selon les sources de financement.

Figure 4 : Répartition de l'échantillon selon les connaissances acquises dans le domaine de l'agriculture.

Figure 5 : Répartition de l'échantillon selon le type d'agriculture ou de culture pratiquée.

Figure 6 : Répartition de l'échantillon selon l'adoption de la culture hydroponique.

Figure 7 : perspective de l'échantillon sur l'innovation de la culture hydroponique.

Figure 8 : Intentions d'application de la culture hydroponique dans l'échantillon.

Figure 9 : Intentions d'application de la culture hydroponique dans l'échantillon.

Figure 10 : Estimation du coût d'investissement pour une chambre hydroponique dans l'échantillon.

Figure 11 : Estimation du coût d'investissement pour une chambre hydroponique dans l'échantillon.

Figure 12 : Les avantages de la culture hydroponique selon l'échantillon.

Figure 13 : les inconvénients de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs interrogés.

Figure 14 : L'impact de la culture hydroponique sur l'environnement selon l'échantillon.

Figure 15 : Répartition de l'échantillon selon leur visite aux réserves agricoles avec des étangs hydroponiques.

Figure 16 : L'impact de la culture hydroponique sur la durée de production et la qualité adaptée au marché selon l'échantillon.

Figure 17 : L'impact de la culture hydroponique sur la durée de production et la qualité adaptée au marché selon l'échantillon.

Figure 18 : Répartition de l'échantillon selon leur préférence pour les produits biologiques par rapport aux produits conventionnels.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Progression du système hydroponique dans le temps

Tableau 2 : Principales avantages et inconvénients du système hydroponique

Tableau 3 : Taux de la production hydroponique mondiale, systèmes utilisés et cultures cultivées au cours de la période 1890-2001 (Hassall et al., 2001).

Tableau 4 : Valeurs optimales du pH et de l'EC pour différentes cultures hydroponiques

Tableau 5 : les concentration maximale admissibles d'éléments dans l'eau utilisée pour l'hydroponique (Benton,2014).

Tableau 6 : Qualité de l'eau d'irrigation basée sur les sels totaux dissous (TDS) et la conductivité électrique (Benton,2014).

Tableau 7 : Forme et composition (valeurs cardinales) des nutriments absorbés par les Plantes proposée par différents scientifiques.

Tableau 8 : liste des plantes cultivées en hydroponie (*Maouche et Haid; 2021*)

Tableau 9: Répétition des agriculteurs enquêtés par commune dans la wilaya d'Ain Temouchent

Tableau 10: Tranche d'Âge des agriculteurs interrogés

Tableau 11 : Expérience des agriculteurs enquêtés

Tableau 12: Taux de connaissance de la culture hors sol (hydroponique) pour les agriculteurs interrogés

Tableau 13 : présence des compétences de mise en œuvre de la culture hydroponique par apport des agriculteurs interrogés

Tableau 14: Opinions sur la facilité d'utilisation de l'agriculture et de l'eau par l'échantillon des agriculteurs enquêtés

Tableau 15 : Taux d'adoption de l'hydroponique par les agriculteurs interrogés

Tableau 16 : Perspective de l'échantillon sur la combinaison entre l'agriculture traditionnelle et de la culture hydroponique

Tableau 17 : les inconvénients de l'hydrophobique en Algérie selon l'échantillon étudié.

Introduction générale

Parmi les grands défis que l'humanité devra relever à l'avenir figure la préservation des réserves d'eau douce pour l'usage humain, qui est intimement liée à la croissance de la population mondiale. Les Nations unies prévoient que la population mondiale atteindra entre 9,4 et 10,1 milliards d'habitants d'ici 2050, ce qui nécessitera une augmentation de la production alimentaire malgré le fait qu'environ 3 % seulement des terres conviennent à l'agriculture, et que ces terres sont affectées par la dégradation de l'environnement, l'expansion urbaine, la salinité et les maladies (Al-Farhan.,2023).

Ainsi, l'augmentation continue de la population mondiale signifie que les pays doivent augmenter leur production alimentaire pour répondre à la demande croissante. Bien que le monde continue d'adopter des technologies pour répondre à la demande mondiale croissante de nourriture, plusieurs facteurs, à savoir le changement climatique et la nécessité croissante de disposer de terres, d'eau et de ressources énergétiques, entravent l'efficacité mondiale en matière d'augmentation de la production alimentaire (Godfray et al., 2010).

Compte tenu de ces défis et d'autres difficultés rencontrées par le secteur agricole pour produire des cultures différentes d'une année à l'autre, ainsi que des défis liés à la satisfaction des besoins alimentaires croissants de la population mondiale, l'attention mondiale s'est tournée vers la recherche de solutions alternatives pour l'utilisation des terres et l'adoption de méthodes agricoles modernes et respectueuses de l'environnement (Daouad et Jaber., 2020).

En respectant l'environnement tout en garantissant une productivité élevée, il est possible d'assurer la sécurité alimentaire. Pour relever ces défis, de nombreux agriculteurs dans de nombreux pays du monde adoptent la culture hydroponique comme solution alternative et efficace. L'hydroponie est définie comme une méthode de culture de plantes sans utiliser le sol comme support. Les plantes sont cultivées directement dans une solution nutritive, ou des substituts de terre sont utilisés pour faire pousser les racines, et elles sont arrosées avec une solution d'eau et d'engrais appelée solution nutritive (Daouad et Jaber., 2020).

La culture hydroponique présente de nombreux avantages, tels que des rendements plus élevés, des taux de croissance plus rapides et une consommation d'eau réduite. Cependant, les agriculteurs hydroponiques peuvent également être confrontés à certains défis.

Dans ce contexte, et à notre connaissance, il n'existe pas de travaux scientifiques traitant des enjeux de l'hydroponie en Algérie.

Ce travail se veut donc une contribution - à côté d'autres études internationales - à l'étude des contraintes de l'application de l'hydroponie en Algérie. Etude de cas : la willaya d'Ain Témouchent.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les défis, les opportunités et les contraintes auxquels les agriculteurs sont confrontés lors de l'adoption ou du développement de systèmes de culture hydroponiques dans la région. Nos efforts se concentreront sur la proposition de solutions pour surmonter les différentes contraintes. De cette manière, nous sensibiliserons les agriculteurs et les encouragerons à adopter le système hydroponique.

Pour ce faire, le mémoire a été structuré en trois parties : la première partie est consacrée à une revue de la littérature actualisée sur le sujet, la deuxième à une présentation de la méthodologie et des techniques utilisées, et enfin, les résultats obtenus sont rapportés et discutés dans la troisième et dernière partie.



Première partie :

Synthèse bibliographique

1. Le concept de la culture hydroponique

Le terme culture hydroponique tire sa signification de deux mots grecs, à savoir hydro et ponos. Hydro est le mot grec pour eau tandis que ponos est le mot grec pour travail. Cela implique qu'une certaine forme de main-d'œuvre soit employée sur l'eau pour constituer un travail de production agricole (Benton, 2014).

En 1995, Resh a défini la culture hydroponique comme « la science de la culture de plantes sans utiliser de sol, mais en utilisant un milieu inerte, tel que du gravier, du sable, de la tourbe, de la vermiculite, de la pierre ponce, auquel est ajouté un nutriment ». Solution contenant tous les éléments essentiels nécessaires à la plante pour sa croissance et son développement normaux."

En 1997, Harris a suggéré une autre définition de la culture hydroponique: c'est « la science consistant à faire pousser des plantes dans un milieu autre que le sol, en utilisant des mélanges d'éléments nutritifs essentiels dissous dans l'eau ». La culture de plantes sans support est nommée une « culture hydroponique liquide », avec support c'est une « culture hydroponique globale ». Une précision rajoutée par Jensen dans la même année.

En 2003, Devries a rejoint la même définition pour dire que la culture hydroponique des plantes est: « une culture dans laquelle tous les nutriments sont fournis à la plante par l'eau d'irrigation, le substrat de croissance étant sans sol (principalement inorganique), et la plante est cultivée pour produire des fleurs ou des fruits qui sont récoltés pour la vente.

Le terme "hydroponie" peut avoir plusieurs significations similaires : "aquaculture", "hydroculture", "nutriculture", "culture en bassin", "culture chimique", "agriculture hors sol", "culture hors sol". Les méthodes sans sol sont classées comme ouvertes (c'est-à-dire qu'une fois que la solution nutritive a été apportée aux racines de la plante, elle n'est pas réutilisée) ou fermées (c'est-à-dire que l'excès de solution est récupéré, régénéré et recyclé).

Au fil du temps, la culture hydroponique a connu un certain nombre d'évolutions. Le tableau suivant montre la progression du système hydroponique.

Tableau 1 : Progression du système hydroponique dans le temps

Années	Principal événement
Avant 4 000 ans	Les fresques du temple de Deir el-Bahari montrent que les Égyptiens essayaient de déplacer des arbres et de les cultiver dans de grands récipients, ce qui témoigne de leur intérêt pour l'hydroponie.
Au VIe siècle avant J.C.	Les anciens jardins suspendus de Babylone et les jardins flottants des Aztèques au Mexique étaient de nature aquatique.
Vers les Xe et XIe siècles	En Amérique précolombienne, la culture aztèque mexicaine a développé la plante chinampa pour cultiver au fond des lacs peu profonds de la vallée du Mexique, et l'on pense que cette pratique s'est répandue dans toute la Més-Amérique. Situé à la périphérie sud de Mexico, il représente le réseau millénaire de canaux et d'îles artificielles de Xochimilco.
Au 19e siècle	Des scientifiques français et allemands ont tenté de faire des recherches sur les besoins nutritionnels des plantes, puis des scientifiques américains et anglais les ont développées dans la première moitié du 20e siècle (Cooper, 1975 ; Graves, 1983), où neuf éléments ont été identifiés comme éléments de base de la croissance et du développement des plantes.
En 1600	Les scientifiques belges Jean-Baptiste et van Helmont ont mené une série d'expériences pour prouver que les plantes pouvaient obtenir certains nutriments à partir de l'eau.
En 1699	Le scientifique britannique John Woodward a mis en place les premiers systèmes hydroponiques dans le cadre de la recherche sur la nutrition des plantes, lorsqu'il a cherché à déterminer si les plantes obtenaient leurs nutriments à partir du sol ou de l'eau. Il a découvert que les plantes qui poussaient dans de l'eau non distillée étaient meilleures que celles qui poussaient dans de l'eau distillée.
En 1800	Les scientifiques français de Saussure et Boussingault ont démontré que les plantes avaient besoin de carbone,

	<p>d'hydrogène, d'oxygène et d'azote pour une croissance saine.</p> <p>Depuis lors, les progrès scientifiques dans le domaine de la physiologie végétale ont permis de découvrir que d'autres éléments tels que le manganèse, le molybdène, le chlore, le fer, le zinc, le cuivre et le bore, communément appelés micronutriments, sont essentiels à une croissance saine des plantes. La composition de la solution nutritive est étroitement liée à la réponse physiologique des plantes en termes de taille, de couleur et de propriétés.</p>
En 1930	<p>La technologie hydroponique était utilisée commercialement pour la production de légumes et de fleurs, avec plus de 86 000 acres de légumes de serre cultivés en hydroponique dans le monde entier, un secteur qui devrait continuer à croître (Resh 2013).</p>
En 2004	<p>William Texier a ajouté une nouvelle découverte à l'agriculture hors-sol, qu'il a appelée biohydroponie, basée sur l'ajout d'engrais biologiques, appelés sols liquides (<i>Trichoderma harzianum</i>) qui sont des micro-organismes sous forme liquide (Hillel et al., 2004, 2021)</p>

2. L'importance de la culture hydroponique :

La culture hydroponique est aujourd'hui considérée comme l'agriculture du futur. Il s'agit d'un système de production d'une importance majeure sur le plan environnemental, économique et social, et sa flexibilité lui permet d'être appliqué dans différentes conditions et pour des usages divers. Perez (2008) a noté les différentes productions du système hydroponique; à savoir:

- Produire de la nourriture et d'autres plantes sous les tropiques
- Produire de la nourriture dans des zones arides ou des déserts
- Produire des aliments par temps tempéré ou froid
- Produire de la nourriture dans des endroits où l'eau a une forte teneur en sel
- Produire de la nourriture dans des zones où l'agriculture n'est pas possible à cause d'un sol pauvre

- Produire dans des endroits où le sol est fortement contaminé par des champignons ou présente des niveaux de salinité élevés
- Cultiver des légumes en ville
- Produire des légumes là où ils sont chers et rares
- Produire des fleurs et des plantes ornementales
- Réaliser des recherches écologiques
- Économiser l'eau en veillant à ce que les plantes consomment uniquement l'eau dont elles ont besoin.

Ainsi, le système hydroponique a fait l'objet de recherches approfondies et plusieurs conclusions ont été tirées concernant ses avantages et ses inconvénients. Certaines des principales avantages et inconvénients de l'agriculture hydroponique sont représentées par le tableau suivant :

Tableau 2: Principales avantages et inconvénients du système hydroponique selon les travaux de (Pandey, 2023), (Khalaf et cheli; [2022](#))

(Mahdjoubi et Djefal; 2022), (Roberto et al.,2022), (Mali et al.,2021), (Benton,2014) et (Ben Saleh et al., 2013).

Avantages	Inconvénients
Utilise moins d'eau	Une main-d'œuvre hautement qualifiée.
Nécessite moins d'espace	Expérience et connaissances techniques pour une bonne gestion de la culture hydroponique
Potentiel d'une croissance plus rapide des cultures	Coût initial élevé en raison du coût des matières premières et de l'équipement nécessaires à l'opération
Moins de contrainte sur la saison de croissance.	Panne d'équipement: c'est un grand risque, car si un élément du système tombe en panne, comme la pompe à eau, cela peut tuer les plantes en quelques heures
Utilisation efficace des ressources	Si les plantes sont toujours pleines en culture hydroponique, elles étouffent car elles ne peuvent pas respirer suffisamment d'air.
Propre et peu de dégâts	L'acidité de la solution nutritive (pH) change facilement, ce qui entraîne un déséquilibre dans le système de solution nutritive à la détérioration des plantes.
Economier du temps et de la main-	La possibilité de transmission de maladies

d'œuvre dans différents domaines tels que le travail du sol, le désherbage, l'irrigation et la pulvérisation	fongiques à travers le réservoir d'irrigation, en particulier dans le système fermé.
Améliore la capacité à lutter contre les agents pathogènes du sol tels que la pourriture des racines et le flétrissement bactérien.	Risques liés à l'eau et à l'électricité: deux facteurs principaux dans la culture hydroponique; l'électricité et l'eau, que Si nous n'avons pas suffisamment d'eau ou d'électricité constante, un bon système hydroponique ne prospérera pas.
Réduit le risque de contamination des cultures	Consommation d'énergie élevée
La culture hydroponique ne peut pas être agressive pour l'environnement	Risque en combinaison de l' eau et de l'électricité.
La culture hydroponique peut être pratiquée dans des zones au sol salin ou dans des zones souffrant d'un problème de désertification sévère.	Pollution de l'environnement. Si la solution nutritive résiduelle n'est pas correctement éliminée, la solution rejetée, enrichie en phosphore et en nitrates, peut entraîner une croissance excessive d'algues et d'autres micro-organismes dans les masses d'eau et les effluents, créant ainsi de graves problèmes environnementaux.
Contrôler la fertilisation et l'irrigation et réduire au minimum les produits chimiques utilisés dans la production	Évitez d'utiliser des supports en bois, bambou et autres matériaux naturels, car ils ne conviennent pas à la culture hydroponique, car ils commencent à pourrir s'ils sont laissés continuellement dans l'eau
Les plantes hydroponiques ont moins de compétition pour les nutriments que les autres plantes cultivées dans le sol	Un déséquilibre du système de solution nutritive entraîne la détérioration des plantes.Il est nécessaire de fournir toutes les conditions nécessaires à la croissance
Une productivité plusieurs fois supérieure à celle que produit l'agriculture traditionnelle en raison	Menaces de panne du système : tout le système dépend de l'électricité. Ainsi, si l'alimentation est coupée, le système arrête son travail et les

de l'intensité de la culture.

plantes peuvent commencer à se dessécher rapidement et mourir dans plusieurs heures.

Ne pas utiliser de pesticides et d'herbicides

Les maladies et les ravageurs se propager rapidement dans un système fermé.

3. Culture hydroponique dans le monde et en Algérie :

3.1. Dans le monde

En Europe, environ quatre pays se concentrent sur ce système d'agriculture et s'appuient sur des serres pour cultiver toutes les cultures qui ne nécessitent pas de sol. En tête, les Pays-Bas, qui possèdent les plus grandes superficies; Suivis par la France, la Belgique et la Grande-Bretagne. Egalement, quelques applications de la technique de culture hors sol ont été observé en Suisse et dans certains pays de l'Est, tandis que dans d'autres pays.

Les superficies les plus importantes et les plus vastes sont enregistrées au Japon et en Afrique du Sud, ainsi que dans certains pays arabes, notamment les pays du Golfe (Ammari et Khelil;2020). Les Émirats arabes unis se classent au premier rang en ce qui concerne leur dépendance aux fermes verticales dans leur production agricole, qui consiste à cultiver des plantes dans des plates-bandes verticales rectangulaires, car elles soutiennent le futur système de durabilité pour les productions végétales afin d'atteindre la diversité et la sécurité alimentaire (Calais, 2020).

Ainsi, la culture hydroponique constitue l'une des solutions alternatives proposées en Égypte pour Réduire le déficit alimentaire et augmenter le taux d'autosuffisance des cultures vivrières stratégiques les plus importantes, comme le blé et le maïs (Ammari et Khelil;2020); des légumes à feuilles sains et exempts de maladies à des prix raisonnables, comme la laitue (iceberg, romaine Batavia and oak leaf);kale (Russian Kale et Tuscan Kale);Feuilles d'épinards (Waldhaver et soethoudt; 2015)

En Tunisie l'agriculture hydroponique est largement adoptée, notamment dans les régions du sud telles que Gabès et Tozeur, où les produits de l'agriculture hydroponique comprennent une variété de légumes tels que les tomates, les poivrons, la laitue, ainsi que d'autres légumes feuillus, en plus de divers types de fleurs, ainsi que la culture de concombres et de pastèques.

Le tableau 3 représente le taux de la production hydroponique mondiale, systèmes utilisés et cultures cultivées au cours de la période 1890-2001 (Hassall et al., 2001).

Tableau 3 Taux de la production hydroponique mondiale, systèmes utilisés et cultures cultivées au cours de la période 1890-2001 (Hassall et al., 2001).

Cultures cultivées	Principaux systèmes	Superficie	Année	Pays
Tomates, concombres, poivrons, Aubergine, fleurs coupées Haricots, laitue.	Rockwool et autres systèmes basés sur les médias	3500	1987	Hollande
Tomates, concombres, poivrons, Fraise, laitue, radis, des roses, des gerberas, chrysanthème, freesia, Clous de girofle.	Laine de roche	10000	2001	
Laitue, concombre, poivron, tomates.	Perlite, sable et laine de roche	4000	2001	Espagne
Tomates, concombres, Laitue,	Laine de roche, sciure de bois et	100	1987	Canada
Tomates, concombre, poivron.	NFT Laine de roche et perlite	2000	2001	
Concombre, poivron, tomate, aubergine et fleurs coupées	Laine de roche	1000	1996	France
Tomate, feuilles d'oignon, laitue, pastèque musquée, concombre	Eau, laine de roche NFT	293	1984	Japon
Tomate, mi tsuba, oignon, fraise, laitue, concombre, Roses et œillets Chrysanthèmes	NFT ; DFT Culture galetés laine de roche.	1000	1999	
fleurs coupées, fraises, tomates, poivrons, concombres, laitue, cantaloup, piments forts, Légumes asiatiques	NFT et sciure de bois pierre ponce	550	2001	Nouvelle-Zélande
Tomates, concombre, poivron.	Laine de roche	392	1988	Royaume-Uni
Tomates, concombres et fleurs coupées.	NFT, laine de roche perlite	460	2001	
Tomates, concombre, laitue, fleurs.	Supports divers : sciure et écorces	75	1984	Afrique du Sud
		420	1996	
Roses, tomates, gerbera, fraises		50	1990	Italie
		400	1999	
Tomates, concombre, laitue	Perlite, gravier, sable et NFT	228	1984	USA
		400	1999	
12Tomates, concombre, laitue, cantaloup, poivron, ciboulette, fleurs	Gravier	5	1987	Chine
Tomates, concombre, cantaloup. Céleri, poivron, laitue et fraises	11	120	1999	
Tomates, concombre, laitue	NFT, laine de roche perlite, DFT,	274	1987	Corée
	Aéroponique	-	1996	

3.2. En Algérie :

La culture hydroponique en Algérie se limitait à quelques recherches théoriques et académiques, tandis que la recherche appliquée se limitait à quelques projets spécifiques. La première expérience de culture hors-sol a été réalisée par CHOULARD et RENAUD en 1961 à Ben Abbes, et visait à mettre en valeur les substrats sableux locaux. Par la suite, d'autres études ont été lancées à Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (Laitue en culture hydroponique 2017); École nationale supérieure agronomique d'Alger (ENSA) et à Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (ITCMI) de Mostaganem, mais elles ne sont pas exploitées sur le terrain (Ammari et Khelil.,2020).

En terme d'application, Skikda, Tipaza et Jijel sont les trois principales régions de production de fraises via la culture hydroponique (Bennaidja & Bouchouk 2019).L'Algérie a également bénéficié de cette technologie pour améliorer la production de semences de pommes de terre dans l'État de Tiaret grâce à un projet conjoint entre l'Algérie et la Corée en 2007-2009(Ramdane., 2011).

Ainsi, le sud de l'Algérie a adopté ce type d'agriculture. C'est l'ingénieur agronome algérien Ibrahim Khaled qui a planté des cultures et du fourrage pour les animaux dans le désert. Il a également alloué une petite parcelle pour la culture des tomates (3 Net).

La technologie hydroponique a également été appliquée dans l'État de Mostaganem, pour résoudre le problème nutritionnel dû à la disponibilité du fourrage tout au long de l'année afin de réduire la facture alimentaire et encourager les investissements dans tous les secteurs de développement.

Malgré les expériences réussies dans ce domaine, la culture hydroponique est toujours peu pratiquée en Algérie. La recherche des causes de la non application de l'hydroponie est une nécessité afin de surmonter cette situation dans notre pays.

Contraintes d'application du système hydroponique :

L'agriculture hydroponique peut offrir de nombreux avantages. Cependant, les agriculteurs hydroponiques peuvent également être confrontés à certains défis. Plusieurs recherches ont fait l'objet de l'étude de ces défis à savoir les travaux de Mashatleh en (2023) et de Vyshnavi (2023). Certaines principales contraintes enregistrées sont les suivants:

- Le coût de la mise en place de projets d'agriculture hors-sol et d'agriculture financière est élevé par rapport aux projets agricoles traditionnels, car ils nécessitent des dispositifs et des équipements spéciaux;
- Elle nécessite une connaissance scientifique et pratique du concept de solution nutritive et des méthodes de préparation et de calibrage de cette solution plus poussée que l'agriculture traditionnelle;
- En l'absence de sol comme réservoir d'éléments, toute déficience dans la composition de la solution nutritive aura un impact immédiat sur les plantes, risquant d'entraîner une perte totale de la récolte
- La possibilité de transmission de maladies fongiques par la solution nutritive, en particulier dans le système fermé si le réservoir de la solution est contaminé;
- La qualité de l'eau : les systèmes hydroponiques nécessitent de l'eau propre et filtrée pour éviter la contamination et assurer une croissance optimale des plantes. La qualité de l'eau peut varier considérablement selon la source, et il peut être difficile de maintenir une qualité d'eau constante au fil du temps;
- Les systèmes d'agriculture hors-sol nécessitent une surveillance constante par crainte des coupures de courant et des pannes des pompes et autres équipements électriques.

De plus, selon Khalaf et cheli (2022), certaines conditions sont à respecter dans l'environnement du système hydroponique à savoir:

- L'environnement doit avoir la capacité de retenir de l'eau;
- L'environnement fournit la ventilation nécessaire à la croissance des racines :
- L'environnement ne contient pas de substances nocives ou toxiques :

- L'environnement doit avoir la capacité de soutenir les plantes qui y poussent.
- L'environnement doit être exempt d'agents pathogènes.
- L'environnement doit être exempt de salinité.
- L'environnement doit être exempt de graines de mauvaises herbes.
- L'environnement doit être facilement nettoyé et stérilisé.

5. Fonctionnement des structures hydroponiques :

Il existe différentes méthodes de culture hydroponique, dont l'application dépend notamment de la plante concernée, du climat local et du budget. La plupart des systèmes comprennent un réservoir de stockage pour la solution nutritive et un aérateur (Roberto et al.,2022).

Trois principaux composants sont nécessaires à la croissance des plantes: les nutriments essentiels, l'eau et la lumière du soleil. Un système hydroponique élimine l'essentiel du sol en fournissant des nutriments chargés dans une solution aqueuse directement aux racines qui nourrissent et hydratent la plante, tandis que les solutions d'éclairage supplémentaires imitent la lumière du soleil.

Les différents types de culture hydroponique sont basés sur la manière dont le support physique est fourni aux plantes. Ainsi, on peut citer trois principaux types à savoir: (1) les plantes poussent sur un substrat dans des lits de substrat (2) dans les techniques de film nutritif, les racines des plantes poussent dans de larges tuyaux avec un filet d'eau. eau, (3) dans la culture en eau profonde ou le système flottant, les plantes flottent dans un réservoir d'eau(Aishwarya, 2023).

Les systèmes hydroponiques utilisés dans le commerce sont basés sur la facilité d'installation, dont six sont couramment utilisés (Barkha.,2023). la figure suivante résume les différents systèmes hydroponiques.

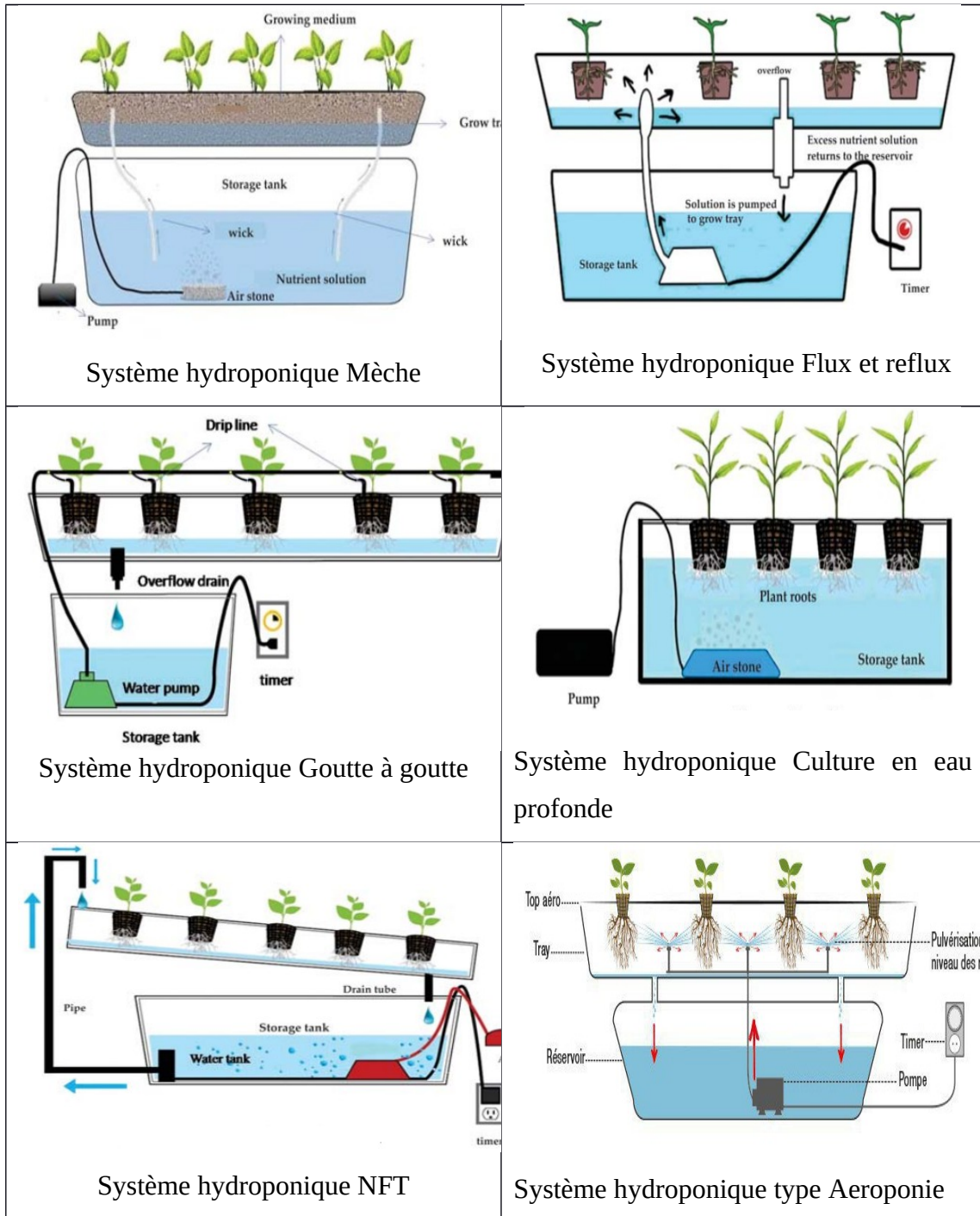


Fig 1. Différents systèmes hydroponiques commercialisés

1. **Méthode de la Mèche** Il s'agit du système hydroponique le plus simple, ne nécessitant pas d'électricité, de pompes ou d'aérateurs (Shrestha et Shrestha, 2013). Dans cette méthode, les plantes sont placées dans un milieu de culture tel que la fibre de coco, la vermiculite, la perlite, avec une mèche en nylon allant des racines de la plante dans un réservoir de solution nutritive. L'eau est fournie

aux plantes par action capillaire. Ce système n'est pas applicable pour les cultures nécessitant beaucoup d'eau (Sharma et al., 2018).

2. **Méthode de flux-reflux » ou table à marées** Il s'agit du premier système hydroponique commercial qui fonctionne sur le principe de l'inondation et du drainage. Ce système utilise un plateau de culture et un réservoir rempli d'une solution nutritive. Une pompe inonde périodiquement le bac de culture avec la solution nutritive, qui s'écoule ensuite lentement. Il est possible de cultiver différents types de produits, mais les problèmes de pourriture des racines, d'algues et de moisissures sont très fréquents (Nielsen et al., 2006). Par conséquent, un système modifié avec une unité de filtration est nécessaire (Seerat et al., 2020).
3. **Méthode à percolation ou goutte à gouttes** : Le système hydroponique goutte à goutte est largement utilisé par les cultivateurs domestiques et commerciaux. L'eau ou la solution nutritive provenant du réservoir est fournie aux racines des plantes individuelles dans une proportion appropriée à l'aide d'une pompe (Rouphael et Colla, 2005).
4. **Culture en eau profonde (DWC)** : Dans la culture en eau profonde, les racines des plantes sont suspendues dans de l'eau riche en nutriments et de l'air est fourni directement aux racines par une pierre à air. Le système hydroponique à godets est un exemple classique de ce système. Les plantes sont placées dans des pots en filet et racines sont suspendues dans une solution nutritive où elles poussent rapidement en une grande masse. Il est obligatoire de surveiller les concentrations d'oxygène et de nutriments, la salinité et le pH (Domingues et al., 2012) car les algues et les moisissures peuvent se développer rapidement dans le réservoir. Ce système fonctionne bien pour les grandes plantes qui produisent des fruits, en particulier les concombres et la tomate (Seerat et al., 2020).
5. **Technique de ruissellement nutritif ou Technique du Film Nutritive (NFT)** : C'est par Dr Alen Cooper que La NFT a été développée au milieu des années 1960 en Angleterre. Cela pour pallier les insuffisances du système de flux et de reflux. NFT est le système hydroponique le plus populaire. Dans cette méthode, une solution nutritive est pompée en permanence à travers des canaux dans lesquels les plantes sont placées (Domingues et al., 2012). Lorsque les solutions nutritives atteignent l'extrémité du canal, elles sont renvoyées au début du système.

6. **Technique de l'Aéroponie** : Dans cette technique, les racines des plantes sont suspendues dans l'air et sont périodiquement pulvérisées ou aspergées d'une solution nutritive ou d'un aérosol de solution nutritive. L'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments dans un système aéroponique est supérieure à celle des systèmes NFT ou DWC. Le plus grand avantage de l'aéroponie est que les racines sont exposées à l'air et qu'il n'y a donc jamais de problème de manque d'oxygène. Ses inconvénients sont les coûts de construction initiaux élevés, l'entretien important du système et le niveau élevé de connaissances techniques requises (Niu et Masabni., 2022)

6. Substrats utilisés en hydroponique :

L'utilisation des substrats dans l'agriculture sans sol est devenue largement répandue ces dernières années, en utilisant un support solide qui contribue à fournir une bonne aération au système racinaire. Cette technique est la plus proche de ce qui se passe dans le sol pour les cultures traditionnelles, en raison de l'alternance entre l'irrigation et le drainage. De plus, le substrat garantit la rétention de la solution nutritive, offrant une réserve d'eau et de nutriments, contrairement aux techniques qui ne contiennent pas de substrat. Ainsi, l'utilisation de substrats dans l'agriculture sans sol vise à : remplacer le sol, ne pas fournir de nutriments aux plantes, assurer une aération suffisante des racines et enfin, la capacité de retenir l'eau (Ammari et al ., 2020). Ces environnements offrent un support physique aux plantes sans fournir de nutriments, tout en permettant une bonne aération et une rétention adéquate de l'eau.

Il existe de nombreux matériaux qui peuvent être utilisés comme environnement de croissance dans l'agriculture hors-sol, et ceux-ci sont divisés en deux sections principales : **les milieux inorganiques**, c'est-à-dire minéraux, tels que: vermiculite, perlite, laine de roche, sable, pierre Poncet **les milieux organiques** à savoir fibre de coco, balle de riz, tourbe de sphaigne, copeaux de bois (Khalaf et cheli; 2022).

7. Solution nutritive en hydroponique :

Une solution nutritive est une solution de sels minéraux contenant à l'état dissout toutes les éléments minéraux dont la plante a besoin. Ce qui implique que les besoins en eau et les ions minéraux soutienne ment parallèles. Cette solution nutritive doit être complétée équilibrée équilibre entre l'eau et chaqu'un des ions suivant les

besoins relatifs de la plante, en plus de l'équilibre ionique équivalent (Bouhadja, 2008).

Il est possible d'obtenir une qualité et une productivité élevées en gérant soigneusement la composition des nutriments, la concentration en O₂ dissous, la température, le pH et la conductivité électrique (EC) de la solution nutritive. L'apport de nutriments en hydroponique peut influencer de manière significative le goût, la texture, la couleur et d'autres caractéristiques des cultures fruitières et légumières (Levine et Mattson, 2021).

En hydroponique, les éléments nutritifs essentiels sont dissous dans des concentrations et des rapports relatifs appropriés pour assurer la croissance normale des plantes (Yang et al., 2021). Il est bien connu que la productivité et la qualité des plantes cultivées dans des systèmes hydroponiques dépendent fortement de l'étendue de l'acquisition des nutriments par les plantes dans le milieu de culture (Valentinuzzi et al., 2015). C'est pourquoi la solution nutritive et sa gestion constituent la pierre angulaire d'un système hydroponique réussi et sont les facteurs déterminants les plus importants du rendement et de la qualité des cultures (Mshatleh, 2023).

La solution nutritive se compose principalement de macronutriments nécessaires en grandes quantités tels que le carbone (C), l'oxygène (O), l'hydrogène (H), l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Elle comprend également des micronutriments nécessaires en petites quantités tels que le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le bore (B), le molybdène (Mo) et le chlore (Cl). La concentration des nutriments dans la solution varie en fonction des besoins des plantes, ce qui est essentiel pour assurer une croissance saine et optimale. (Mshatleh, 2023)

Il y a deux éléments principaux à garantir pour atteindre le rôle souhaité de la solution nutritive :

1. Le pH (potentiel hydrogène) : est une mesure qui détermine si un liquide est acide, basique ou neutre. Les solutions avec un pH inférieur à 7 sont acides, celles au-dessus de 7 sont basiques ou alcalines, et celles à pH 7 sont neutres.

Le pH de la solution nutritive affecte la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes. Le meilleur intervalle de pH pour les solutions hydroponiques utilisées en

agriculture sans sol est entre 5,5 et 6,5. Dans cette plage, les éléments nutritifs sont plus facilement disponibles pour les plantes (Mshatleh Mohammed.,2023).Il est préférable que le pH de la solution nutritive soit compris entre 6 et 6,5 pour plusieurs raisons :

- Un pH trop bas, vers le côté acide, endommage les racines des plantes et peut les brûler.
- Un pH inférieur à 6 entraîne une moindre solubilité du phosphore, du calcium et du magnésium dans la solution nutritive.
- Un pH entre 3 et 5, avec une température inférieure à 26 degrés, augmente le risque de croissance fongique.
- En revanche, un pH trop élevé, vers le côté basique, entraîne le dépôt de nombreux éléments sous forme de sels insolubles, dont les plantes ne peuvent pas bénéficier. Par exemple, un pH supérieur à 7,5 rend le fer, le magnésium, le Cuivre, le zinc et le bore moins disponibles pour les plantes.

2. La concentration en sels ou la conductivité électrique (EC) de la solution nutritive :La concentration en sels dans la solution nutritive est un facteur crucial dans la croissance des plantes. Une concentration élevée en sels entraîne une baisse significative des rendements, car elle diminue la capacité de la plante à absorber l'eau en raison de l'augmentation de la pression osmotique de la solution. Par conséquent, après la préparation de la solution nutritive diluée, il est nécessaire de mesurer la concentration en sels à l'aide d'un appareil de mesure de la conductivité électrique (EC/TDS meter). Il est important de noter que chaque culture a une tolérance différente aux sels.La concentration en sels dans la solution nutritive ne doit pas être excessive, et le niveau de conductivité électrique de la solution préparée devrait généralement être de 3-2 dS/m(Mshatleh,2023).

Les valeurs optimales du pH et de l'EC pour différentes cultures hydroponiques sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 4: Valeurs optimales du pH et de l'EC pour différentes cultures hydroponiques (Al Meselmani, 2021)

Cultures	Ph	EC (dSm-1)
<i>Asparagus officinalis</i> (Aspèrge)	6.0-8.0	1.4 à 1.8
<i>Saintpaulia ionantha</i> (Violette africain)	6.0-7.0	1.2 à 1.5

<i>Musa paradisiaca</i> (Banane)	5.5-6.5	1.8 à 2.2
<i>Ocimum basilicum</i> L (Basilic)	5.5-6.0	1.0 à 1.6
<i>Phaseolus vulgaris</i> (Haricot)	6.0	2.0 à 4.0
<i>Brassica oleracea</i> (Brocoli)	6.0-6.8	2.8 à 3.5
<i>Brassica oleracea</i> (Choux)	6.5-7.0	2.5 à 3.0
<i>Apium graveolens</i> (céleri)	6.5	1.8 à 2.4
<i>Dianthus caryophyllus</i> (œillet)	6.0	2.0 à 3.5
<i>Cucurbita pepo</i> (Courgette)	6.0	1.8 à 2.4
<i>Cucumis sativus</i> (Concombre)	5.0-5.5	1.7 à 2.0
<i>Solanum melongena</i> (Aubergine)	6.0	2.5 à 3.5
<i>Ficus carica</i> l (Figuier)	5.5-6.0	1.6 à 2.4
<i>Allium ampeloprasum</i> (poireau)	6.5-7.0	1.4 à 1.8
<i>Lactuca sativa</i> (laitue)	6.0-7.0	1.2 à 1.8
<i>Brassica campestris</i> L (Pack choi)	7.0	1.5 à 2.0
<i>Piper nigrum</i> L (poivre)	5.5-6.0	0.8 à 1.8
<i>Petroselinum crispum</i> (Persil)	6.0-6.5	1.8 à 2.2
<i>Rheum palmatum</i> L (Rhubarbe)	5.5-6.0	1.6 à 2.0
<i>Spinacia oleracea</i> (Epinards)	6.0-7.0	1.8 à 2.3
<i>Fragaria vesca</i> (Fraise)	6.0	1.8 à 2.2
<i>Solanum lycopersicum</i> L (Tomate)	6.0-6.5	2.0 à 4.0

3. Température de la solution nutritive

La température influence le taux de croissance des plantes. En général, lorsque les températures augmentent, les processus se déroulent plus rapidement. La plupart des réactions chimiques dans les plantes sont régulées par des enzymes qui fonctionnent de manière optimale dans des plages de températures spécifiques. En dehors de ces plages, l'activité enzymatique se détériore, ralentissant ou arrêtant les processus chimiques. Cela stresse les plantes, réduit leur croissance et peut éventuellement entraîner leur mort. Il est donc crucial de maintenir la température de l'environnement des plantes à des niveaux optimaux pour assurer une maturation rapide et réussie. Il est important de surveiller et de contrôler la température de l'air et de l'eau (Mahdjoubi et Djefal; 2022).

8. Qualité de l'eau utilisée pour la préparation de la solution nutritive :

Tous les systèmes de culture hydroponique nécessitent des quantités d'eau relativement pure. L'eau domestique ou l'eau fournie à des fins agricoles contiennent souvent des substances et des éléments pouvant influencer positivement ou négativement la croissance des plantes. Même l'eau de pluie recueillie à partir de systèmes de récolte d'eau peut contenir des substances organiques et inorganiques

susceptibles d'affecter la croissance des plantes. Par conséquent, il est nécessaire de procéder à une analyse complète des matières organiques et inorganiques de l'eau utilisée dans tout type de système hydroponique. Le tableau 5 montre la concentration maximale des éléments autorisés dans l'eau utilisée pour la culture hydroponique. Le tableau 2 présente les normes de l'eau d'irrigation basées sur la salinité, la conductivité électrique (EC) et les solides dissous totaux (TDS). (Mshatleh, 2023)

Tableau 5: les concentration maximale admissibles d'éléments dans l'eau utilisée pour l'hydroponique (Benton, 2014).

Eléments autorisés	Concentration ppm, mg/L
Bore (B)	1
Calcium (Ca)	200
Bicarbonates (HCO₃⁻)	60
Chlore (Cl)	70
Magnesium (Mg)	60
Sodium (Na)	180
Zinc (Zn)	1

Tableau 6: Qualité de l'eau d'irrigation basée sur les sels totaux dissous (TDS) et la conductivité électrique (Benton, 2014).

Degré d'influence			
Effet fort	Effet moyen	Aucun	
3	0.75 -3	0.75	Conductivité électrique EC (dS /m)
1920	480- 1920	480	Sels totaux dissous TDS (mg/L)

9. Nutriments pour les plantes hydroponiques

Les nutriments utilisés en hydroponique se présentent principalement sous des formes inorganiques et ioniques dissous dans l'eau. Tous les éléments essentiels à la croissance des plantes sont fournis à l'aide de différentes combinaisons chimiques. Les solutions nutritives sont préparées à partir d'engrais simples ou binaires qui

fournit un rapport favorable d'ions pour la croissance et le développement des plantes est considéré comme une étape importante dans la culture des plantes dans les systèmes hydroponiques (Nguyen et al., 2021). Les plantes ne peuvent absorber les nutriments que s'ils sont présents sous une forme disponible pour l'absorption et, dans la plupart des cas, les nutriments sont absorbés sous forme ionique. Les ions sont des formes électriquement chargées de chaque nutriment, certains sont des cations (chargés positivement) et d'autres des anions (chargés négativement). Par exemple, l'azote est absorbé sous forme d'ammonium (NH_4^+ , un cation) ou de nitrate (NO_3^- , un anion).

Selon Salisbury et Ross (1992), 17 éléments sont considérés comme essentiels pour la plupart des plantes : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, le fer, le cuivre, le zinc, le manganèse, le molybdène, le bore, le chlore et le nickel. Un élément essentiel a un rôle physiologique clair et son absence empêche le cycle de vie complet de la plante (Taiz et Zeiger.,1998).

En hydroponie, tous les nutriments sont dans un rapport équilibré qui est directement fourni aux plantes, et la composition doit refléter le rapport d'absorption des éléments individuels par la culture, car le besoin des cultures diffère d'une espèce à une autre et doit être spécifique pour chaque type de culture (Voogt, 2002)

De nombreux scientifiques ont été intéressés à établir les formules de solutions nutritives et d'étudier la forme disponible pour chaque nutriment. En effet, plusieurs solutions nutritives standard ont été proposées (Bollard (1966) ; Steiner (1961) ; Hoagland et Arnon (1938) and Hoagland et Snyder (1933). Ces solutions standard constituent une bonne ligne directrice générale, mais ne sont pas adaptées à des conditions de culture spécifiques.

Le tableau suivant représente les valeurs cardinales de la formule de la solution standard selon différents auteurs.

Tableau 7 : Forme et composition (valeurs cardinales) des nutriments absorbés par les Plantes proposée par différents scientifiques.

Nutriments	Formes absorbées par les plantes	Composition (mg L ⁻¹)	Références
Bore	H ₃ BO ₃ , BO ₃ ⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻	0.3-0.54	Hewitt (1996); Salisbury and Ross (1991); Windsor and Schwarz (1990); Cooper (1988); Steiner (1984); Hoagland and Arnon (1938);
Calcium	Ca ²⁺	160-185	
Cuivre	Cu ²⁺	0.02-0.1	
Fer	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	2.5-12	
Magnésium	Mg ²⁺	34-50	
Manganèse	Mn ²⁺ , Mn ⁴⁺	0.5-2	
Molybdène	MoO ₄ ²⁻	0.01-0.2	
Nitrogène	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	168-236	
Phosphore	HPO ₄ ⁻² , H ₂ PO ₄ ⁻	31-60	
Potassium	K ⁺	156-273	
Sulfure	SO ₄ ²⁻	48-336	
Zinc	Zn ²⁺	0.05-0.11	

- La croissance et la productivité des plantes peuvent être affectées négativement par une mauvaise relation entre les nutriments essentiels. Il est très important de maintenir l'équilibre ionique dans la solution nutritive car c'est-à-dire le rapport entre les anions NO₃⁻, H₂PO₄⁻ et SO₄²⁻, et les cations K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Modu et al., 2020). Un changement dans la concentration d'un ion doit être accompagné d'un changement correspondant pour un ion de charge opposée, d'un changement complémentaire pour d'autres ions de même charge, ou des deux (Hewitt, 1996).

10. Les plantes qui peuvent être cultivées en hydroponie

L'hydroponie est appropriée pour cultiver une grande variété de fruits et légumes ; cependant, ceux-ci doivent répondre à certains critères tels que la taille des racines et des fruits, et le cycle de temps de récolte, entre autres (Roberto et al., 2022) .

Tableau 8 : liste des plantes cultivées en hydroponie (Maouche et Haid; 2021)

Type de cultures	Designation
Céréales	Oryza sativa (Riz), Zea mays (Maïs)
Fruits	Fragaria ananassa (Fraise)
Légumes	Lycopersicon esculentum (Tomate), Capsicum frutescens (Piment), Solanum melongena (Brinjal), Phaseolus vulgaris

	(Haricot vert), <i>Beta vulgaris</i> (Betterave), <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (Haricot ailé), <i>Capsicum annum</i> (Poivron), <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> (Chou), <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> (Chou-fleur), <i>Cucumis sativus</i> (Concombre), <i>Cucumis melo</i> (Melons), <i>Raphanus sativus</i> (Radis), <i>Allium cepa</i> (Oignon)
Légumes à feuilles	<i>Lactuca sativa</i> (Laitue), <i>Ipomoea aquatica</i> (Kang Kong)
Condiments	<i>Petroselinum crispum</i> (Persil), <i>Mentha spicata</i> (Menthe), <i>Ocimum basilicum</i> (Basilic doux), <i>Origanum vulgare</i> (Origan)
Cultures florales / ornementales	<i>Tagetes patula</i> (Souci), <i>Rosa berberifolia</i> (Roses), <i>Dianthus caryophyllus</i> (Œillets), <i>Chrysanthemum indicum</i> (Chrysanthème)
Cultures médicinales	<i>Aloe vera</i> (Aloe indien), <i>Solenostemon scutellarioides</i> (Coleus)
Cultures fourragères	<i>Sorghum bicolor</i> (Sorgho), <i>Medicago sativa</i> (Alphalfa), <i>Hordeum vulgare</i> (Orge), <i>Cynodon dactylon</i> (Herbe des Bermudes), <i>Axonopus compressus</i> (Herbe à tapis)

I. Différence entre la culture hydroponique et l'agriculture en sol

L'agriculture en sol est la méthode traditionnelle, celle que la nature utilise naturellement. Dans ce cas, l'agriculteur a moins de facteurs à contrôler, car la terre effectue la majorité du travail. Les nutriments présents naturellement aident à maintenir les niveaux de pH des plantes. Ces nutriments peuvent également être ajoutés au sol par l'agriculteur, agissant ainsi comme un tampon pour le pH des plantes. En revanche, les systèmes de culture hors sol, comme l'agriculture verticale, n'utilisent pas du tout de terre. Ils utilisent de l'eau ou des supports, où les racines des plantes sont suspendues dans une solution liquide contenant un mélange équilibré de nutriments essentiels à leur croissance. Cela permet un contrôle accru des nutriments, que la plante n'a pas besoin de chercher, car ils lui sont directement fournis sous une forme hautement soluble (Boulhouache,2020).



Deuxième partie :

Matériel et méthodes

I. Zone d'étude

Le travail expérimental a été réalisé, durant les mois de février, mars et avril de l'année 2024 au niveau de la Direction des Services Agricoles (DSA) et la Chambre Agricole de la wilaya d'Ain Témouchent.

La wilaya de Ain Temouchent compte 28 communes avec une superficie total de 2.376.89 Km dont 180.184 hectare de superficie agricole soit 76% de la superficie totale. La région possède un patrimoine forestier dense et diversifié. Les cultivateurs des cultures agricoles de la wilaya constituaient la population de l'étude.

II. Contribution a l'étude des contraintes de l'application de culture hydroponique à la wilaya d'Ain témouchent

Afin d'étudier et d'identifier les obstacles et d'évaluer l'impact de ces facteurs sur la faisabilité de l'hydroponie en termes d'application, nous avons réalisé une enquête sur terrain. Un questionnaire qualitatif pour recueillir les opinions des agriculteurs sur l'hydroponie, son application, son efficacité et les contraintes de son application été mené aux différents communes de la wilaya de ain temouchent.

À cette fin, quatre vingt (80) agriculteurs ont été sélectionnés d'une manière aléatoire pour répondre à un questionnaire composé de vingt et neuf questions. Les agriculteurs ont été questionnés au niveau du DSA et chambre Agricole de la wilaya.

Vingt-trois (23) communes de la wilaya d'Ain Témouchent ont été étudiées. La répartition des agriculteurs dans les différentes communes est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9: Répétition des agriculteurs enquêtés par commune dans la wilaya d'Ain Temouchent

Nombre d'agriculteurs interrogés	Communes de la wilaya de Ain témouchent	Nombre d'agriculteurs interrogés	Communes de la wilaya de Ain témouchent
20	Aïn Témouchent	02	El Malah
12	Aïn El Arbaa	07	Hammam Bou Hadjar
01	Aim Tolba	18	Hassi El Ghella
01	Aghlal	02	Ouled Boudjema

01	AoubelliL	01	Ouled Kihal
02	Béni Saf	01	Oued Sebbah
01	Bou Zedjar	01	Sidi Ben Adda
02	Chaabat	01	Sidi Boumedienne
01	El Amria	01	Tamzoura
01	El Emur Abdelkader	01	Terga

Notre questionnaire était divisé en trois sections : le niveau intellectuel et socio-économique, l'expérience dans l'agriculture en général et la connaissance de l'hydroponie et les contraintes de son application. Le détail de la différente section est le suivant:

II.1. Section niveau intellectuel et socioéconomique:

Dans cette section, les agriculteurs ont été interrogés sur

1. leur âge
2. leur niveau d'études
3. Type d'emploi occupé
4. Moyens de financement : aide financière du gouvernement, fonds propres ?

II.2. Section expérience dans l'agriculture en général

Chaque agriculteur a répondu aux questions suivantes :

1. Quand avez-vous commencé à pratiquer l'agriculture ?
2. Avez-vous une expérience significative en matière d'agriculture ?
3. Avez-vous des connaissances 'savoir faire' dans le domaine de l'agriculture ?
4. Quel type d'agriculture ou de culture pratiquée ?

II.3. Section sur la connaissance de l'hydroponie et les contraintes de son application

Cette section a permis aux agriculteurs de donner leur avis sur la culture hydroponique et son application en répondant aux questions suivantes :

11. Avez-vous déjà entendu parler de la culture hydroponique ?
12. Adopteriez-vous un jour la culture hydroponique pour faire pousser des plantes ?

13. Pensez-vous que l'hydroponie est un moyen innovant pour cultiver des plantes ?
Qu'en pensez-vous ?
14. Avez-vous les compétences nécessaires pour mettre en œuvre la culture hydroponique ?
15. Allez-vous appliquer la culture hydroponique ?
16. Pourquoi l'agriculture hors sol n'a-t-elle pas été appliquée ?
17. A quel point pensez-vous qu'il est facile d'utiliser l'agriculture et l'eau?
18. Avez-vous une idée du coût d'investissement d'une chambre hydroponique ?
19. Sur la base de votre expérience, quelles suggestions feriez-vous pour faciliter l'application de la culture hydroponique ?
20. Si vous utilisez le système hydroponique, pensez-vous que cette technologie aidera les agriculteurs à préserver leurs terres et à faciliter leur travail ?
11. Selon vous, quel est le plus grand avantage de la culture hydroponique ?
12. Selon vous, quel est le plus grand inconvénient de la culture hydroponique ?
13. Selon vous, la culture hydroponique a-t-elle un impact positif sur l'environnement ?
14. Avez-vous rencontré des agriculteurs qui pratiquent la culture hydroponique au niveau de leur exploitation ?
15. Avez-vous déjà visité une réserve agricole contenant des bassins hydroponiques ?
16. Si vous utilisez la culture hydroponique, pensez-vous que la production sera plus courte et d'une qualité répondant à la demande du marché ?
17. Que pensez-vous de la combinaison de l'hydroponie et de l'agriculture biologique?
18. En Algérie, l'application de l'hydroponie sera-t-elle plus répandue et bénéfique en 2050 ?
19. Préférez-vous les produits biologiques aux produits conventionnels ?
20. Quels sont les inconvénients de l'hydroponie en Algérie ?

II. Etude statistique

Les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS. Version 22.



Troisième partie :

Résultats et discussion

II. Résultats de la section niveau intellectuel et socioéconomique:

I.1. Âge des agriculteurs interrogés :

La tranche d'âge des agriculteurs enquêtés est représentée sur le tableau suivant:

Tableau 10: Tranche d'Âge des agriculteurs interrogés

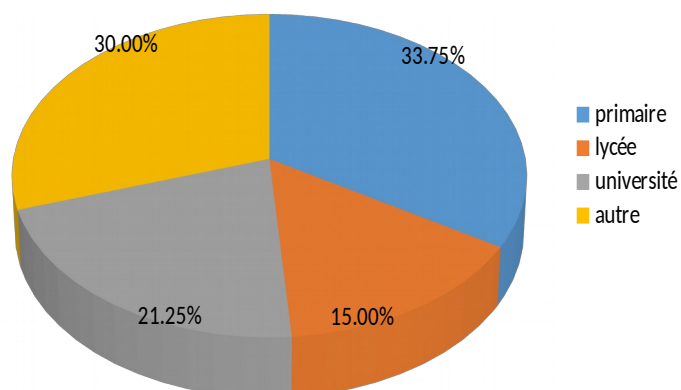
Tranche d'âge	Effectifs	Pourcentage
30-35	7	8,8 %
35-40	17	21,3%
plus de 40	56	70,0%
Total	80	100,0

L'analyse de l'échantillon montre une répartition majoritairement composée de personnes de plus de 40 ans, représentant 70% des participants. Les tranches d'âge 35-40 ans et 30-35 ans représentent respectivement 21.25% et 8.75% de l'échantillon, Cependant, la forte présence de personnes plus âgées peut également être un avantage, car elles apportent une expérience et une perspective précieuse qui peut enrichir la qualité et la profondeur des réponses obtenues.

I.2. Niveau intellectuel des agriculteurs interrogés :

Le Niveau intellectuel des agriculteurs enquêtés est représenté sur la Figure suivante:

Fig 1: Répartition des agriculteurs interrogés selon le niveau académique



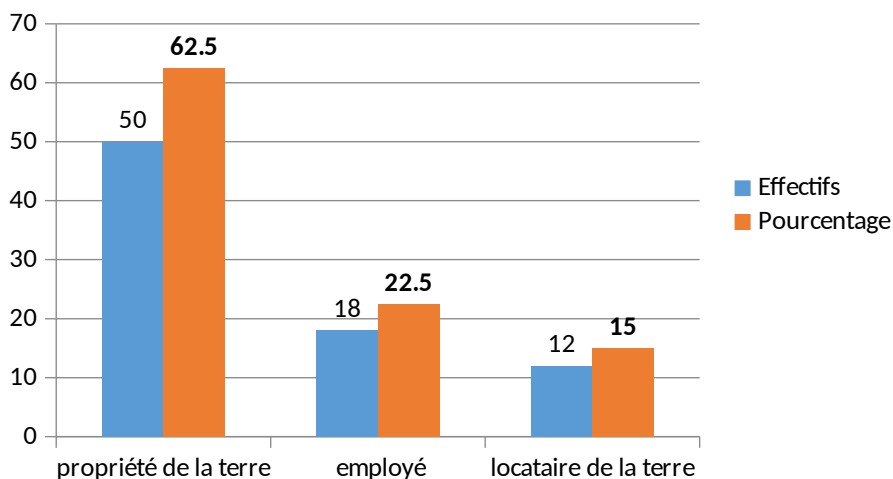
L'analyse de l'échantillon montre que la majorité des participants ont un niveau d'éducation primaire, représentant 33.8% de l'échantillon. Les participants ayant un niveau d'éducation autre que primaire, lycée ou université représentent 30.0% de l'échantillon. Ceux ayant fait des études universitaires constituent 21.3%, tandis que ceux ayant un niveau lycée représentent 15.0%.

Cette répartition indique une diversité dans les niveaux d'éducation des participants, ce qui peut être bénéfique pour obtenir une variété de perspectives et d'expériences. La forte présence de personnes ayant un niveau d'éducation primaire peut également apporter une vision spécifique et étroite des connaissances pratiques issues de leur parcours.

I.3. Type d'emploi occupé des agriculteurs interrogés :

Le Type d'emploi occupé des agriculteurs enquêtés est représenté sur la figure suivante:

Fig 2: Répartition de l'échantillon selon le poste

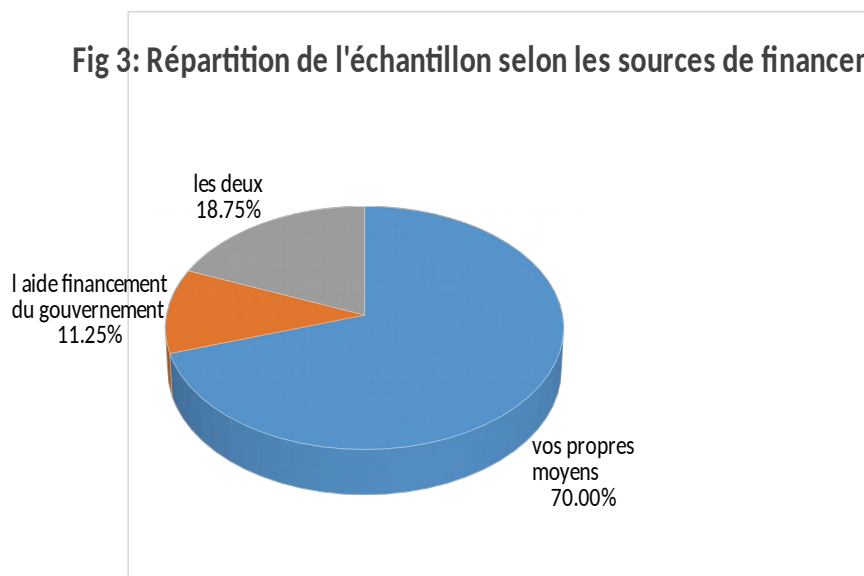


Dans cet échantillon, la majorité de participants (62.5%) sont des propriétaires de la terre. Cette forte représentation suggère une prédominance des individus ayant un lien direct avec la propriété foncière, ce qui peut influencer la direction et les conclusions de l'étude en mettant l'accent sur les défis et opportunités spécifiques à cette catégorie. D'autre part, les employés (22.5%) et les locataires de la terre (15.0%) offrent une diversité qui enrichi la compréhension globale des enjeux liés à la propriété foncière.

I.4. Les sources de financement des agriculteurs interrogés :

Les sources de financement des agriculteurs enquêtés sont représentées sur la figure suivante:

Fig 3: Répartition de l'échantillon selon les sources de financement



Dans cet échantillon, une grande majorité des participants (70%) utilisent leurs propres moyens financiers pour subvenir à leurs besoins. Cela suggère une forte indépendance financière parmi les participants, avec une préférence pour l'autosuffisance.

En revanche, une minorité relative (11.25%) reçoit une aide financière du gouvernement, indiquant une dépendance partielle des services de soutien gouvernementaux. De plus, 18.75% des participants reçoivent à la fois une aide financière du gouvernement et utilisent leurs propres moyens, ce qui dénote une diversité dans les stratégies de financement adoptées.

II. Résultats de la Section expérience dans l'agriculture en général

II.1. L'expérience dans le domaine de l'agriculture pour agriculteurs interrogés:

Le début de la pratique de l'agriculture de l'agriculture pour agriculteurs interrogés représentée sur le tableau suivant:

Tableau 11 : Expérience des agriculteurs enquêtés est représentée sur le tableau suivant :

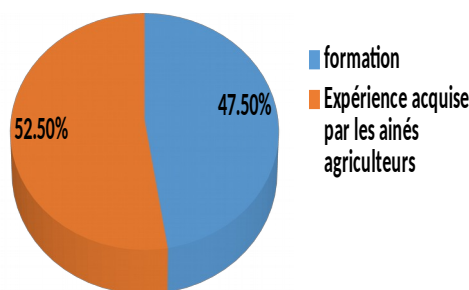
	Effectifs	Pourcentage
Plus de 10 ans	68	85,0
Moins de 10	12	15,0
Total	80	100,0

Dans cet échantillon, la majorité écrasante des participants (85%) ont commencé à pratiquer l'agriculture il y a plus de 10 ans. Cette longue période d'engagement dans l'agriculture suggère une expérience et une expertise considérables parmi les participants, avec une profonde compréhension des pratiques agricoles, des cycles saisonniers et des défis rencontrés dans le domaine. D'autre part, une minorité relative (15%) ont commencé à pratiquer l'agriculture il y a moins de 10 ans. Bien que moins expérimentés, ces participants apportent peut-être une perspective plus récente et innovante à la pratique agricole, avec des idées nouvelles et des approches novatrices pour relever les défis contemporains.

II.2. les connaissances acquises dans le domaine d'agriculteurs interrogés :

Les connaissances acquises dans le domaine pour les agriculteurs enquêtés est représentée sur la figure suivante :

Fig 4: Répartition de l'échantillon selon les connaissances acquises dans le domaine de l'agriculture



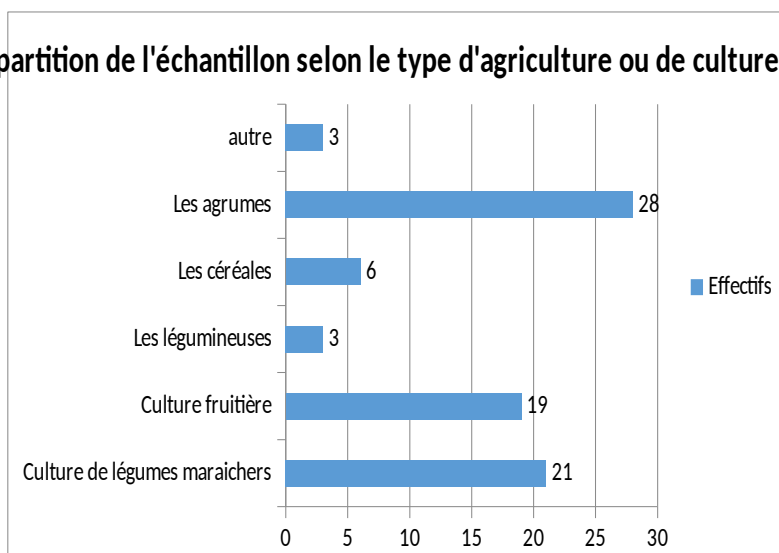
Dans cet échantillon, les participants déclarent acquérir des connaissances dans le domaine de l'agriculture principalement par deux moyens : la formation (47.5%) et l'expérience acquise auprès des aînés agriculteurs (52.5%). La répartition presque égale entre les deux méthodes suggère une diversité dans les approches d'apprentissage, avec certains privilégiant l'enseignement formel et d'autres préférant l'apprentissage pratique auprès des anciens.

La variété des sources d'apprentissage peut enrichir l'échange de connaissances au sein de la communauté agricole, offrant des perspectives complémentaires et une meilleure compréhension des pratiques et des défis dans ce domaine.

II.3. Type d'agriculture ou de culture pratiquée :

Le type d'agriculture ou de culture pratiquée par d'agriculteurs enquêtés est représenté sur la figure suivante :

Fig 5: Répartition de l'échantillon selon le type d'agriculture ou de culture pratiquée



Les participants pratiquent différents types d'agriculture, avec une variété de cultures représentées :

- La culture d'agrumes est la plus répandue, avec 28 personnes (35%) déclarant y être engagées.
- La culture de légumes maraîchers est également bien représentée, avec 21 personnes (26.25%) impliquées.
- La culture fruitière compte 19 personnes (23.75%) parmi les participants.
- Seuls quelques participants sont impliqués dans la culture des légumineuses (3 personnes, 3.75%) ou des céréales (6 personnes, 7.5%).

Cette diversité dans les types d'agriculture pratiqués reflète une richesse dans les activités agricoles au sein de l'échantillon. Chaque type de culture apporte ses propres défis et opportunités, contribuant ainsi à la complexité et à la diversité de l'agriculture dans la région étudiée. L'engagement dans des types spécifiques d'agriculture peut également refléter les conditions locales, les ressources disponibles et les préférences personnelles des participants.

III.3. Résultats de la Section sur la connaissance de l'hydroponique et les contraintes de son application

III.3.1. la connaissance de la culture hors sol (hydroponique)

La connaissance de la culture hors sol (hydroponique) pour les agriculteurs enquêtés est représentée sur le tableau suivant :

Tableau 12: Taux de connaissance de la culture hors sol (hydroponique) pour les agriculteurs interrogés

	Effectifs	Pourcentage
oui	44	55,0
non	36	45,0
Total	80	100,0

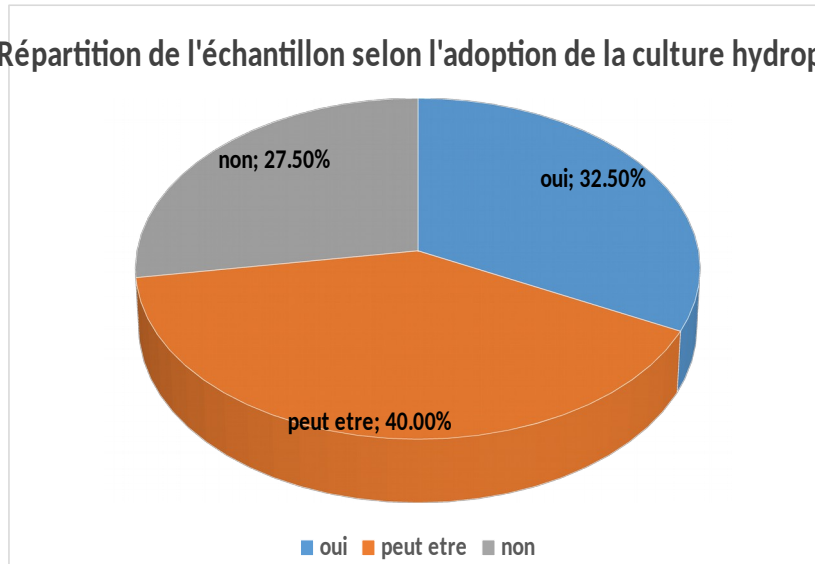
Dans cet échantillon, plus que la moitié des participants (55%) déclare avoir déjà entendu parler de la culture hors sol, également connue sous le nom de culture hydroponique. Cette méthode de culture, qui implique la croissance de plantes sans sol traditionnel en utilisant une solution nutritive, semble être relativement connue au sein de la communauté étudiée.

Cependant, Une part importante de participants (45%) déclare ne pas avoir entendu parler de cette méthode de culture. Cela peut indiquer un besoin potentiel de sensibilisation ou d'éducation supplémentaire sur les pratiques agricoles alternatives et innovantes, telles que la culture hors sol, et leurs avantages potentiels en termes d'efficacité de la production, de gestion des ressources et de durabilité environnementale.

III.3.2. l'adoption de la culture hydroponique par les agriculteurs interrogés

L'adoption de la culture hydroponique par les agriculteurs enquêtés est représentée sur la Figure suivante :

Fig 6: Répartition de l'échantillon selon l'adoption de la culture hydroponique



Dans cet échantillon, Une part importante de participants (32 personnes, soit 40%) indique qu'ils pourraient envisager d'adopter un jour la culture hydroponique pour faire pousser des plantes. Cette ouverture à l'adoption de nouvelles méthodes de culture témoigne d'un intérêt potentiel pour les pratiques agricoles innovantes et durables au sein de la communauté.

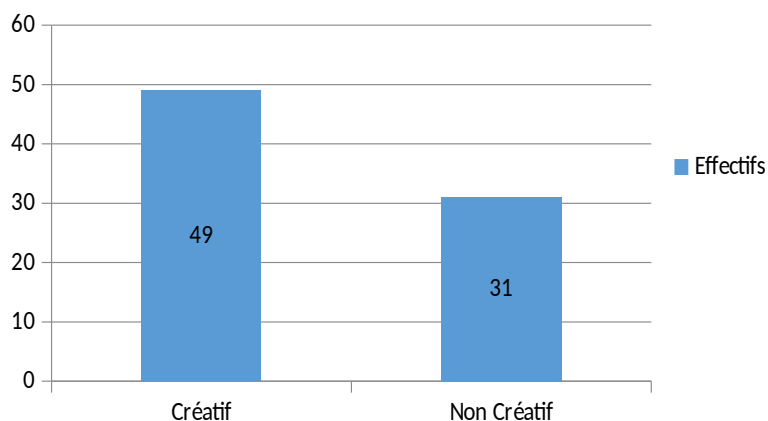
En outre, 26 participants (32.5%) déclarent être prêts à adopter la culture hydroponique, indiquant une acceptation directe de cette méthode de culture alternative.

Cependant, une minorité relative de participants (22 personnes, soit 27.5%) affirme qu'ils ne sont pas intéressés par l'adoption de la culture hydroponique.

III.3. 3. L'innovation de la culture hydroponique par apport aux agriculteurs interrogés

L'innovation de la culture hydroponique par apport des agriculteurs enquêtés est représentée sur la figure suivante:

Fig 6: Répartition de l'échantillon selon l'adoption de la culture hydroponique



Dans cet échantillon, une majorité de participants (49 personnes, soit 61.25%) considèrent la culture hydroponique comme une pratique créative et innovante dans le domaine agricole. Cette perception met en valeur la reconnaissance de l'hydroponie comme une méthode novatrice qui repousse les limites traditionnelles de la culture en utilisant des techniques modernes et des approches alternatives pour la croissance des plantes.

Cependant, une proportion notable de participants (31 personnes, soit 38.75%) ne la considère pas comme une culture créative. Leur perspective peut être influencée par divers facteurs tels que la familiarité avec la méthode, les croyances culturelles ou les préférences personnelles en matière d'agriculture.

III.3. 4. Les compétences de mise en œuvre de la culture hydroponique par apport aux agriculteurs interrogés

L'existence des compétences de mise en œuvre de la culture hydroponique par apport aux agriculteurs enquêtés est représentée sur le tableau suivant :

Tableau 13 : présence des compétences de mise en œuvre de la culture hydroponique par apport des agriculteurs interrogés

	Effectifs	Pourcentage
Oui	36	45,0
Non	44	55,0
Total	80	100,0

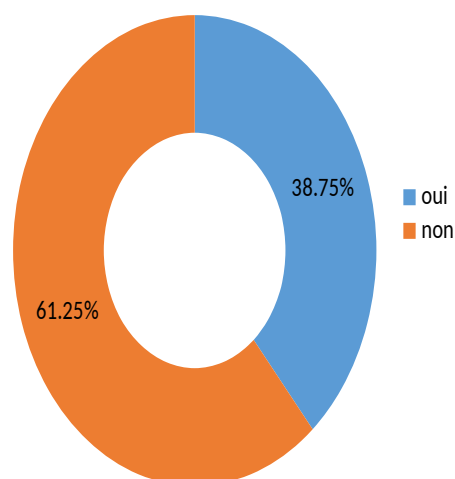
Dans cet échantillon, une majorité relative de participants (44 personnes, soit 55%) estiment ne pas avoir les compétences nécessaires pour mettre en œuvre la culture hydroponique. Cette perception peut être influencée par divers facteurs tels que le manque de connaissances spécifiques sur la culture hydroponique, le niveau d'expérience dans l'agriculture ou les ressources disponibles pour apprendre et mettre en pratique cette méthode.

Cependant Une part importante de participants (36 personnes, soit 45%) estime avoir les compétences requises pour la mise en œuvre de la culture hydroponique. Cette confiance peut provenir d'une expérience antérieure dans l'agriculture, d'une formation spécifique sur la culture hydroponique ou d'une volonté d'apprendre et d'acquérir de nouvelles compétences.

III.3. 5. Intentions d'application de la culture hydroponique dans l'échantillon des agriculteurs interrogés

Intentions d'application de la culture hydroponique par les agriculteurs enquêtés est représentée sur le figure suivante :

Fig 8: Intentions d'application de la culture hydroponique dans l'échantillon



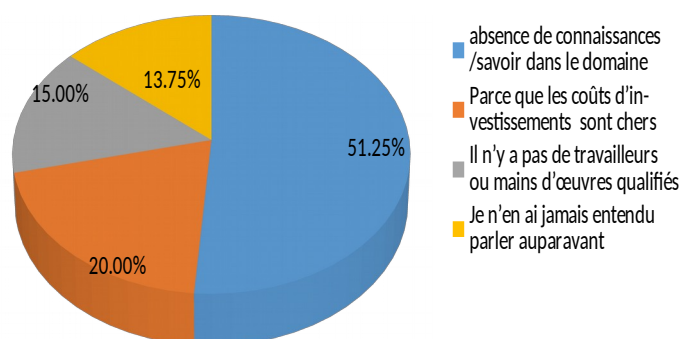
Dans cet échantillon, la majorité des participants (49 personnes, soit 61.25%) déclare ne pas avoir l'intention d'appliquer la culture hydroponique. Cette décision peut être motivée par divers facteurs tels que le manque de connaissances ou d'intérêt pour cette méthode de culture, les ressources nécessaires pour mettre en œuvre la culture hydroponique, ou encore les préférences personnelles en matière d'agriculture.

En revanche, une part importante de participants (31 personnes, soit 38.75%) envisage d'appliquer la culture hydroponique. Cette intention peut être due à une reconnaissance des avantages potentiels de cette méthode, tels que l'utilisation efficace des ressources, la possibilité de cultiver dans des environnements urbains restreints, ou encore la réduction de l'impact environnemental de l'agriculture.

III.3. 6. Raisons pour lesquelles l'agriculture hors sol n'a pas été appliquée par l'échantillon des agriculteurs interrogés

Les raisons pour lesquelles l'agriculture hors sol n'a pas été appliquée dans l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentées sur la figure suivante :

Fig 9: Raisons pour lesquelles l'agriculture hors sol n'a pas été appliquée dans l'échantillon



Dans cet échantillon, les raisons de la non-application de l'agriculture hors sol sont variées : l'absence de connaissances dans le domaine (51.25%), les coûts d'investissements élevés (20%), le manque de main-d'œuvre qualifiée (15%), et le manque de sensibilisation à cette méthode (13.75%). Ces résultats mettent en lumière les obstacles potentiels à l'adoption de pratiques agricoles innovantes et soulignent la nécessité de sensibilisation, de formation et de solutions financièrement accessibles pour encourager leur adoption.

III.3.7. Opinion sur la facilité d'utilisation de l'agriculture et de l'eau par l'échantillon des agriculteurs interrogés

Les opinions sur la facilité d'utilisation de l'agriculture et de l'eau par l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 14: Opinions sur la facilité d'utilisation de l'agriculture et de l'eau par l'échantillon des agriculteurs enquêtés

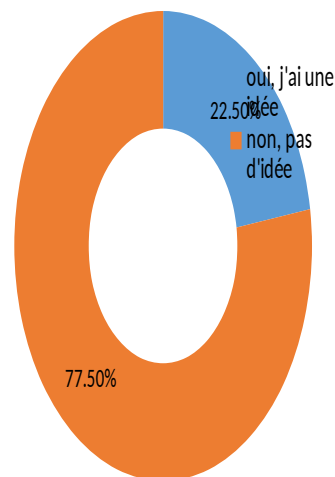
	Effectifs	Pourcentage
facile	56	70,0
difficile	24	30,0
Total	80	100,0

Dans cet échantillon, la majorité des participants (70%) estiment qu'il est facile d'utiliser l'agriculture et l'eau, tandis que 30% considèrent cette tâche comme difficile. Ces résultats soulignent la diversité des attitudes et des perspectives au sein de la communauté agricole concernant la facilité d'utilisation de ces ressources. Ils mettent en lumière l'importance de prendre en compte les défis spécifiques et les opportunités pour promouvoir des pratiques agricoles durables et efficaces, en particulier dans la conservation des ressources en eau et la résilience face aux changements climatiques.

III.3.8. Estimation du coût d'investissement pour une chambre hydroponique dans l'échantillon des agriculteurs interrogés

L'estimation du coût d'investissement pour une chambre hydroponique dans l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentée sur la figure suivante :

Fig 10: Estimation du coût d'investissement pour une chambre hydroponique dans l'échantillon



Dans cet échantillon, une minorité de participants (22.5%) déclare avoir une idée sur le coût d'investissement d'une chambre hydroponique, tandis que la majorité (77.5%) ne semble pas en avoir connaissance. Ces résultats soulignent un besoin potentiel d'informations supplémentaires pour mieux comprendre les implications financières de la culture hydroponique.

III.3.9. Suggestions des agriculteurs enquêtés pour faciliter l'application de la culture hydroponique

Les suggestions basées sur l'expérience **des agriculteurs interrogés** pour faciliter l'application de la culture hydroponique sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 15: Suggestions des agriculteurs enquêtés pour faciliter l'application de la culture hydroponique

	Effectifs	Pourcentage
Des formations disponibles	58	72,5
Inclure dans un cadre réglementaire pour les intérêts agricoles	22	27,5
Total	80	100,0

Selon les réponses des participants :

- Des formations disponibles : 58 personnes (72.5%)
- Inclure dans un cadre réglementaire pour les intérêts agricoles : 22 personnes (27.5%)

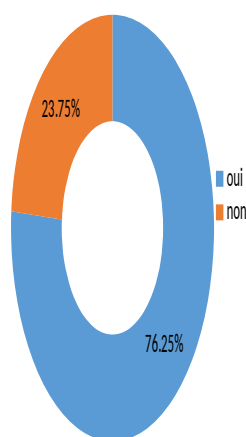
Ces résultats indiquent que la majorité des participants (72.5%) préconisent la disponibilité de formations pour faciliter l'application de la culture hydroponique. En outre, 27.5% des participants recommandent d'inclure la culture hydroponique dans un cadre réglementaire pour les intérêts agricoles. Ces suggestions soulignent

l'importance de l'éducation et de la réglementation pour soutenir le développement de la culture hydroponique dans le secteur agricole.

III.3.10. Perspective sur l'impact de l'hydroponique sur la préservation des terres et la facilité du travail agricole dans l'échantillon des agriculteurs interrogés

Les perspectives sur l'impact de la technologie hydroponique sur la préservation des terres et la facilité du travail agricole dans l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentée sur la figure suivante :

Fig 11: Perspective sur l'impact de la technologie hydroponique sur la préservation des terres et la facilité du travail agricole



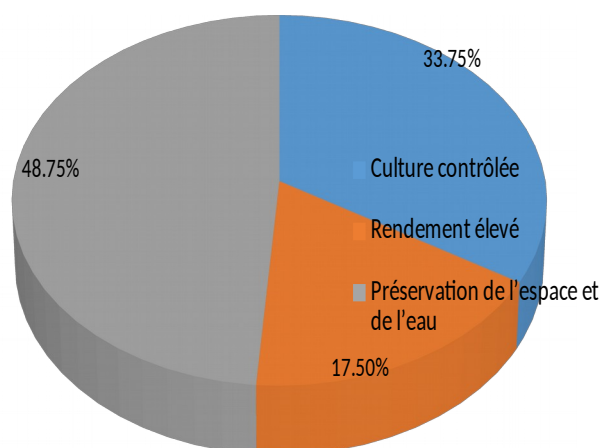
Dans cet échantillon, une forte majorité des participants (76.25%) estime que l'utilisation du système hydroponique aidera les agriculteurs à préserver leurs terres et à faciliter leur travail. Cette perception positive souligne le potentiel de la culture hydroponique pour une agriculture plus durable et efficace.

III.3.11. Avantages de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

Les avantages de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentés sur la figure suivante :

Figure 20 : Les avantages de la culture hydroponique selon l'échantillon étudié.

Fig 12: Les avantages de la culture hydroponique selon l'échantillon

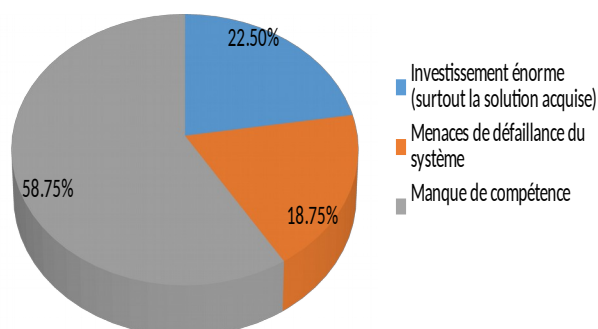


Selon les statistiques fournies par les participants, le plus grand avantage de la culture hydroponique, cité par 39 personnes (48.75%), est la possibilité de préserver l'espace et l'eau. Cela indique une reconnaissance majoritaire de l'importance de la conservation des ressources dans le domaine agricole. Ensuite, 27 personnes (33.75%) mentionnent la culture contrôlée comme un avantage clé, tandis que 14 personnes (17.5%) soulignent le rendement élevé comme bénéfice principal de cette méthode de culture.

III.3.12. Inconvénients de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

Les inconvénients de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentés sur la figure suivante :

Fig 13: les inconvénients de la culture hydroponique selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

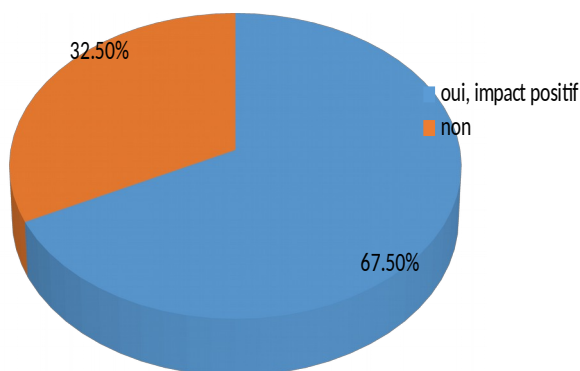


Dans cet échantillon, 47 personnes (58.75%) identifient ce facteur comme une préoccupation majeure. Ensuite, 18 personnes (22.5%) soulignent l'investissement énorme requis, en particulier pour l'acquisition de solutions hydroponiques, tandis que 15 personnes (18.75%) expriment des préoccupations concernant les menaces de défaillance du système. Ces données soulignent les défis potentiels à surmonter pour une adoption réussie de la culture hydroponique, notamment la nécessité de développer des compétences spécialisées et de garantir la fiabilité des systèmes.

III.3.13. Impact de la culture hydroponique sur l'environnement selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

Le degré d'impact de la culture hydroponique sur l'environnement selon l'échantillon des agriculteurs enquêtés est représenté sur la figure suivante :

Fig 14: L'impact de la culture hydroponique sur l'environnement selon l'échantillon



Dans cet échantillon, 67.5% des participants estiment que la culture hydroponique a un impact positif sur l'environnement, tandis que 32.5% ne partagent pas cette opinion. Ces statistiques reflètent les différentes perspectives sur l'impact environnemental de la culture hydroponique, soulignant la nécessité d'une approche équilibrée dans son adoption et sa mise en œuvre.

III.3.14. Taux d'Adoption de l'hydroponique par les agriculteurs interrogés

Le pourcentage d'adoption de l'hydroponique par les agriculteurs au niveau des exploitations est représenté sur le tableau suivant :

Tableau 15 : Taux d'adoption de l'hydroponique par les agriculteurs interrogés

	Effectifs	Pourcentage
oui	36	45,0
non	44	55,0
Total	80	100,0

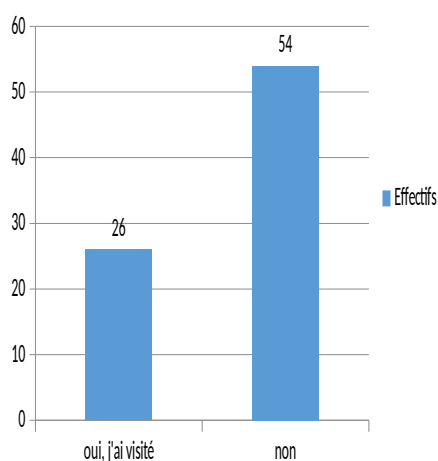
Dans cet échantillon, 44 personnes (55%) déclarent ne pas avoir rencontré d'agriculteurs qui appliquent l'hydroponique au niveau des exploitations, tandis que 36 personnes (45%) ont rencontré des agriculteurs utilisant cette méthode. Cela suggère que bien que la pratique de l'hydroponique puisse être présente, elle n'est pas encore

largement répandue dans les exploitations agricoles selon les reposes des agriculteurs enquêtés.

III.3.15. Répartition de l'échantillon selon leur visite aux réserves agricoles avec des bassins hydroponiques

La répartition de l'échantillon selon leur visite aux réserves agricoles avec des bassins hydroponiques est représentée sur la figure suivante :

Fig 15: Répartition de l'échantillon selon leur visite aux réserves agricoles avec des étangs hydroponiques

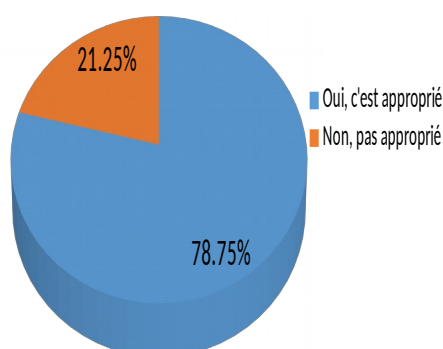


Dans cet échantillon, 54 personnes (67.5%) déclarent ne pas avoir visité de réserve agricole contenant des étangs hydroponiques, tandis que 26 personnes (32.5%) ont effectué une telle visite. Cela indique que la majorité des répondants n'ont pas eu d'expérience directe avec ce type spécifique d'installation agricole.

III.3.16. Impact de la culture hydroponique sur la durée de production et la qualité adaptée au marché selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

L'impact de la culture hydroponique sur la durée de production et la qualité adaptée au marché selon l'échantillon des agriculteurs enquêtés est représenté sur la figure suivante :

Fig 16:L'impact de la culture hydroponique sur la durée de production et la qualité adaptée au marché selon l'échantillon



Selon les réponses des participants, une majorité de 63 personnes (78.75%) estiment que la culture hydroponique permettra une production plus courte et produira une qualité adaptée à la demande du marché. En revanche, 17 personnes (21.25%) ne partagent pas cette opinion. Cela suggère une perception majoritairement positive de l'efficacité et de la qualité de la production hydroponique parmi les agriculteurs interrogés.

III.3.17. Perspective de l'échantillon sur la combinaison entre l'agriculture traditionnelle et de la culture hydroponique

Les perspectives de l'échantillon sur la combinaison de l'agriculture traditionnelle et de la culture hydroponique des agriculteurs enquêtés sont représentée sur le tableau suivant :

Tableau 16 : Perspective de l'échantillon sur la combinaison entre l'agriculture traditionnelle et de la culture hydroponique

	Effectifs	Pourcentage
Bonne idée	62	77,5
Mauvaise idée	18	22,5
Total	80	100,0

Selon les réponses des participants, une grande majorité de 62 personnes (77.5%) estiment que la combinaison de l'agriculture traditionnelle et de la culture hydroponique est une bonne idée. En revanche, 18 personnes (22.5%) pensent que c'est une mauvaise idée. Cela indique une préférence majoritaire pour une approche combinée dans la pratique agricole, suggérant ainsi une reconnaissance de la valeur potentielle de l'intégration de différentes méthodes de culture pour répondre aux besoins diversifiés du marché et aux contraintes environnementales.

III.3.18. Perspective sur la popularité et les avantages potentiels de la culture hydroponique en Algérie en 2050 selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

Perspectives sur la popularité et les avantages potentiels de la culture hydroponique en Algérie en 2050 selon l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentées sur la figure suivante :

Fig 17: Perspective sur la popularité et les avantages potentiels de la culture hydroponique en Algérie en 2050 selon l'échantillon

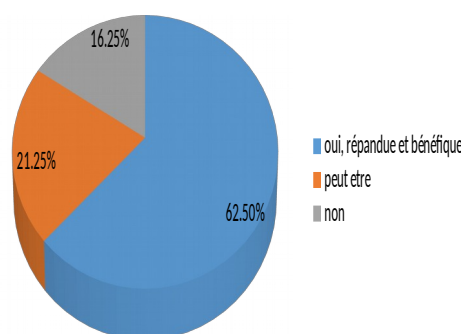


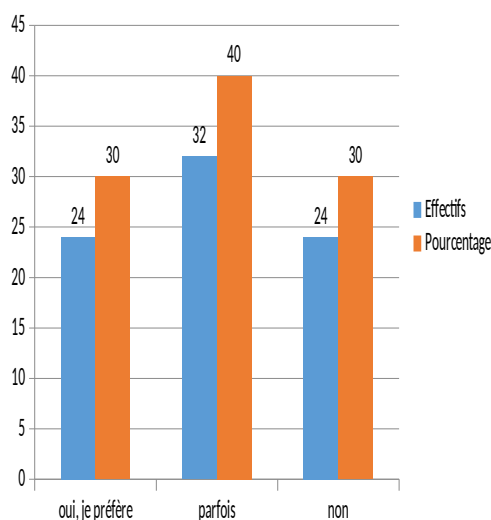
Figure 27: Perspective sur la popularité et les avantages potentiels de la culture hydroponique en Algérie en 2050 selon l'échantillon étudié.

Selon les réponses des participants, une majorité de 50 personnes (62.5%) estiment que l'application de la culture hydroponique sera plus répandue et plus bénéfique en Algérie d'ici 2050. 17 personnes (21.25%) pensent que cela pourrait être le cas, tandis que 13 personnes (16.25%) ne sont pas convaincues. Ces réponses suggèrent une certaine confiance dans le potentiel de la culture hydroponique pour répondre aux besoins futurs de l'agriculture en Algérie, bien que certaines incertitudes subsistent quant à son adoption et à ses avantages à long terme.

III.3.19. Répartition de l'échantillon selon leur préférence pour les produits biologiques par rapport aux produits conventionnels

La répartition de l'échantillon selon leur préférence pour les produits biologiques par rapport aux produits conventionnels est représentée sur la figure suivante :

Fig 18: Répartition de l'échantillon selon leur préférence pour les produits biologiques par rapport aux produits conventionnels



Selon les réponses des participants :

- 24 personnes (30%) préfèrent les produits biologiques.
- 32 personnes (40%) les choisissent parfois.
- 24 personnes (30%) ne préfèrent pas les produits biologiques.

Cela indique une diversité d'attitudes envers les produits biologiques, avec certains les préférant, d'autres les choisissant occasionnellement, et d'autres ne les préférant pas du tout.

III.3.20. les inconvénients de l'hydroponique en Algérie selon l'échantillon des agriculteurs interrogés

Les inconvénients de l'hydroponique en Algérie selon l'échantillon des agriculteurs enquêtés sont représentée sur le tableau suivant :

Tableau 17 : les inconvénients de l'hydroponique en Algérie selon l'échantillon étudié.

	Effectifs	Pourcentage
En Algérie elle n'a pas encore atteint un stade avancé de développement dans le domaine de culture hydroponique	6	7,5
Il est obligatoire d'avoir des travailleurs qualifiés et expérimentés	14	17,5
L'investissement initial dans un système hydroponique est relativement élevé (très cher)	43	53,8
Il est nécessaire d'encourager la pratique De ce type d'agriculture en Algérie	17	21,3
Total	80	100,0

Dans cet échantillon, plusieurs défis de la culture hydroponique en Algérie ont été identifiés. Sur les 80 participants :

- Seulement 6 personnes (7.5%) estiment que la culture hydroponique n'a pas encore atteint un stade avancé de développement dans le pays.
- 14 personnes (17.5%) soulignent le besoin d'avoir des travailleurs qualifiés et expérimentés pour pratiquer la culture hydroponique avec succès.
- Un nombre significatif de 43 personnes (53.75%) considèrent que l'investissement initial dans un système hydroponique est relativement élevé, voire très cher.
- Enfin, 17 personnes (21.25%) pensent qu'il est nécessaire d'encourager davantage la pratique de ce type d'agriculture en Algérie.

Ces résultats mettent en évidence un certain nombre de défis à surmonter pour promouvoir avec succès la culture hydroponique en Algérie, notamment le la gestion des coûts, le développement de compétences et la sensibilisation. Il est crucial de prendre en compte ces préoccupations dans la planification et la mise en œuvre de programmes visant à encourager l'adoption de la culture hydroponique dans le pays.

Conclusion

L'agriculture hydroponique peut offrir de nombreux avantages tels qu'un rendement accru des cultures, des taux de croissance plus rapides et une consommation d'eau réduite. Cependant, les agriculteurs hydroponiques peuvent également être confrontés à certains défis.

A la lumière des résultats de cette étude, les agriculteurs ont signalé un certain nombre de défis qui affectent négativement l'application de la culture hydroponique. Un défi majeur cité par presque tous les agriculteurs était le coût initial élevé de la construction. La majorité des agriculteurs ont noté que l'achat de la structure hydroponique coûtait cher. Cela s'explique principalement par le fait qu'il y a peu d'agriculteurs qui adoptent l'agriculture hydroponique dans la région et que les matériaux de construction ne sont donc pas facilement disponibles dans la région. De plus, il existe très peu d'institutions s'occupant de l'agriculture hydroponique dans le pays.

L'étude a révélé que les agriculteurs étaient également confrontés au manque de compétence dans le domaine de l'hydroponie. Certains agriculteurs ont également souligné que l'absence de formation et de sensibilisation constituait également un défi majeur. Certaines structures hydroponiques nécessitaient également l'utilisation de connaissances technologiques modernes dont la majorité des agriculteurs ne disposent pas dans la région.

Cependant, d'autres défis majeurs n'ont pas été signalés par les agriculteurs enquêtés dans cette étude et son cité par les autres recherches scientifiques, notamment les maladies des cultures, le manque de marchés pour vendre leurs produits, le coûts élevés pour les solutions nutritives et le maintien des niveaux de nutriments, consommation d'énergie plus élevée et la qualité de l'eau

Les résultats de cette étude permettent également de conclure que l'agriculture hydroponique n'est pas bien développée dans le pays et que le gouvernement a échoué à la soutenir de manière adéquate. Ainsi, les études futures devraient inclure une comparaison de la stabilité et la durabilité de l'agriculture hydroponique dans les pays développés et en développement. Cela pourrait aider à façonner l'avenir de l'agriculture hydroponique, en particulier dans les pays en voie de développement comme l'Algérie.

En se basant sur les défis mentionnés ci-dessus, l'étude recommande plusieurs politiques et programmes que les l'état et les agriculteurs du pays peuvent adopter pour améliorer et renforcer leurs activités et programmes en agriculture hydroponique. Voici quelques recommandations :

- **Les agriculteurs doivent bénéficier d'une formation appropriée en agriculture hydroponique:** Le gouvernement algérien devrait proposer des méthodes de formation efficaces pouvant attirer davantage d'agriculteurs à adopter des plans d'agriculture hydroponique dans le pays. Avec une formation efficace des conseillers agricoles du gouvernement, de nombreux agriculteurs seront encouragés à adopter l'agriculture hydroponique. En effet, ils auront la possibilité d'en savoir plus sur l'agriculture hydroponique. De plus, une formation efficace permettra aux agriculteurs de comprendre les types de cultures qu'ils peuvent planter et d'obtenir des rendements élevés en peu de temps.
- **Cultiver des cultures variées à haut rendement:** Les agriculteurs doivent cultiver des cultures à haut rendement comme les fraises. Il est également essentiel que les agriculteurs cultivent des cultures à maturation rapide pour maximiser leurs rendements.
- **Accéder à de nouveaux marchés:** Les agriculteurs devraient détourner leur attention du marché local et cultiver des cultures adaptées même aux marchés étrangers. Une telle démarche non seulement élargira leurs horizons sur le marché, mais leur ouvrira également des opportunités de produire des cultures de haute valeur et de haute productivité. Il est nécessaire de prendre les dispositions nécessaires pour aider à sensibiliser les agriculteurs aux besoins du marché international et aux politiques mises en place pour les aider à accéder à ces marchés efficacement.

En résumé, bien que l'agriculture hydroponique offre de nombreux avantages, elle présente également des défis qui nécessitent une gestion soignée pour assurer le succès.

Références bibliographiques

- Ammari, A., Khelil, I. (2020). Essai sur la culture de laitue (*Lactuca sativa*) sous un système hydroponique dans la région de Ouragla. [Thèse de master]. Université Kasdi Merbah: ouaragla.
- A, P. D. K. (2020). INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND MODERN EDUCATION. ADVANCED SCIENCES INDEX.
- Belbachir, M. M. (2017). Production de fourrage par technique hydroponiques cas de l'orge à Sidi Mdjahed, commune de Beni bousaid. [Thèse de master]. Université Abou Bekr Belkaid : Tlemcen.
- Belkhalifa, S., Zerman, M. (2020). Comment créer un projet hydroponique productif pour les plants de tomates *Lycopersicum esculentum* Note de maîtrise]. Université de Mentouri Frères : Constantine.
- BENAHMED.M, 2020.Article hydroponie légèrement modifié. UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMEN Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département d'Agronomie.
- Bennaidja, Kh., Bouchouk, A. (2019). La capacité du vermicompost et des extraits végétaux dans l'entretien nutritionnel du fraisier et de la laitue. [Thèse de master]. Université de Blida 1.
- Benton, M. A. (2014). Expert opinion and Second-Hand knowledge. *Philosophy and Phenomenological Research*, 92(2), 492–508.
- Boufarah, K.H., Slimani, N. (2019). La culture hydroponique comme une des solutions pour une exploitation optimale Pour l'eau et les engrais. Mémoire de maîtrise à l'Université Martyr Hama Lakhdar.

- Boulhouache, I. (2020). Optimisation des apports de biostimulants foliaires en système NFT (Nutrient Film Technique): cas d'une plant herbacée.]Thèse de master[. Université Blida 1.
- Calais, D. (2020). Les cultures hydroponiques aux Emarates Arabes Unis. Presses universitaires du MIDI.
- Haddad, R. F. (2021). Hydroponic agriculture in Lebanon: A window for food security and rural development. Americal university of Beirut.
- Hassal & Associates. (2001). Hydroponics as an agricultural production system. RIRDC Publication. N 01, 141.

- Hassani salaf, 2023. Le rôle de la culture hors sol dans la préservation de la biodiversité.mémoire Master Recherche ; spécialiste Biodiversité et physiologie végétale .Université constantine.

- ITCM (2010). Fiches techniques valorisées des cultures maraîchères et Industrielles. La culture de fraisier.
- Jensen, M. H. (1991). Hydroponic culture for the tropics: opportunities and alternatives. Asian and Pacific Council. Food Technology Center.

- Jones, J. Benton (2014). Complete guide for growing plants hydroponically. Boca Raton, FL: CRC Press-Taylor & Francis Group
- Kaur, P., & Kapoor, P. (2023). Revolutionizing Mushroom Cultivation: A Comprehensive Review of Hydroponics in Fungiculture. Current Journal of Applied Science and Technology, 42(44), 19–37.

- Khalaf et cheli.,2022. La culture hydroponique comme alternative à l'agriculture traditionnelle, avantages et inconvénients.mémoire Master recherche.spécialisée en biodiversité et physiologie végétale.Université de la Confrérie Mentouri Constantine 1.

- Laura perez Echeverria;2008.Hydroponics for the home.Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture.

- MAPEI. (2019). The largest hydroponics farm in Europe.
- Maouche .B et Haid.S (2021). Optimisation de l'irrigation de fertilisation pour la laitue dans un système hydroponique. enjeux et implications. Diplôme de MASTER. Université Djilali Bounaama Khemis Miliana.

- Maladies de pourriture des racines, leurs types et les meilleurs traitements et pesticides (22 septembre 2021) Date de remboursement : 28 février 2022, par Money Makers.
- Nana Lal Mali et al.,2021.A REVIEW ON HYDROPONICS: DEMAND OF FUTURE.021 IRJHIS | Volume 2, Issue 6, June 2021 | ISSN 2582-8568 | Impact Factor 5.71
- Ramdane, A. (2011). Seed potato production in Algeria using hydroponics.
- Resh, H.M. (2004). Hydroponic food production. A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Sixth edition. Mahwah, USA, New concept Press. 567 p
- Schnitzler, W. H. (2016). Urban hydroponics for green and clean cities and for food security. ISHS Octa horticulture 1004: International symposium on soilless cultivation.
- Texier , Breider, Verlomme, (impr. 2013). L'hydroponie pour tous. Tout sur l'horticulture à la maison. Mamaéditions.com. Paris : Mama éd (Jardinages).
- Types d'environnements pouvant être utilisés en agriculture hors-sol (15 juin 2013).Date d'importation : 10 mars,2022,de Aquaponics and Morocco Brazilian Hydroponics.
- Ugyen Tshering et Barkha 2023 .Hydroponics for sustainable farming of future: A review.The Pharma Innovation Journal 2023; 12(6): 4762-4765
- Velazquez-Gonzalez, R.S.; Garcia-Garcia, A.L.; Ventura-Zapata, E.; Barceinas-Sanchez, J.D.O.; Sosa-Savedra, J.C. A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations. Agriculture 2022, 12, 646.
- Vyshnavi, Dr. Asha , Sanjana Agarwal, Harshit Dubey, Chinmay Jain 2023.ARTICLE A STUDY ON HYDROPONIC FARMING . International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR) . Volume 5, Issue 2, March-April 2023.

Sites web

- Net 01: <https://www.linkedin.com/pulse/20-advantages-disadvantages-hydroponics-you-should-know-abu-nejim>
- Net 02: <https://mbhydroponics-ar.blogspot.com>
- Net 03: <https://www.agrimaroc.ma/> date 04-06-2023, h:00:24
- Net 04: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- Net 05: <https://www.thepharmajournal.com>
- Net 06: <https://www.mapei.com/it/en/realta-mapei/detail/the-largest-hydroponics-farm-in-Europe>.
- Net 07: <https://doi.org/10.1111/phpr.12109>
- Net 08: <https://doi.org/10.9734/cjast/2023/v42i444280>
- Net 09: <https://journal-index.org/index.php/asi/article/view/2479>