République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

سكيكدة- جامعة 20 أوث 1955

Université 20 Août 1955-Skikda

Faculté des Sciences — كلية العلوم

Filière science d'agronomie — شعبة العلوم الفلاحية

قسم الفلاحة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'obtention du Diplôme de Master en Agronomie

Spécialité : amélioration des plantes

THÈME

Conception d'un système perlite/ Hydroponie pour boutérage herbacée

Présenté par :

- Afif Ines
- Moumen Djihen
- Nini Takoua

Membres du jury :

Président : BALA Sihem	MCA Université du 20 Août 1955 – Skikda
Encadreur : HANACHI Abd Alhakim	MCA Université du 20 Août 1955 – Skikda
Examinateur : BOULECHFAR Mohamed	MAA Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année Universitaire 2025/2026

Résumé :

Cette étude évalue un système hydroponique passif utilisant la perlite pour le bouturage de Coleus scutellarioides sous conditions environnementales contrôlées. Trois milieux liquides ont été testés : eau du robinet (témoin), eau distillée et eau de saule.

Les résultats montrent que l'eau de saule améliore significativement l'enracinement grâce à son effet bio-stimulant, tandis que l'eau distillée limite la croissance en raison de l'absence d'éléments nutritifs. L'eau du robinet présente des performances intermédiaires avec un enracinement modéré.

Cette étude met en évidence l'intérêt de combiner des systèmes hydroponiques à faible coût avec des bio-stimulants naturels pour améliorer l'efficacité de la multiplication végétative.

Mots-clés : Hydroponie, Perlite, Bouturage herbacé, Eau de saule, Rhizogenèse, Coleus scutellarioides

Abstract:

This study evaluates a passive hydroponic system using perlite for the propagation of Coleus scutellarioides cuttings under controlled environmental conditions. Three liquid media were tested: tap water (control), distilled water, and willow water.

The results showed that willow water significantly enhanced root formation due to its biostimulant properties, while distilled water limited growth due to nutrient deficiency. Tap water provided intermediate performance, ensuring moderate rooting.

These findings highlight the potential of combining low-cost hydroponic systems with natural biostimulants to improve vegetative propagation efficiency.

Keywords: Hydroponics, Perlite, Herbaceous cuttings, Willow water, Rhizogenesis, Coleus scutellarioides

الملخص :

تقيّم هذه الدراسة نظام زراعة مائية سلبي باستخدام البيرلايت لتجذير عقل Coleus scutellarioides تحت ظروف بيئية مضبوطة. تم اختبار ثلاثة أوساط: ماء الصنبور (شاهد)، الماء المقطر، وماء الصفصاف.

أظهرت النتائج أن ماء الصفصاف يحسن بشكل ملحوظ عملية التجذير بفضل خصائصه كمحفز حيوي طبيعي، بينما يحدّ الماء المقطر من النمو نتيجة غياب العناصر الغذائية. أما ماء الصنبور فقد أظهر أداءً متوسطًا مع تجذير معتدل.

تؤكد هذه الدراسة أهمية دمج الأنظمة الهيدروبونية منخفضة التكلفة مع المحفزات الحيوية الطبيعية لتحسين كفاءة الإكثار الخضري.

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية، البيرلايت، العقل العشبية، ماء الصفصاف، التجذير، كوليوس سكوتيلاريويد

Remercîment

Avant tout, nous rendons grâce à Allah, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé, la persévérance, la patience et la volonté nécessaires pour surmonter les obstacles et mener à bien ce travail durant notre parcours universitaire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, Mr Hannachi Abdelhakim. Ce fut un immense honneur de travailler sous sa direction. Nous le remercions chaleureusement pour sa disponibilité constante, ses précieux conseils, sa rigueur scientifique et sa bienveillance qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont accepté de consacrer de leur temps pour évaluer et juger ce modeste travail :

• Mme Bala S., pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce jury.
• Mr Boulchefar. M, pour l'intérêt qu'il porte à notre recherche en acceptant d'examiner ce travail en tant qu'examinateur.

Nous exprimons notre reconnaissance au responsable du laboratoire d'analyse du sol de l'Université 20 Août 1955 de Skikda, ainsi qu'au personnel du laboratoire de chimie pour leur aide technique précieuse et leur accueil.

Enfin, nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants du département d'agronomie pour la qualité de leur enseignement et le partage de leur savoir tout au long de nos cinq années d'études.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À mes très chers parents,

Aucune parole ne saurait exprimer ma profonde gratitude pour votre amour, vos sacrifices et votre soutien inconditionnel. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir encouragée à persévérer et d'avoir été à mes côtés à chaque étape de mon parcours. Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À ma chère grand-mère

Ma deuxième mère, source de tendresse, de sagesse et d'affection. Merci pour ton amour, tes prières sincères et ton soutien précieux. Que Dieu te protège et te garde en bonne santé.

À mes chers frères,

Pour leur amour, leur soutien constant, leurs encouragements et tous les moments de joie que nous avons partagés ensemble.

À mon cher oncle Azzedine,

Pour ses précieux conseils, ses encouragements et son soutien tout au long de mon parcours universitaire.

À mes chères amies,

Pour leur amitié sincère, leur présence, leur soutien et tous les merveilleux souvenirs que nous avons partagés ensemble.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Avec toute ma reconnaissance et mon affection.

Afif Ines

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À l'âme de mon cher grand-père, qu'Allah lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis. Son souvenir demeure gravé dans mon cœur et ses valeurs continueront à éclairer mon chemin.

À mon cher père, Pour tous les sacrifices consentis, son amour inconditionnel et son soutien permanent. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir encouragée à poursuivre mes rêves.

À ma chère mère, Source de tendresse, de courage et de bénédictions. Merci pour tes prières, ton affection et ta présence constante qui ont été ma plus grande force.

À l'âme de mon cher grand-père, qu'Allah lui fasse miséricorde.

Ton absence laisse un grand vide, mais ton amour et tes souvenirs resteront à jamais gravés dans mon cœur. Puisse Allah t'accueillir dans Son vaste paradis.

À mon cher frère Adam, Pour son soutien, sa présence et son affection fraternelle.

À mes frères et sœurs, Pour leur amour, leurs encouragements et les merveilleux moments partagés.

À mon cher Mohamed, Pour sa confiance, sa patience et son soutien précieux tout au long de ce parcours.

À mes cousins et cousines, particulièrement Abir et Nesrine, Pour leur affection, leur présence et leur encouragement.

À mes chères amies : Inès, Douaa, Yasmine, Marwa, Malak et Rabab, Pour leur amitié sincère, leur soutien et tous les souvenirs inoubliables que nous avons partagés.

À mes chères amies de l'université : Inès, Takoua, Chaïma, Lamia, Ikram, Hanane, Ghalia, Nada et Nesrine, Compagnes de route avec qui j'ai partagé les moments de travail, de doute et de réussite. Merci pour votre solidarité et votre belle amitié.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Moumen DJihane

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À l'âme de mon cher père (Rabah), Rabi yarahmou.

À l'homme dont j'aurais tant aimé la présence aujourd'hui pour récolter les fruits de ce qu'il a semé. Tu es absent de mes yeux, mais tu resteras à jamais vivant dans mon cœur.

À ma chère mère (Leila),

La source de ma force, de mes prières constantes et de mon succès. Merci d'avoir été mon refuge et ma lumière à chaque étape de ma vie.

À mon cher frère

Mohamed, à mes chères sœurs (Rafika, Samia, Wissam, Houda), à leurs conjoints (Amina, Badr Eddine, Gholam, Fatah, khalad), et à leurs enfants, mes petits poussins,

Pour leur présence, leur soutien indéfectible et leur amour constant qui illumine ma vie.

À mes chères amies (Chourouk, Alia) ainsi qu'à ma précieuse cousine, (Malak)

Mes compagnes de route, avec qui j'ai partagé les moments de fatigue, de doutes et de réussite

Nini Takoua

Liste des abréviations

Abbreviation	Signification
AIB	Acide indole-butyrique
B	Bore
C	Carbone
Ca	Calcium
CE	Conductivité électrique
Cl	Chlore
cm	Centimètre
Cu	Cuivre
DWC	*Deep Water Culture* (Culture en eau profonde)
EC	*Electrical Conductivity* (Conductivité électrique)
Fe	Fer
g	Gramme
H	Hydrogène
h	Heure
K	Potassium
MAA	Maître Assistant A
MCA	Maître de Conférences A
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
$\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	Micromole par mètre carré et par seconde
N	Azote
NFT	*Nutrient Film Technique* (Technique du film nutritif)
O	Oxygène
P	Phosphore
PH	Potentiel hydrogène
S	Soufre
Sal	Salinité
T1	Traitement 1 (Eau du robinet – Témoin)
T2	Traitement 2 (Eau distillée)
T3	Traitement 3 (Eau de saule – Bio-stimulant)
TDS	*Total Dissolved Solids* (Solides dissous totaux)
Zn	Zinc
°C	Degré Celsius

Liste des tableaux

Tableau 1 : Micronutriments (oligo-éléments)....13
Tableau 2 : Caractéristiques des boutures utilisées....38
Tableau 3 : Répartition des traitements....40
Tableau 4 : Milieux liquidiens utilisés....40
Tableau 5 : Conditions environnementales de culture....43
Tableau 6 : Paramètres évalués....43
Tableau 7 : Évolution de la salinité....45
Tableau 8 : Longueur des racines (cm)....45
Tableau 9: Évolution du TDS....46
Tableau 10 : Évolution d'EC....47
Tableau 11 : Évolution de la température....48
Tableau 12 : Évolution du pH....48
Tableau 13 : Poids frais (g)....49

Liste des figures

- **Figure 1 : composants clés et fonctionnement d'un système de culture hydroponique.....3**
- **Figure 2 : Systèmes hydroponiques sans substrat 5**
- **Figure 3 : Systèmes hydroponiques avec substrat 8**
- **Figure 4 : Table à marée (subirrigation)) système hydroponique semi-actif(: 9**
- **Figure 5 : Goutte-à-goutte) système hydroponique actif : 9**
- **Figure 6 : Système en solution nutritive (NFT).....10**
- **Figure 7: Système hydroponique utilisant la technique du film nutritif (NFT 10**
- **Figure 8 : Fibres de jute 16**
- **Figure 9 : Tapis de fibres de coco (Coco Mats).....16**
- **Figure 10 : Plaques et tapis de fibres de bois (Micro Mats & Confetti) 17**
- **Figure 11 : Tourbe (Peat Moss) 17**
- **Figure 12 : Vermiculite.....17**
- **Figure 13 : Fibres de chanvre (Hemp) 18**
- **Figure 14 : Substrats commerciaux (Biostrate) 19**
- **Figure 15 : Grilles et treillis (Mesh Screens) 19**
- **Figure 16 : Coir de noix de coco (Coco Coir) 19**
- **Figure 17 : La perlite 20**
- **Figure 18 : préparation des boutures.....24**
- **Figure 19 : Le bouturage de tiges semi-ligneuses.....27**
- **Figure 20 : Plantes installées dans un système hydroponique 36**
- **Figure 21 : Phases expérimentales de l'étude réalisées au laboratoire et à la serre universitaire.....37**
- **Figure 22 : Prélèvement et préparation des boutures herbacées de Coleus scutellarioides 38**
- **Figure 23 : Équipements et dispositifs utilisés au cours de l'expérimentation 39**
- **Figure 24 : Préparation de l'eau de saule (Extrait brut).....41**
- **Figure 25 : Installation des boutures dans le système hydroponique passif utilisant la perlite comme substrat inerte 43**
- **Figure 26 : Longueur des racines des boutures dans les trois milieux étudiés.....51**

- **Figure 27 : Évolution des paramètres physico-chimiques des différents traitements 51**
- **Figure 28 : Évolution du poids frais moyen des boutures cultivées sous différents traitements hydriques entre le 27/04/2026 et le 05/05/2026.....52**
- **Figure 29 : Évolution du poids frais moyen des boutures cultivées sous différents traitements hydriques entre le 27/04/2026 et le 05/05/2026.....53**

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Table des matières

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : l'hydroponie

1.Définition de l'hydroponie.....3

2. Historique de l'hydroponie.....4

3. Principes de base de l'hydroponie.....5

4. Types de systèmes hydroponiques.....5

4.1 Systèmes hydroponiques sans substrat.....5

4.1.1. Aquaculture.....6

4.1.2 Aéroponie :.....6

4.1.3. Système DWC (Deep Water Cultivation) système hydroponique actif.....6

4.1.4 Système aéro-hydroponique (système hybride actif).....7

4.1.5. Système passif de type Kratky.....7

4.1.6. Système à mèche (système passif).....7

4.2 Systèmes hydroponiques avec substrat.....8

4.2.1. Table à marée (subirrigation)) système hydroponique semi-actif :.....8

4.2.2. Goutte-à-goutte (système hydroponique actif):.....9

4.3. Système en solution nutritive (NFT).....10

5. Avantages et inconvénients de l'hydroponie.....12

5.1. Avantages.....12

5.2. Limites.....12

6.La solution nutritive.....13

6.1. Gestion de la conductivité électrique (CE).....14

6.2 Gestion du pH.....14

7. Les substrats utilisés en hydroponie.....15

7.1 Types de substrats.....15

7.2 La perlite :.....20

8. Avantages et limites 22

Chapitre II : le bouturage herbacé

1. Définition du bouturage 24
2.Types de bouturage 24
3.Prélèvement et préparation des boutures : 26
4.Bouturage semi-ligneux 27
5.Modalités pratiques et précautions du bouturage 27
6.Techniques de bouturage herbacé 31

Partie Pratique

Chapitre III : Matériel et méthode

1-Objectif de l'étude 36
2.Lieu d'étude 36
3.Matériel végétal utilisé 37
4. Moyens et matériels 38
5.Mise en place du dispositif expérimental 40
6.Préparation des boutures 40
7.Préparation de la solution nutritive 40
8.Méthode de travail 41
9.Hydroponie 42

Chapitre IV : Résultats et discussion

1.Présentation des résultats 45
2. Analyse des résultats 49
3.Discussion des résultats 52
Conclusion 55
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE 56

Introduction

Introduction

L'hydroponie, également appelée culture hors-sol, est une technique de production végétale dans laquelle les plantes se développent sans utilisation de terre. Les racines sont installées dans un substrat inerte ou directement dans une solution nutritive contenant l'ensemble des éléments minéraux nécessaires à leur croissance. Cette méthode permet un contrôle précis de l'alimentation hydrique et minérale des plantes tout en optimisant les conditions de développement du système racinaire **(Gotcha ABAIADZE, 2004)**

Parallèlement, le bouturage herbacé constitue l'une des principales méthodes de multiplication végétative utilisées en horticulture et en pépinière. Cette technique permet d'obtenir rapidement de nouveaux plants génétiquement identiques à la plante mère tout en conservant leurs caractéristiques morphologiques et physiologiques. La réussite de l'enracinement dépend toutefois de plusieurs facteurs tels que l'humidité, la température, la lumière et la qualité du milieu de culture **(RecolteSauvage, 2025)**

Dans les systèmes hydroponiques, le choix du substrat joue un rôle fondamental dans le développement du système racinaire. Parmi les différents substrats utilisés, la perlite occupe une place importante grâce à sa légèreté, sa forte porosité, sa capacité de rétention en eau et son caractère chimiquement inerte. Ces propriétés favorisent à la fois l'aération des racines et le maintien d'un niveau d'humidité adéquat, améliorant ainsi les conditions d'enracinement des boutures **(Iris MAKOTO, 2025)**

Dans ce contexte, le présent travail a pour objectif de concevoir un système hydroponique passif utilisant la perlite comme substrat de culture et d'évaluer l'effet de trois milieux liquidiens différents (eau du robinet, eau distillée et eau de saule) sur l'enracinement et la croissance des boutures herbacées de Coleus scutellarioides. Cette étude vise également à apprécier le potentiel de l'eau de saule comme bio-stimulant naturel susceptible de constituer une alternative aux hormones d'enracinement de synthèse

Synthèse bibliographique

Chapitre I : l’hydroponie

Chapitre I : l'hydroponie

1. Définition de l'hydroponie

L'hydroponie, ou hydroculture, est une technique de culture hors-sol dans laquelle les plantes se développent sans utilisation de terre. Le système racinaire est installé dans un substrat neutre et inerte, tel que le sable, les billes d'argile, la laine de roche, la pouzzolane ou les fibres de coco, ou bien directement dans une solution nutritive dans le cas des systèmes en eau profonde.

Dans ce mode de culture, les racines sont alimentées en continu par une solution aqueuse enrichie en éléments minéraux essentiels, notamment l'azote, le phosphore, le potassium et les oligoéléments. Cette solution est généralement oxygénée, filtrée et peut être recyclée selon un système en circuit fermé ou renouvelée dans un circuit ouvert, assurant ainsi un apport contrôlé et constant en nutriments.

Le bon fonctionnement du système hydroponique repose également sur la maîtrise des conditions environnementales. Une intensité lumineuse suffisante, qu'elle soit naturelle ou artificielle, une température stable et adaptée à l'espèce cultivée, ainsi qu'un taux d'humidité adéquat de l'air sont indispensables pour garantir une croissance optimale des plantes. **(Marie Darul)**

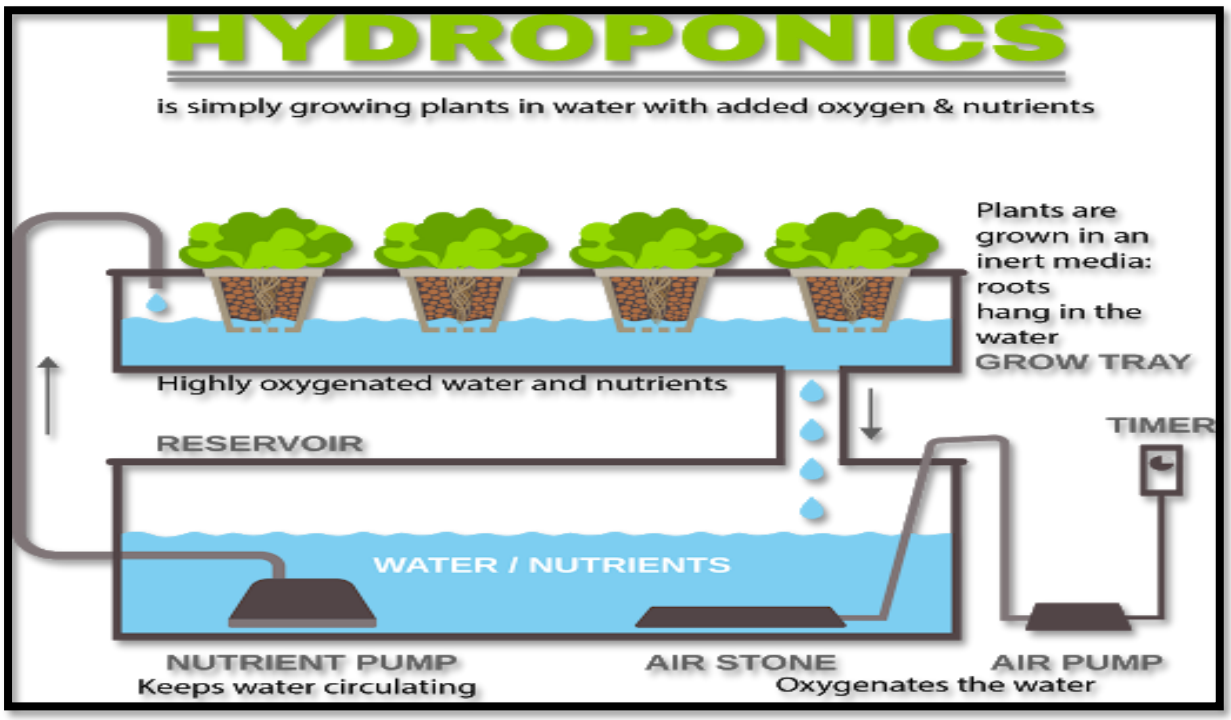


Figure 1 : composants clés et fonctionnement d'un système de culture hydroponique.

(Gotcha ABAIADZE, 2004)

2. Historique de l'hydroponie

L'hydroponie constitue une technique de culture hors-sol ayant connu une évolution progressive à travers différentes périodes, en lien avec les tentatives humaines de comprendre la nutrition végétale en absence de sol. Certaines études suggèrent l'existence de pratiques anciennes reposant sur des systèmes d'irrigation élaborés, permettant la croissance des plantes dans des conditions non conventionnelles.

Au cours du Moyen Âge, des systèmes agricoles ingénieux ont été développés dans certaines régions d'Amérique centrale et du Sud, reposant sur l'exploitation de milieux aquatiques pour créer des surfaces cultivables artificielles. Ces systèmes ont permis d'améliorer la productivité agricole tout en assurant des conditions favorables au développement des plantes.

À partir de l'époque moderne, l'hydroponie a bénéficié d'avancées scientifiques significatives, notamment grâce aux travaux de Francis Bacon, qui ont contribué à l'étude de la croissance des plantes en milieu aqueux. Par la suite, les expériences menées par John Woodward ont mis en évidence l'influence de la qualité de l'eau sur le développement végétal.

Au XIXe siècle, les recherches de Wilhelm Knop et de Julius von Sachs ont permis d'identifier les éléments minéraux essentiels à la croissance des plantes, établissant ainsi les bases scientifiques de la nutrition minérale. Ces travaux ont conduit au développement des cultures en solution nutritive, favorisant une croissance plus rapide et des rendements supérieurs par rapport aux méthodes traditionnelles.

Au XXe siècle, une avancée majeure a été réalisée grâce aux travaux de William Frederick Gericke, qui a démontré la faisabilité de la culture hydroponique à grande échelle et contribué à son introduction dans le domaine commercial. Il est également à l'origine du terme « hydroponie ». Par la suite, Allen Cooper a développé la technique du film nutritif (NFT), une innovation déterminante ayant permis d'optimiser l'efficacité des systèmes hydroponiques.

Ainsi, l'hydroponie s'impose aujourd'hui comme une technique agricole moderne reposant sur des bases scientifiques solides, offrant des solutions efficaces pour améliorer la productivité tout en optimisant l'utilisation des ressources. **(future garden, 2018)**

3. Principes de base de l'hydroponie

3.2.Nutrition des plantes

Les plantes nécessitent une variété de nutriments pour se développer sainement. Dans les systèmes hydroponiques, ces éléments nutritifs sont fournis par des engrais spécialement formulés et solubles dans l'eau, garantissant un apport direct et contrôlé aux racines.

3.3 Qualité de l'eau

L'eau utilisée doit être de haute qualité afin de prévenir les maladies et de favoriser la croissance optimale des plantes. Il est essentiel de la tester régulièrement et de s'assurer qu'elle respecte les normes de pH, conductivité et pureté nécessaires.

3.3.Oxygénation :

Les racines des plantes ont besoin d'oxygène pour fonctionner correctement. Dans la plupart des systèmes hydroponiques, des pompes à air permettent de diffuser de l'oxygène dans la zone racinaire, évitant ainsi les conditions anoxiques qui pourraient provoquer la pourriture des racines. **(Shahbaz Khan)**

4. Types de systèmes hydroponiques

4.1 Systèmes hydroponiques sans substrat



Figure 2 : Systèmes hydroponiques sans substrat

(Gotcha ABAIADZE)

4.1.1. Aquaculture

L'aquaculture, également appelée système à bulleur, consiste à placer les racines des plantes dans un bac contenant la solution nutritive. Comme l'eau est stagnante, l'oxygène dissous est limité, et un bulleur est utilisé pour fournir l'oxygène nécessaire au développement des racines et prévenir l'asphyxie. Ce système nécessite un renouvellement régulier de l'eau et de la solution nutritive. Il présente l'avantage d'être économique et adapté au bouturage, mais requiert une surveillance et un entretien constants.

4.1.2 Aéroponie :

L'aéroponie est un système dans lequel les racines ne sont en contact ni avec un substrat ni avec une solution liquide. Elles sont alimentées par un brouillard nutritif en circuit fermé, permettant le recyclage de la solution. Ce système favorise la croissance optimale des racines grâce à un accès direct à l'oxygène et permet un rendement élevé. Toutefois, il représente un investissement financier important. **(Jeanne, 2022)**

4.1.3. Système DWC (Deep Water Cultivation) système hydroponique actif

Le système DWC (Deep Water Culture), ou culture en eau profonde, constitue une méthode hydroponique active dérivée du modèle de méthode Kratky. Dans ce dispositif, les racines des plantes sont totalement immergées dans une solution nutritive, dont la profondeur reste généralement limitée à quelques dizaines de centimètres, en fonction du développement racinaire.

Contrairement à la méthode passive de Kratky, le système DWC nécessite une oxygénation continue de la solution afin d'assurer la respiration racinaire. Cette oxygénation est réalisée au moyen d'un dispositif spécifique, tel qu'une pompe à air associée à un diffuseur, permettant de maintenir un niveau adéquat d'oxygène dissous indispensable au métabolisme et à la croissance des plantes.

4.1.4 Système aéro-hydroponique (système hybride actif)

Le système aéro-hydroponique est une technique hybride active qui associe les principes de aéroponie et du système Deep Water Culture (DWC). Il permet aux plantes de bénéficier d'une irrigation abondante tout en assurant une oxygénation efficace des racines grâce à un système d'aspersion.

4.1.5. Système passif de type Kratky

Le système passif de type méthode Kratky est l'une des techniques hydroponiques les plus simples à mettre en œuvre. Les plantes sont placées dans des paniers disposés au-dessus de réservoirs contenant une solution nutritive. Les racines y sont partiellement immergées, ce qui leur permet d'absorber les nutriments tout en conservant un accès à l'air, nécessaire à leur respiration.

4.1.6. Système à mèche (système passif)

Le système à mèche est une technique hydroponique passive, proche de la méthode Kratky. Dans ce dispositif, les racines ne sont pas immergées dans la solution nutritive, mais alimentées en eau et en nutriments via une mèche fonctionnant par capillarité.

Ce mécanisme assure une remontée lente de la solution, permettant une irrigation douce, tandis que les racines restent aérées et peuvent respirer. Le système nécessite une surveillance afin de garantir que les mèches restent suffisamment humides pour être efficaces. **(Antoine de France Serres, 2023)**

4.2 Systèmes hydroponiques avec substrat



Figure 3 : Systèmes hydroponiques avec substrat

(Jiffy Group)

Bien que la culture hydroponique puisse se pratiquer sans substrat, l'utilisation d'un support inerte présente l'avantage d'aérer les racines et d'améliorer leur oxygénation. Les substrats inertes recommandés incluent la laine de roche, la fibre de coco et les billes d'argile. Ces supports ne contiennent pas de nutriments, ce qui permet un contrôle strict de la nutrition des plantes.

4.2.1. Table à marée (subirrigation)) système hydroponique semi-actif :

La table à marée consiste à alimenter les plantes en solution nutritive par cycles programmés appelés marées. L'excédent de solution est évacué et recyclé pour le cycle suivant. Ce système est économique et facile à utiliser, mais nécessite un minuteur précis pour un fonctionnement optimal.



Figure 4 : Table à marée (subirrigation)) système hydroponique semi-actif(: (Bioponi, 2022)

4.2.2. Goutte-à-goutte (système hydroponique actif):

La méthode du goutte-à-goutte distribue la solution nutritive sur le substrat à l'aide de pompes et de goutteurs. L'eau s'infiltre dans le substrat et l'excédent est évacué par des trous de drainage, puis recyclé. Ce système est simple, efficace et adapté aux petits espaces, tout en limitant les risques de surengraissage



Figure 5 : Goutte-à-goutte) système hydroponique actif :

4.3. Système en solution nutritive (NFT)

La **technique du film nutritif (NFT)** est une méthode hydroponique où les plantes poussent dans un mince filet d'eau contenant tous les nutriments dissous nécessaires à leur développement. Ce flux circule dans des bacs de culture où les racines des plantes sont suspendues, ce qui leur permet d'absorber à la fois les nutriments et l'oxygène.

(Jeanne, 2022)



Figure 6 : Système en solution nutritive (NFT)

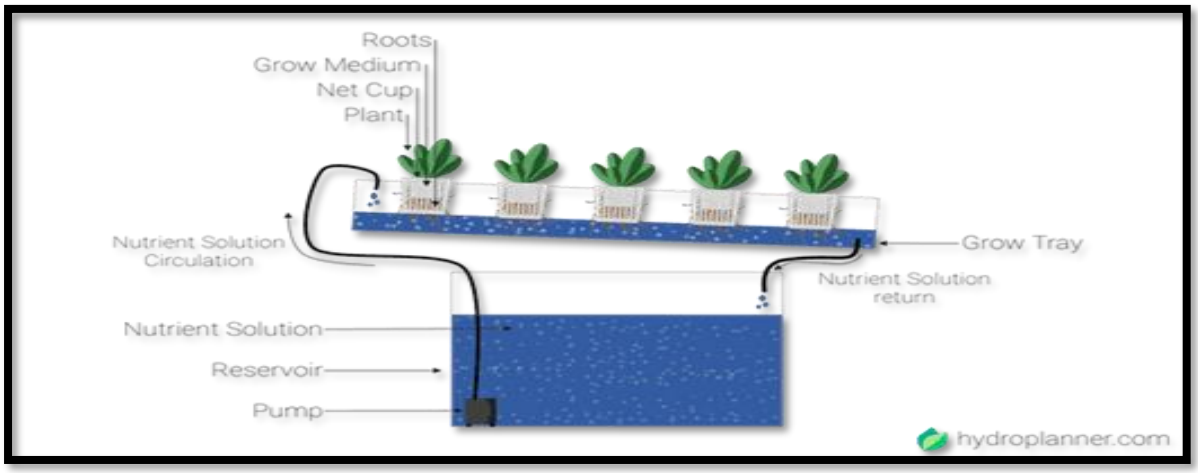


Figure 7: Système hydroponique utilisant la technique du film nutritif (NFT

(Jeanne, 2022)

Principe de fonctionnement

Un système NFT comprend essentiellement deux éléments : le **réservoir de solution nutritive** et les **plateaux de culture** :

1. La solution nutritive est stockée dans un réservoir.
2. Une pompe assure la circulation de cette solution à travers les plateaux de culture.
3. Les plantes sont cultivées dans un substrat et placées dans des paniers de culture perforés, permettant aux racines de rester en contact avec le flux d'eau.
4. La solution nutritive traverse les racines et retourne au réservoir pour être réutilisée, assurant ainsi oxygénation et apport constant en nutriments.
5. Les plateaux de culture sont généralement inclinés pour favoriser un écoulement uniforme de l'eau.

Particularités et applications

- Les racines des plantes doivent être exposées à l'air tout en restant en contact avec l'eau, ce qui optimise l'absorption des nutriments et de l'oxygène.
- Le système NFT est adapté à l'agriculture verticale, permettant la superposition de plusieurs plateaux de culture.
- Cette technique est mieux adaptée aux plantes de petite taille, comme les légumes à feuilles vertes. Les plantes plus lourdes, telles que les tomates ou les concombres, nécessitent un soutien supplémentaire (tuteurs ou autres accessoires) pour maintenir leur croissance.



(Tim Adelmann, 2023)

5. Avantages et inconvénients de l'hydroponie

5.1. Avantages

La technique du film nutritif (NFT) présente plusieurs avantages, notamment liés à sa simplicité et à son efficacité écologique :

- Nécessite peu de substrat pour la culture.
- Consommation réduite d'eau et de nutriments par rapport aux systèmes traditionnels.
- Permet un accès facile aux racines, facilitant le contrôle de l'état de santé des plantes.
- Faible accumulation de sels grâce à l'écoulement continu de l'eau.
- Système facilement extensible par ajout de plateaux de culture supplémentaires.
- Respectueuse de l'environnement, limitant le risque de contamination des eaux souterraines.
- Facile à construire et à maintenir, adapté aux débutants.

5.2. Limites

Malgré ses avantages, la NFT présente certaines contraintes :

- Elle n'est pas adaptée à toutes les espèces végétales, notamment les plantes volumineuses ou à racines développées.
- Le fonctionnement repose sur une circulation permanente de la solution nutritive ; toute panne technique (pompe défaillante, canalisation bouchée) peut avoir des conséquences graves sur la croissance des plantes.
- Les plantes plus lourdes nécessitent un support supplémentaire pour assurer leur stabilité.
- Une exposition directe et intense au soleil peut chauffer les canaux de culture et endommager les racines.
- Les racines peuvent parfois obstruer les canaux, perturbant l'écoulement de la solution nutritive. **(Tim Adelmann, 2023)**

6. La solution nutritive

Quelle que soit la méthode de culture utilisée, les plantes, qu'il s'agisse de légumes ou de fruits, ont besoin d'une alimentation régulière, tout comme l'être humain. Cependant, l'eau ordinaire ne contient pas en quantité suffisante les éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes. Ainsi, l'hydroponie nécessite de fournir aux plantes tous les éléments dont elles ont besoin pour leur développement.

Les besoins nutritifs des plantes sont généralement similaires d'une variété à une autre, bien que quelques différences puissent exister. Cependant, les quantités de minéraux nécessaires varient selon le stade de croissance des plantes, chaque phase (germination, croissance, floraison et fructification) nécessitant des niveaux spécifiques.

Étant donné qu'il est difficile de doser correctement ces apports nutritifs, il existe sur le marché des solutions nutritives prêtes à l'emploi, disponibles dans les jardineries ou sur des sites spécialisés, afin de répondre précisément aux besoins des plantes.

Rappel des besoins nutritifs des plantes

Les plantes ont besoin d'un nombre limité d'éléments minéraux essentiels pour germer, croître, fleurir et fructifier, généralement autour d'une quinzaine de minéraux.

- **Macronutriments :** éléments nécessaires en grandes quantités, incluant le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S).
- **Micronutriments (oligo-éléments) :** éléments nécessaires en très faibles quantités, incluant le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le bore (B), le chlore (Cl), le cuivre (Cu) et le molybdène (Mo).

Table 1 : Micronutriments (oligo-éléments)

Macronutriments	Micronutriments (oligo-éléments)
Carbone	Fer
Hydrogène	Manganèse
Oxygène	Zinc
Azote	Bore

Phosphore	Chlorure
Potassium	Cuivre
Calcium	Molybdène
Magnésium	
Soufre	

6.1. Gestion de la conductivité électrique (CE)
Mesure de la concentration en nutriments par électro-conductivité

Contrairement aux animaux, les plantes ne peuvent absorber que des formes minérales simples et assimilables des éléments nutritifs, c'est-à-dire sous forme d'ions. Les racines absorbent ces ions directement à partir de la solution nutritive.

L'un des principaux défis en hydroponie est de doser correctement les nutriments. Pour s'assurer que les plantes disposent de la quantité adéquate d'éléments nutritifs, on utilise la mesure de la **conductivité électrique (EC)** de la solution nutritive.

Un ion est un atome ou une molécule ayant gagné ou perdu un électron, ce qui lui confère une charge électrique. La conductivité électrique de l'eau reflète donc la concentration en ions, et par conséquent la concentration en minéraux disponibles pour les plantes.

Une valeur d'EC trop élevée indique un excès de nutriments dans la solution. Ce surdosage peut limiter l'absorption correcte des minéraux par les racines et provoquer un stress physiologique chez les plantes. Il est donc essentiel de contrôler régulièrement l'EC afin de maintenir un équilibre optimal des nutriments.

6.2 Gestion du pH

Gestion du pH dans les cultures hydroponiques

Les plantes présentent des préférences spécifiques en matière de pH, mesuré sur une échelle allant de 1 à 14 à l'aide de bandelettes ou de pH-mètres. Certaines espèces se développent mieux dans des milieux légèrement acides (pH < 7), d'autres préfèrent un

environnement légèrement basique (pH > 7), tandis que certaines tolèrent un pH neutre (pH ≈ 7).
Un écart par rapport à la plage de pH optimale peut nuire à l'assimilation des nutriments par les racines, entraînant des carences malgré la présence de minéraux dans la solution nutritive.

L'effet tampon :

Dans les cultures en sol, le substrat agit comme un tampon naturel, stabilisant le pH malgré des fluctuations, par exemple dues à un apport excessif d'engrais. En hydroponie, où les plantes sont cultivées hors sol, cette capacité tampon est absente. Ainsi, tout déséquilibre du pH peut affecter rapidement la santé des plantes et doit être corrigé sans délai.

Pour pallier ce problème, les substrats utilisés en hydroponie doivent être préalablement « tamponnés » afin de neutraliser leur pH. Les supports commerciaux, tels que les billes d'argile, sont généralement traités pour garantir un pH stable et adapté à la culture hydroponique .**(Antoine de France Serres, 2023)**

7. Les substrats utilisés en hydroponie

7.1 Types de substrats

Substrats utilisés en hydroponie pour la culture des microgreens

En hydroponie, le sol est remplacé par un substrat, organique ou semi-organique, servant de support aux racines et fournissant un environnement optimal pour la germination et la croissance. Le substrat doit **retenir l'humidité** et offrir **une surface stable pour les racines**, garantissant ainsi un développement sain.

1. Fibres de jute

Fibres végétales robustes et durables, mais l'absorption d'eau peut être inégale, entraînant une germination irrégulière.

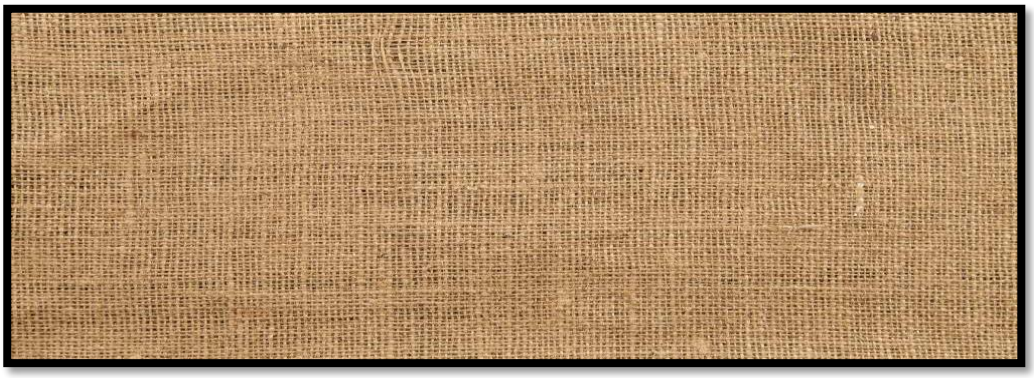


Figure 8 : Fibres de jute

(materiaux.arch, 2026)



2. Tapis de fibres de coco (Coco Mats)

Fabriqués à partir de fibres de noix de coco, ils retiennent bien l'eau et sont durables, mais la germination initiale peut être limitée par la faible stabilité hydrique.

Figure 9 : Tapis de fibres de coco (Coco Mats)

(Mandi Warbington, 2020)

3. Plaques et tapis de fibres de bois (Micro Mats & Confetti)

Substrats denses pouvant gêner le développement des racines et nécessitant un arrosage attentif pour éviter la déchirure.



Figure 10 : Plaques et tapis de fibres de bois (Micro Mats & Confetti)

(soleno, 2021)

4. Tourbe (Peat Moss)

Substrat organique fin, naturellement stérile, retient bien l'eau mais non durable écolog iquement en raison du temps de formation très long.



Figure 11 : Tourbe (Peat Moss)

(Gamm vert)

5. Vermiculite

Matériau minéral expansé à la chaleur, améliore la rétention d'eau et l'aération, nécessite un nettoyage préalable pour un usage sûr.



Figure 12 : Vermiculite

(Steven Voser, 2024)

6. Papier absorbant (Paper Towel)

Substrat simple et disponible, mais sa capacité de rétention d'eau varie et peut provoquer des problèmes de pourriture si l'humidité n'est pas contrôlée.

7. Perlite

Roche volcanique expansée, offre bonne aération et rétention d'eau ; la poussière nécessite des précautions lors de la manipulation.

8. Fibres de chanvre (Hemp)

Fibres végétales très absorbantes, favorisent la croissance des racines, mais un excès d'humidité pe ut poser problème en début de germination.

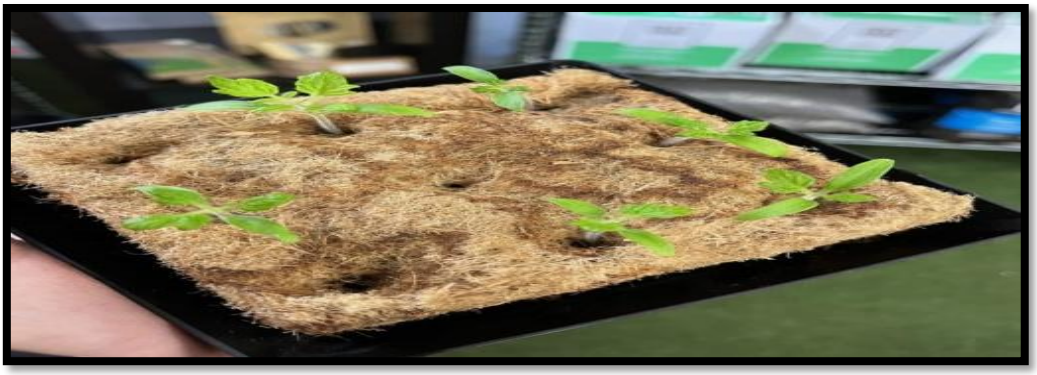


Figure 13 : Fibres de chanvre (Hemp)

9. Substrats commerciaux (Biostrate)

Combinent fibres et polymères pour un équilibre optimal entre rétention d'eau et aération, améliorant la germination et la croissance.



Figure 14 : Substrats commerciaux (Biostrate)

(biostrate, 2024)

10. Grilles et treillis (Mesh Screens)

Supports réutilisables, efficaces si l'irrigation est correctement gérée pour assurer l'humidité.



Figure 15 : Grilles et treillis (Mesh Screens)

(Mandi Warbington, 2020)

11. Coir de noix de coco (Coco Coir)

Substrat de référence : équilibre entre **rétention d'eau, aération et fixation des racines**, et permet un contrôle facile de l'alimentation hydrique.



Figure 16 : Coir de noix de coco (Coco Coir)

(Mandi Warbington, 2020)

7.2 La perlite :

Origine



Figure 17 : La perlite

(culture hydroponie, 2025)

La perlite est une roche volcanique siliceuse, issue de laves acides et parfois de dépôts de cendres. Après extraction, elle est broyée puis calibrée avant d'être soumise à un traitement thermique à haute température (environ 900 à 1250 °C).

Sous l'effet de cette chauffe, l'eau contenue dans la structure minérale se vaporise, provoquant une expansion du matériau. Il en résulte une structure alvéolaire, très poreuse, de faible densité et dont le volume peut augmenter jusqu'à environ 15 fois par rapport à l'état initial.

Sur le plan morphologique, la perlite se présente sous forme de particules blanches de granulométrie variable. **(Iris MAKOTO, 2025)**

- Propriétés physiques

Perlite :

- Couleur blanche après expansion (contrairement à la roche brute grise ou noire).
- Très faible densité apparente, pouvant atteindre environ 32 kg/m³ (2 lb/ft³).
- Matériau chimiquement inerte, ne réagissant pas avec les solutions nutritives.

- pH neutre proche de 7.
- Luminosité comprise entre 70 et 80 %.
- Indice de réfraction d'environ 1,47.
- Densité spécifique comprise entre 2,2 et 2,4.
- Densité apparente variant de 40 à 170 kg/m³ (2,5 à 10,5 lb/ft³).
- Faible conductivité thermique.
- Forte capacité d'absorption d'eau (200 à 600 % de son poids).
- Bonne résistance mécanique.
- Point de ramollissement d'environ 980 °C. (Diasen, 2024)

8. Avantages et limites

Avantages

- Aération élevée : offre une structure poreuse favorisant les échanges gazeux au niveau des racines.
- Drainage efficace : réduit le risque de sur-arrosage, erreur courante chez les débutants.
- Matériau inerte et stérile : n'influence ni la conductivité électrique (EC) ni le pH.
- Coût faible : fait partie des substrats les plus économiques.
- Isolation thermique : limite les variations de température au niveau du système racinaire.

Inconvénients

- Flottabilité : peut flotter dans les systèmes d'irrigation par submersion (flux/reflux), entraînant un risque d'obstruction des drains.
- Production de poussière : présente un danger en cas d'inhalation lors de la manipulation à sec.
- Développement d'algues : sa couleur claire laisse passer la lumière en surface, favorisant leur apparition.
- Ressource non renouvelable : issue d'un matériau minéral non renouvelable. **(culture hydroponie, 2025)**

Chapitre II : le bouturage herbacé

1. Définition du bouturage

Le bouturage est une technique consistant à prélever un fragment de tige porteur de bourgeons chez une plante vasculaire, généralement ligneuse, puis à l'implanter dans un substrat approprié afin de former une nouvelle plante. Il s'agit d'un mode de multiplication végétative ou asexuée utilisé chez de nombreuses espèces d'arbres et d'arbustes. Cette méthode repose sur le prélèvement d'une partie de la plante-mère et sa replantation, conduisant à l'obtention d'un individu présentant les mêmes caractéristiques génétiques que la plante d'origine, constituant ainsi un clone.

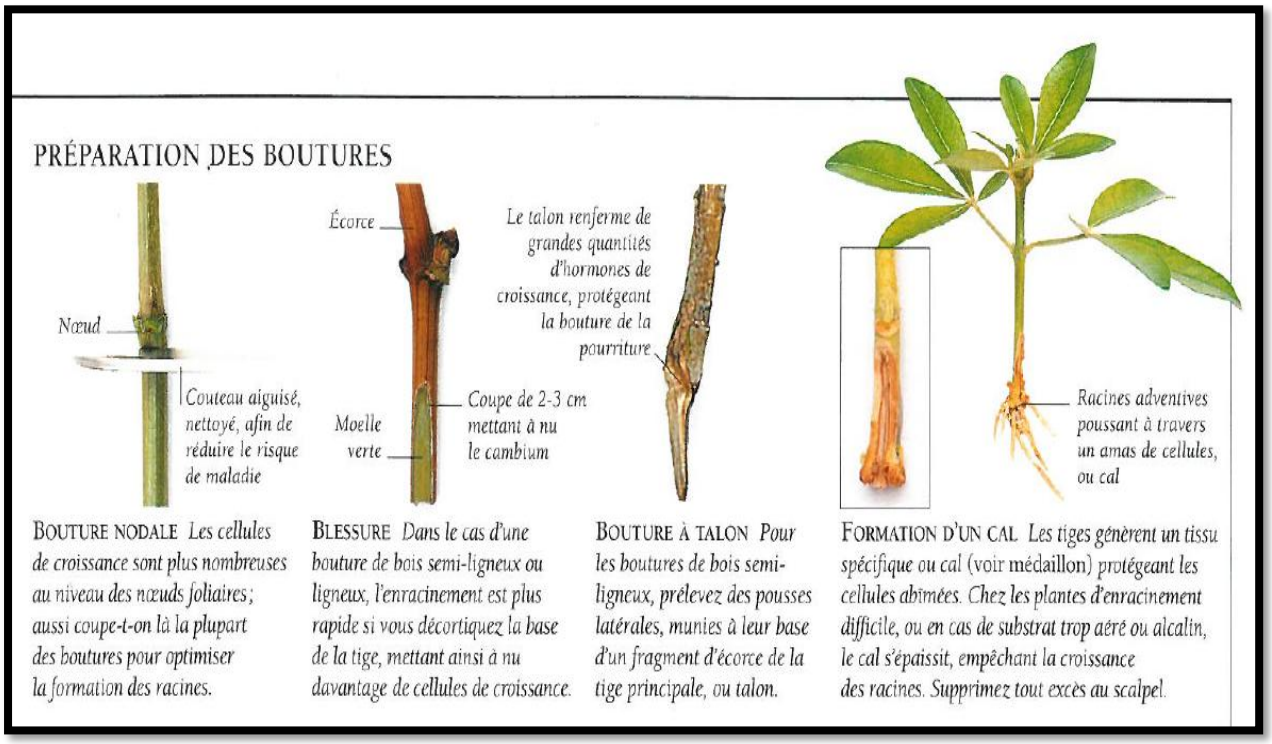


Figure 18 : préparation des boutures

(CNPMAI, 2020)

2. Types de bouturage

Il existe plusieurs types de boutures :

Type de bouturage	Caractéristiques et méthode
Boutures herbacées	réalisées à partir de plantes non ligneuses, en fin d'été et au début

	de l'automne. Les mini serres facilitent le repiquage.
Boutures de bois tendre (résineux)	effectuées sur de jeunes rameaux de l'année, constitués de bois vert en cours de durcissement. Elles concernent des rameaux souples pouvant être pliés facilement et portant encore de jeunes feuilles. Elles sont réalisées du milieu du printemps au milieu de l'été. Il convient d'éviter leur dessèchement avant plantation. L'enracinement est généralement rapide.
Boutures demi-aoûtées à aoûtées	réalisées sur des rameaux annuels dont le bois est partiellement durci à l'extrémité tout en restant en croissance. La période s'étend du début à la fin de l'été selon l'espèce.
Boutures de bois sec	effectuées sur des rameaux lignifiés en dormance, en fin d'automne, en hiver ou au début du printemps. Le bois est dur et peu flexible.
Boutures à l'étouffée	réalisées en milieu confiné afin de maintenir une humidité proche de 100 %, avec une aération régulière pour éviter la pourriture. Cette méthode limite le dessèchement et favorise l'enracinement.
Boutures de feuilles	consistent à placer une feuille ou un fragment végétatif sur un substrat meuble après incision, en maintenant une humidité légère pour éviter la décomposition.

Le bouturage s'applique également aux coraux. **(aquaportail, 2011)**

a. Bouturage herbacé

Bouturage herbacé :

Le bouturage herbacé fait partie des boutures de tiges. Selon le degré de maturité de la plante, on distingue les boutures ligneuses, semi-ligneuses et herbacées. Ces dernières, également appelées boutures en vert, sont réalisées à partir de tiges jeunes, tendres et non lignifiées. Elles sont effectuées durant la période de croissance active de la plante, généralement au printemps ou au début de l'été, contrairement aux boutures ligneuses qui sont pratiquées en période de repos végétatif. Elles concernent de nombreuses plantes vivaces ainsi que certains arbustes.

3. Prélèvement et préparation des boutures :

- Prélever les tiges le matin, par temps frais et sans vent.
- Choisir des tiges saines, souples, non ramifiées, avec au moins trois feuilles et sans fleurs ni boutons floraux.
- Couper les tiges à l'aide d'un outil désinfecté.
- Si la plantation est différée, conserver les tiges dans un sac plastique pour éviter le dessèchement.

Préparation des contenants :

- Utiliser des pots ou des caissettes.
- Préparer un substrat léger et drainant (terreau de semis ou mélange terre de jardin et sable).
- Ajouter une couche drainante au fond du contenant.

Mise en terre :

- Couper la base de la tige en biseau sous une feuille ou un nœud.
- Supprimer les feuilles de la partie inférieure (environ un tiers de la tige).
- Faire des trous dans le substrat puis insérer les boutures.
- Tasser légèrement la terre autour des tiges.
- Arroser par pulvérisation.

Conservation et entretien :

- Protéger les boutures du soleil direct et des courants d'air.
- Maintenir une atmosphère humide et tempérée.
- Couvrir si nécessaire avec un dispositif transparent.
- Aérer et arroser légèrement après l'apparition des premiers signes de reprise.
- Repiquer les plants après développement du système racinaire. **(Isabelle C, 2022)**

4. Bouturage semi-ligneux

4.1.Le bouturage de tiges semi-ligneuses

Le bouturage est une technique de multiplication végétative permettant d'obtenir une nouvelle plante présentant les mêmes caractéristiques morphologiques que la plante mère (taille, feuillage, floraison). Cette méthode produit un clone fidèle, contrairement au semis qui ne garantit pas la conservation des propriétés initiales.

Le bouturage des tiges semi-ligneuses constitue une méthode simple à mettre en œuvre. Il concerne des tiges dites semi-aoûtées, généralement prélevées entre juillet et fin septembre, avec une période optimale en août.

Les tiges semi-ligneuses correspondent à des tiges d'arbustes ou de plantes vivaces en cours de lignification. Ce processus débute à la base de la tige, où les tissus se transforment progressivement en bois tendre. La tige initialement verte devient alors plus ferme, se durcit et prend une teinte brunâtre, traduisant une lignification partielle.



Figure 19 : Le bouturage de tiges semi-ligneuses

5. Modalités pratiques et précautions du bouturage

Avant de réaliser le bouturage, il est nécessaire de respecter certaines règles afin d'assurer de bonnes conditions de réussite :

- utiliser des outils, notamment le sécateur, propres et désinfectés (alcool à 90 °C ou alcool à brûler) pour éviter toute contamination ;
- préparer un substrat léger, tel qu'un terreau pour semis ou un mélange de terreau universel et de sable ;

- appliquer, si nécessaire, une hormone d'enracinement d'origine naturelle ;
- effectuer le prélèvement des boutures tôt le matin, lorsque la plante est encore hydratée.

Choix des espèces adaptées au bouturage semi-ligneux

De nombreux arbustes, plantes grimpantes et plantes vivaces peuvent être multipliés par bouturage de tiges semi-ligneuses.

Parmi les arbustes figurent notamment : l'hortensia, l'hibiscus syriacus, le photinia, le laurier-rose, le buddleia, l'abelia, le céanothe, l'oranger du Mexique, l'aucuba du Japon, le lantana et le lilas des Indes.

Les plantes vivaces telles que le fuchsia, la lavande, le romarin et la sauge sont également concernées, ainsi que certaines plantes grimpantes comme la bignone, le chèvrefeuille et le bougainvillier. **(Pascale Bigay)**

Bouturage ligneux

1- Définition et caractéristiques de la bouture ligneuse

Le bouturage est une technique de multiplication végétative permettant d'obtenir une plante génétiquement identique à la plante mère à partir d'un fragment de celle-ci (tige, feuille, racine ou bourgeon), selon l'espèce.

La bouture ligneuse, appelée également bouture à bois sec ou bouture sur bois dormant, est réalisée à partir d'un rameau de l'année lignifié, dit « aoûté », caractérisé par un durcissement des tissus et une coloration brune.

Ce type de bouturage concerne les arbres et arbustes à feuillage caduc ou persistant, ainsi que plusieurs espèces fruitières. Il s'applique notamment à certains érables et saules (arbres), au cornouiller, cytise, hortensia, rosier, seringat, sureau, viornes caduques, olivier de Bohème (Elaeagnus angustifolia), chalef d'automne (Elaeagnus umbellata), argousier, chèvrefeuille bleu (Lonicera caerulea) et vigne (arbustes et grimpantes), ainsi qu'aux framboisiers, ronces (Rubus), cassissiers, groseilliers, caseilliers, cognassier, figuier et certains pruniers (fruitiers).

2-Période de réalisation du bouturage ligneux

Le bouturage des espèces caduques est effectué durant la période de repos végétatif, de novembre à janvier, lorsque les végétaux ont perdu leurs feuilles. Pour les espèces persistantes, il est réalisé en automne.

3- Technique et étapes de réalisation du bouturage ligneux

Un rameau sain et lignifié est sélectionné, en évitant toute confusion entre bois dormant et bois mort. Un segment d'environ vingt centimètres est prélevé par une coupe en biseau sous un œil, à l'aide d'un sécateur propre et désinfecté afin de limiter les risques de contamination fongique. La partie apicale est identifiée pour éviter toute inversion.

Une tranchée en « V » d'environ 20 cm de profondeur est ensuite préparée dans un emplacement abrité du vent. Le substrat est enrichi de sable de rivière ou remplacé par un mélange adapté afin de favoriser l'enracinement.

Les boutures sont installées en biais sur environ deux tiers de leur longueur, en laissant deux à trois bourgeons hors du sol. Le mélange est ensuite rebouché, tassé légèrement et arrosé en l'absence de gel.

Le repiquage est réalisé au printemps après l'apparition des signes de reprise, puis la mise en place définitive intervient à l'automne suivant. **(Keirse W, 2024)**

Importance du bouturage en multiplication végétative

- Le bouturage est une méthode de multiplication végétative permettant d'obtenir de nouveaux individus à partir d'un fragment de la plante mère.
- Il permet de produire des plantes génétiquement identiques à la plante d'origine.
- Il constitue une technique simple et efficace pour multiplier les plantes. **(AKO10_old, 2019)**
- Permet une multiplication rapide des plantes.
- Ne nécessite pas l'utilisation de semences. **(grow win, 2024)**
- Il assure la conservation totale des caractères de la plante mère (couleur, taille, parfum, forme), sans risque de croisement ni d'hybridation.
- Il permet la production illimitée de nouvelles plantes sans coût, notamment pour la création de haies.
- Il permet le renouvellement des plantes vieillissantes dont la vigueur et les qualités esthétiques diminuent.
- Il s'applique à une grande diversité de végétaux (plantes vivaces, grimpantes, arbustes, aromatiques, d'intérieur et petits fruitiers). **(Marion Mesbah, 2025)**

Facteurs influençant l'enracinement

La multiplication asexuée à partir d'organes végétatifs est possible grâce aux capacités de régénération des tissus végétaux. Ainsi, les boutures de tiges peuvent former de

nouvelles racines, tandis que celles de racines ou de feuilles peuvent respectivement régénérer des tiges ou des racines, voire les deux.

Chez les pélargoniums, la technique la plus simple et la plus répandue est le bouturage herbacé de tige. Les boutures mesurent généralement entre 12 et 15 cm et sont partiellement effeuillées, ne conservant que quelques jeunes feuilles autour du bourgeon terminal. Leur enracinement nécessite une humidité relative élevée, souvent assurée par des systèmes d'arrosage de type brouillard. Cependant, de nombreux autres facteurs interviennent dans la réussite du bouturage et influencent à la fois la qualité et le taux de reprise.

Facteurs internes (hormones, âge de la plante)

La qualité des pieds-mères constitue un élément déterminant. Leur état nutritionnel et phytosanitaire influence fortement la capacité d'émission de racines et de pousses. L'équilibre entre les hydrates de carbone et l'azote est particulièrement important : une forte teneur en hydrates de carbone favorise l'enracinement, tandis qu'un excès d'azote peut le limiter, voire empêcher toute reprise.

L'âge des pieds-mères joue également un rôle important. Avec le vieillissement, l'aptitude des boutures à s'enraciner diminue, probablement en raison de l'accumulation de substances inhibitrices. Les boutures issues de jeunes plants présentent ainsi une meilleure capacité d'enracinement.

Les hormones rhizogènes, notamment les auxines endogènes, interviennent directement dans la formation des racines. L'application externe d'auxines, comme l'acide indole-butyrique (AIB), permet d'améliorer et d'uniformiser l'enracinement des boutures.

Le fanage des boutures constitue aussi un facteur interne important, car il favorise l'accumulation d'auxines rhizogènes. Cette pratique améliore la formation des racines, surtout lorsque la base des boutures est maintenue à l'obscurité.

Facteurs externes (température, humidité, lumière, substrat)

L'alimentation en eau est un facteur essentiel. Une humidité élevée est nécessaire pour limiter la transpiration des feuilles et éviter le dessèchement des boutures avant l'apparition des racines. Les systèmes de brumisation permettent de créer des conditions favorables en maintenant une atmosphère saturée en humidité.

La température ambiante influence également l'enracinement. Les conditions optimales se situent généralement entre 21 °C et 27 °C le jour, et autour de 15 °C la nuit. Des températures trop élevées favorisent le développement des bourgeons au détriment des racines.

La qualité du milieu de bouturage (substrat) est un autre facteur déterminant. Celui-ci doit être suffisamment aéré pour éviter l'asphyxie des boutures, tout en conservant une humidité adéquate. Il doit également permettre le maintien des boutures en position verticale et favoriser le développement ultérieur des plantes.

La préparation des boutures (longueur, forme, nombre de feuilles) influence aussi leur reprise. Une coupe réalisée sous un nœud et la présence de quelques feuilles favorisent la formation des racines, tandis qu'un excès de feuilles augmente la transpiration et peut nuire à la survie des boutures.

Enfin, l'état sanitaire des pieds-mères constitue un facteur externe important, car de nombreuses maladies peuvent être transmises par les boutures. Il est donc essentiel d'utiliser du matériel végétal sain afin d'éviter toute contamination des plantations. **(Frédéric-Emmanuel Demarne pp. 39,40)**

6. Techniques de bouturage herbacé

Le bouturage herbacé : principes et modalités de réalisation

Avec l'arrivée du printemps, commence la période propice à la réalisation des boutures herbacées. Cette technique constitue un moyen efficace d'obtenir rapidement de nouvelles plantes vivaces, certaines pouvant fleurir dès la fin de l'été.

Aperçu du bouturage herbacé

Chapitre II : le boutérage herbacé

Le bouturage herbacé relève des techniques de multiplication végétative par tige. Il se caractérise par l'utilisation de jeunes tiges encore tendres et non lignifiées. Il est généralement pratiqué au printemps ou au début de l'été, contrairement au bouturage ligneux, réalisé durant la période de repos végétatif. Cette méthode s'applique à de nombreuses plantes vivaces ainsi qu'à certains arbustes.

Avantages et prélèvement des boutures

Les boutures herbacées présentent une capacité d'enracinement rapide, bien qu'elles soient plus fragiles que les boutures ligneuses. Le prélèvement doit porter sur des tiges saines, souples, dépourvues de fleurs ou de boutons, et comportant au moins trois paires de feuilles. La coupe doit être effectuée à l'aide d'un outil préalablement désinfecté. En cas de report du bouturage, les tiges peuvent être conservées temporairement dans un sac plastique.

Préparation et plantation

Les boutures sont mises en place dans des pots ou caissettes contenant un substrat léger et drainant. La base des tiges est coupée en biseau, et les feuilles inférieures sont éliminées. Les boutures sont ensuite insérées dans le substrat humidifié. Il est nécessaire de maintenir des conditions favorables, notamment une humidité et une température adéquates, éventuellement assurées par une protection plastique transparente.

Conservation et repiquage

Les boutures doivent être protégées des courants d'air et de l'exposition directe au soleil. À l'apparition des signes de reprise, une aération progressive est recommandée, accompagnée d'un arrosage modéré. Après le développement du système racinaire, les plants sont repiqués en pots individuels et maintenus à l'ombre. La mise en place définitive dépend des espèces et peut intervenir au cours de la même année ou après plusieurs cycles hivernaux.

Le bouturage herbacé constitue ainsi une méthode de multiplication permettant de reproduire fidèlement les caractéristiques des plantes mères, tout en nécessitant des conditions de culture rigoureuses pour assurer sa réussite. **(RecolteSauvage, 2025)**

Rôle des hormones d'enracinement

Les hormones d'enracinement ont pour rôle de favoriser l'apparition de racines et de radicelles sur une bouture en reproduisant et en renforçant les mécanismes naturels de la plante. Elles compensent le manque d'auxine après le prélèvement de la bouture et stimulent ainsi l'émission de racines. **(Bigay Pascale)**

 Stimulation de la formation des racines : Les hormones, notamment les auxines, favorisent la division cellulaire et la différenciation en racines adventives, nécessaires à la formation d'un système racinaire fonctionnel.

 Amélioration du taux de réussite du bouturage : L'utilisation d'hormones de bouturage augmente le taux de réussite en réduisant le temps de formation des racines et en augmentant leur nombre **(Fiche téchnique, 2025)**.

• Elles accélèrent l'enracinement des boutures difficiles et améliorent leur reprise.

• Elles existent sous différentes formes commerciales : poudre, gel ou comprimés à base d'acide indole butyrique.

• Il existe des alternatives naturelles comme l'eau de saule, qui constitue une solution économique aux hormones synthétiques. **(page jaune, 2026)**

Partie Pratique

Chapitre III : Matériel et méthode

1-Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer et de comparer l'effet de trois milieux de traitement liquidiens différents (l'eau de robinet, l'eau distillée et l'eau de saule) sur l'aptitude à la rhizogenèse et la croissance ultérieure de boutures herbagères de Coleus (Coleus scutellarioides) conduites dans un système hydroponique passif sur perlite.

De manière plus spécifique, ce travail vise à :

• Valoriser l'utilisation de l'eau de saule en tant que bio-stimulant et alternative naturelle aux hormones de synthèse pour induire l'enracinement.

• Analyse l'impact de l'absence totale d'éléments minéraux (cas de l'eau distillée) sur le développement racinaire et la biomasse des boutures.

• Suivre l'évolution des paramètres morphologiques (longueur des racines et poids frais des boutures) et physico-chimiques (\text{pH} et \text{EC}) tout au long des phases expérimentales.



Figure 20 : Plantes installées dans un système hydroponique

2.Lieu d'étude

L'ensemble des étapes expérimentales de ce travail a été réalisé au sein de l'Université du 20 Août 1955 - Skikda. Les manipulations ont été réparties entre deux sites complémentaires selon les phases de l'étude :

• La phase de laboratoire : Cette première étape, consacrée à la préparation des solutions (notamment l'eau de saule) et au suivi initial du bouturage, a été effectuée au niveau du Laboratoire de Chimie du Sol et de l'Eau. Ce choix a permis de bénéficier des conditions contrôlées et du matériel de précision nécessaire au suivi physico-chimique des milieux.

• La phase de serre : Le transfert des boutures et le suivi de leur développement en système hydroponique passif ont été réalisés au sein de la serre tunnel en plastique de l'université. Ce site a permis de soumettre les plants aux conditions microclimatiques semi-contrôlées propices à la phase de croissance active.



Figure 21 : Phases expérimentales de l'étude réalisées au laboratoire et à la serre universitaire

3.Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de boutures herbagères de Coleus (Coleus scutellarioides), une espèce choisie pour sa capacité rapide de régénération et sa sensibilité aux variations de milieux de culture.

Les boutures ont été prélevées à partir de plantes mères saines, vigoureuses et exemptes de tout symptôme de maladie ou d'attaque parasitaire. Afin de garantir une homogénéité optimale de l'expérimentation, les critères morphologiques suivants ont été rigoureusement respectés lors du choix des boutures :

• Longueur des boutures : Comprise entre 8 et 15 cm.

• Nombre de nœuds : Chaque bouture comporte entre 2 et 4 nœuds.

• Surface foliaire : Seules 2 à 3 feuilles supérieures ont été conservées par bouture, et leurs limbes ont été partiellement sectionnés afin de réduire la surface d'évapotranspiration.

• Type de coupe : La section de base a été réalisée proprement, en biseau, juste en dessous d'un nœud pour stimuler la zone de formation des initiales racinaires.



Figure 22 : Prélèvement et préparation des boutures herbacées de Coleus scutellarioides

Table 2 : Caractéristiques des boutures utilisées

Paramètre	**Description**
Longueur des boutures	8–15 cm
Nombre de nœuds	2–4
Nombre de feuilles conservées	2–3 feuilles supérieures
Type de coupe	Coupe en biseau sous un nœud
Origine	Plantes mères saines

4. Moyens et matériels

Pour mener à bien les différentes étapes de cette expérimentation, plusieurs équipements, outils et intrants ont été mobilisés :

• Substrat de culture : De la perlite expansée, un substrat inerte, léger et doté d'une excellente porosité, assurant une bonne rétention en eau et une aération optimale de la zone racinaire.

• Contenants et bacs réservoirs : Des gobelets en plastique transparents (permettant l'observation directe du développement des racines) et des bacs en plastique de grande dimension faisant office de réservoirs fermés pour les solutions.

• Matériel d'isolation : Du papier aluminium utilisé pour envelopper les gobelets afin de protéger le système racinaire de la lumière directe et d'éviter la prolifération des algues.

• Outils de coupe et de mesure : Un sécateur désinfecté pour le prélèvement des boutures, une règle graduée pour le suivi de la longueur des racines, et une balance électronique de précision pour la pesée de la biomasse (poids frais).

• Appareils de mesure physico-chimique : Un \text{pH}-mètre pour le contrôle de l'acidité et un conductivimètre pour le suivi de la conductivité électrique (\text{EC}) des milieux.

• Milieux liquidiens d'étude :

1. L'eau de robinet.
2. L'eau distillée.
3. L'eau de saule (préparée au laboratoire).

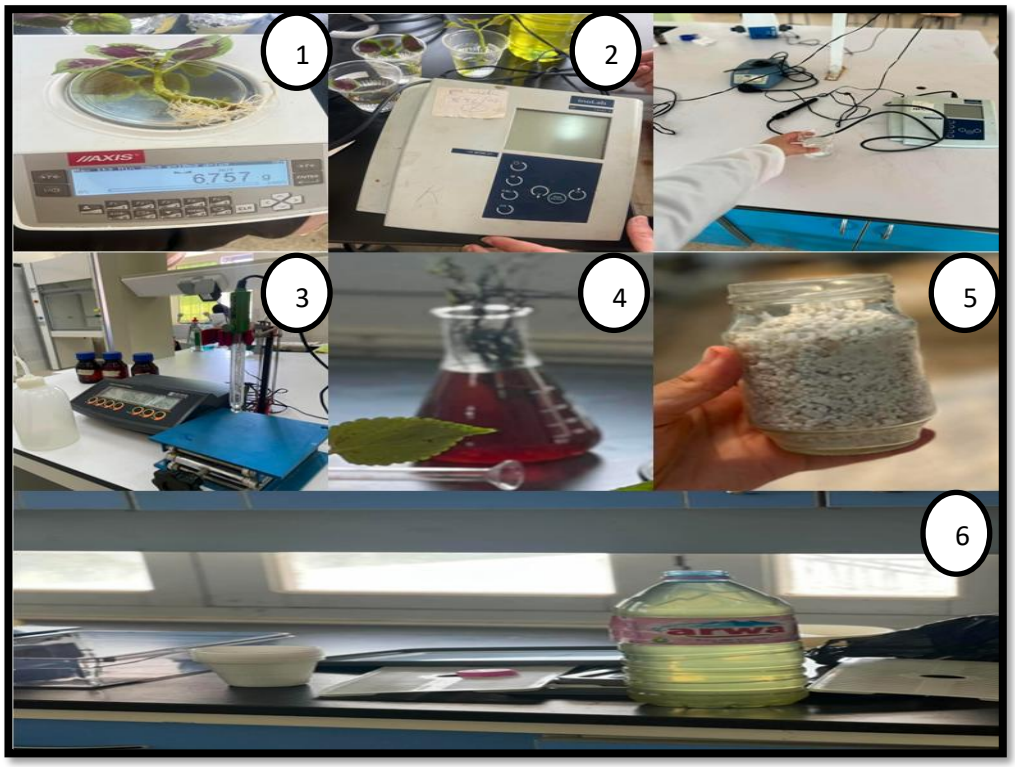


Figure 23 : Équipements et dispositifs utilisés au cours de l'expérimentation

1. Balance électronique de précision

2. Conductimètre (mesure de la conductivité électrique – EC)

3. PH-mètre

4. Eau de saule préparée au laboratoire

5. Perlite expansée (substrat de culture)

6. Eau de robinet utilisée comme milieu liquide d'étude

5. Mise en place du dispositif expérimental

Table 3 : Répartition des traitements

Traitement	Milieu liquide	Rôle
T1	Eau du robinet	Témoin
T2	Eau distillée	Milieu sans apport minéral
T3	Eau de saule	Milieu bio-stimulant

6. Préparation des boutures

Les boutures ont été prélevées à partir des plantes mères puis préparées avant leur installation dans le système expérimental.

La préparation consistait à réduire partiellement la surface foliaire afin de limiter les pertes d'eau par transpiration, puis à réaliser une coupe propre en biseau sous un nœud afin de favoriser la formation racinaire.

7. Préparation de la solution nutritive

Tableau 4 : Milieux liquidiens utilisés

Table 4 : Milieux liquidiens utilisés

Milieu	Description
Eau du robinet	Milieu témoin
Eau distillée	Milieu sans éléments minéraux
Eau de saule	Solution obtenue par décoction et macération

8. Méthode de travail

Préparation de l'eau de saule (Extrait brut)

Pour l'obtention de l'eau de saule, un protocole d'extraction double (thermique et par macération) a été appliqué afin d'optimiser la solubilisation des phytohormones et des composés actifs (notamment l'acide salicylique) présents dans les tissus végétaux. Les étapes de préparation se sont déroulées comme suit :

• Collecte et broyage : Des rameaux et des jeunes branches vertes de saule ont été récoltés, débarrassés de leurs impuretés, puis découpés en petits fragments d'environ 1 à 2 cm pour augmenter la surface d'échange.

• Extraction thermique (Décoction) : Une fraction des fragments de branches a été soumise à une ébullition prolongée dans de l'eau distillée, puis laissée à refroidir lentement à température ambiante du laboratoire afin de libérer les principes actifs.

• Extraction par macération : Une autre fraction de fragments de saule a été immergée à froid dans de l'eau distillée pendant une durée de 24 heures pour une diffusion progressive des substances régulatrices de croissance.

• Mélange et filtration : Les deux extraits (thermique et macéré) ont ensuite été combinés et mélangés de manière homogène pour constituer une solution finale d'eau de saule standardisée. Le mélange a été filtré rigoureusement à l'aide d'un tissu fin puis d'un papier filtre pour éliminer tous les débris végétaux avant son utilisation comme milieu de traitement.



Figure 24 : Préparation de l'eau de saule (Extrait brut)

9. Hydroponie

Le système de culture hors-sol adopté dans cette expérimentation au niveau de la serre est un système hydroponique passif, basé sur le principe de la sub-irrigation par capillarité. Ce dispositif fermé a été conçu pour assurer une alimentation hydrique et minérale continue et autonome des boutures, sans recours à des systèmes de pompage ou d'aération mécanique. Le fonctionnement et la mise en place de ce système reposent sur les étapes suivantes

• Dispositif de rétention et d'absorption : Les gobelets en plastique, préalablement perforés à leur base, ont été remplis de perlite (substrat inerte). Les perforations permettent un contact direct entre le substrat et la solution liquide située au fond des bacs réservoirs.

• Mécanisme de remontée capillaire : Grâce aux propriétés physiques de la perlite (porosité élevée), le liquide remonte naturellement par capillarité à travers les perforations, assurant une humidification homogène du substrat et un approvisionnement constant de la zone racinaire en eau et en éléments dissous.

• Gestion et distribution des milieux (Sans solution nutritive commerciale) : Afin de maintenir une continuité stricte avec la phase de laboratoire, aucun engrais chimique ni solution nutritive de synthèse n'a été introduit. Les bacs ont été individualisés et alimentés exclusivement par les trois milieux d'étude :

1. Un bloc de bacs alimenté en eau de robinet (Témoin).
2. Un bloc de bacs alimenté en eau distillée (Milieu carencé).
3. Un bloc de bacs alimenté en eau de saule (Milieu bio-stimulant).

• Entretien du système : Le niveau des solutions dans les bacs a été contrôlé régulièrement afin de compenser les pertes dues à l'évapotranspiration, tout en effectuant les mesures hebdomadaires du \text{pH} et de la conductivité électrique (\text{EC}).



Figure 25 : Installation des boutures dans le système hydroponique passif utilisant la perlite comme substrat inerte

Conditions de culture

Table 5 : Conditions environnementales de culture

Paramètre	Conditions appliquées
Température	20–28 °C
Humidité relative	70–90 %
Photopériode	14–16 h/jour
Intensité lumineuse	200–400 µmol m^{-2} s^{-1}
Irrigation	Passive par capillarité

Paramètres étudiés

Table 6 : Paramètres évalués

Paramètre	Méthode d'évaluation
Taux d'enracinement (%)	Nombre de boutures enracinées / nombre total × 100
Longueur des racines (cm)	Mesure à l'aide d'une règle graduée
Temps d'apparition des racines (jours)	Nombre de jours avant apparition des premières racines
Poids frais (g)	Mesure par balance électronique
PH	Mesure au pH-mètre
Conductivité électrique (EC)	Mesure au conductivimètre

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Présentation des résultats

- Les résultats obtenus concernent l'évolution de plusieurs paramètres physico-chimiques et morphologiques durant deux périodes :
- **Premier relevé : 27/04/2026**
- **Deuxième relevé : 05/05/2026**
-

Les traitements étudiés sont :

- Eau distillée
- Eau du robinet
- Eau de saule

1.1. Salinité (Sal)

Table 7 : Évolution de la salinité

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05
1	0 → 0	0.2 → 0.2	0.4 → 0.4
2	0 → 0	0.2 → 0.2	0.5 → 0.5
3	0 → 0	0.3 → 0.3	0.4 → 0.4
4	0 → 0	0.3 → 0.3	0.5 → 0.5
5	0 → 0	0.2 → 0.2	0.4 → 0.4
6	0 → 0	0.3 → 0.3	0.5 → 0.5
7	0 → 0	0.2 → 0.2	0.6 → 0.6

Taux d'enracinement

Le taux d'enracinement est évalué à partir de l'observation finale des boutures.

Les données expérimentales montrent que toutes les boutures ont été suivies individuellement dans les trois traitements.

Longueur des racines

Table 8 : Longueur des racines (cm)

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
1	13	8	7.3
2	7.5	8.5	5.8
3	/	0.5	10
4	9.5	9	8.5
5	5.8	3.2	9.5
6	2.4	2	/
7	2	0.2	/

1.2. Temps d'apparition des racines

Le temps d'apparition des racines constitue un indicateur important de la capacité de reprise des boutures et de l'efficacité des milieux de culture utilisés. Les observations réalisées au cours de l'expérimentation ont montré une initiation progressive de la rhizogenèse dans les différents traitements. Cette phase dépend de plusieurs facteurs, notamment l'état physiologique des boutures, la disponibilité en eau ainsi que les caractéristiques physico-chimiques du milieu. Une apparition rapide des racines traduit généralement une meilleure adaptation des boutures aux conditions de culture et favorise leur croissance ultérieure. Ainsi, les éventuelles différences observées entre les traitements peuvent être attribuées à l'influence des milieux liquidiens sur les mécanismes de différenciation cellulaire impliqués dans la formation des racines adventives.

Les observations ont été réalisées pendant la période expérimentale s'étendant du 15/04/2026 au 27/04/2026.

1.3.TDS (matières solides dissoutes)

Table 9: Évolution du TDS

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05
1	53 → 4	935 → 1043	1218 → 1307
2	20 → 25	917 → 1005	1233 → 1373
3	25 → 25	939 → 946	1226 → 1466
4	33 → 5	917 → 956	1212 → 1327
5	26 → 61	924 → 1007	1168 → 1357
6	31 → 14	909 → 903	1188 → 1195
7	25 → 28	934 → 980	1184 → 1249

1..4. Conductivité électrique (EC)

Table 10 : Évolution d'EC

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05
1	57.1 → 4.6	995 → 1097	1302 → 1314
2	21.8 → 27.2	975 → 1004	1319 → 1462
3	26.4 → 26.9	998 → 1064	1308 → 1645
4	35.3 → 5.2	977 → 1015	1291 → 1505
5	27.9 → 64.5	980 → 1070	1243 → 1447
6	32.6 → 14.8	994 → 960	1265→ 1270
7	27.0 → 30.8	991 → 1041	1259 → 1327

1.5. Température (T °C)

Table 11 : Évolution de la température

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05
1	21.4 → 21.7	21.9 → 21.7	21.5 → 21.5
2	21.5 → 22.5	21.6 → 22.2	21.5 → 21.5
3	21.6 → 22.7	21.5 → 22.1	21.6 → 21.2
4	22.6 → 21.5	22.7 → 21.6	21.6 → 21.3
5	22.1 → 21.2	22.5 → 22.3	21.7 → 21.1
6	22.2 → 21.2	22.4 → 20.7	22.9 → 21.6
7	22.7 → 21.5	22.7 → 21.5	22.9 → 21.2

Les mesures de température enregistrées au cours de l'expérimentation montrent une relative stabilité dans l'ensemble des traitements. Les valeurs observées se situent globalement dans une plage favorable au développement des boutures de Coleus scutellarioides. Cette faible variation thermique indique que la température n'a pas constitué un facteur limitant pour la rhizogenèse et la croissance des boutures. Ainsi, les différences observées entre les traitements sont davantage attribuées à la nature des milieux liquidiens utilisés qu'aux conditions thermiques, lesquelles sont restées globalement homogènes durant toute la période expérimentale.

1.6. pH

Table 12 : Évolution du pH

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05
1	6.18 → 7.14	8.18 → 7.23	8 → 7.60

2	7.16 → 4.56	8.03 → 7.96	8.35 → 7.41
3	7.27 → 7.61	8.00 → 7.96	7.20 → 7.47
4	7.27 → 5.41	7.90 → 7.50	7.95 → 4.86
5	7.29 → 7.46	8.08 → 7.60	7.91 → 7.72
6	7.47 → 4.60	8.19 → 7.80	6.93 → 7.82
7	7.60 → 7.18	8.15 → 7.56	7.02 → 7.64

1.7. Poids frais

Table 13 : Poids frais (g)

Échantillon	Eau distillée	Eau du robinet	Eau de saule
	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05	27/04 → 05/05
1	2.6→2.68	3.6→4.76	4.2→2.38
2	2.6→2.52	2.8→2.13	3.6→3.89
3	3.4→3.21	2.2→1.92	5.1→6.76
4	1.7→1.62	2.6→2.54	4.3→3.71
5	3.3→3.71	2.8→2.07	3.1→2.92
6	2.81→5.16	1.6→3.41	2.66→3.16
7	2.62→2.66	3.34→3.74	2.88→2.16

2. Analyse des résultats

Les résultats obtenus mettent en évidence des différences significatives entre les trois traitements étudiés (eau distillée, eau du robinet et eau de saule) concernant les paramètres physico-chimiques et morphologiques des boutures de Coleus scutellarioides.

Concernant la salinité, l'eau distillée a présenté une valeur nulle (0) durant toute la période expérimentale. L'eau du robinet a montré des valeurs faibles et relativement stables comprises entre 0,2 et 0,3, tandis que l'eau de saule a enregistré les valeurs les plus élevées, atteignant 0,6.

Les valeurs du TDS ont varié entre 20 et 61 pour l'eau distillée, entre 903 et 1043 pour l'eau du robinet et entre 1168 et 1466 pour l'eau de saule, indiquant une concentration plus importante en éléments dissous dans ce dernier milieu.

La conductivité électrique (EC) a suivi la même tendance. Les valeurs les plus faibles ont été observées dans l'eau distillée, tandis que l'eau du robinet a présenté des valeurs intermédiaires et que l'eau de saule a enregistré les valeurs les plus élevées, atteignant 1645 µS/cm.

Les valeurs du pH ont montré des variations au cours de l'expérimentation, tout en restant dans des limites favorables au développement des boutures. La température est demeurée relativement stable durant toute la période d'étude.

L'évaluation des paramètres morphologiques a révélé des différences importantes entre les traitements. La valeur maximale enregistrée a été observée dans l'eau de saule avec 6,76 g, suivie de l'eau distillée avec 5,16 g et de l'eau du robinet avec 4,76 g. Les mesures du poids frais ont ainsi mis en évidence une meilleure croissance des boutures cultivées dans l'eau de saule.

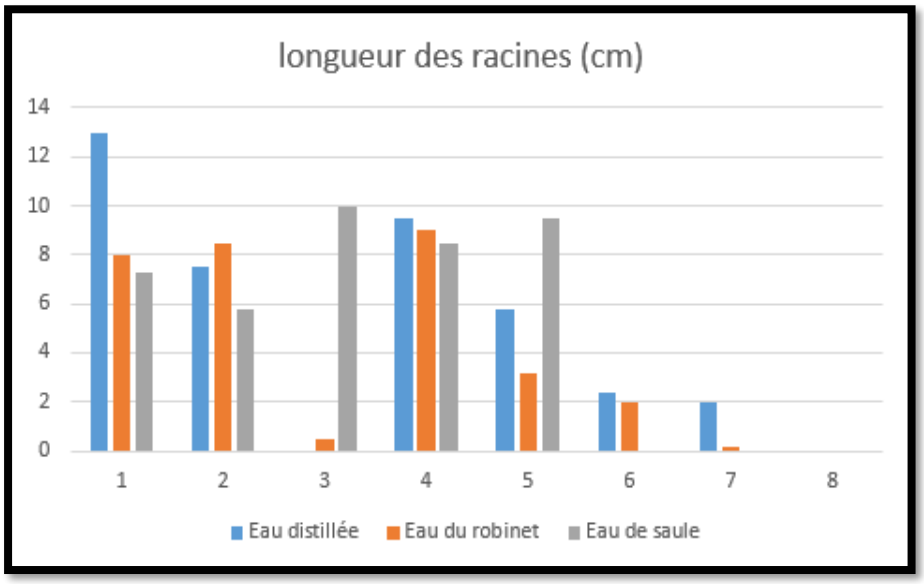


Figure 26 : Longueur des racines des boutures dans les trois milieux étudiés

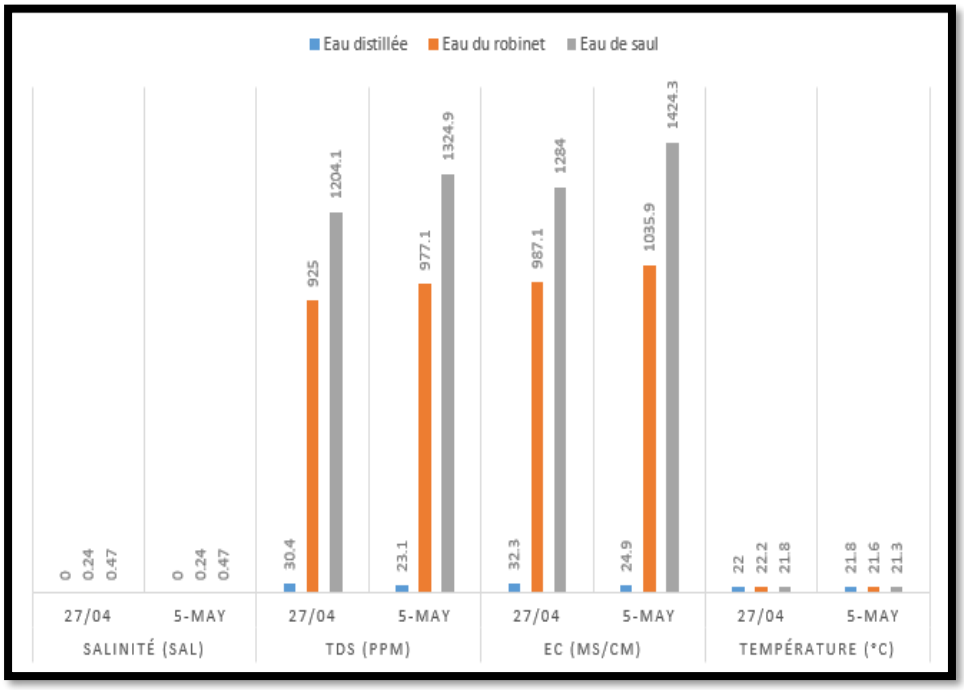


Figure 27 : Évolution des paramètres physico-chimiques des différents traitements

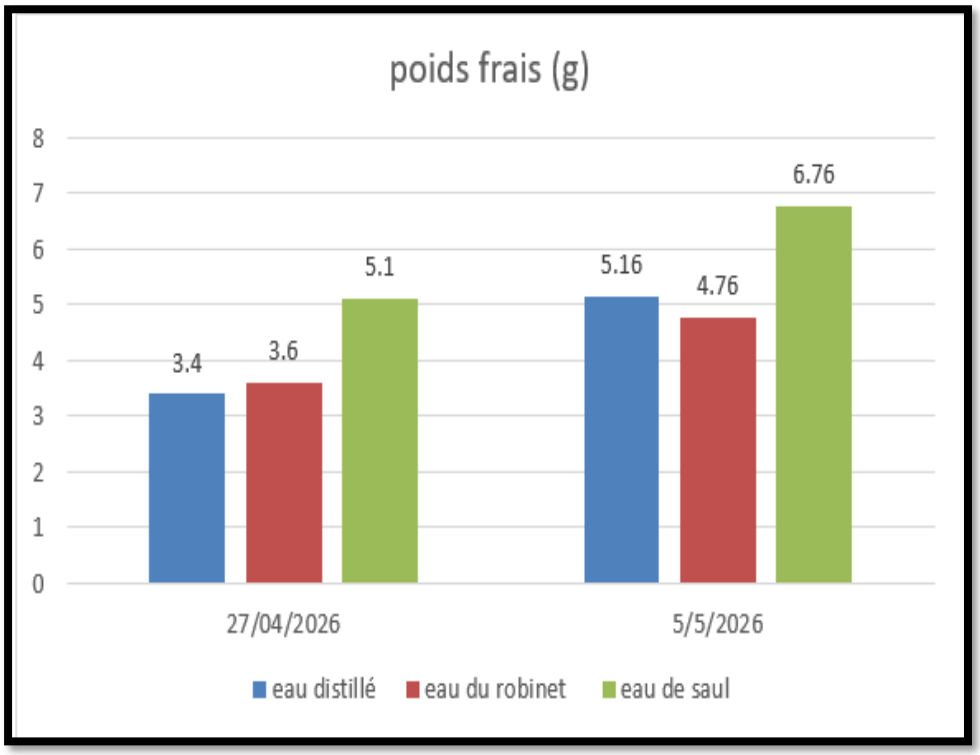


Figure 28 : Évolution du poids frais moyen des boutures cultivées sous différents traitements hydriques entre le 27/04/2026 et le 05/05/2026.

3. Discussion des résultats

Les résultats obtenus montrent une influence significative des différents milieux liquides sur l'enracinement et la croissance des boutures de Coleus scutellarioides cultivées en système hydroponique passif sur perlite.

L'eau de saule a présenté les meilleures performances, avec les valeurs de poids frais les plus élevées (6,76 g), suggérant un effet favorable sur la rhizogenèse et le développement des boutures. Bien que l'eau distillée ait présenté la plus grande longueur racinaire (13 cm), l'eau de saule a enregistré le poids frais le plus important, ce qui indique que l'allongement des racines n'est pas nécessairement associé à une augmentation de la biomasse, les boutures cultivées dans l'eau de saule ayant probablement développé un système racinaire plus dense et plus vigoureux.

Les paramètres physico-chimiques étudiés ont également montré des différences entre les traitements. La salinité est demeurée stable au cours de l'expérimentation, avec des valeurs nulles dans l'eau distillée, intermédiaires dans l'eau du robinet (0,2) et plus élevées dans l'eau de saule (0,4–0,5). Les valeurs du TDS ont augmenté entre le 27/04/2026 et le

05/05/2026, passant de 925 à 977,1 ppm dans l'eau du robinet et de 1200,1 à 1324,9 ppm dans l'eau de saule, tandis que l'eau distillée a conservé des valeurs faibles (30,4 à 28,1 ppm). La conductivité électrique (EC) a suivi la même tendance, avec une augmentation de 987,1 à 1035,9 µS/cm dans l'eau du robinet et de 1284 à 1424,3 µS/cm dans l'eau de saule. La température est restée relativement stable dans les trois traitements, variant entre 21,3 et 22,2 °C.

Par ailleurs, l'utilisation de la perlite comme substrat inerte dans le système hydroponique passif a favorisé une bonne aération du système racinaire ainsi qu'une disponibilité continue en eau grâce au phénomène de capillarité.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que l'eau de saule constitue le traitement le plus performant parmi les milieux étudiés pour favoriser la croissance des boutures de Coleus scutellarioides

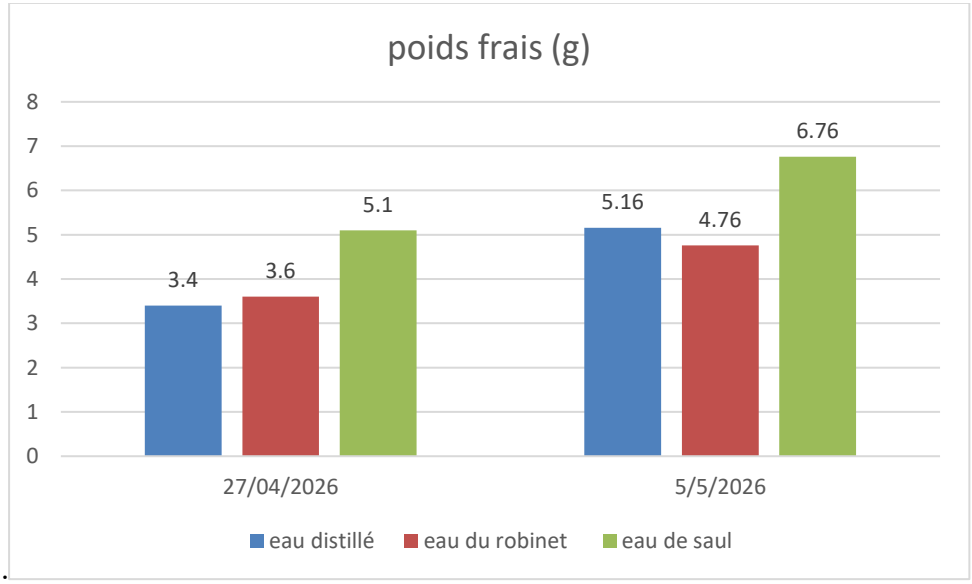


Figure 29 : Évolution du poids frais moyen des boutures cultivées sous différents traitements hydriques entre le 27/04/2026 et le 05/05/2026.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer l'effet de trois milieux liquidiens (eau distillée, eau du robinet et eau de saule) sur la rhizogenèse et la croissance de boutures de *Coleus scutellarioides* cultivées en hydroponie passive sur perlite.

Les résultats montrent que :

- L'eau distillée présente les plus faibles valeurs de salinité, TDS et EC, et favorise le meilleur développement racinaire en termes de longueur.
- L'eau du robinet présente des résultats intermédiaires pour l'ensemble des paramètres étudiés.
- L'eau de saule présente les valeurs les plus élevées de TDS et EC, avec un effet variable sur la croissance et un développement racinaire moins homogène.

En conclusion, les caractéristiques physico-chimiques du milieu influencent directement la rhizogenèse et la croissance des boutures de *Coleus scutellarioides*.

Des études complémentaires sont recommandées afin d'analyser plus précisément les composés actifs présents dans l'eau de saule et leur rôle potentiel en tant que biostimulants naturels.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Bibliographie

- **AKO10_old** www.permacool.fr [En ligne] = La multiplication végétative, comment s'y prendre ? // permacool. - 28 juin 2019. - https://www.permacool.fr/blog/blog-jardinage-2/la-multiplication-vegetative-comment-s-y-prendre-508?srsltid.

- **Antoine de France Serres** www.france-serres.com [En ligne] = Hydroponie : l'essentiel à savoir sur la culture hydroponique // france-serres. - 28 Août 2023. -https://www.france-serres.com/blog/guides/hydroponie.

- **Bigay Pascale** jardiner-malin. [En ligne] = Homone de bouturagr:quand et comment les utiliser // www.jardiner-malin.fr. - https://www.jardiner-malin.fr/fiche/hormone-de-bouturage.html?srsltid=AfmBOorItCh6GrwEG4wUYZiZvT-Mun5CsfXE3QMDoaY1fit_up4keVzo.

- **Bioponi** bioponi.com [En ligne] = Les systèmes de culture en Aquaponie et en Hydroponie // biopon. - 2022. - https://bioponi.com/2025/02/20/les-systemes-de-culture-en-aquaponie-et-en-hydroponie/.

- **biostrate** biostrate [En ligne] = How to Grow with BioStrate® // biostrate.com. - 2024. - https://biostrate.com/how-to-use/.

- **CNPMAI** www.cnpmai.net [En ligne] = le bouturage : comment ça marche ? // Conservatoire National des Plantes. - 12 Septembre 2020. - https://www.cnpmai.net/fr/2020/09/12/le-bouturage-comment-ca-marche/.

- **culture hydroponie** www.culture-hydroponie.com [En ligne] = La Perlite : L'Oxygène Blanc de l'Hydroponie // culture-hydroponie.com. - 2025. - https://www.culture-hydroponie.com/substrats/perlite.html.

- **Diasen** www.diasen.com [En ligne] = La perlite expansée dans la construction écologique : le pouvoir isolant de la nature // Diasen. - 12 Avril 2024. - https://www.diasen.com/fr/la-perlite-expansee-dans-la-construction-ecologique/.

- **Fiche téchnique** centre nationale de promologie [En ligne] = ALTERNATIVES AUX HORMONES DE BOUTURAGE. - 09 2025. - https://www.pomologie.fr/wp-content/uploads/2025/08/fiche-technique-A4-alternatives_hormones_bouturage_2025.pdf.

- **Frédéric-Emman uel Demarne** /agritrop.cirad.f [En ligne] = LE BOUTURAGE //

cirad.f. -https://agritrop.cirad.fr/468694/1/ID468694.pdf//LE BOUTURAGE//.

- **future garden** www.futuregarden.co.uk [En ligne] = L'histoire de l'hydroponie // future garden. - 14 Mars 2018. - https://www.futuregarden.co.uk/expert-advice/history-hydroponics/.

- **Gamm vert** Gamm vert [En ligne] = Tourbe : définition et utilisation. - https://www.gammvert.fr/conseils-idees/tourbe.

- **Gotcha ABAIADZE** neogarden-mursvegetaux [En ligne] = Culture hydroponique : à quoi sert une solution nutritive // neogarden-mursvegetaux. - 2004. - https://neogarden-mursvegetaux.com/solution-nutritive-hydroponie/.

- **Gotcha ABAIADZE** neogarden-mursvegetaux.com [En ligne] = Ferme hydroponique, là où les racines ne touchent jamais terre // neogarden. - https://neogarden-mursvegetaux.com/ferme-hydroponique/.

- **grow win** www.grow-win.com [En ligne] = Techniques de Multiplication des Plantes par Bouturage // grow-win. - 12 juin 2024. - https://www.grow-win.com/blog-post20.
- **Iris MAKOTO** www.aujardin.info [En ligne] = Perlite et vermiculite //

  aujardin.info. - 27 Février 2025. - https://www.aujardin.info/fiches/perlite-vermiculite.php.
- **Iris MAKOTO** www.aujardin.info [En ligne] = Perlite et vermiculite // aujardin.info. -

  27 Février 2025. - https://www.aujardin.info/fiches/perlite-vermiculite.php.
- **Isabelle C** www.gerbeaud.com [En ligne] = Boutures herbacées : quand, comment

Gerbeaud. -29juillet2022. https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/boutures-herbacees.php.

- **Jeanne** legrowshop.com [En ligne] = Les différents systèmes hydroponiques // legrowshop. - 10 janvier 2022. - https://legrowshop.com/blog/les-systemes-hydroponiques/.
- **Jiffy Group** jiffygroup.com [En ligne] = Substrats pour la culture hydroponique : quel est le meilleur mélange ? // jiffygroup. - https://jiffygroup.com/fr/blog/substrats-pour-la-culture-hydroponique-quel-est-le-meilleur-melange/.
- **Keirse W** www.atmosvert.fr [En ligne] = La bouture ligneuse // atmosvert. - 22 Mai 2024. - https://www.atmosvert.fr/blog/le-vegetal-1/la-bouture-ligneuse-92.

- **Mandi Warbington** onthegrow.net [En ligne] // onthegrow. - 27 Juillet 2020. - https://onthegrow.net/fr/blogs/microgreens/hydroponic-grow-mediums-for-growing-microgreens?.
- **Marie Darul** jardiner-malin.fr [En ligne] = Hydroponie : en quoi consiste cette technique étonnante pour cultiver vos plantes ? // jardiner-malin. - https://www.jardiner-malin.fr/fiche/hydroponie.html?srsltid.
- **Marion Mesbah** binette-et-jardin.ouest-france.fr [En ligne] = Bouturage pour avoir des plantes pas chères : principe et fonctionnement ! // binette-et-jardin. - 14 Avril 2025. - https://binette-et-jardin.ouest-france.fr/dossier-284-bouturage-plantes-pas-cheres.html.
- **materiaux.arch** materiaux.arch [En ligne] = Le jute // www.materiaux.arch.. - 2026. - https://www.materiaux.archi/content/le-jute/.
- **page jaune** page jaune [En ligne] = Hormones de bouturage : guide complet pour réussir vos multiplications végétales. - page june, 03 03 2026. - https://jardinage.pagesjaunes.fr/astuce/voir/336409/hormone-de-bouturage?utm_source=chatgpt.com.
- **Pascale Bigay P** www.jardiner-malin.fr [En ligne] = Le bouturage des tiges semi-ligneuses, c'est de juillet à septembre ! // jardiner-malin. - https://www.jardiner-malin.fr/fiche/bouturage-tiges-semi-ligneuses.html?srsltid=AfmBOoqiEZaVXm8k8h0fy8lRaTPatwMH0DCQi6QPQAs8OD0v0BOEeALh.
- **RecolteSauvage** [En ligne] = Maîtriser le Bouturage Herbacé : Conseils et Étapes // RecolteSauvage. - 29 09 2025. - https://recoltesauvage.com/2025/09/29/maitriser-le-bouturage-herbace-conseils-et-etapes/.

- **RecolteSauvage** RecolteSauvage.com [En ligne] = Maîtriser le Bouturage Herbacé : Conseils et Étapes // RecolteSauvage. - 29 09 2025. - https://recoltesauvage.com/2025/09/29/maitriser-le-bouturage-herbace-conseils-et-etapes/.

- **Shahbaz Khan** wikifarmer.com [En ligne] = Technicien en hydroponie - Agronome // wikifarmer. - https://wikifarmer.com/library/fr/article/guide-de-lagriculture-hydroponique-pour-les-debutants.

- **soleno** soleno.com [En ligne] = Tapis pour le contrôle d'érosion – Fibres de bois (2 filets) // soleno.com. - 03 2021. - https://soleno.com/produits/tapis-controle-derosion-fibres-de-bois-2-filets/.

- **Steven Voser** www.royalqueenseeds.com [En ligne] // Royalqueenseed. - 10 Février 2024. - https://www.royalqueenseeds.com/blog-cannabis-hydroponic-mediums-a-guide-to-hydro-substrates-n635.

- **Tim Adelmann** hydroplanner.com [En ligne] = Qu'est-ce que la technique hydroponique du film nutritif (NFT) ?// // hydroplanner. - 28 janvier 2023. - https://hydroplanner.com/blog/hydroponic-nutrient-film-technique-nft.

- www.aquaportail.com [En ligne] = bouturage // aquaportail.com. - 24 juillet 2011.

  - https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/10228/bouturage.

Conception d'un système perlite/ Hydroponie pour boutérage herbacée

Présenté par : Afif Ines, Moumen Djihen et Nini Takoua

Résumé :

Cette étude évalue un système hydroponique passif utilisant la perlite pour le bouturage de Coleus scutellarioides sous conditions environnementales contrôlées. Trois milieux liquides ont été testés : eau du robinet (témoin), eau distillée et eau de saule.

Les résultats montrent que l'eau de saule améliore significativement l'enracinement grâce à son effet bio-stimulant, tandis que l'eau distillée limite la croissance en raison de l'absence d'éléments nutritifs. L'eau du robinet présente des performances intermédiaires avec un enracinement modéré.

Cette étude met en évidence l'intérêt de combiner des systèmes hydroponiques à faible coût avec des bio-stimulants naturels pour améliorer l'efficacité de la multiplication végétative.

Mots-clés : Hydroponie, Perlite, Bouturage herbacé, Eau de saule, Rhizogenèse, Coleus scutellarioides

Abstract:

This study evaluates a passive hydroponic system using perlite for the propagation of Coleus scutellarioides cuttings under controlled environmental conditions. Three liquid media were tested: tap water (control), distilled water, and willow water.

The results showed that willow water significantly enhanced root formation due to its biostimulant properties, while distilled water limited growth due to nutrient deficiency. Tap water provided intermediate performance, ensuring moderate rooting.

These findings highlight the potential of combining low-cost hydroponic systems with natural biostimulants to improve vegetative propagation efficiency.

Keywords: Hydroponics, Perlite, Herbaceous cuttings, Willow water, Rhizogenesis, Coleus scutellarioides

الملخص :

تحت ظروف بيئية Coleus scutellarioides تقيّم هذه الدراسة نظام زراعة مائية سلبي باستخدام البيرلايت لتجذير عقل مضبوطة. تم اختبار ثلاثة أوساط: ماء الصنبور (شاهد)، الماء المقطر، وماء الصفصاف.

أظهرت النتائج أن ماء الصفصاف يحسن بشكل ملحوظ عملية التجذير بفضل خصائصه كمحفز حيوي طبيعي، بينما يحدّ الماء المقطر من النمو نتيجة غياب العناصر الغذائية. أما ماء الصنبور فقد أظهر أداءً متوسطًا مع تجذير معتدل.

تؤكد هذه الدراسة أهمية دمج الأنظمة الهيدروبونية منخفضة التكلفة مع المحفزات الحيوية الطبيعية لتحسين كفاءة الإكثار الخضري.

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية، البيرلايت، العقل العشبية، ماء الصفصاف، التجذير، كوليوس سكوتيلاريوي

Année Universitaire 2025/2026

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie

Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة

رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 08//07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **BALA Sahima** Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **Afif Ines**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **Conception d'un système perlite/ Hydroponie pour boutérage herbacée**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire	**Président(e) de Jury**

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 08//07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **BALA Sahima** Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **Moumen Djihen**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **Conception d'un système perlite/ Hydroponie pour boutérage herbacée**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire	Président(e) de Jury

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 08//07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **BALA Sahima** Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **Nini Takoua**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **Conception d'un système perlite/ Hydroponie pour boutérage herbacée**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de mémoire	**Président(e) de Jury**