



République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur

Et De La Recherche Scientifique

Université 20 Août 1955

Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme

De Master En Agronomie

Spécialité : Systèmes De Production Agroécologiques

Thème :



**Effet De Différents Substrats De
Culture Sur la germination
Des graines de *Thymus vulgaris* En Serre
Expérimentale de L'université De Skikda**

Présenté Par :

- **BOUKHABZA GHALIA**
- **BOUGLOUF NOUR EL HOUDA**

Devant Le Jury :

HANNACHI Hakim	MCA	Président
BELAIDI Abdelouahab	MCB	Encadrant
BOULECHFAR Mohammed	MAA	Examineur

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le Dieu d'avoir donné le pouvoir de raisonner, d'exploiter les vérités de univers, pour terminer ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements du fond du cœur à notre encadreur Mr. BELAIDI Abdelouahab, professeur à l'université de Skikda pour son soutien, ses conseils, sa gentillesse, sa disponibilité, sa patiente, sa compréhension et ses intérêts porté pour notre thème de recherche.

Un grand remerciement va à Mr HANNACHI Hakim d'avoir accepté de présider le jury de ce travail.

Un grand remerciement va à Mr BOULECHFAR Mohammed d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Un grand merci pour les ingénieurs de la serre et de laboratoire Souhila, Dounia, Afaf pour leurs aides dans la réalisation de la partie expérimentale.

Un grand remerciement pour Mme Bounouara, Mtarah. Des Professeurs à université de Skikda pour encourager.

Un grand remerciement pour mes amis pour l'aider et guider.

Enfin, notre profond remerciement va à tous les personnes qui nous ont aidées et guider
Merci à toutes et à tous

Dédicace

C'est grâce à dieu, tout puissant qui m'a donné le courage et la Volonté pour achever ce modeste travail que je dédie :

❖ A mon très cher papa et ma très chère maman qui tiennent (Zaid et Fatiha)

Une place immense dans mon cœur pour leurs Sacrifices, leurs soutiens moraux, de leur tendresse, de leurs encouragements tout au long de mes études et durant ce mémoire, ils m'ont offert tout pour que je réussisse, je ne les remercierai jamais assez pour tout ce qu'ils m'ont fait, j'espère qu'ils sont fiers de moi.

❖ À [Rania, Amira, Khouloud, Aicha], mes sœurs, dont le rire et la présence ont toujours illuminé ma vie. Ce mot est un hommage à votre force, votre gentillesse et votre amour inconditionnel. Merci pour tout.

❖ À mes merveilleuses nièces [Assil, Kamar] vous êtes le soleil de ma vie. Je suis fier de vous.

❖ À mon neveu [Akram, Raid] mon amour et ma fierté.

❖ A mon binôme : Nour el houda

❖ A mes très chères amies : Imane, Rimah, Nowara, Nahoul.

❖ J'espère qu'ils sont fiers de moi

BOUKHABZA GHALIA

Dédicace

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

قال تعالى : يُرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ

Tout d'abord louange à Allah qui m'avoir donné la volonté, la santé, et le courage pour réaliser ce travail, je dédie mon travail, ma joie:

À celle entre les mains de qui j'ai grandi, Dans la chaleur de son cœur, je me suis abrité, Entre ses côtes, je me suis réfugié, De sa générosité, je me suis abreuvé, À celle dont les prières ont été la clé de ma réussite et de mon excellence, À toi, couronne de ma tête, ma chère maman : "Dob Zohra", Que Dieu te protège pour moi.

À celui au grand cœur, Au visage rayonnant, À celui que Dieu a couronné de prestance et de sagesse, à celui dont je porte le nom avec tant de fierté, Tu es le bien-aimé, le précieux, Tu es le père idéal :

"Bouglouf Haçene", Que Dieu prolonge ta vie.

Que dieu vous préserve aucun mot ne suffira à exprimer l'amour que je vous porte. Mes chers parents,

Je vous aime de manière inconditionnelle.

À mon cher frère : Ahmed Chafia Allah, pour son soutien moral et ses précieux conseils tout au long de mes études, Que Dieu te protège et te comble de la bénédiction de la sécurité et de la paix.

À mon Binôme Ghalia Tu étais ma vraie amie

A mes chères amies, Nour, Ghalia à ma belle Nahla qui toujours ma soutenu, ma encouragé elle est toujours une sœur pour moi.

À toute ma famille.

À tous ceux que mon cœur se souvient alors que ma plume oublie.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue, que ce soit de près ou de loin, tout au long de mon parcours académique. Je vous remercie énormément.

BOUGLOUF NOUR EL-HOUDA

Liste des abréviations

Abréviation	Désignations
%	Pourcentage
P	Porosité
PH	Potentiel hydrogène
C/N	Carbone / Azote
CEC	Capacité d'échange cationique
M.O	Matière Organique
CE	Conductivité électrique
CRE	Capacité de rétention en eau

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Localisation des principales espèces de genre <i>Thymus vulgaris</i> en Algérie (Benayache, 2013 in Saadallah, 2020)	08
02	Utilisations traditionnelles du <i>Thymus vulgaris</i> .	09
03	Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.	16
04	Echelle de classification du pH de la solution du sol.	17
05	Le rapport C/N des principaux matériaux de base des substrats	19
06	Classe d'appréciation de la CEC des sols d'après la quantité de base échangeable.	20
07	Classification es sols en fonction de la CE et de la somme des anions.	21
08	Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.	24
09	Composition chimique des écorces.	27
10	Composition des substrats testés.	35
11	Résultats des analyses chimiques des substrats.	39
12	Résultats des analyses physiques des substrats.	41
13	Taux de germination de différentes modalités.	42

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Plante de <i>Thymus vulgaris</i> (thym commun).	5
02	Distribution géographique de <i>Thymus vulgaris</i> dans le monde (Le cercle noir représente la zone de distribution du genre <i>Thymus</i> dans le monde)	7
03	station d'études (serre pédagogique de l'université de Skikda).	33
04	Graines de <i>Thymus vulgaris</i> étudiés	34
05	Sol agricole	34
06	Fumier de chèvre	35
07	Humus forestier.	35
08	Dispositif expérimental .	36
09	effet de différents Substrats sur le Taux de germination de (<i>Thymus vulgaris</i>)	42

Table des matières

Désignation	Page
Remerciement	/
Dédicace	/
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	/
Liste des figures	/
Table des matières	/
Introduction	1
Première Partie : Etude bibliographique	
Chapitre 01 : Généralités sur <i>Thymus vulgaris</i>	
Introduction	4
1- Classification taxonomique	4
2- Description Botanique	5
3_ Répartition	7
A) Répartition Mondiale	7
B) En Algérie	7
4_ Les principes actifs de <i>Thymus vulgaris</i>	8
5_ Utilisations de <i>Thymus vulgaris</i>	9
5.1. Usages du <i>Thymus vulgaris</i>	9
6_ les propriétés	10
7_ La multiplication de <i>Thymus vulgaris</i>	10
Chapitre 02 : Etude de substrat de culture	
1- Définition de la culture hors sol	13
2- Définition d'un substrat de culture	13
3- Nécessité des mélanges en pépinière	13
3.1- Quelques exemples de mélanges expérimentés dans le monde	14
4- Les substrats de culture utilisés dans les pépinières	14

5- Les propriétés des substrats de cultures	15
5.1- Les propriétés physiques	15
5.1.1- La structure	15
5.1.2- La texture	15
5.1.3- La porosité	16
5.1.4- La disponibilité et rétention en eau	16
5.1.5- La teneur en air	17
5.1.6- La perméabilité	17
5.1.7- Le pouvoir de réhumectation	17
5.2- Les propriétés chimiques	17
5.2.1- Le pH	17
5.2.2- Le rapport carbone azote(C/N)	18
5.2.3- La capacité d'échange cationique (C.E.C)	19
5.2.4- La conductivité électrique (C.E)	20
5.2.5- La matière organique (M.O)	21
5.2.6- Les éléments nutritifs	22
5.2.6.1- Les éléments majeurs	22
a- L'Azote	22
b- Le Phosphore	23
c- Le Potassium	24
d- Le Calcium	24
e- Le Magnésium	25
5.2.6.2- Les oligo-éléments	25
a- Le fer	25
b- Le Cuivre	25
c- Le Zinc	25
d- Le Molybdène	25
e- Le Bore et le Manganèse	25
f- Le Chlore	26
g- Le Cobalt	26

6 - Les différents types de substrat de culture	26
6.1- Les matériaux organiques	26
6.1.1- Les matériaux organiques naturels	26
6.1.1.1- Les tourbes	26
6.1.1.2- Les écorces	27
6.1.1.3- Déchets cellulo-ligneux	28
6.1.2- Les matériaux organiques d'origine urbaine	29
6.2- Les matériaux minéraux	29
6.2.1- Les matériaux minéraux naturels	29
6.2.2- Les matériaux minéraux expansés	30
Deuxième partie : Matériels et Méthodes	
1. Présentation de la station d'étude	32
1.1- Localisation	32
1.2. Caractéristique techniques	32
2-Matériel utilisé	33
2.1- matériel végétal	34
2.2- Sol agricole	34
2.3-Fumier de chèvre	34
2.4-Humus forestier	35
3- Méthode de travail	35
3.1- Confection des substrats	35
3.2- Dispositif expérimental	36
3.3- Conduite de l'élevage	37
3.3.1- Semis	38
3.3.2- Arrosage	37
3.3.3- Protection des semis	37
3.4- levée des semis	37
Troisième Partie : Résultats et Discussions	
1- Résultats des analyses au laboratoire	39
1.1- Analyse chimique des substrats	39

1.2- Interprétation	39
1.2.1. pH des substrats	39
1.2.2. Conductivité électrique (CE, mmhos/cm)	40
1.2.3. Calcaire total (%)	40
1.3- Recommandations	41
1.3.1- Analyse physique des substrats	41
1.3.2- La capacité de rétention en eau	41
2- Taux de levée	42
conclusion	45
Références bibliographiques	47
Résumé	54

Introduction

Introduction

Introduction

La germination des graines est une étape cruciale dans le cycle de vie des plantes, influencée par divers facteurs abiotiques et biotiques, dont la nature du substrat de culture.

Thymus vulgaris L. (thym commun), une espèce aromatique méditerranéenne de la famille des Lamiaceae, est largement utilisée en pharmacopée, en cuisine et en horticulture (Stahl-Biskup & Venskutonis, 2012). Cependant, sa germination reste souvent irrégulière et lente, ce qui limite sa propagation à grande échelle (Ghasemi Pirbalouti et al., 2013).

Le choix du substrat joue un rôle déterminant dans la réussite de la germination, agissant sur la rétention d'eau, l'aération, la disponibilité en nutriments et la structure physique (Bewley & Black, 1994). Des études antérieures ont montré que des substrats comme la tourbe, la vermiculite, la perlite ou des mélanges organo-minéraux influencent différemment la germination des espèces médicinales (Khan et al., 2009). Par exemple, la tourbe, riche en matière organique, favorise la rétention hydrique, tandis que la vermiculite améliore la porosité (Hartmann et al., 2010).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de différents substrats sur la germination des graines de *Thymus vulgaris*, afin d'identifier le milieu optimal pour une levée homogène et rapide. Les résultats pourraient contribuer à l'optimisation des protocoles de multiplication, essentiels pour les secteurs agricole et pharmaceutique.

Pour atteindre cet objectif nous avons structuré notre manuscrit comme suit :

- Une première partie de recherche bibliographique composée de deux chapitres ; le premier est une monographie de l'espèce étudiée (*Thymus vulgaris*) et le deuxième étudié les substrats de culture.
- Une deuxième partie : dans laquelle nous allons citer le matériel utilisé et décrire la méthode de travail.
- Une troisième partie relative aux résultats et discussions.
- Et enfin, ce manuscrit se conclura par une conclusion qui comporte une synthèse de nos résultats.

Première partie :
Etude bibliographique

Chapitre 01
Généralités sur *Thymus*
vulgaris

Introduction

Le *Thymus vulgaris* est une plante aromatique appartenant à la famille des Lamiacées. Le genre *Thymus* regroupe environ 215 espèces de plantes vivaces, allant des herbacées aux sous-arbrisseaux. Il pousse naturellement sur les pentes sèches et ensoleillées du bassin méditerranéen. Très utilisé en phytothérapie, le *Thymus vulgaris* est apprécié pour ses propriétés pharmacologiques et aromatiques : il est antispasmodique, antiseptique, antitussif et expectorant. Il s'agit d'une des plantes les plus prisées en médecine traditionnelle, tant pour ses effets stimulants sur les fonctions de l'organisme que pour l'activité antimicrobienne de son huile essentielle (Touhami, 2017).

1- Classification taxonomique:

La classification de *Thymus vulgaris* est la suivante:

- . **Règne:** plante
- . **Sous règne:** phanérogames
- . **Embranchement:** Spermaphytes
- . **Sous-embranchement:** Angiosperme
- . **Classe:** Dicotyledones
- . **Sous-classe:** Dialypétales
- . **Ordre:** Lamiales.
- . **Famille:** Lamiaceae
- . **Genre:** *Thymus*
- . **Espèce:** *Thymus vulgaris*

2- Description botanique:

Thymus vulgaris L. est une plante aromatique vivace qui se développe de manière érigée, pouvant atteindre une hauteur comprise entre 10 et 30 cm. Sa base est de nature ligneuse (Patil et al., 2021).

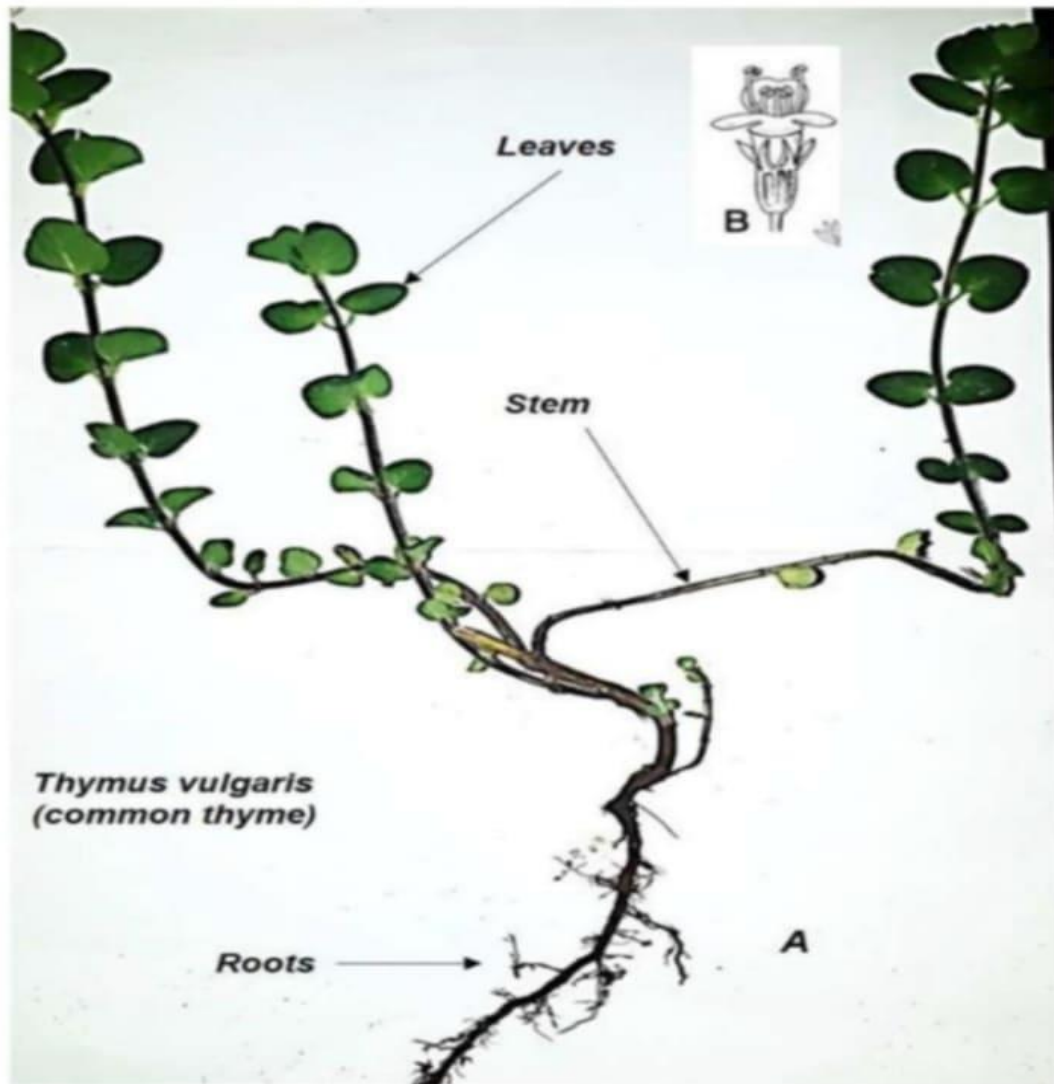


Figure 1. Plante de *Thymus vulgaris* (thym commun).

(A) Parties végétatives de la plante : feuilles, tiges et racines :

Le *Thymus vulgaris* se caractérise par des feuilles persistantes, de petite taille, ovales et de couleur verte. Elles sont généralement disposées de manière opposée le long

des tiges. Celles-ci sont ligneuses à leur base et montrent une croissance verticale. Quant aux racines, elles sont fibreuses et bien développées, leur permettant d'absorber efficacement les nutriments présents dans le sol (Patil et al., 2021).

(B) Partie reproductrice de la plante

La fleur du *Thymus vulgaris* est bisexuée et appartient au type cyme. Elle présente deux lèvres distinctes et arbore des teintes pourpres et blanches. Son calice est glandulaire et couvert de poils, ce qui lui confère un parfum agréable. Croquis fourni par les auteurs (Halat et al., 2022).

.Tiges : Les tiges sont ligneuses à leur base, puis deviennent herbacées vers le haut. De forme presque cylindrique, elles sont très ramifiées et se regroupent en touffes ou en buissons denses. Leur base peut atteindre une certaine épaisseur (Patil et al., 2021).

.Feuilles : Petites et disposées en face à face, les feuilles sont de couleur vert grisâtre. Leur forme varie de linéaire à oblongue-lancéolée, avec des bords recourbés. Elles sont parsemées de glandes visibles et mesurent généralement entre 5 à 10 mm de long pour 0,8 à 2,5 mm de large (Patil et al., 2021).

.Fleurs : Les fleurs, de couleur pourpre pâle, présentent deux lèvres bien définies et un calice glandulaire poilu. Elles sont accompagnées de bractées similaires à de petites feuilles. Ces fleurs sont disposées en verticilles lâches le long des tiges, formant des grappes axillaires ou des têtes terminales ovales à sphériques. Leur taille peut atteindre 5 mm de long (Patil et al., 2021).

Le *Thymus vulgaris* est une plante robuste, capable de s'adapter à des conditions climatiques froides et sèches, ainsi qu'à des sols pauvres, même salins. Il préfère les terrains neutres à légèrement alcalins, de texture limoneuse ou sablonneuse. Au Liban, on le trouve souvent en touffes sur les roches calcaires. Bien qu'il soit peu exigeant en eau, il nécessite une exposition en plein soleil pour s'épanouir. Sa longévité peut atteindre jusqu'à 25 ans, sans comportement envahissant. La principale menace pour la plante est la pourriture des racines. La reproduction du thym peut se faire par graines, bouturage ou marcottage (Halat et al., 2022).

3_Répartition:

A) Répartition mondiale:

Le genre *Thymus* fait partie des 250 genres les plus variés de la famille des Lamiacées. D'après (Dob et al., 2006), il regroupe environ 350 espèces réparties entre l'Europe, l'Asie occidentale et la région méditerranéenne. Ce genre est particulièrement présent en Afrique du Nord-Ouest, notamment au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Libye. On le retrouve également dans les montagnes d'Éthiopie, au sud-ouest de la péninsule Arabique, ainsi que dans le Sinaï en Égypte. En outre, des espèces de thym ont été identifiées jusqu'en Sibérie et dans la région de

L'Himalaya. Une étude réalisée par (Nickavar et al., 2005). Citée par (Benayache, 2013). Indique qu'environ 110 espèces du genre *Thymus* sont concentrées dans le bassin méditerranéen (voir Figure 2).



Figure 02 : Distribution géographique de *Thymus vulgaris* dans le monde
(Le cercle noir représente la zone de distribution du genre
Thymus dans le monde) (Stahl-Biskup et Saez, 2002)

B) En Algérie

L'Algérie se distingue par sa richesse en plantes médicinales, grâce à sa vaste superficie et à la diversité de ses zones bioclimatiques. Le genre *Thymus* y est bien représenté, avec plusieurs espèces botaniques réparties aussi bien sur le littoral que dans

les régions intérieures, y compris les zones arides (Hammaz et Nafa, 2017). Selon (Quézel et Santa, 1963). Douze espèces de *Thymus* ont été identifiées en Algérie, dont huit sont endémiques (Dob et al., 2006). Le thym est une plante largement répandue à travers le pays, avec des espèces présentes du nord algérois à l'Atlas saharien, et du Constantinois jusqu'à l'Oranais (Kabouche, 2005).

La distribution géographique des espèces du genre *Thymus* en Algérie est illustrée dans le tableau 1.

Tableau (1) : Localisation des principales espèces de genre *Thymus* en Algérie (Benayache, 2013 in Saadallah, 2020)

Espèces	Découverte par	Localisation
<i>Thymus capitus</i>	Hoffman et Link	Rare dans la région de Tlemcen
<i>Thymus fontanesii</i>	Boiss et Reuter	Commun dans le Tell endémique est Algérie-Tunisie
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	Assez rare dans : Le sous-secteur de l'atlas tellien La grande et la petite Kabylie De Skikda à la frontière tunisienne Tell Constantinois
<i>Thymus guyoni</i>	Noé	Rare dans le sous -secteur des hauts plateaux algérois, Oranais et Constantinois.
<i>Thymus pallidus</i>	Coss	Très rare dans le sous -secteur de l'atlas Saharien et Constantinois
<i>Thymus Hirtus</i>	wild	Commun sauf le littoral
<i>Thymus glandulosus</i>	Lag	Très rare dans le sous -secteur des hauts plateaux algérois
<i>Thymus Algériensis</i>	Boiss et Reuter	Très commun dans le sous -secteur des hauts plateaux algérois, Oranais
<i>Thymus munbyanus</i>	Boiss et Reuter	Endémique dans le secteur Nord algérois

4_ Les principes actifs de *Thymus vulgaris* :

.Des acides phénoliques, tels que l'acide caféique et l'acide rosmarinique ;

.Des flavonoïdes, notamment l'hespéridine, l'eriotricine, la narirutine et la lutéoline;

.Des polyphénols, comme les tanins (Zeghad, 2009).

5_Utilisations du thym et de *Thymus vulgaris*:

5.1. Usages du *Thymus vulgaris* :

Thymus vulgaris est une plante aux multiples usages. Il est traditionnellement employé dans divers domaines, comme l'illustre le tableau ci-dessous, qui présente quelques-unes de ses applications les plus courantes.

Tableau 02 : utilisations traditionnelles du *Thymus vulgaris* .

Partie utilise	Indication	Mode D'emploi
Plante entière	Fièvre Rhumes gripes Maladie broncho-pulmonaires	De l'eau avec la plante, mettre une serviette sur la tête, et inhaler la vapeur dégagée ensuite boire une tasse de cette décoction filtre avant de se coucher.
Racine	Diarrhée	Décoction
Feuilles	Fièvre La toux Les blessures Infection	Utilise comme poudre ou en infusion.
Feuilles et fleurs	Condiment Culinaire	Emploi pour donner de saveur à la viande. Conserve plus longue temps L'aliment et empêchera formation des moisissures.
Plante entière	Antiseptique Antispasmodique Antimicrobienne	Décoction ou infusion

6_les propriétés:

Le thym (*Thymus vulgaris*) est une plante aromatique aux multiples vertus, tant culinaires que médicinales :

- Usage culinaire : Il est couramment utilisé comme assaisonnement pour relever le goût des aliments et des boissons.

- Propriétés antiseptiques et désinfectantes : Il agit comme un antiseptique cutané et un spasmolytique bronchique. Il est ainsi recommandé pour le traitement des infections des voies respiratoires supérieures.

- Effets vermifuges et vermicides : Ses principaux composants actifs possèdent des propriétés permettant de lutter contre les parasites intestinaux (Bazylo et Strzelecka, 2007).

- Activité antivirale, antifongique, anti-inflammatoire et antibactérienne : Des études ont démontré que les extraits méthanoliques et hexaniques des parties aériennes du thym inhibent la croissance de *Mycobacterium tuberculosis* (Jiménez-Arellanes et al., 2006).

- Propriétés anthelminthiques : Confirmées par les travaux de (Al-Bayati, 2008) elles renforcent son usage contre les vers intestinaux.

- Activité antioxydante : Grâce à cette propriété (Takeuchi et al., 2004 ; Golmakani et Rezaei, 2008), le *Thymus vulgaris* est aussi utilisé comme conservateur naturel. Il permet notamment de prolonger la durée de conservation du thon rouge (*Thunus thynnus*) pendant son stockage (Selmi et Sadok, 2008).

7_ La multiplication de *Thymus vulgaris* :

Le *Thymus vulgaris*, plante emblématique des garrigues, s'épanouit particulièrement bien dans les milieux calcaires et rocailleux, à des altitudes ne dépassant pas 2 500 mètres (Pitman, 2004 ; Polese, 2006). Il privilégie les sols légers, bien drainés, secs ou perméables, légèrement alcalins, riches en matières organiques et en éléments minéraux fertilisants, et exposés à une lumière solaire constante (Rey, 1990 ; Small & Deutsch, 2001 ; Peter, 2004).

Le *Thymus vulgaris* supporte mal les sols lourds et gorgés d'eau, où sa survie est compromise. Il peut néanmoins croître dans des substrats dont le pH varie de 4,5 à 8,0. Cette espèce est adaptée à une large gamme climatique, pourvu que la température moyenne annuelle se situe entre 7 et 20°C (Small & Deutsch, 2001 ; Peter, 2004).

Chapitre 02
Etude de substrat de
culture

1- Définition de la culture hors sol :

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

2- Définition d'un substrat de culture :

Le terme de substrat en agriculture s'applique à tout matériau, naturel ou artificiel qui, placé en conteneur pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante, le rôle du support. En tant que support de la plante, tout matériau solide peut éventuellement être utilisé comme substrat dans la mesure où il est compatible avec un développement normal du système racinaire (BLANC, 1987).

3- Nécessité des mélanges en pépinière :

Le substrat doit être un support solide composé d'un élément rétenteur d'eau et d'un élément aérateur (ARGILLIER et al, 1990). En effet un seul élément ne permet pas de satisfaire à la fois les besoins en eau et en air de la plante, d'où la nécessité de faire des mélanges pour obtenir un substrat qui a les quantités recherchées.

La comparaison entre les caractéristiques des matériaux pris isolément, et les qualités requises pour un bon substrat, nous imposent la nécessité du mélange pour mieux répondre aux exigences des plants, un mélange doit être un milieu où se développent les racines, en assurant une bonne alimentation en eau et en éléments nutritifs. Pour respecter cet objectif, il faut chercher des substrats simples à mélanger.

D'après le même auteur, le choix de rétention d'eau se limite aux tourbes blondes ou noires à longue fibre avec toutefois, une préférence pour les tourbes blondes dont la stabilité physico- chimique est meilleur durant toute la période d'utilisation et le choix des aérateurs est vaste : perlite, vermiculite, fibre de bois traités, composte d'écorce de pin, marc de raisin, etc.

3.1- Quelques exemples de mélanges expérimentés dans le monde :

En France les mélanges les plus couramment utilisés sont généralement de composition simple :

- Tourbe et sable (proportion 50 % - 50 %).
- Tourbe (50 %), terre ordinaire (30 %), sable (20 %).
- Tourbe (50 %), pouzzolane (50 %) (HENRY, 1973).

Aux USA le milieu de culture le plus répandu est composé de tourbe blonde et de vermiculite, ce mélange à une bonne rétention en eau et une capacité d'échange en ions élevée.

Au Québec le mélange le plus utilisé est composé de tourbe (80 %) et vermiculite (20 %) (PATRICK et al, 1992).

4- Les substrats de culture utilisés dans les pépinières :

En effet, l'utilisation des substrats non standardisés constitue une contrainte majeure qui affecte la qualité des plants forestiers. Les proportions et la nature des substrats varient d'une pépinière à l'autre et d'une année à l'autre pour la même espèce, en fonction des matériaux disponibles localement et non pas en fonction des normes requises. Ces substrats utilisés se caractérisent généralement par :

✚ Une texture fine et une compaction élevée de ces substrats qui peuvent favoriser souvent une croissance superficielle des racines et empêchent la croissance racinaire homogène à travers toute la motte. La pénétration des racines dans les substrats compacts est variable selon la vigueur du système racinaire.

✚ Une faible aération, engendre une mortalité des racines précédée généralement par des attaques de champignons pathogènes comme : le *Phytophthora*.

✚ Une faible capacité d'échange cationique.

✚ Une faible capacité de rétention en eau.

✚ Une diminution des éléments nutritifs.

5- Les propriétés des substrats de cultures :

5.1- Les propriétés physiques :

5.1.1- La structure :

La structure d'un sol est le mode d'assemblage, à un moment donné, de ses constituants solide). La stabilité structurale dépend de la teneur en argile et de la matière organique des sols.

Le complexe argilo humique joue un rôle structurale, ce rôle est plus au moins important selon les teneurs en eau du sol et varie en fonction du type d'argile. La matière organique augmente la stabilité des agrégats. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol, les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère.

Une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, donc laisse s'écouler l'excès, assure une bonne aération des racines, une bonne germination, une pénétration profonde des racines et une bonne exploration par les racines des ressources nutritives du sol (SOLTNER, 2000).

5.1.2- La texture :

Elle est déterminée par une analyse granulométrique. La texture du sol influe sur la concentration des éléments traces métalliques, elles sont plus élevés dans les argiles, puis dans les limons argileux, les limons et le sable (WEBBER et SING, 1991), de petite quantité de cadmium ont été prélevés par les plantes beaucoup plus au niveau des sols à texture légère que dans les sols à texture lourde.

Tableau 3 : Répartition des différents types de texture en fonction des classes de

textures.

Classe de texture	Type de texture
Textures fines	Argilo sableuse, argileuse
Textures moyennes	Limoneuse fine, limoneuse
Textures grossières	Limono sableuse, sablo limoneuse, sableuse

Source : (HENIN et al, 1969)

5.1.3- La porosité :

La porosité totale est le rapport du volume des vides existant dans un volume total donné de matériaux. La porosité totale s'exprime en fraction ou en pourcentage du volume total (BLANC, 1987). Elle peut être calculée à partir des valeurs de la densité réelle et la densité apparente par la formule suivante :

$$P \% = (1 - \text{Densité apparente}) \times 100 / \text{Densité réelle}$$

5.1.4- La disponibilité et rétention en eau :

L'alimentation en eau de la plante dépend :

- Des propriétés concernant la plante elle-même : système racinaire et dynamique de son développement, caractéristique physiologique.
- Des conditions météorologiques qui déterminent la densité en eau que représente l'évapotranspiration.
- Des propriétés du substrat : perméabilité aux diverses humidité, disponibilité plus ou moins grande de l'eau, ces caractéristiques déterminent l'offre au niveau des racines (BLANC, 1987).

La qualité d'eau disponible est la différence entre la teneur en eau maximale du substrat (capacité en bac) et la teneur en eau minimale nécessaire pour la vie de la plante (point de flétrissement permanent), elle est donc d'autant plus importante que la capacité de rétention en eau est plus élevée. La disponibilité en eau doit être au moins égale à 20 % (ARGILLIER et al, 1990).

5.1.5- La teneur en air :

Selon BLANC (1985), La teneur en air est complémentaire de la teneur en eau, puisque ces deux fluides se partagent l'espace poral. On a donc la relation :

Porosité totale (% vol) = humidité (%) + teneur en air (% vol).

La teneur en air est estimée de 20 à 40 % entre pF1 et pF2 (ARGILLIER et al, 1990).

5.1.6- La perméabilité :

La perméabilité est indépendante du taux de la matière organique. Le critère retenu pour mesurer la perméabilité est la vitesse de percolation de l'eau exprimée en cm³ /heures. Le taux élevé de la matière organique n'implique pas forcément une bonne perméabilité (REDLICH et VERDURE, 1975). Cependant, son degré de décomposition a une influence sur cette dernière ; plus la matière organique est décomposée, plus la perméabilité est faible et vice-versa.

5.1.7- Le pouvoir de réhumectation :

Certains substrats, après un déficit hydrique important présentent des difficultés de réhumectation, s'il est trop faible, entraîne une percolation de l'eau et des éléments fertilisants (TEMAGOULT, 2005).

5.2- Les propriétés chimiques :

5.2.1- Le pH :

La concentration du milieu en ions H⁺détermine sa réaction mesurée par le pH. Les différentes classes du pH sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Echelle de classification du pH de la solution du sol.

pH	5 - 6.5	< 3.5	3.5 - 4.2	4.2 - 5	6.5 - 7.5	7.5 - 8.7	> 8.7
Classes	Hyper Acide	Très Acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très Basique

Source : (LE CLERCH, 2000)

Le pH a une incidence sur la facilité du plant à se nourrir, il influe aussi sur la contamination par divers champignons, un milieu trop acide peut être à l'origine de brûlures des racines (FALCONNET et al, 1992). Le pH peut influencer d'une façon très marquée l'assimilabilité et par suite, l'absorption des éléments traces par les plantes (LOUE, 1986). Ces métaux lourds sont d'autant plus solidement liés et par conséquent moins mobiles et disponibles que le pH est élevé. Un pH bas, inférieure à 5, limite la croissance de la majorité des plantes. Induisent le symptôme de carences en calcium, à l'exception des plantes calcifuges dites de « terre bruyère » qui exigent un milieu acide sans calcaire.

Un pH supérieur à 8, est également préjudiciable à la croissance d'un grand nombre des végétaux entraînant une mauvaise assimilation de certains éléments (dont le Magnésium et surtout le Fer), qui entraîne les symptômes bien connus de la chlorose ferrique (FAUCARD, 1994). D'après BENSEGHIR (1996), le substrat doit présenter un pH compris entre 5 et 8, en dehors de ses limites, le plant sera confronté à des problèmes de nutrition minérale.

Un pH voisin de 7 est souhaitable, est peut convenir à toutes espèces (METRO et al, 1951). L'élévation du pH diminue l'assimilabilité du phosphore (devient insoluble), de même le calcaire bloque la minéralisation de la matière organique et donc diminue la disponibilité en éléments nutritifs pour les plantes. Dans les sols acides, il peut y avoir une libération de l'aluminium qui est toxique pour les plantes. Les symptômes de carence ou excès en éléments minéraux, la non satisfaction de la plante vis-à-vis de sa nutrition, va ralentir sa croissance ou perturbe son développement. A l'extrême tout excès ou carence peut provoquer des symptômes parfaitement visibles.

5.2.2- Le rapport carbone azote(C/N) :

Ce rapport entre le carbone total et l'azote total, mesuré sur un matériau organique, indique le degré d'évolution de la matière organique et son degré de résistance à la dégradation microbienne. Ce rapport donne une idée très juste de la vie biologique du sol et permet en conséquence d'en apprécier la propriété physique. Il est utilisé depuis longtemps, par les forestiers pour caractériser les matières organiques présents dans le

sol, mais également les apports et restitutions organiques, tel que fumier, paille, composte, boues d'épuration.

D'après BONNEAU (1995), il admit qu'à partir du moment où les produits de transformation de litière ont atteint un rapport C/N de 25 environ, il y a équilibre entre la libération de l'Azote par minéralisation et la consommation par les microorganismes transformateurs de l'azote libéré (Réorganisation), lorsque le rapport C/N devient inférieur à 25, la libération d'ammonium et de nitrates l'emporte sur la réorganisation et l'alimentation azotée des arbres devient possible. Un rapport C/N bas de l'ensemble de l'épisolume humifère traduit à la fois une évolution rapide des litières « turn-over » rapide et de bonne possibilité d'alimentation des arbres en azote.

Tableau 5 : Le rapport C/N des principaux matériaux de base des substrats.

Matériaux de base C/N	C/N
Boues de station d'épuration	11
Composte urbain	14
Fumier de cham pionnière	19
Tourbe brune	20 à 25
Fumier d'ovin	23
Fumier de bovin	28
Tourbe blonde	40 à 60
Ecorce de pin maritime fraîche	92
Ecorce de pin sylvestre compostée	300

Source : (LEMAIRE et al, 1990)

5.2.3- La capacité d'échange cationique (C.E.C) :

La capacité d'échange cationique est déterminée comme le degré ou la possibilité d'un substrat de stocker les éléments nutritifs (DUCHAUFOR, 1977). Un matériau est chimiquement actif si sa CEC est supérieure à 100 meq/kg. Selon la teneur en CEC les sols sont subdivisés en 5 classes. (Tableau 5)

Tableau 6: Classe d'appréciation de la CEC des sols d'après la quantité de base échangeable.

Appréciation de la CEC	Valeur de CEC (en meq/kg)
Très faible	< 60
Faible	60 – 120
Moyenne	120 – 200
Elevée	200 – 300
Très élevée	> 300

Source : (LE CLECH, 2000)

Un substrat à faible CEC (tourbe, terre, ...) pourrait stocker les éléments fertilisants qu'on lui apporte, en effet les substrats à forte CEC perdent peu d'éléments par lessivage, les risques d'excès de salinité sont donc plus limités. Un substrat à forte CEC met à la disposition de la plante les éléments au fur et à mesure de ses besoins (FOUCARD, 1994). Un sol ayant une CEC élevée aura tendance à immobiliser les métaux lourds et à diminuer ainsi leur disponibilité. La capacité d'échange cationique augmente avec la teneur en Argile du sol, il est logique donc que les concentrations maximales des métaux soient plus élevées dans le cas des sols à texture fine (comme l'argile et le limon argileux) que dans celui des sols à texture grossière comme le sable.

5.2.4- La conductivité électrique (C.E)

La conductivité électrique donne une idée sur la salinité du milieu. Lorsque la concentration saline de la solution aqueuse d'un sol est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie, on aboutit même dans les cas graves, au dépérissement des plantes, BAIZE en 2000 classe le sol selon sa conductivité et la somme des anions.

Tableau 7 : Classification des sols en fonction de la CE et de la somme des

anions.

Source :

Classe	Désignation	Conductivité électrique (mmhos / cm à 25°C)	Somme des anions (meq/L)
0	Non salé	< 2.5	< 25
1	Faiblement salé	2.5 – 5	25 - 50
2	Moyennement salé	5 – 10	50 - 105
3	Salé	10 –15	105 - 165
4	Fortement salé	15 –20	165 - 225
5	Très fortement salé	20 - 27.5	225 - 315
6	Excessivement salé	27.5 - 40	315 - 620
7	Hyper salé	> 40	> 620

5.2.5- La matière organique (M.O) :

La matière organique joue plusieurs rôles :

- Contribue et facilite l'obtention d'un état structural stable (MOREL, 1996 ; DRIDI et TOUMI, 1999).

- Une meilleure porosité, bonne perméabilité, meilleure aération et un meilleur réchauffement du sol (MUSTIN, 1987).

- joue un rôle important dans la rétention en eau (JAUNES et JACOBSON, 2001)

- Sous l'action des microorganismes du sol, elle libère les éléments minéraux qui sont indispensables à la nutrition et au développement des plants (BOLLAG et al, 1998).

- Elle joue un rôle dans la mobilité et la disponibilité des métaux lourds dans le sol (SING et ALMAS, 1997).

- La matière organique des sols se caractérise, comme les argiles, par une

grande surface spécifique et par son pouvoir gonflant, permettant la pénétration de l'eau et la diffusion de molécules de petites tailles qui peuvent ainsi se lier avec les substances humiques (CHOUDHRY, 1994).

En pépinière un taux de 3 à 5% est recommandé, ce qui est obtenu par un apport d'amendement organiques avant plantation, cependant dans les sols sableux où les quantités nécessaires sont élevées, le coût peut être un facteur limitant.

5.2.6- Les éléments nutritifs :

Tous les éléments nutritifs nécessaires aux développements des plantes sont absorbés sous formes minérales. Environ 16 éléments sont reconnus indispensables au développement des plantes vertes, ses éléments indispensables, sont subdivisés en deux groupes :

- Les éléments majeurs (macroéléments) forment environ 99% de la matière sèche végétale
- Les oligo-éléments (micro-éléments) absorbés en quantité infimes représentent 1% de la matière sèche végétale.

L'insuffisance d'un élément assimilable dans le sol réduit l'efficacité des autres éléments, et par la suite le rendement. De même l'excès ou le déficit du sol en certains éléments nutritifs, et particulièrement les oligo-éléments, peut se manifester par des phénomènes de toxicités ou de carence des végétaux (Mn, Cu,..).

5.2.6.1- Les éléments majeurs :

a- L'Azote :

L'azote se trouve dans le sol sous trois formes : organique, ammoniacale et nitrique, représentant trois stades de décomposition biologique des matières organiques (VILLAIN, 1989). L'essentiel de la nutrition azotée des plantes est assuré par les nitrates. L'azote sous forme d'ions nitrate, est un élément très soluble, peu retenu par le sol. Il provient des sources suivantes : Atmosphérique, organique, et l'azote des engrais. (SOLTNER, 2000).

La carence en azote, inhibe la croissance, entraîne la chlorose des feuilles par diminution de la teneur en chlorophylle en commençant par les plus vieilles (HELLER et al, 1993) et l'apparition de tiges plus minces et plus rigides.

L'excès d'azote va provoquer une stimulation de la croissance des feuilles au dépend des fleurs, tissus tendres à paroi mince, dans les cas graves, chlorose des feuilles jusqu'à entre les nervures, tendant vers sa nécrose et dessèchement, excès de pression osmotique, flétrissement, nécrose racinaire.

b- Le Phosphore : Il se trouve dans le sol sous trois formes :

Une forme accessible: liée au complexe argilo-humique par le calcium et le magnésium.

Une forme combinée: il est immobilisé, en partie, par les hydroxydes d'aluminium et de Fer dans les sols acides (dans ce cas, il est nécessaire de chauler le sol pour le libérer).

Insoluble, en sol calcaire, le phosphore peut être sous forme de phosphates de calcium, dont certains sont insolubles.

Une forme adsorbant : constitue la réserve rapidement assimilable par la plante (SOLTNER, 2000 ; JAUNES et JACOBSON ,2001).

Les normes données par le ministère de la coopération de la république Française (1974) pour le phosphore assimilable sont représentées par le tableau suivant

:

Tableau 8 : Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.

Classe	P2O5 assimilable (%)
Terres pauvres	< 0.12
Terres moyennes	0.12 à 0.30
Terres riches	> 0.30

Source : ministère de la coopération de la république Française (1974).

Une insuffisance en phosphore provoque un rougissement de la tige et du pétiole des feuilles, angle des nervures très aigu, nanisme général, brunissement des extrémités et des bords des feuilles, suivi de nécrose et une faible croissance des racines.

c- Le Potassium :

Le potassium n'est pas très mobile dans la plante, il joue un rôle important dans les mécanismes de la photosynthèse, lors de la migration des sucres, la synthèse des matières azotées, l'économie de l'eau, la résistance aux froids, la résistance aux maladies cryptogamiques. Une insuffisance en potassium provoque des chloroses puis brunissement des bords du limbe des feuilles de base, pouvant s'étendre entre les nervures et évoluant vers la nécrose, La tige devient mince et faible. L'excès du potassium provoque des nécroses au niveau de la racine et une faible croissance, MOREL (1996), signale que l'estimation de l'aptitude d'un sol à assurer l'alimentation des cultures en potassium doit être associée au taux d'argile et à la valeur de la CEC.

d- Le Calcium :

Dans le sol, le calcium représente le principale élément de saturation du complexe adsorbant, il contribue puissamment à flocculer les argiles et les complexes argilo-humiques (GAUTIER, 1987). Par contre un excès de calcium peut provoquer surtout l'insolubilisation des composés phosphatés et le blocage éventuel des oligo-éléments (Fe, Zn, Cu, et Mn) (MOREL, 1996).

e- Le Magnésium :

L'insuffisance en cet élément provoque une chlorose sur les feuilles du bas, mais son excès provoque un déséquilibre par absorption insuffisante du potassium.

5.2.6.2- Les oligo-éléments :

Les oligo-éléments sont plus rarement fournis, il peut parfois cependant exister des carences spécifiques, en fonction des types de sol particulièrement. Par exemple, des nombreuses forêts auvergnates souffrent d'un manque de Bore.

a- Le fer :

Bien qu'il ne soit pas un constituant de la chlorophylle, il est indispensable à sa formation, sa carence provoque la chlorose. Le fer participe à la constitution de nombreuses enzymes d'oxydation.

b- Le Cuivre :

Comme le fer, entre dans la composition de nombreuses enzymes d'oxydation.

c- Le Zinc :

Outre son rôle dans de nombreuses enzymes d'oxydation, il participe à la fabrication des auxines de croissance.

d- Le Molybdène :

Est nécessaire au métabolisme de l'azote, il est le constituant d'une enzyme réduisant les nitrates en amines.

e- Le Bore et le Manganèse :

Ils entrent dans la composition d'enzymes. Leurs rôles sont encore mal connus.

f- Le Chlore :

Est surtout connu pour les effets négatifs qu'il induit quand il est en excès.

g- Le Cobalt :

N'est peut-être pas indispensable aux végétaux, mais cet élément se révèle indispensable aux bactéries et aux champignons de la rhizosphère et plus encore aux bactéries fixatrices d'azote atmosphérique, symbiotes des légumineuses.

6 - Les différents types de substrat de culture :

6.1- Les matériaux organiques :

6.1.1- Les matériaux organiques naturels :

6.1.1.1- Les tourbes :

La tourbe est un type d'humus formé en anaérobiose permanente ou presque permanente. C'est une couche souvent de plusieurs mètres dont l'humification ne s'effectue que partiellement surtout après un assèchement superficiel des sites humides (DUCHAUFOR, 1977).

Les couches profondes, les plus anciennes, donnent la tourbe brune « ou noire » et les couches superficielles considérées comme les plus jeunes, donnent la tourbe blonde.

Selon BLANC (1987), les données les plus caractéristiques des tourbes sont :

- La densité solide : 1,40 à 1,65 pour les tourbes françaises.
- La porosité totale qui varie de 90- 95 % (tourbe blonde) à 40 % (tourbe noire très décomposées)
- La rétention en eau : 100g de tourbe sèche et peu décomposée absorbent 1000 -1500g d'eau (tourbe à sphaignes), 700 – 800g (tourbe à carieux) et 400 - 500g (tourbe de plaine).
- Le taux de cendres : 5 % (tourbes acides) à 10 % (tourbes eutrophies non contaminée).

- Le rapport C/N : 40 – 50 (tourbes blondes) à 20 (tourbes noires).

Le pH. Eau : 3,8 pour les tourbes acides à 7,5 pour les tourbes eutrophies.

- La capacité d'échange cationique qui varie largement en fonction du matériau (pH, teneur en cendre, degré d'humification).

• Le retrait après dessiccation et la capacité de ré humification qui varient du simple au double selon la finesse et le degré d'humification des tourbes (REDLICH et VERDURE, 1975).

6.1.1.2- Les écorces :

L'écorce joue un rôle dans la confection des mélanges binaires, où l'un des constituants joue le rôle de rétenteur d'eau, et d'autre celui de système d'aération. Un compostage bien Conduit (de 8 à 10 mois) permet souvent d'obtenir un produit plus stable, utilisé en mélange avec la tourbe pour ces propriétés d'aération (MOINEREAU et al, 1987). L'utilisation des écorces est très fréquente dans le monde: sapin de Norvège, Sitka, Hêtre, peuplier, Bouleau, eucalyptus, pin et épicéa en France. L'écorce de pin maritime est le plus utilisée, tant pour ces disponibilités que pour ces qualités (BLANC, 1985). Selon le même auteur, la composition des écorces peut être très variable selon l'origine de cette dernière.

Tableau 09 : Composition chimique des écorces.

Elément	Ecorce	Unité
PH eau	4 - 5,5	
Carbone organique	50	%
Matière organique	98	%
Azote (N)	0,40 - 0,96	%
Potassium	0,25 - 1	%
Phosphore (P₂O₅)	0,04 - 0,37	%
Calcium (Ca)	2,9	%
Magnésium	0,5	%
Aluminium	0,38	%
Fer	1,43	mg/kg
Manganèse	84	mg/kg

Capacité de rétention en Eau	75	%
Porosité totale	85,5	%
Teneur en cendre	19,5	%

Source : (BLANC, 1987)

L'écorce est un substrat très poreux, aéré, mais à faible capacité de rétention en eau (BLANC, 1985).

Le pH dans l'eau est compris entre 4 et 5.5 ce qui peut nécessiter une neutralisation avant culture (BLANC, 1987). L'écorce est un produit organique instable dont la durabilité est limitée de 4 à 8 cultures (MOINREAU et al, 1987).

6.1.1.3- Déchets cellulo-ligneux :

Selon MOINREAU et al (1987), ce terme regroupe un ensemble de sous-produits issus de l'activité sylvicole, agricole ou industrielle, la plus part de ces matériaux doivent être compostés et désinfectés avant l'utilisation. Comme pour les écorces, le compostage a pour effet de stabiliser et d'homogénéiser le produit.

Ces composés se caractérisent par une faible densité apparente et donc une porosité élevée à l'état frais. Ce sont des matériaux très aérés, et de faible rétention en eau. Ces mêmes auteurs signalent que la rétention en eau peut augmenter considérablement après la décomposition mais le milieu devient asphyxiant sous l'effet du moindre tassement.

Parmi les déchets cellulo-ligneux, nous pouvons citer par exemple: les sciures compostées, les raisins, paille de céréales, les déchets de liège, cime de pin, broussailles et bois de platane et de peuplier.

6.1.2- Les matériaux organiques d'origine urbaine :

L'accroissement du volume des compostes d'ordures ménagères a conduit à proposer leur utilisation en pépinière. La durée de compostage est le critère le plus important pour apprécier la qualité du composte urbain. Il doit être au minimum de 4 mois. (ANSTETT, 1979). Sur le plan chimique le composte présente :

- Un pH alcalin : 7,5 à 8,5.
- Salinité importante.
- Une quantité importante de métaux lourds.

6.2- Les matériaux minéraux :

6.2.1- Les matériaux minéraux naturels :

Ce sont des matériaux qui ne subissent aucune dégradation et sont chimiquement neutre. En pépinière les plus utilisés sont: le sable, le gravier, la pouzzolane, les terres et les tufs volcaniques.

- Le sable grossier et le gravier ont une faible capacité tamponne pour l'eau, et leur emploi à l'état pur implique un contrôle rigoureux de l'irrigation. Par contre dans les mélanges, ils n'améliorent en aucune façon l'aération des substrats organiques à forte rétention d'eau, car leur porosité intra granulaire est nulle (FAUCARD, 1994).
- Les pouzzolanes sont des matériaux d'origine minérale, Leurs aérations sont importantes et c'est à ce titre qu'elles sont souvent utilisées en mélange avec la tourbe (FOUCARD, 1994). Elle offre aussi pour les cultures hors sol d'un milieu de grande stabilité et durabilité, chimiquement inerte initialement exempt de germes pathogène et ultérieurement facile à désinfecter (MOINREAU et al, 1987).
- Les terres ont une porosité supérieure à celle des sables, une rétention d'eau est en général plus élevée. Une caractéristique importante des terres est leur stabilité structurale qui conditionne la permanence de leurs structures lorsqu'elles sont fréquemment irriguées (GRAS, 1983).

- Les tufs volcaniques sont constitués de cendres volcaniques consolidées et cimentées. Broyés, ces matériaux se comportent comme une terre limono-argileuse à très bonne stabilité structurale (GRAS, 1983).

6.2.2- Les matériaux minéraux expansés :

Ce sont des matériaux naturels qui ont subis un traitement par la chaleur. On distingue les composés suivants :

- La vermiculite : matériau d'origine minérale (mica) traité à 1100 °C et expansé (FOUCARD, 1994). C'est un substrat très actif du point de vue physico-chimique, dont le pH est pratiquement neutre (7 à 7.2). Ce matériau employé à l'état pur convient tout particulièrement à la germination et au bouturage (MOINREAU et al, 1987).

- L'argile expansée : il obtenue par granulation et chauffage à 1100°C de nodules d'argile humide. Les granules d'argile expansée peuvent entrer dans la fabrication des mélanges à base de tourbe (FOUCARD, 1994).

Elle présente une porosité grossière et fermée, d'où une rétention en eau plutôt faible. Très poreux et très durable, ce matériau est intéressant en culture hydroponique à condition de lessiver le produit avant mise en culture (CAMPREDON, 1985).

- La perlite : il provient du chauffage à 1200°C d'un silicate volcanique. C'est un matériau peu dense, ayant des propriétés hydriques et une aération variable, très friable et peut être incorporée dans les mélanges en pépinière (CAMPREDON, 1985).

Deuxième partie :
Matériels et Méthodes

1. Présentation de la station d'étude :

1.1- Localisation :

L'essai s'est déroulé au sein de la serre pédagogique de l'université de Skikda, (36, 84 N, 6,89 E).

1.2. Caractéristique techniques :

Cette serre à une chapelle aura les dimensions suivantes :

Largeur : 6,66 m

Longueur : 12,00 m

Hauteur sous chenaux : 2,80 m

Hauteur au faitage : 4,10 m

Pente de la toiture cintre : 42 %

La surface totale est de : 82,00 m² répartie en 01 chapelle

La serre forme un microclimat spécial à l'intérieur caractérisé par :

- Chauffage air chaud.
- Coolingre frigéants.
- Ecran thermique d'ombrage.
- Tablette de culture.
- Irrigation pendulaire aspersion et brumisation.
- Irrigation goutte à goutte.
- Fertilisation.
- Fog système humidification.
- Eclairage de croissance.

- Nappe chauffante hors sol.

En complément à cette régulation climatique, une superviseuse 4G Windows permet de créer et contrôler depuis un ordinateur le dialogue, les consignes de mesure, moyenne, courbes et exportations entre le PC de supervision et les régulateurs.



Figure 03 : station d'études (serre pédagogique de l'université de Skikda).

2-Matériel utilisé :

2.1- matériel végétal :

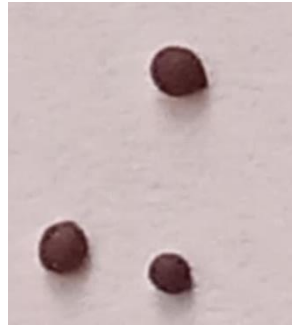


Figure 04 : Graines de *Thymus vulgaris* étudiés

2.2- Sol agricole:

Dans notre expérimentation, nous avons utilisé le sol ordinaire prélevé du jardin expérimental de l'université de Skikda.



Figure 05 : Sol agricole

2.3-Fumier de chèvre :

Le fumier caprin est un bon terreau pour les légumineuses et assure un bon équilibre entre espèces. Le compost caprin est riche en potassium et en soufre. Toutefois, les fumiers, très secs, sont difficiles à composter. Le compost est un engrais de fond dans les systèmes en polyculture-élevage.

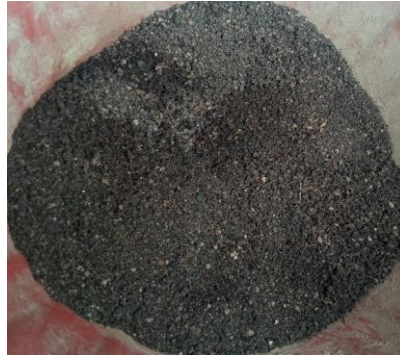


Figure 06 : Fumier de chèvre.

2.4-Humus forestier :

L'humus forestier est une couche de matière organique en décomposition que l'on trouve à la surface du sol dans les forêts. Il provient principalement de la décomposition de feuilles, branches, aiguilles, écorces, et autres résidus végétaux tombés au sol. C'est une composante essentielle des sols forestiers.



Figure 07 : Humus forestier.

3- Méthode de travail :

3.1- Confection des substrats :

Les substrats sont confectionnés sur la base de trois matériaux : sol agricole, fumier de chèvre et humus forestier.

Tableau 10. Composition des substrats testés.

Substrats	Composition
S ₁	100 % sol Agricole
S ₂	2/3 sol Agricole + 1/3 fumier de chèvre
S ₃	2/3 sol Agricole + 1/3 humus forestier
S ₄	1/3 sol Agricole + 1/3 fumier de chèvre + 1/3 humus forestier
S ₅	1/2 fumier de chèvre + 1/2 humus forestier

Source : réalisé par les étudiants

3.2- Dispositif expérimental :

L'essai est en randomisation totale à 5 modalités (traitements), chaque modalité est représentée par une 3 graine et répétées trois fois, avec un nombre total de 45 graines pour tout le dispositif.



Figure08 : Dispositif expérimental

3.3- Conduite de l'élevage :

3.3.1- Semis :

Le semis des graines a été effectuée le 04/04/2025 à raison de trois graines par alvéales

3.3.2- Arrosage :

Nous avons irrigué les jeunes plants chaque deux jours manuellement.

3.3.3- Protection des semis :

Le désherbage des mauvaises herbes a été réalisé manuellement chaque fois que cela était nécessaire, car ces dernières ont des effets néfastes sur les plantes, tant sur le plan mécanique en étouffant les semis, que sur le plan physiologique en réduisant leur fertilité.

3.4- levée des semis :

Chaque fois qu'une jeune pousse émerge, elle est comptée jusqu'à la dernière levée.

Troisième partie :
Résultats et Discussions

1- Résultats des analyses au laboratoire :

1.1- Analyse chimique des substrats :

Les analyses chimiques des substrats ont été réalisées au niveau des laboratoires de l'université de 20 Aout 1955 Skikda.

Tableau 11. Résultats des analyses chimiques des substrats.

Les analyses \ Les Substrats	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
PH	7,46	6,36	6,75	5,58	6,26
CE (mmhos/cm)	215	1778	197,5	1720	972
Calcaire total (%)	2,7	9,45	5,72	13,5	6,75

Source : réalisé par les étudiants

1.2- Interprétation :

Les analyses chimiques des cinq substrats (S1 à S5) révèlent des différences significatives en termes de pH, conductivité électrique (CE) et teneur en calcaire total, qui peuvent influencer la germination et la croissance du thym (*Thymus vulgaris*).

1.2.1. pH des substrats

Le substrat S1 composé du sol agricole pur a présenté un pH Légèrement alcalin de l'ordre de 7,46, ce qui peut convenir au *Thymus vulgaris*, mais un pH optimal se situe généralement entre 6,0 et 7,5.

Les substrats S2 (mélange de sol agricole et de fumier de chèvre) et S3 (mélange de sol agricole et d'humus forestier) présentent des pH respectifs de 6,36 et 6,75, des valeurs proches de la neutralité, idéales pour la culture du *Thymus vulgaris*, qui préfère généralement des sols neutres à légèrement alcalins. En revanche, le substrat S4 (combinant sol agricole, fumier de chèvre et humus forestier) affiche un pH acide (5,58), ce qui pourrait réduire la disponibilité de certains nutriments essentiels pour cette plante. Quant au substrat S5 (mélange de fumier de chèvre et d'humus forestier), son pH de 6,26 reste acceptable, mais sa forte teneur en matière organique pourrait influencer la disponibilité et l'assimilation des nutriments par la plante.

Donc, Les substrats S2 et S3 semblent les plus adaptés en termes de pH, tandis que S4 pourrait nécessiter un amendement calcaire pour réduire son acidité.

1.2.2. Conductivité électrique (CE, mmhos/cm)

La conductivité électrique (CE), exprimée en mmhos/cm, est un indicateur clé de la salinité et de la concentration en ions solubles dans les substrats. Le substrat S1 présente une faible CE (215 mmhos/cm), indiquant une salinité minimale et un risque négligeable de stress pour les graines. En revanche, les substrats S2 (1778 mmhos/cm) et S4 (1720 mmhos/cm) affichent des valeurs très élevées, probablement dues à la forte teneur en sels minéraux du fumier de chèvre, ce qui pourrait provoquer un stress osmotique et compromettre la germination. Le substrat S3, avec une CE modérée (197,5 mmhos/cm), offre des conditions optimales pour la germination. Quant au S5 (972 mmhos/cm), bien que sa salinité soit élevée, elle reste inférieure à celle des substrats S2 et S4, grâce à l'effet tampon de l'humus forestier. En conclusion, S1 et S3 sont les substrats les plus favorables en termes de salinité, tandis que S2 et S4, en raison de leur CE excessive, risquent d'entraver la germination des graines de thym.

Donc, S1 et S3 présentent les meilleures conditions de salinité, tandis que S2 et S4 risquent d'inhiber la germination en raison de leur CE trop élevée.

1.2.3. Calcaire total (%)

Le thym possède une certaine tolérance aux sols calcaires, cependant une concentration excessive en calcaire peut perturber la disponibilité d'éléments nutritifs essentiels comme le fer et d'autres oligo-éléments. Parmi les substrats analysés, le S1 présente une teneur faible en calcaire (2,7%), ce qui ne pose aucun problème pour la culture. En revanche, les substrats S2 (9,45%) et S4 (13,5%) montrent des taux particulièrement élevés, attribuables à la présence de fumier de chèvre, riche en calcium. Quant aux substrats S3 (5,72%) et S5 (6,75%), leurs teneurs en calcaire restent modérées et se situent dans une fourchette acceptable pour la croissance optimale du *Thymus vulgaris*. Ces résultats soulignent l'importance de maintenir un équilibre calcique dans le substrat pour assurer une bonne nutrition minérale de la plante.

Les substrats S1 et S3 sont les plus adaptés, tandis que S4 pourrait poser problème en raison de sa forte teneur en calcaire combinée à une acidité marquée.

1.3- Recommandations

- Pour améliorer S4, réduire la proportion de fumier et augmenter l'humus forestier.
- Pour S2 et S5, un lavage des sels (par irrigation contrôlée) pourrait atténuer leur salinité.
- S3 semble le meilleur compromis pour une germination efficace du thym.

1.3.1- Analyse physique des substrats :

Tableau 12. Résultats des analyses physiques des substrats.

Analyses	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
capacité de rétention En eau (%).	34.63	42.07	32.72	38,96	39,73

Source : réalisé par les étudiants

1.3.2- La capacité de rétention en eau :

La capacité de rétention en eau (CRE) est un paramètre clé qui influence directement la disponibilité en eau pour les plantes et la fréquence d'irrigation nécessaire. Les résultats montrent des variations significatives entre les différents substrats :

S1 (34,63 %) et S3 (32,72 %) : Ces substrats présentent les plus faibles capacités de rétention, ce qui s'explique probablement par leur composition majoritairement minérale (sol agricole pour S1 et sol + humus forestier pour S3). Une faible rétention signifie un drainage plus rapide, ce qui peut être avantageux pour les plantes sensibles à l'excès d'eau, mais nécessitera des arrosages plus fréquents.

S2 (42,07 %) : Affiche la meilleure rétention en eau, probablement due à l'ajout de fumier de chèvre, qui améliore la structure du sol et augmente sa porosité. Ce substrat conviendrait aux plantes nécessitant une humidité stable, mais pourrait poser un risque de compaction ou d'asphyxie racinaire si le drainage est insuffisant.

S4 (38,96 %) et S5 (39,73 %) : Ces substrats, enrichis en matière organique (fumier et/ou humus), conservent une bonne capacité de rétention, légèrement inférieure à S2

mais supérieure à S1 et S3. Ils offrent un compromis intéressant entre rétention d'humidité et aération, favorable à la plupart des cultures.

Donc, Pour des plantes tolérantes à la sécheresse (comme le thym), S1 ou S3 peuvent convenir, avec un besoin de surveillance accrue de l'humidité.

2- Taux de levée :

Tableau 13. Taux de germination de différentes modalités.

Modalités	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Taux de levée (%)	0	33.33	0	77.77	44.44

Source : réalisé par les étudiants

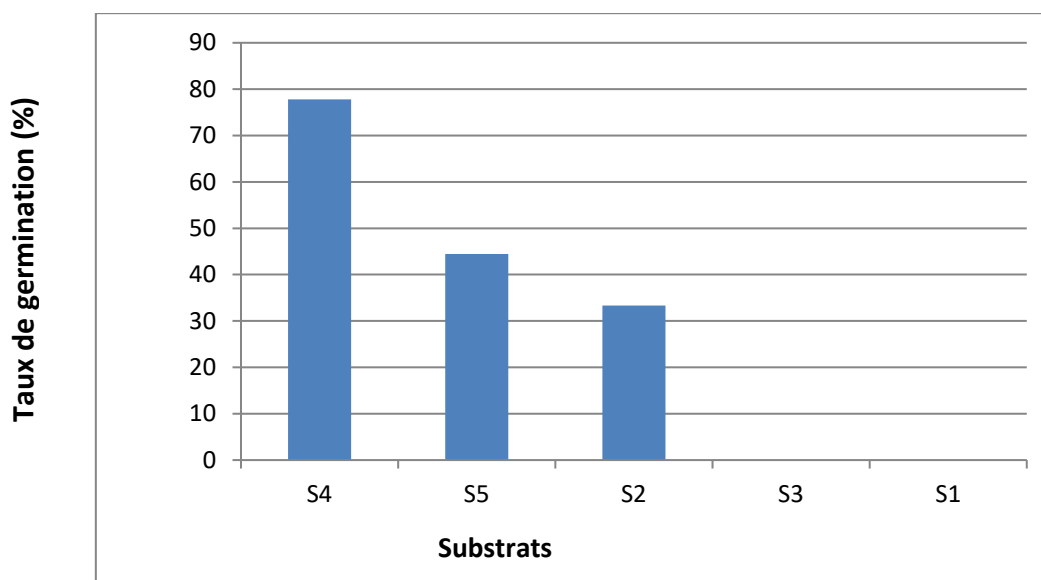


Figure 09 : effet de différents Substrats sur le Taux de germination de (*Thymus vulgaris*)

Les résultats montrent que la germination du thym (*Thymus vulgaris*) est fortement influencée par la composition et les propriétés physico-chimiques des substrats. Le substrat S4 (mélange de sol agricole, fumier de chèvre et humus forestier) présente le meilleur taux de germination (77,77 %), grâce à un équilibre optimal entre structure, nutrition et rétention d'eau, malgré un pH acide (5,58) et une salinité élevée (1720 mmhos/cm), que le thym tolère. À l'inverse, les substrats S1 (100 % sol agricole) et S3

(sol + humus) échouent (0 %), probablement en raison d'un manque de nutriments disponibles et d'une rétention d'eau inadéquate. Le S2 (sol + fumier) obtient 33,33 %, limité par une salinité excessive, tandis que le S5 (fumier + humus) atteint 44,44 %, mais souffre d'un excès de matière organique.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'influence de différents substrats sur la germination du thym (*Thymus vulgaris*) en analysant leurs propriétés physico-chimiques et leur impact sur le taux de levée. Les résultats démontrent que le substrat S4 (mélange de sol agricole, fumier de chèvre et humus forestier) est le plus performant, avec un taux de germination de 77,77 %. Cette performance s'explique par l'ajout du fumier à dose modérée (1/3), qui agit comme un activateur de fertilité et un améliorateur de sol, compensant ses défauts (salinité, acidité) par ses avantages nutritifs et physiques.

À l'inverse, les substrats S1 (sol agricole pur) et S3 (sol + humus) n'ont permis aucune germination (0 %), en raison d'un manque de nutriments disponibles et d'une rétention d'eau insuffisante. Le S2 (sol + fumier) a obtenu un taux modéré (33,33 %), limité par une salinité excessive, tandis que le S5 (fumier + humus) a atteint 44,44 %, mais son excès de matière organique pourrait nuire à la croissance ultérieure des plantules.

Bien que neutre en pH et peu salin, manque de fertilité, ce qui justifie son échec.

En perspective, il serait intéressant d'étudier l'effet de pré-traitements des graines (scarification, stratification) ou l'ajout de mycorhizes pour améliorer la germination dans les substrats moins favorables. Cette recherche offre des bases solides pour optimiser les protocoles de culture du thym, notamment en agriculture biologique ou en conditions semi-arides.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- **Al-Bayati, F. A. (2008).** Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(3), 403–406.
- **ANSTETT A., (1979)-** Problèmes des terreaux utilisés en culture ornementale et en maraichage.
- **ARGILLIER C, FALCONNET G et GRUEZ J., (1990)** – Production de plants forestiers. Guide technique du forestier méditerranéen Français. CEMAGREF (Aix en Provence), 32 p France.
- **BAIZE D., (2000)** – Guide des analyses en pédologie, 2^{ème} édition revue et augmentée. Edition I.N.R.A, Paris, France.
- **Bazylko, A., & Strzelecka, H. (2007).** A HPTLC densitometric determination of luteolin in *Thymus vulgaris* and its extracts. *Fitoterapia*, 78(5), 391–395.
- **Benayache, F. (2013).** Étude phytochimique et biologique de l'espèce *Thymus numidicus* Poiret (Mémoire de master, Université Constantine 1, Algérie). Université Constantine 1.
- **BENSEGHIR L.A., (1996)** – Amélioration des techniques de production hors-sol du Chêne-liège : conteneur- substrats- nutrition minérale. Master en sciences forestières CEMAGREF (Aix en Provence), 26 p.
- **Bewley, J. D., & Black, M. (1994).** *Seeds: Physiology of Development and Germination* (2nd ed.). Plenum Press.
- **BLANC D., (1985)-** Les cultures hors sol. I.N.R.A. Ed. Louis. Paris, 409 p.
- **BLANC D., (1987)** – Les cultures hors sol. Deuxième édition INRA (Paris), 409 p.
- **BOLLAG et al. (1998)** –Interaction entre les minéraux des sols, les composés organiques et les microorganismes Edit Scientifique, Regist N° 404, symposium n° 41

Références bibliographiques

- **BONNEAU M, SOUCHIER., (1979)** – Constituants et propriétés du sol .Bd Masson 495 p.
- **CAMPREDON M., (1985)**- Aspect agronomiques de la pépinière forestière en en région Languedoc-Roussillon. Analyse et proportion. ENITAH (ANGERS), 61 p.
- **CHOUDHRY G., (1994)** – Humic substances: soptive interactions with environmental chemical in humic substances structural photophysical and Free radical aspects and interaction with environmental chemicals, New york; Gordon and Breach science publischer Inc, 95-134.
- **Dob, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., & Chelghoum, C. (2006).** Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. *International Journal of Aromatherapy*, 16(1), 41–45
- **DUCHAUFOUR P.H., (1977)** – Pédogenèse et classification pédologique (II) EditionMasson Paris, 477 p.
- **FALCONNET G., (1992)** –La production des plants forestiers hors-sol ENGREF (Nancy) 18p.
- **FOUCARD J., (1994)** – Filière pépinière de la production et de la plantation Technique etdocumentations, édition Lavoisier Paris 428 p.
- **GAUTIER., (1987)**- les cultures fruitières, VOL1, l’arbre fruitier. Bd Baillièrè Paris,492p.
- **Ghasemi Pirbalouti, A., et al. (2013).** "Variation in essential oil composition and antioxidant activity of *Thymus vulgaris*." *Journal of Agricultural Science*, 5(4), 148-153.
- **GRAS R., (1983)**- Quelques propriétés physiques des substrats in BLANC (D). Culture hors sol, 2^{eme} édition. I.N.R.A. Paris, Laris-jean ; 89-126 pp.

Références bibliographiques

- **Halat, D. H., Krayem, M., Khaled, S., & Younes, S. (2022).** A focused insight into thyme: Biological, chemical, and therapeutic properties of an indigenous Mediterranean herb. *Nutrients*, 14(10), Article 2104.
- **Hammaz, F., & Nafa, S. (2017).** Contribution à l'essai de fabrication de pâté de volaille à base de conservateurs naturels (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou).
- **Hartmann, H. T., et al. (2010).** *Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices* (8th ed.). Prentice Hall.
- **HELLER R, ESNAULT R, et LANCE C., (1993)-** Physiologie végétale1. Nutrition. 5^{eme} édition, Masson, Paris, France. 242p.
- **HENIN S, GRAS R, et MONNIER., (1969) –** Le profil cultural, l'état physique du sol et ses Conséquences agronomiques. Masson, Paris 332 p.
- **HENRY E., (1973) –** Initiation à la cultures en conteneurs de végétaux de pépinière. Edition P.H.M 13 p.
- **I.N.R.A. Versailles ; 6291-6298 pp.**
- **JAUNES C et JACOBSEN j., (2001) –** Plant nutrition and soil fertility Montana university [www.Colostate.edu / depts. / CoopExt/ TRA/ plants/ nutriment / Pdf](http://www.Colostate.edu/depts/CoopExt/TRA/plants/nutriment/Pdf).
- **Jiménez-Arellanes, A., Martínez, R., García, R., León-Díaz, R., Aluna–Herrera, J., Molina–Salinas, G., & Said-Fernández, S. (2006).** *Thymus vulgaris* as a potential source of antituberculosis compounds. *Pharmacologyonline*, 3, 569–574.
- **Kabouche, A. (2005).** Étude photochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae (Thèse de doctorat d'État, Université Mentouri Constantine). Université Mentouri Constantine.

Références bibliographiques

- **Khan, M. A., et al. (2009).** "Seed germination in medicinal plants of the Lamiaceae: Challenges and opportunities." *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(5), 308-318.
- **LEMAIRE F DARTIGUE A et RIVIERE L.M., (1990)** – Les substrats : problèmes particuliers posés par les cultures de plantes ornementales en pots et conteneurs, les relations entre les systèmes racinaires des végétaux et les sols ou substrats artificiels Compte rendu des séminaires du groupe d'étude des racines. (Aix en Provence) 55-71.
- **LOUE A., (1986)** – Les oligo-éléments en agriculture, Ed. Agr – Nathan Paris 336 p.
- **METRO A., VIDAL P et SAUVAGE C., (1951)** – Etude des subéraies portugaises. Compterendu de mission au Portugal du 18 au 28 mai. Ann. Rech. Fores. Maroc, pp 59-89.
- **MOINEREAU J, HERRMANN P, FAUROTJ C et RIVIER L.M., (1987)-** Les substrats inventaires, caractéristiques ressources in BLACD. Culture hors sol. 2^{ème} édition. INRA. Paris. LouisJean ; 15-88 pp.
- **MOREL R., (1996)-** Les sols cultivés 2^{ème} édition Lavoisier, Paris 399p.
- **MUSTIN M., (1987)** – Le composte, gestion de la matière organique. La valorisation agronomique des compostes et plus généralement des matières organiques, Edit ; Français dulux, Paris 954 p.
- **Myrtéa Formations. (2020, 15 mai).** P-Thymus vulgaris-200515 [PDF]. Consulté le 24 juin 2023, à l'adresse https://www.myrteaformations.com/modules/aromatheque/Fichiers_pdf/Monographies_longues/PThymus_vulgaris-200515.
- **Patil, S. M., Ramu, R., Shirahatti, P. S., Shivamallu, C., & Amachawadi, R. G. (2021).** A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* Linn. *Heliyon*, 7(5), e07054.

Références bibliographiques

- **PATRICK P, JEAN J, PETTER JONES J., (1992)-** L'utilisation du compost des boues de station d'épuration dans l'agriculture. Thèse Magister. INA. El-Harrach. ALGER, 81 p.
- **Pitman, V. (2004).** Aromatherapy: A practical approach. Nelson Thornes.
- **Quezel, P., & Santa, S. (1963).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales (Tome 2). Centre National de la Recherche Scientifique.
- **REDLICH G.C et VERDURE., (1975)-** Le comportement physique des tourbes en cours de culture, PHM. Revue horticole. 160 ; 13-20 pp.
- **Rey, C. (1990).** La culture du thym en Suisse. Revue horticole suisse.
- **Saadallah, H., Radjeh, B., & Dakhli, D. (2020).** Les activités biologiques des constituants bioactifs de thym (*Thymus algeriensis*) [Mémoire de master, Université Mohammed Seddik Benyahia, Jijel, Algérie].
- **Selmi, S., & Sadok, S. (2008).** The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* Linnaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus Linnaeus*) during chilled storage. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 3(1), 36–45.
- **SINGH BR et ALMAS A., (1997) –** Residual effect of organic matter on cadmium uptake by plant and its distribution in soil Paris-France, 21 p.
- **SOLTNER D., (2000) –** Les bases de la production végétale T1: le sol. 22^{ème} édition Sciences et techniques agricole Maine et Loire France 457 p.
- **Stahl-Biskup, E., & Sáez, F. (2002).** Thyme: The genus *Thymus*. Taylor & Francis.
- **Stahl-Biskup, E., & Venskutonis, R. P. (2012).** "Thyme—botanical, chemical, and functional aspects." In *Handbook of Herbs and Spices* (Vol. 2, pp. 499–525). Woodhead Publishing.
- **Takeuchi, H., Lu, Z. G., & Fujita, T. (2004).** New monoterpene glycoside from the aerial parts of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 68(5), 1113–1134.

Références bibliographiques

- **TEMAGOULT O., (2005)-** Recherche d'un substrat de culture pour la production de plants en pépinière. Thèse Magister. Université de Batna.120 P+annexe.
- **Touhami, A. (2017).** Étude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *Thymus* récoltées dans les régions de l'Est Algérien pendant les deux périodes de développement (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar - Annaba, Algérie).
- **VILLAIN M., (1989) –** La production végétale. Volume 2 : La maîtrise technique de la Production.Tec et Doc. Lavoisier Ed J.B bailliére.355 p.
- **WEBBER MD, SINGH SS., (1991) –** Contamination des sols agricoles. Centre de Recherches de l'est sur les céréales et les oléagineux (CRECO), Canada, chapitre 9.
- **Zeghad, N. (2009).** Étude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne (Mémoire de magistère, Université des Frères Mentouri, Constantine, Algérie).

Résumé

Résumé :

Cette étude vise à évaluer l'effet de différents substrats de culture sur la germination de *Thymus vulgaris*. Les substrats testés sont confectionnés à base de fumier de chèvre, d'humus forestier et de sol agricole. Les résultats obtenus ont démontré que le substrat S4, composé d'un mélange équilibré de sol agricole, fumier de chèvre et humus forestier, présente les meilleures performances avec un taux de germination de 77,77% pour le thym (*Thymus vulgaris*). L'ajout modéré de fumier de chèvre (1/3) joue un rôle déterminant en apportant des nutriments essentiels et en améliorant la structure du sol, compensant ainsi ses inconvénients comme la salinité et l'acidité. À l'inverse, les substrats S1 (sol pur) et S3 (sol+humus) n'ont permis aucune germination en raison de leur pauvreté nutritive et de leur faible capacité de rétention d'eau.

Mots-clés : *Thymus vulgaris* , germination, substrat de culture.

Abstract

This study aims to evaluate the effect of different growing substrates on the germination of *Thymus vulgaris*. The tested substrates were prepared using goat manure, forest humus, and agricultural soil. The results demonstrated that substrate S4, composed of a balanced mixture of agricultural soil, goat manure, and forest humus, showed the best performance with a germination rate of 77.77% for thyme (*Thymus vulgaris*). The moderate addition of goat manure (1/3) plays a crucial role by providing essential nutrients and improving soil structure, thereby compensating for its drawbacks such as salinity and acidity. In contrast, substrates S1 (pure soil) and S3 (soil+humus) failed to achieve any germination due to their nutritional poverty and low water retention capacity.

Keywords: *Thymus vulgaris*, germination, growing substrate.

المخلص

هدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير أنواع مختلفة من الركائز الزراعية على إنبات نبات الزعتر (*Thymus vulgaris*). تم إعداد الركائز المختبرة اعتماداً على سماد الماعز، والدبال الغابي، والتربة الزراعية. وقد أظهرت النتائج أن الركيزة S4، المكوّنة من مزيج متوازن من التربة الزراعية وسماد الماعز والدبال الغابي، هي الأكثر فعالية، حيث سجلت نسبة إنبات بلغت 77.77% لنبات الزعتر. إن الإضافة المعتدلة لسماد الماعز (3/1) تلعب دوراً حاسماً من خلال توفير العناصر الغذائية الأساسية وتحسين بنية التربة، مما يساهم في التخفيف من آثار الملوحة والحموضة. وعلى العكس من ذلك، فإن الركيزتين S1 (تربة نقية) و S3 (تربة + دبال) لم تسفرا عن أي إنبات، وذلك بسبب افتقارهما للعناصر الغذائية وضعف قدرتهما على الاحتفاظ بالماء.

الكلمات المفتاحية : الزعتر (*Thymus vulgaris*)، الإنبات، الركيزة الزراعية.