

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.
Département des sciences Agronomique.
Spécialité : Production végétal.



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de master

Effet des boues municipales et des grignons d'olive sur la reprise au bouturage de trois (03) variétés locales de figuier (*Ficus carica* L.)

Représenté par :

Ait idir Terkia

Amiar Melissa

Devant le jury composé de :

Président : Mr. MERROUKI K.

Maitre de conférence B

Promoteur : Mr. DAOUDI L.

Maitre-assistant A

Co-promoteur: Mr. CHERFOUH R.

Maitre de conférence A

Examineur : Mr. TAGUEMOUT M.

Maitre-assistant A

Promotion 2024/2025

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes, par leur soutien, leurs conseils ou leur encadrement, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions tout d'abord Dieu, Le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce parcours académique.

*Nos remerciements s'adressent avec une considération particulière à Monsieur **L. DAOUDI**, notre encadrant, pour avoir accepté de superviser ce travail. Sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses orientations pertinentes ont été déterminantes dans l'aboutissement de cette étude.*

*Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à Monsieur **CHÉFOUH** et Monsieur **T'AGUEMOUT** pour leur accompagnement, leurs conseils avisés et leur disponibilité tout au long de ce travail. Leur encadrement bienveillant et leurs remarques constructives ont grandement contribué à l'aboutissement de ce mémoire.*

Nous souhaitons également adresser nos sincères remerciements aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre travail, ainsi que pour leurs remarques et suggestions constructives.

Dédicace

C'est avec une profonde gratitude que je dédie ce modeste travail à :

- ♥ *À Dieu tout pour son aide précieuse tout au long de ce parcours.*
- ♥ *Ma famille, en particulier mes parents, pour leur présence constante et leur soutien.*
- ♥ *À ma mère, dont l'amour, la patience et les encouragements m'ont portée dans chaque étape. Tu as été ma force dans les moments d'incertitude et mon soutien dans les épreuves.*
- ♥ *À mon père, pour ta confiance constante, tes précieux conseils et ta présence qui m'a toujours donné la force d'avancer.*
- ♥ *À ma sœur Fariza et à mon frère Makhoulouf, pour leur affection et leur présence.*
- ♥ *À Melissa, mon binôme, pour son esprit d'équipe et l'engagement partagé tout au long de ce travail.*
- ♥ *À toutes celles et ceux qui m'ont encouragée, soutenue ou inspirée, de près comme de loin : merci du fond du cœur.*

Terkia ♥



Dédicace

C'est avec beaucoup de Plaisir que je dédie ce modeste de travail à :

Toute ma famille en particulier mes parents ;

♥ *À ma chère mère, pour ton amour infini, ta patience et tes encouragements constants. Tu as été mon pilier lors des moments de doute et mon phare dans les moments les plus sombres.*

♥ *À mon cher père,*

Merci pour tous les efforts silencieux, le soutien constant et les sacrifices faits sans compter.

Merci pour ton aide précieuse, ta patience et ta force qui m'ont portée tout au long de ce parcours.

♥ *A toi ma chère binôme Terkia avec qui j'ai partagé ce travail, merci d'avoir été une partenaire de travail exceptionnelle et une amie précieuse dans cette belle aventure.*

Mélissa ♥

Liste des abréviations

AIA : acide indole-3- acitiqjue
AIB : acide indole-3-butyrique
ANA : acide naphtalène acétique
°C : degrés
CB : cellulose brute
Cm : centimètre
Cm ² : centimètre carré
CV : coefficient de variation
Ddl : Degrés de liberté
ETM : éléments traces métalliques
F.A.O: Food and Agriculture Organization
F : fonction
g : gramme
h : heure
Ha : hectare
HS : hautement significatif
Kg : Kilogramme
Long moy : longueur moyenne
MS : Matière sèche
MM : matière minérale
MAT : matière azotée totale
MG : matière grasse
Max : maximum
Min : minimum
Ms : milli-siemens
μs : micro_siemens
M : mètre

M² : mètre carré

M³ : mètre cube

ml : millilitre

mm : millimètre

ms : milisiemens

Moy : moyenne

N BRG LTR : nombre des bourgeons latéraux

N BRG TRM : nombre des bourgeons terminaux

P : probabilité

S : significatif

T : tonnes

T : température

THS : très hautement significatif

V1, V2, V3 : variété 1, variété 2, variété 3

LISTES DES FIGURE

Figure 1: Production mondiale de figuier par pays FAO 2021	15
Figure2: Hectogramme de l'évolution de la superficie en ha et de la production en tonne de la figue en Algérie	16
Figure3: Hectogramme de l'évolution de la production des figues a TIZI OUZOU	17
Figure 4: Les bourgeons du figuier	18
Figure 5: La feuille du figuier	19
Figure 6: Morphologie d'une coupe longitudinale de la figue	20
Figure 7 : Les phases de reproduction chez le figuier	22
Figure 8:: Blastophaga psenes L. femelle (Oukabli .et al., 2003)	23
Figure 9: le châssis d'enracinement des boutures (Tchoundjeu et al ,2011).	33
Figure 10: Grignon d'olive (Espiard,2002).	37
Figure 11: Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration (source ADEME)	42
Figure 12: Moyennes des températures décadaires enregistrées au cours de la période expérimentale	50
Figure 13: Les boutures de la variété n° 1 (ABOUGHENDJOUR)	55
Figure 14: Les boutures de la variété n°2(BEZOUL EL KHADEM)	55
Figure 15 : Les boutures de la variété n°3(BAKKOR)	56
Figure 16: La localisation de l'huilerie de Tadmait.	58
Figure 17: Pies à coulisse	59
Figure 18: PH mère	59
Figure 19: Conductimètre	59
Figure 20 : Position des 3 variétés sur la paillasse de laboratoire	60
Figure 21t L'étalement et séchage du grignon	62
Figure 22: La mise en place de la variété 2	63
Figure 23: La mise en place de la variété 1	63
Figure 24: La mise en place de la variété 3	63
Figure 25: La mise en place de tous les variétés	63
Figure 26: Mesure de 10 g de chaque substrat à l'aide d'une balance électrique	64

<i>Figure 27: préparation des suspensions aqueuses de chaque substrat</i>	<i>64</i>
<i>Figure 28: tamisage de sable et du terreau</i>	<i>65</i>
<i>Figure 29: Préparation des substrats (sable, terreau, grignon d'olive et de boue)</i>	<i>65</i>
<i>Figure 30: PH mètre</i>	<i>65</i>
<i>Figure 31: Conductimètre</i>	<i>66</i>
<i>Figure 32: La reprise des boutures au bouturage à la fin de notre expérimentation</i>	<i>77</i>
<i>Figure 33: Taux de reprise des boutures de trois Variétés.</i>	<i>86</i>
<i>Figure 34: Les racines de quelques plantules de notre expérimentation.....</i>	<i>95</i>
<i>Figure 35: Présentation des racines frais et après leurs séchages à l'étuve.....</i>	<i>96</i>

LISTE DES TABLEAU

<i>Tableau 1: La position systématique du figuier(Ficus carica L.) (Gausсен et al. 1982)</i>	14
<i>Tableau 2: Production du top cinq producteurs du figuier en 2013.</i>	15
Tableau 3: Composition physique des différents types de grignon	39
<i>Tableau 4: Composition chimique indicative de grignons d'olives NEFZAOUИ, (1984).</i>	40
Tableau 5: Composition des boues résiduaireс.....	45
Tableau 6: Concentration des éléments traces métalliqueс.....	46
Tableau 7: Evolution des moyennes des températures décadaireс enregistrées au cours de la période expérimentale.....	51
Tableau 8: Les caractéristiques agronomiqueс de la variété figuier BEZOUL EL KHADEM	54
Tableau 9: caractéristiqueс de la variété de figuier « Bakkor (figueс -fleurс).....	55
<i>Tableau 10: Les fractionс des éléments constituantс de chaque substrat.</i>	62
Tableau 11: Les diamètres des boutureс de la variété (1) ABOUGHENDJOUR	69
Tableau 12: Les diamètres des boutureс de la variété (2) BEZOUL EL KHADEM	69
Tableau 13: Les diamètres des boutureс de la variété (3)BAKKOR.....	70
Tableau 14 : Mesureс des diamètres des boutureс de la variété ABOUGHENDJOUR après plantation.....	70
Tableau 15: Mesureс des diamètres des boutureс de la variété BEZOUL EL KHADEM après plantation.....	71
Tableau 16: Mesureс des diamètres des boutureс de la variété BAKKOR après plantation	71
<i>Tableau 17: Température, pH et conductivité électrique (CE) des différents substratс (sable, boue, terreau, grignon).....</i>	72
<i>Tableau 18: Réultatс des mesureс de ph et CE des substratс reconstitués.....</i>	76
<i>Tableau 19: Le taux de reprise des boutureс</i>	79
<i>Tableau 20: Réultatс relatifс aux caractères mesureс de la variété ABOUGHENDJOUR</i>	80
<i>Tableau 21: Réultatс relatifс aux caractères mesuréс de la variété BEZOUL EL KHADEM ..</i>	82

<i>Tableau 22: Relatifs aux caractères mesurés de la variété BAKKOR</i>	<i>85</i>
<i>Tableau 23: Taux de reprise des boutures</i>	<i>87</i>
<i>Tableau 24: Relatifs aux caractères mesurés de la variété ABOUGHENDJOUR</i>	<i>88</i>
<i>Tableau 25: Relatifs aux caractères mesures de la variété BEZOUL EL KHADEM</i>	<i>91</i>
<i>Tableau 26: Relatifs aux caractères mesures de la variété BAKKOR</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 27: Poids des racines de la variété 1 ABOUGHENDJOUR.....</i>	<i>95</i>
<i>Tableau 28: poids des racines de la variété 2 BEZOUL EL KHADEM</i>	<i>97</i>
<i>Tableau 29: Poids des racines de la variété 3 BAKKOR.....</i>	<i>98</i>

TABLE DES MATIERE

Introduction générale	11
PREMIERE PARTIE : SNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	13
I. Chapitre : Généralités sur le figuier	13
I.I.1 Histoire de figuier	13
I.I.2 Origins de figuier	13
I.I.3 Systématique	13
I.I.4 Phénologie chez les deux formes sexuées	14
I.I.4.1 Fiquier femelle	14
I.I.4.1.1 Variétés bifères	15
I.I.4.1.2 Variétés unifères ou d'automne	15
I.I.4.2 Fiquier mâle.....	15
I.I.5 Repartition géographique	15
I.I.5.1 Dans le monde	15
I.I.5.2 En Algérie	16
I.I.5.3 A Tizi-Ouzou	17
I.I.6 Caractéristiques morphologiques et physiologiques	18
I.I.6.1 Caractéristiques morphologiques	18
I.I.6.1.1 Les racines	18
I.I.6.1.2 Tronc.....	18
I.I.6.1.3 Bourgeons	19
I.I.6.1.4 Feuilles.....	19
I.I.6.1.5 Fleurs et inflorescences.....	20
I.I.6.1.6 Le fruit :	21
I.I.6.2 Caractéristiques physiologiques	21
I.I.6.2.1 Cycle annuel	21
I.I.6.2.1.1 Le débourrement des bourgeons	21
I.I.6.2.1.2 La floraison.....	22

I.I.6.2.1.3	La pollinisation	23
I.I.6.2.1.4	Le pollinisateur : Blastophaga psenes L.....	23
I.I.6.3	Parthénocarpie.....	24
I.I.6.4	La caprification	24
I.I.6.4.1	Importance de la caprification	25
I.I.6.5	Maturation:	25
I.I.6.6	La chute des feuilles :.....	26
I.I.7	Exigence pédoclimatique de figuier	26
I.I.7.1	Exigence climatique	26
I.I.7.1.1	Température	26
I.I.7.1.2	Pluviométrie	26
I.I.7.1.3	Humidité.....	26
I.I.7.1.4	Lumière.....	27
I.I.7.2	Ensoleillement.....	27
I.I.7.3	Exigences édaphiques	27
I.I.7.3.1	Fertilisation.....	28
I.I.8	Ressources génétiques du figuier en Algérie	28
II.	CHAPITRE : La multiplication du figuier	29
I.II.1	Généralités	29
I.II.2	Multiplication sexuée (par graines).....	29
I.II.3	Multiplication végétative (asexuée).....	29
I.II.4	Méthodes de multiplication végétative	29
I.II.4.1	Le greffage.....	29
I.II.4.2	Le marcottage : (Surtout la vigne)	30
I.II.4.3	Le bouturage	30
I.II.4.3.1	Définition.....	30
I.II.4.3.2	Historique	30
I.II.5	Diffèrent type de bouturage	31
I.II.5.1	Bouturage ligneux	31

I.II.5.2	Bouturage herbacé.....	31
I.II.5.3	Avantages et inconvénients du bouturage	31
I.II.5.3.1	Les avantages du bouturage sont les suivants.....	31
I.II.5.3.2	Les inconvénients	32
I.II.5.4	Principes de bases de la multiplication par bouturage.....	33
I.II.6	Les différentes étapes du bouturage	33
I.II.6.1	La multiplication végétative par bouturage passe par plusieurs étapes	33
I.II.6.2	Collecte des boutures	34
I.II.6.3	Préparation des boutures et leur mise sous châssis d'enracinement	34
I.II.6.4	Suivi des boutures dans le châssis	34
I.II.6.5	Evaluation et rééducation des boutures :.....	34
I.II.7	Les hormones de bouturage : naturelles ou de synthèse	35
I.II.7.1	Qu'est-ce qu'une hormone de bouturage ?	35
I.II.7.2	Pourquoi utiliser l'hormone de bouturage ?	36
I.II.7.3	Comment utiliser les hormones de bouturage ?	36
I.II.8	Principaux facteurs de réussite du bouturage :	36
III.	Chapitre : Grignon d'olive.	38
I.III.1	Généralité	38
I.III.2	Les grignons d'olives	38
I.III.2.1	Définition.....	38
I.III.2.2	Principaux types de grignons d'olive	39
I.III.2.3	Caractéristiques physiques et chimiques de grignon d'olive	39
I.III.2.3.1	Caractéristiques physiques :.....	39
I.III.2.3.2	Caractéristiques chimiques	40
I.III.2.3.3	Caractéristiques microbiologiques.....	40
I.III.3	Impact des sous-produits oléicoles	40
I.III.4	Les différentes filières de valorisation.....	41
IV.	Chapitre : Les boues des stations d'épuration.	43
I.IV.1	Généralités.....	43

I.IV.2	Origine	43
I.IV.3	Définition d'une boue d'épuration	44
I.IV.4	Composition des boues	44
I.IV.4.1	Matière organique	46
I.IV.4.2	Éléments fertilisants et amendements	46
I.IV.4.3	Contamination chimique organique et inorganique :	46
I.IV.4.4	Les micro-organismes pathogènes	47
I.IV.5	Types des boues.....	47
	Classification des boues	47
I.IV.6	Intérêt agronomique des boues d'épuration :	48
I.IV.6.1	Effets de l'application des boues résiduelles sur le sol et les végétaux	48
I.IV.6.1.1	Effets des boues sur le sol	48
I.IV.6.1.1.1	Influence des boues sur l'activité biologique du sol :	48
I.IV.6.1.1.2	Effet sur la stabilité de la structure du sol :	48
I.IV.6.1.1.3	Effets sur les éléments chimiques du sol :	48
I.IV.6.1.2	Effets sur les végétaux.....	49
I.IV.6.1.3	Grands axes de la nouvelle réglementation en Algérie :	49
	DEUXIEME PARTIE : EXPERIMENTATION	50
I.	CHAPITRE : Matériel et méthodes	50
II.I.1	Objectif du travail	50
II.I.2	Notre travail vise à	50
II.I.3	Conditions de l'expérimentation.....	50
II.I.3.1	Température :	50
II.I.3.2	La lumière.....	52
II.I.3.3	L'humidité	52
II.I.4	Le matériel végétal	52
	52
II.I.4.1	ABOUGHENDJOUR	52
II.I.4.2	BEZOUL EL KHADEM.....	53

II.I.4.3	BAKKOR	54
II.I.5	Les caractéristiques des boutures.....	55
II.I.6	Caractéristiques des différentes fractions des substrats utilisés.....	57
II.I.6.1	Le sable.....	57
☐	Le terreau.....	57
II.I.6.2	Le grignon d'olive	58
II.I.6.3	La boue des stations d'épuration.....	59
II.I.6.3.1	La caractérisation de la station d'épuration	59
II.I.6.3.2	Matériel utilisés :.....	59
II.I.7	Méthode de travail :.....	60
II.I.8	Mise en place de l'essai :.....	62
II.I.8.1	Préparation des substrats :.....	62
II.I.8.2	Préparation des boutures :.....	63
II.I.8.3	Les méthodes de dosage des substrats PH et CE :.....	64
II.I.8.3.1	Procédure :.....	64
II.I.8.3.2	Mesure du PH :.....	66
II.I.8.3.3	Mesure de la conductivité électrique (CE).....	67
II.I.8.3.4	Le suivi de l'essai :(Paramètres mesurés) :.....	67
II.I.8.3.4.1	Les observations et les mesures ont porté sur les critères suivants :	
	67	
II.I.9	Traitement des données :.....	67
II.	Chapitre : Résultats et discussion.....	69
II.II.1	Caractérisation de matériel végétale	69
	Les résultats des mesures des diamètres des trois variétés des boutures avant et après plantation	69
II.II.1.1	Résultats des mesures des diamètres des boutures avant plantation.....	69
II.II.1.2	Résultats des mesures des diamètres des boutures après plantation.....	70
II.II.2	Caractérisation des substrats utilisés :.....	72
II.II.2.1	Analyses des résultats de dosage de ph et CE	72

II.II.2.1.1	Les mesures de ph et CE pour les éléments constitués notre substrats	72
II.II.2.1.1.1	Sable :	72
?	Température	72
?	PH :	72
?	Conductivité Électrique (CE) :	72
II.II.2.1.1.1.2	Boue	73
?	Température	73
?	PH	73
?	Conductivité Électrique (CE):	73
II.II.2.1.1.1.3	Terreau :	74
?	Température	74
?	PH	74
?	Conductivité Électrique (CE):	74
?	Le traitement par terreau entraîne :	74
II.II.2.1.1.1.4	Grignon	75
?	Température	75
?	PH	75
?	Conductivité Électrique (CE):	75
?	Le traitement à base de grignon modifie fortement la qualité de l'eau :	75
II.II.2.1.1.2	T0 – Témoin (sans amendement ou substrat standard)	76
II.II.2.1.1.3	T1 – Substrat équilibré	76
II.II.2.1.1.4	T2 – Substrat modérément enrichi	77
II.II.2.1.1.5	T3 – Substrat modérément acide	77
II.II.2.1.1.6	T4 – Substrat plus chargé	77
II.II.2.1.1.7	T5 – Substrat salin	77
II.II.2.1.1.8	T6 – Substrat très chargé	77
II.II.2.1.2	Analyse des observations effectuées tous les 10 jours durant l'expérimentatio	79
?	Comportement des substrats	81

☐	Longueur moyenne des feuilles (Long moy des feuilles) :	81
☐	Nombre de bourgeons LTR (latéraux) :	81
	Comportement des substrats (T0 à T6) :	83
☐	Nombre de bourgeons latéraux (N Brg LTR) :	84
II.II.2.2	Analyses des résultats de la dernière observation :	87
☐	Nombre de feuilles.....	94
☐	Bourgeons latérales (N BRG LTR)	94
II.II.2.3	Poids frais et poids secs	95
II.II.2.4	Comparaison directe du poids sec final	95
II.II.2.5	Efficacité de la dessiccation	96
II.II.3	La biomasse racinaire des plantules	96
II.II.4	Résultats des mesures de poids frais des acines	97
II.II.4.1	Humidité élevée	97
II.II.4.2	Perte en étuve variable	97
II.II.4.3	Performance des échantillons	98
II.II.4.4	Teneur en eau	98
II.II.4.5	Perte en étuve.....	99
II.II.4.6	Analyse des échantillons.....	99
	Conclusion générale	100
	Références Bibliographiques	102

Le figuier (*Ficus Carica L.*), membre de la famille des Moracées, est l'un des plus anciens arbres fruitiers domestiqués par l'homme. Originaire de la région méditerranéenne, il est reconnu depuis l'Antiquité pour la douceur de ses fruits, leur richesse nutritionnelle, ainsi que pour leur capacité à être conservés après la récolte, un atout majeur dans les sociétés anciennes (Bellatar, 2019). Sa robustesse et son rendement élevé lui permettent de s'adapter à divers climats de cette zone géographique. D'après les statistiques de la FAO, l'Algérie est actuellement le troisième producteur mondial de figues, derrière la Turquie et l'Égypte, représentant plus de 10 % de la production mondiale.

En Algérie, le figuier occupe une place importante, notamment dans les régions montagneuses telles que les wilayas de Tizi-Ouzou, Bejaïa, Sétif et Bouira, où il joue un rôle clé dans l'agriculture locale. Grâce à sa grande faculté d'adaptation, il prospère aussi bien dans les plaines côtières que dans des zones situées à plus de 1000 mètres d'altitude. Il figure, avec l'olivier, le palmier dattier et les agrumes, parmi les principaux arbres fruitiers du pays (Bourayou et al., 2005).

Cette culture est particulièrement concentrée dans les régions de Tizi-Ouzou et Bejaïa, qui assurent environ 80 % de la production nationale. À Bejaïa, plus de 11 160 hectares sont dédiés à la culture du figuier, produisant annuellement près de 250 000 quintaux de figues (DSA, 2013).

Cependant, cette culture, pourtant stratégique, est aujourd'hui confrontée à de multiples menaces. L'une des plus alarmantes est la recrudescence des incendies de forêt, qui ont ravagé des milliers d'hectares entre 2019 et 2021, notamment en Kabylie, à Sétif et à Jijel. Ces sinistres ont entraîné une destruction massive de vergers traditionnels, provoquant une pénurie croissante de plants disponibles pour la reconstitution des plantations. Cette situation met en évidence un enjeu crucial : la nécessité urgente de développer des méthodes de multiplication efficaces pour répondre à la demande croissante en matériel végétal, tout en préservant les variétés locales menacées par l'érosion génétique (Mkedder, 2018, 2022).

Dans ce contexte, la multiplication végétative, en particulier par **bouturage**, apparaît comme une alternative efficace pour répondre à la demande croissante en plants. Cette technique permet non seulement de préserver les caractéristiques génétiques des variétés locales, mais aussi de reconstituer rapidement les vergers sinistrés. Toutefois, la réussite de cette méthode dépend largement de la qualité du substrat utilisé, d'où la nécessité de déterminer les substrats les plus adaptés pour optimiser la production de plants.

Pour cela, nous avons évalué la réponse de trois variétés locales de figuier — BAKKOR, ABOUGHENDJOUR et BEZOUL EL KHADEM — à différents substrats, dont certains sont issus de la valorisation de sous-produits agricoles (grignon d'olive) et urbains (boues de stations d'épuration). Ces résidus, souvent considérés comme des déchets, présentent pourtant un potentiel intéressant comme support de culture, à condition d'être utilisés à des proportions maîtrisées.

L'objectif de cette étude est donc de proposer des solutions pratiques et écologiquement durables pour favoriser la multiplication du figuier en Algérie, à travers l'utilisation raisonnée de substrats alternatifs, tout en contribuant à la préservation du patrimoine variétal local et à la reconstitution des vergers affectés.

Face à la diminution inquiétante des plants de figuier, se pose aujourd'hui un double défi :

- Comment multiplier rapidement et efficacement des variétés locales de figuier pour répondre à la demande croissante en matériel végétal, tout en adoptant des substrats de culture adaptés, performants et écologiquement durables ?
- Évaluer **le comportement de trois variétés locales de figuier**.
- Tester **l'efficacité de substrats alternatifs** à base de grignon d'olive et de boues de stations d'épuration, seuls ou en mélange, en les comparant à des substrats classiques (sable, terreau).

I.1.1 Histoire de figuier

Le figuier (*Ficus Carica* L.) est l'une des espèces fruitières les plus anciennes à avoir été domestiquées. Sa culture remonte à environ 5000 ans avant Jésus-Christ dans le Moyen-Orient. Les Égyptiens ont également cultivé ce fruit depuis plus de 2000 ans après l'ère chrétienne, comme le rapportent Ferchichi et Aljan en 2007.

En 1753, Carl Von Linné le décrit et le nomme *Carica*, non de la carie, ancienne province d'Asie Mineure (Sud –Ouest de la Turquie) d'où il serait originaire.

Le nom scientifique *Ficus Carica* est riche en signification : *Ficus* fait référence au "lait du figuier" utilisé pour soigner les verrues, tandis que *Carica* évoque la région de Carie en Turquie, selon Oukabli en 2003.

La figue, un fruit vénéré depuis l'Antiquité, est reconnue comme sacré et figure dans de nombreux textes religieux, notamment la "Sourate Attine" du Coran. Originaire d'Anatolie, sa culture y remonte à 3000-2000 ans avant J.-C. Au fil du temps, elle s'est répandue dans tout le bassin méditerranéen, comme le souligne Jeddi en 2009.

I.1.2 Origine de figuier

L'origine du figuier reste un peu confuse. Il serait originaire d'Asie occidentale, d'Afrique du nord ou des Canaries. (Bachi, 2011). La figue, s'est répandue progressivement le long de la côte méditerranéenne avant d'être introduite en Afrique du nord par les arabes. (Solabia, 1998) Le figuier est probablement originaire du Sud Arabique où le figuier sauvage et les caprifiguiers se retrouvent encore. Cette espèce a été cultivée par les Phéniciens, les syriens, les égyptiens et les grecs dans tout le bassin méditerranéen au Point où l'on pense que c'est une plante indigène à ces milieux. (Oukabli, 2003).

I.1.3 Systématique

Le figuier (*Ficus Carica* L.) est un arbre appartenant à la catégorie des Dicotylédones et fait partie de la famille des Moracées, comme l'a décrit Emberger en 1966.

Sur le plan systématique, la classification botanique du figuier, telle que détaillée par Gaussen et ses collègues en 1982, est la suivante :

Tableau 1 : La position systématique du figuier(Ficus carica L.)

• Règne	• Végétal
• Embranchement	• Phanérogame
• Sous embranchement	• Angiospermes
• Classe	• Dicotylédones
• Sous classe	• Apétales
• Ordres	• Urticale
• Famille	• Moracées
• Genre	• Ficus
• Espèce	• Ficus <u>Carica Linné</u>

(Gausson et al. 1982)

I.1.4 Phénologie chez les deux formes sexuées

Selon la synthèse des travaux de Pansiot et al. (1960), rapportés par Loussert et Brousse (1978), ainsi que ceux de Rebour (1968), Pesson et Louveaux (1984) et Bertaudeau et Faure (1990), la phénologie générale du figuier peut être décrite de manière structurée. D'après Solen Peter (2008), les figuiers se répartissent en deux grandes catégories fondamentales : les figuiers femelles et les figuiers mâles.

I.1.4.1 Fiquier femelle

Le développement des figes varie selon qu'elles proviennent de figuiers unifères ou bifères. Les figuiers femelles, dits domestiques, produisent des figes comestibles issues uniquement de fleurs femelles à longs styles (longistylées), qui donnent des akènes après fécondation par le pollen des caprifiguiers (Vidaud, 1997). Certaines figes, appelées « figes fleurs » ou El Bakor, mûrissent en été sans fécondation grâce à la parthénocarpie, un processus de formation de fruits sans graines (Garrone et al., 1998).

I.1.4.1.1 Variétés bifères

Les variétés bifères donnent deux récoltes par an, Une première récolte de figue fleurs au-dessous des feuilles sur le bois de l'année antérieure au Juin- Juillet qui représente environ un quart de la production méditerranéenne et une deuxième récolte de figes d'automne sur le bois de l'année en cours à partir du mois d'Août ; avec des figes plus petites mais plus sucrées et plus savoureuses (Mauri, 1952).

I.1.4.1.2 Variétés unifères ou d'automne

Ses figes se forment au printemps et mûrissent en août-septembre, ses figes se développent à l'aisselle des feuilles des pousses de l'année, les premières formées arrivent à temps pour être caprifiées tandis que celles dont la formation a débuté tardivement viennent après l'époque de maturité des dokkars et n'étant pas caprifiées ne parviennent généralement pas à maturité (Kjellberg et al., 1983).

I.1.4.2 Fiquier mâle

Les figuiers mâles, appelés caprifiguiers ou Dhekkar, produisent des figes-fleurs non comestibles qui ne mûrissent jamais, mais jouent un rôle clé dans la reproduction du figuier. Ils abritent en hiver le blastophage, un insecte pollinisateur essentiel à la fécondation des figes femelles au printemps et en été, en particulier pour les variétés produisant des figes d'automne (Kjellberg et Valdeyron, 1984). Ces caprifiguiers, considérés comme les premiers figuiers cultivés à l'état sauvage, possèdent des fleurs mâles riches en pollen et des fleurs femelles brévistylées, indispensables au développement du blastophage (Vidaud, 1997).

I.1.5 Répartition géographique

I.1.5.1 Dans le monde

La superficie mondiale cultivée par le figuier est estimée de 449259 ha, soit une production totale qui dépasse un million de tonne de figes fraîches, dont plus de 90 % proviennent du bassin méditerranéen (Caliskan et Polat, 2011) (tableau n°01). Les principaux clients se trouvent sur le marché européen (50% des importations mondiales de figes fraîches et 75% des importations mondiales de figes séchées) (Vidaud, 1997). Les figes fraîches et sèches occupent une place non moins importante dans le commerce international des produits agricoles.

D’après Vidaud (1997), le figuier était initialement répandu en Méditerranée et au Moyen-Orient avant d’être introduit en Amérique lors de la colonisation. Aujourd’hui, la Turquie est le pays qui en possède le plus grand nombre, avec environ 10 millions de figuiers.

Tableau 2 : Production du top cinq producteurs du figuier en 2013.

Pays	Production (tonnes)
Turquie	298,91
Egypte	153,09
Algérie	117,10
Maroc	101,99
Iran	78,392
Totale	749,484
Monde	1.117.452

(FAO STAT, 2015)

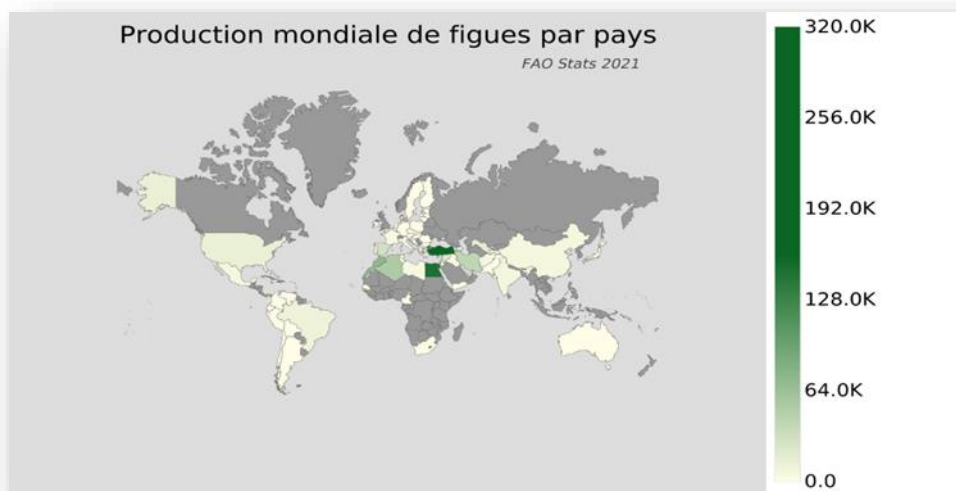


Figure 1 : Production mondiale de figuier par pays FAO 2021

I.1.5.2 En Algérie

D’après les statistiques du Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural (MADR, 2009), la culture du figuier couvre une superficie de 46 935 hectares, représentant 5,7 % des terres agricoles dédiées aux plantations en Algérie, après l’olivier, le palmier et les agrumes. Cette culture est particulièrement développée dans les wilayas de Bejaïa, Tizi-Ouzou et Sétif,

où elle occupe respectivement 26,32 %, 13,3 % et 10,54 % de la superficie consacrée à cette espèce (MADR, 2009).

Le figuier se rencontre en petites plantations un peu partout au nord de l’Algérie ; à Oran, aux environs de Mostaganem, Mascara, à Constantine, mais 80% des arbres producteurs sont concentrés dans les régions de Tizi-Ouzou et Bejaia. Pour cette raison, il est d’usage de s’attacher plus spécialement à l’étude de figueraies kabyles qui forment le fond de la production algérienne (Anonyme, 2005)

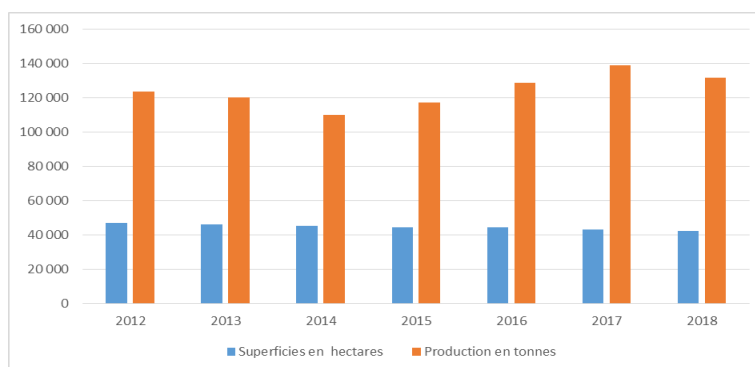


Figure1: Histogram de l’évolution de la superficies en ha et de la production en tone de la figue en Algérie

Source : FAO stat.

I.1.5.3 A Tizi-Ouzou

La direction des services agricoles (DSA) de Tizi-Ouzou a lancé un plan pour réhabiliter la culture du figuier et relancer le séchage des figues, une filière occupant la deuxième place locale après l’oléiculture (DAS, 2019). Cette démarche intervient après les incendies dévastateurs de l’été 2021, qui ont détruit des milliers d’hectares de forêts et de vergers, affectant lourdement les figuiers. Entre 2021/2022 et 2022/2023, la superficie des figuiers est passée de 5.102 ha à 5.316 ha (Khadidja Chibani, DSA).

Malgré les impacts du changement climatique et les pertes de plus de 19.050 ha d’arbres fruitiers en 2021, les agriculteurs continuent d’investir dans cette culture. Plus de 30.000 nouveaux plants ont été mis en terre grâce aux programmes du ministère de l’Agriculture (Khadidja Chibani). Les autorités misent ainsi sur cette culture résiliente pour revitaliser l’économie rurale, restaurer les vergers et préserver le savoir-faire traditionnel du séchage des figues.

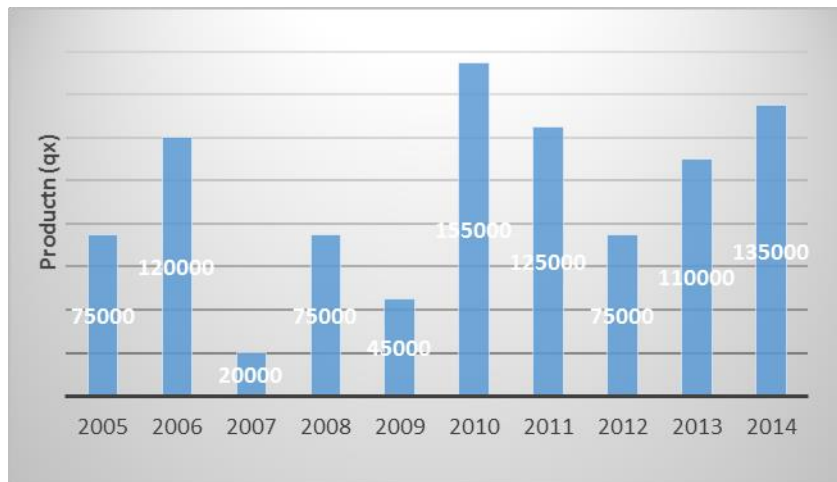


Figure3 : Hectogramme de l'évolution de la production des figues a TIZI OUZOU

(Source : DSA TO, 2014).

I.1.6 Caractéristiques morphologiques et physiologiques

I.1.6.1 Caractéristiques morphologiques

I.1.6.1.1 Les racines

L'activité racinaire est un des points forts dans l'écologie du figuier. Outre son grand développement (qui n'est pas sans rappeler sa parenté avec les figuiers tropicaux qui ont des racines aériennes et parfois étrangleuse, la densité extraordinaire du chevelu racinaire lui permet une exploitation optimale de l'eau disponible dans le sol, c'est cela qui explique sa persistante dans des situations apparemment très sèche (Vidaud, 1997).

I.1.6.1.2 Tronc

La tige issue de la germination du grain montre des feuilles entières qui sont de taille croissante et présente un limbe de plus en plus découpé, les lobes sont plus nombreux et profondément marqué. La nervation de la feuille associée à ce limbe découpé est de type palmatinervé c'est-à-dire que toute la nervure principale parte d'un même point à la jonction du limbe et du pétiole. La ramification est peu exprimée ; mais très fréquemment, on peut l'observé au niveau des toutes premières feuilles, la mise en place de nouvel tige la tige présente une moelle creuse, ce qui en fait une Particularité qui lui donne une certaine souplesse a la traction mais qui la rend soudainement cassante (Claritel, 2008).

I.1.6.1.3 Bourgeons

Les bourgeons L'extrémité de toutes tiges présentées un bourgeon terminal qui contient tous les éléments de la future tige, ainsi que le méristème terminal qui assure la fabrication des nouvelles parties de la plante. A l'aisselle de chaque feuille, ou de la cicatrice qu'elle laisse après sa chute, il existe un bourgeon qualifié de latéral ou axillaire.

Un examen plus minutieux montre l'existence en fait de deux bourgeons. L'un est pointu et à densité végétative (œil à bois), l'autre est arrondi et à devenir florale. Parfois, deux bourgeons arrondis sont présents de part et d'autre du bourgeon végétatif.

L'analyse précise de cet ensemble de bourgeons nous révèle en fait qu'il s'agit d'un rameau végétatif très court portant latéralement, à l'aisselle de ses deux premières feuilles (pré feuilles), des boutons à figes (Vidaud, 1997).



Figure 4 : Les bourgeons du figuier (Vidaud ,1997).

I.1.6.1.4 Feuilles

Les feuilles présentent une grande diversité de forme, et sur un même arbre, on peut retrouver un polymorphisme important, les feuilles plus jeunes étant souvent plus découpées.



Figure 5 : La feuille du figuier

La grandeur de la feuille n'est généralement pas représentative de la variété mais du milieu dans lequel pousse la plante. Plus les conditions ne sont difficiles. Plus les feuilles sont petites (baud, 2008). Les feuilles caduques, au long pétiole (axe reliant la feuille à la tige), sont profondément palmées en 3 à 5 lobes obtus, dentés, coriaces, aux nervures saillantes, vert brillant au revers rugueux et velu, devenant jaunes en automne.

I.1.6.1.5 Fleurs et inflorescences

Les fleurs de la figue sont donc à l'intérieur du fruit. La paroi est couverte de petites fibres qui constituent, selon le sexe, des étamines ou des pistils. Chaque fleur se situe au bout d'une petite tige et elle est donc mâle ou femelle.

Les fleurs males sont constituées de trois petites étamines et d'un pistil incomplet entouré de trois feuilles lancéolées droites, qui forment les sépales. Les fleurs femelles contiennent cinq sépales pointus entourent un carpelle ovoïde, surmonté d'un pistil courbé avec deux ouvertures orientées vers l'extérieur et dans lequel se trouve l'ovule rond et plat (Bauwens, 2008).

I.1.6.1.6 Le fruit :

Le figuier ne donne pas un vrai fruit (Déborah et Stéphanie, 2008), La partie comestible est communément appelée un fruit bien qu'il soit un synconium, c'est à dire une charnue, un

réceptacle creux avec une petite ouverture au sommet partiellement fermé par des petites écailles (Duenas et al., 2008). La figue est alors composée d'une pellicule (peau ou épiderme), une pulpe composée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), un ostiole (œil ou opercule) et un pédoncule (Figure 7)

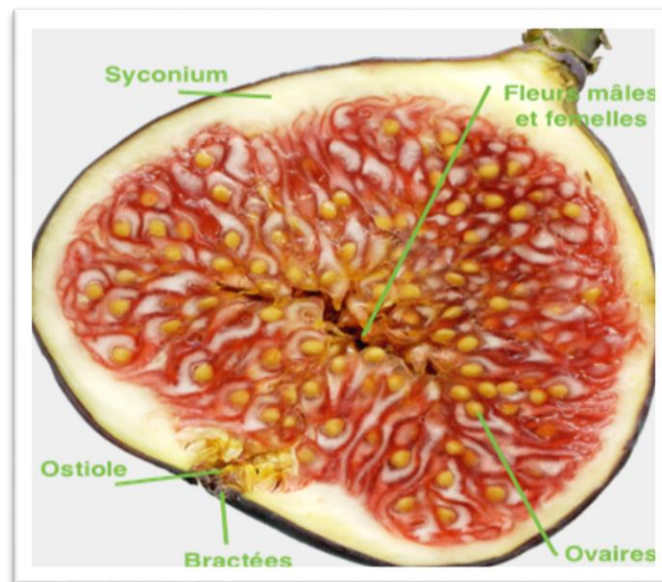


Figure 6 : Morphologie d'une coupe longitudinale de la figue

(Déborah et Stéphanie, 2008).

I.1.6.2 Caractéristiques physiologiques

I.1.6.2.1 Cycle annuel

I.1.6.2.1.1 Le débourrement des bourgeons

Au cœur du cycle végétatif, le débourrement est le moment crucial où les bourgeons du figuier (*Ficus carica*) quittent leur dormance hivernale. Au printemps, ils gonflent, s'ouvrent, libérant leur bourre protectrice et laissant apparaître les jeunes feuilles – voire les premières ébauches florales.

Sous nos latitudes, ce phénomène s'étale généralement de fin février à début avril, déclenché par l'accumulation de chaleur (degrés jours) et l'allongement de la photopériode. Ces conditions encouragent la montée de sève depuis les racines vers les bourgeons

Le processus se décompose en quatre étapes visibles :

1. Gonflement du bourgeon
2. Éclatement des écailles protectrices
3. Apparition de la bourre et des premières feuilles ou fleurs

4. Développement des nervures foliaires

Cependant, dès que les bourgeons s'ouvrent, leur résilience au gel chute brutalement : ils deviennent vulnérables dès qu'il fait moins de $-2,5$ °C, risquant des dommages considérables. C'est également à ce moment critique que les maladies cryptogamiques peuvent s'installer, rendant un traitement préventif à base de cuivre (par exemple de la bouillie bordelaise) essentiel au début du débourrement .

I.1.6.2.1.2 La floraison

La floraison du figuier est invisible, car ses fleurs sont dissimulées à l'intérieur des figes (sycones), accessibles uniquement par un petit orifice appelé ostiole. Ces sycones contiennent des centaines de fleurs unisexuées, mâles et femelles, ce qui permet au figuier de se reproduire, parfois avec l'aide de la guêpe pollinisatrice *Blastophaga psenes*. Il existe deux principaux types de production :

- **Unifères** : une seule récolte annuelle, généralement en fin d'été (août octobre), sur le bois de l'année
- **Bifères** : deux récoltes par an : d'abord les figes-fleurs (ou brebas) qui mûrissent en début d'été sur le bois de l'année précédente, puis les figes d'automne sur les nouvelles pousses, en fin d'été à l'automne
 - ❖ Le cycle annuel se décline ainsi:
 - **Printemps**: les bourgeons dormants (contenant les sycones) reprennent vie.
 - Début de l'été: chez les bifères, les premières figes-fleurs se développent et mûrissent.
 - Fin de l'été / Automne : la récolte unique des unifères ou la seconde récolte des bifères arrive en scène.
 - **Hiver**: le figuier entre en dormance. Certaines variétés, notamment les parthénocarpiques, peuvent produire sans pollinisation, bien que les graines soient stériles. Dans les variétés bifères, la maturation des figes d'automne offre une fructification généreuse, à condition d'éviter les gelées, lesquelles compromettraient les récoltes précoces

I.1.6.2.1.3 La pollinisation

Le figuier, est un réceptacle ferme, une urne. Les fleurs ne sont pas visibles, pour les voir il faut ouvrir la figue. De part cette forme, l'inflorescence représente une barrière mécanique pour la dispersion du pollen ; cette barrière est levée grâce à l'intervention de l'insecte pollinisateur. Le blastophage. La description du cycle biologique commence en hiver, quand la figue et l'insecte sont au repos. Le cycle ne reprend qu'au mois d'Avril avec la mise en place d'une nouvelle pousse du figuier et la reprise du développement des larves du blastophage, dont la femelle adulte émerge en Mai sans être chargée de pollen car les fleurs mâles du caprifigier n'ont pas de pollen. La nouvelle génération de blastophage arrive à maturité mi-juillet avec la sortie d'insectes femelles chargées de pollen.

L'insecte est attiré par une figue réceptive présente sur le même arbre ou bien sur un arbre différent (figuier domestique). L'insecte dépose du pollen permettant la fécondation de l'ovule et son développement en grain. Ces figues sont les futurs fruits comestibles d'automne (KJELLBERG et al. 1988).

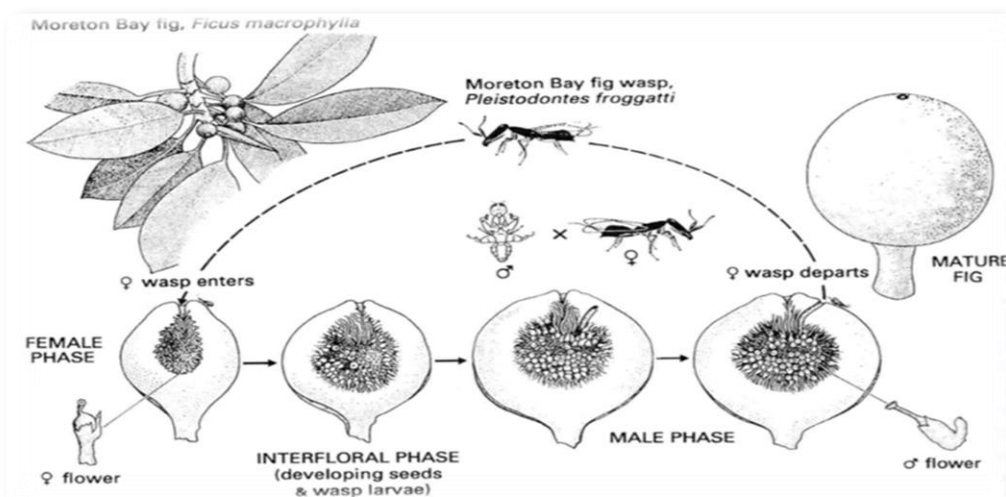


Figure 7 : Les phases de reproduction chez le figuier

I.1.6.2.1.4 Le pollinisateur : *Blastophaga psenes* L.

Blastophaga psenes L., un insecte de l'ordre des Hyménoptères mesurant environ 2 mm, est le principal pollinisateur des figuiers. Il présente un fort dimorphisme sexuel : les mâles sont aptères tandis que les femelles sont ailées. Son cycle de vie se déroule à l'intérieur des ovaires des fleurs femelles du caprifigier. Une fois adulte, il ne vit que quelques jours, juste le temps d'assurer la pollinisation, avant de mourir. Attiré par le parfum des figues femelles réceptives, il réalise la pollinisation de manière non intentionnelle (Gavinelli, 2000). Il est actif uniquement pendant les saisons chaudes. En hiver, il survit sous forme larvaire dans des « galles » présentes dans des figues formées la saison précédente, qui devient réceptives en fin d'été



Figure 2: *Blastophaga psenes* L. femelle (Oukabli .et al., 2003)

I.1.6.3 Parthénocarpie

Certaines figues peuvent se former sans fécondation grâce à la parthénocarpie, un phénomène naturel où le fruit se développe sans pollinisation. D'après Pesson et Louveaux (1984), cette caractéristique est fréquente chez les variétés cultivées et recherchée par les agriculteurs pour éviter la caprification et obtenir des figues plus précoces. Toutefois, ces figues sont moins sucrées, creuses, et peu adaptées au séchage, ce qui réduit leur valeur commerciale.

I.1.6.4 La caprification

La caprification est une technique traditionnelle essentielle à la production des figes d'automne, notamment celles destinées au séchage (Vidaud, 1997). Elle consiste à suspendre dans les branches de figuiers femelles des figes mâles contenant des blastophages, insectes pollinisateurs indispensables. Cette opération, généralement réalisée de début juin à début juillet, est répétée tous les 8 à 15 jours pour garantir une pollinisation efficace (Mauri, 1939 ; Valdeyron, 1998). La méthode la plus fiable reste la plantation de figuiers mâles (Dokkars) à proximité des figuiers femelles (Mauri, 1939).

Les caprifigiers, ou Dokkars, produisent des figes-fleurs non comestibles mais cruciales pour abriter les larves du blastophage en hiver (Khanfir, 2015 ; Peter Bauwens, 2008). Ce dernier transporte le pollen des fleurs internes des figes mâles vers les figes femelles, permettant la fécondation (Vidaud, 1997). Certaines variétés de figuiers nécessitent cette pollinisation, surtout pour la production des figes d'automne.

Les caprifigiers présentent des stades phénologiques étalés, ce qui favorise la continuité du cycle du blastophage et donc la réussite de la caprification. L'initiation des mammes débute généralement en juin, avant la maturité des figes femelles qui intervient entre juillet et août (Oukabli, 2013).

Enfin, bien que la caprification puisse se produire naturellement si les figuiers mâles et femelles sont proches, sa version manuelle – pratiquée depuis l'Antiquité – reste la plus courante dans les vergers méditerranéens (Vidaud, 1997 ; Brichet, 1930).

I.1.6.4.1 Importance de la caprification

Seules les figes polonisées se prêtent au séchage d'où l'intérêt de la caprification. En effet, la pollinisation permet d'obtenir des figes sucrées et plus propices au séchage.

La fécondation des figes d'automne est favorisée, en suspendant dans les figuiers cultivés « Femelle », des chapelets de profichis de trois à cinq dokkars ayant atteint la maturité et dont les blastophages sont prêts à sortir. Cette opération débute en Juin, au moment où les figes les plus avancées (les figuiers femelles) ont atteint la dimension d'une noisette, et se renouvelle tous les 8 à 10 jours, jusqu'au début Juillet.

I.1.6.5 Maturation

- Les figuiers produisent généralement deux générations de figes: les "figes fleurs" (ou figes de printemps) et les "figes d'automne".

- Les figes fleurs se développent sur le bois de l'année précédente et mûrissent au début de l'été (juin-juillet).
- Les figes d'automne se forment sur les jeunes rameaux de l'année et mûrissent à partir de la fin de l'été et en automne.
- La maturation des figes est influencée par les conditions météorologiques, notamment la chaleur et la disponibilité en eau.

I.1.6.6 La chute des feuilles :

Les figuiers perdent naturellement leurs feuilles en automne, ce qui marque le début de leur repos hivernal. Toutefois, si cette chute se produit prématurément (en dehors de l'automne), c'est souvent un signe de stress. L'automne marque la chute des feuilles, précédant la période de repos végétatif.

- Les feuilles jaunissent et tombent, permettant à l'arbre de survivre à l'hiver.
- Cette chute peut être plus ou moins importante selon les variétés et les conditions climatiques.

I.1.7 Exigence pédoclimatique de figuier

I.1.7.1 Exigence climatique

I.1.7.1.1 Température

Le figuier, une espèce thermophile, est adapté aux régions méditerranéennes au climat doux. Pour le séchage, il est conseillé de choisir des régions où la température de septembre atteint environ 38°C à l'ombre (Mauri, 1939). Dans les zones où les températures ne descendent pas sous 12°C, la croissance et la fructification du figuier continuent (Vidaud, 1997). Le bois du figuier gèle à -15°C et des températures sous 10°C nuisent à la conservation des boutons à fleurs (Laumonier, 1960). Pour garantir une bonne qualité de conservation, une température hivernale moyenne de 8°C est recommandée (Mauri, 1939). Les gelées printanières peuvent détruire une partie de la production de figes, en particulier pour les variétés bifères, lorsque les températures descendent sous -4°C (Vidaud, 1997).

I.1.7.1.2 Pluviométrie

Le figuier exige une pluviométrie de 600 à 700 mm et le mois de septembre doit être sec pour le séchage (Rebour, 1998). De fortes pluies peuvent être nocives car elles provoquent des pertes de fruits pouvant atteindre jusqu'à 50% de la récolte (Vidaud, 1997). La fécondation

(Caprification) peut être gênée par les pluies de juin. Ce qui constitue une raison pour éviter les régions trop pluvieuses (Rebour, 1968).

I.1.7.1.3 Humidité

L'humidité relative doit être d'environ 40 à 50% pendant la période de séchage (Codex, 2010).

I.1.7.1.4 Lumière

Le figuier (*Ficus carica*) est une plante gourmande en lumière, nécessitant au moins 6 à 8 heures de soleil direct par jour pour une croissance optimale et une fructification abondante. Idéalement, l'exposition se fait plein sud, particulièrement en extérieur et en climat tempéré, où le soleil stimule la floraison et la maturation des fruits.

En intérieur ou en pot, place l'arbre près d'une fenêtre orientée sud ou ouest pour bénéficier d'un maximum de lumière indirecte, en ciblant 6 à 8 heures par jour, voire jusqu'à 12–14 heures lorsqu'on utilise des lampes de croissance. Un apport lumineux pas suffisant se traduit par une croissance lente, feuilles clairsemées et récolte réduite

I.1.7.2 Ensoleillement

Le figuier (*Ficus carica*) est une plante soleilophile qui s'épanouit avec 6 à 8 heures de soleil direct par jour, parfois suffisantes pour certaines variétés en climat plus frais avec 4 à 6 heures, mais une exposition maximale reste préférable pour une croissance vigoureuse et une fructification optimale. Il est optimal de le planter en plein sud ou sud-ouest, dans un espace dégagé ou appuyé à un mur exposé, afin de bénéficier de la chaleur et de la lumière nécessaires. Toutefois, en zones très chaudes ou en pot, un ensoleillement excessif peut entraîner des brûlures des feuilles et un stress hydrique, nécessitant un ombrage léger en milieu de journée et une bonne conservation de l'humidité au niveau racinaire. Enfin, les plants provenant d'un environnement ombragé (serre, intérieur) doivent être acclimatés progressivement au plein soleil (en augmentant les heures d'exposition progressivement sur quelques jours) pour éviter les brûlures et favoriser une transition harmonieuse.

I.1.7.3 Exigences édaphiques

Le figuier s'adapte facilement aux conditions marginales du fait qu'il est assez tolérant aux sols à teneur élevée en calcium et à la salinité (Aksoy, 1998). Selon Ferguson et al. (1990), L'arbre tolère les sols à pH allant de 5,5 à 8 et bien drainés au moins à une profondeur de 1 m. L'espèce pousse mieux dans les sols riches, calcaires et suffisamment frais. Le figuier subsiste aussi en zones montagneuses caractérisées par des sols pauvres, riches en calcaires, en terrains accidentés ou les pentes dépassent 25% et sous climat rude (Bourayou et al., 2005).

Le figuier s'adapte à une large gamme de sols, depuis les sols sableux aux sols argileux, mais il préfère les sols limono-argileux. Il tolère des PH de 6 à 7,7. Craint les fortes concentrations En sodium et en bore (Skiredj et al., 2003).

I.1.7.3.1 Fertilisation

Le figuier prospère dans un sol profond, léger et parfaitement drainé, idéalement limono calcaire, avec un pH légèrement acide compris entre 6,0 et 7,8 ; évitez la stagnation d'eau ou les argiles lourdes. Bien qu'il supporte les sols pauvres, un apport de matière organique telle que compost mûr, fumier bien décomposé ou marc de raisin enfoui à 30-40 cm améliore notablement sa croissance. En fertilisation, il privilégie la potasse : appliquez au printemps un engrais équilibré N P K faible en azote (ratio environ 1 2 3 comme 5 20 30 ou 10 20 25) à raison de 50–150 g/m², ou optez pour un apport organique équivalent (compost + sulfate de potasse 20–25 g/m²). En verger intensif, on recommande environ 600 kg/ha de phosphore et 700 kg/ha de potassium, avec un faible apport d'azote et 40–50 t/ha de fumier ou compost. Un bon apport en calcium (280 g/arbre via amendement ou pulvérisation) réduit les craquelures des fruits. Enfin, des micronutriments comme B, Zn, Cu, Fe et Mn peuvent être corrigés selon analyses foliaires. Avec ces soins—sol noble, organique, potassique et calcique—votre figuier bénéficiera d'une croissance équilibrée et d'une fructification abondante.

I.1.8 Ressources génétiques du figuier en Algérie

Plusieurs travaux de recherches ont été réalisés sur la caractérisation des variétés de figuier en Algérie on cite :

Bachi, 2012 a décrit qu'il existe également d'autres cultivars de figuiers avec une peau sombre (allant du rouge au violet et au noir) et un clair rouge, tels que ZITH EL KHADEM, également appelé AVOUGHENDJOUR, AJENJER, ADJAFAR, AGOUSSIM, AGOUARZGUILF,

AVERANE Ou ABERKMOUCH, TAKLIT (connue sous le nom de "la noire") et THAROUMANT (surnommée "la grenade").

Mkedder(2022) a recensé 25 cultivars de PANACHE ; BAKOR NOIR , BAKOR BLANC, CHETOUI, KAHLA , ONK HEMAM ,BEYDA, GHODAN , HAFER, ELJEMAL, ASSAL , BOUAFASSE, AVOUGHENJOR , HAMRA , AYLAWI, ZERKI , TAAMERIWT, AVIAROUS , TAHAYOUNT, TAGHANIMT , AZENJAR, ABERKAN , MELWI , AVOUZGAGHE, KERMOUS, ELHEJAR, TAZARET. De plus, comme l'a déjà signalé MAURI, de multiples appellations sont relevées pour une même variété

I.II.1 Généralités

Chez le figuier (*Ficus carica* L.), la multiplication végétative est la méthode la plus utilisée, car la reproduction par graines est peu fiable : elle donne des plants très variables, souvent non fidèles à la variété d'origine et parfois stériles. Voici les principales méthodes de multiplication du figuier, classées en deux grandes catégories : sexuée et asexuée (végétative), avec un focus sur les types les plus efficaces. (Tchoundjeu et al., 2008).

I.II.2 Multiplication sexuée (par graines)

- Peu utilisée en pratique : le figuier issu de semis donne des plants génétiquement différents.
- Utilité limitée à la recherche ou à l'obtention de nouveaux hybrides.
- Ne permet pas de préserver les caractéristiques des variétés locales.

I.II.3 Multiplication végétative (asexuée)

C'est la méthode principale et recommandée pour le figuier. Elle garantit la conservation fidèle des caractéristiques génétiques de la plante mère.

I.II.4 Méthodes de multiplication végétative

I.II.4.1 Le greffage

Le greffage est une technique de multiplication végétative consistant à unir un greffon (partie d'un végétal sélectionné pour ses caractéristiques) à un porte-greffe (plante issue de semis servant de support nutritif), de manière à former une seule plante présentant les qualités du greffon (Philippe et al., 1992).

Cette méthode permet de combiner les avantages des deux parties : un système racinaire adapté au sol et résistant à certaines maladies comme la gommoze ou la Tristeza, et une variété fruitière choisie pour la qualité de ses fruits. Elle favorise également une mise à fruit plus rapide, entre 2 et 4 ans selon les cas (Philippe et al., 1992).

Le greffage repose sur la compatibilité entre le greffon et le porte-greffe, généralement assurée lorsqu'ils appartiennent à la même famille botanique (Tchoundjeu et al., 2011). Il s'agit aujourd'hui de la méthode la plus utilisée en pépinière.

I.II.4.2 Le marcottage : (Surtout la vigne)

Le marcottage Selon Bouterin et Bron (1989), le marcottage est une méthode de multiplication végétative visant à provoquer l'enracinement des rameaux, ceux-ci restant reliés au pied mère pendant toute la période de l'enracinement.

I.II.4.3 Le bouturage

I.II.4.3.1 Définition

Le bouturage est une technique de multiplication végétative qui permet de reproduire fidèlement certaines plantes, sans recourir à la reproduction sexuée. Elle consiste à prélever un fragment d'un organe de la plante mère — comme une tige, une feuille, une racine, un rameau ou une écaille de bulbe — puis à l'implanter dans le sol, où il est maintenu humide pour favoriser l'apparition de racines (Verschaere, 2016).

Ce mécanisme repose sur la remarquable capacité des tissus jeunes à se régénérer. Au niveau de la zone de coupe, les cellules se dédifférencient et se divisent (mitose) dans les tissus méristématiques, avant de se spécialiser pour former les organes manquants, notamment les racines (Verschaere, 2016).

Ce phénomène s'explique par l'aptitude des jeunes tissus à générer l'ensemble des structures nécessaires à une plante adulte. Ainsi, à l'inverse de la reproduction par semis, qui repose sur la fécondation et entraîne un brassage génétique, le bouturage permet d'obtenir une copie conforme de la plante mère, sans intervention de gamètes (Denis, 2000 ; Société Nationale d'Horticulture de France, 2016).

I.II.4.3.2 Historique

Historiquement, l'origine du bouturage semble liée à une découverte fortuite : des plantes comme les framboisiers ou les peupliers, qui possèdent des racines préformées, peuvent développer de nouveaux individus lorsqu'un fragment de tige est accidentellement planté dans le sol, parfois même simplement utilisé comme tuteur (Société Nationale d'Horticulture de France, 2016).

I.II.5 Différent type de bouturage

Le bouturage peut être classé en fonction de l'état des tissus utilisés :

I.II.5.1 Bouturage ligneux

Ce type de bouturage s'effectue à partir de rameaux prélevés durant la période hivernale. Ces boutures doivent contenir suffisamment de réserves nutritives pour assurer leur survie et leurs fonctions métaboliques jusqu'à l'apparition des racines.

Le moment du prélèvement dépend de la reprise de l'activité végétative. Pour les espèces à débourrement précoce, il est réalisé entre octobre et novembre, tandis qu'il a lieu entre décembre et mars pour les espèces à débourrement tardif. Ces périodes sont choisies en fonction des températures du sol, qui influencent la formation des racines (ZAROUATI, 1987).

I.II.5.2 Bouturage herbacé

Ce mode de multiplication utilise des rameaux en pleine activité végétative, portant des feuilles à forte activité photosynthétique. L'objectif est de maintenir les boutures dans des conditions qui favorisent une photosynthèse optimale tout en limitant les pertes par évapotranspiration.

La technique repose sur la brumisation (ou mist-système), un dispositif qui pulvérise de fines gouttelettes d'eau à intervalles réguliers, créant ainsi une hygrométrie élevée autour des boutures (BAOUNE, 2001).

La période de prélèvement est liée aux rythmes physiologiques de la plante et peut être influencée par la présence de substances stimulant ou inhibant la formation des racines (KAZANJIAN, 1977). D'après FAVER (cité dans CHAUSSAT et al., 1980), les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les boutures sont prélevées en pleine activité cambiale.

I.II.5.3 Avantages et inconvénients du bouturage

I.II.5.3.1 Les avantages du bouturage sont les suivants

- Il permet de copier fidèlement les caractéristiques du pied-mère et garantit souvent l'obtention de plants plus vigoureux.
- Le bouturage permet de renouveler rapidement des végétaux qui, bien que vivaces, ont une durée de vie assez courte.
- Méthode rapide et efficace pour produire des plants adaptés aux plantations intensives à partir de clones ou de croisements sélectionnés.
- Il permet d'étudier la croissance des plants, de mieux les sélectionner et d'appliquer la foresterie clonale sur le terrain.
- Il permet une distinction des clones, qui montrent une plus grande uniformité en matière de croissance et d'architecture des parties aériennes que des plants issus de semences.
- Cette technique est considérée parmi les voies rapides et efficaces en matière de sélection et de multiplication, à l'échelle opérationnelle, des individus sélectionnés pour leur résistance aux agents pathogènes (champignons, virus, etc.).
- Il permet de multiplier des porte-greffes compatibles, des individus rares, peu ou non fructifères, ainsi que des espèces à fructification aléatoire.
- Sur le plan économique, c'est la technique de multiplication végétative la moins onéreuse et celle qui est la plus à la portée des pépiniéristes.

I.II.5.3.2 Les inconvénients

- chez la majorité des espèces ligneuses, la capacité d'enracinement des boutures diminue avec l'âge. L'enracinement des boutures prélevées sur de vieux arbres constitue donc un défi de taille. Par contre, le prélèvement des boutures issues du matériel jeune (pieds-mères jeunes, rejet de souches, etc.) donne généralement de bons résultats d'enracinement.
- Le bouturage des arbres adultes (« arbres plus »), lorsqu'il s'avère possible, contribue parfois à l'augmentation de l'hétérogénéité intra clonale. Ce phénomène, appelé communément « effet du bouturage », figure parmi les obstacles au bouturage du matériel prélevé sur des arbres âgés.
- Le bouturage pourrait facilement favoriser le développement, la transmission et la propagation de certaines maladies. C'est pourquoi les pépiniéristes utilisent des fongicides et des insecticides aux différents stades d'enracinement.
- Les techniques de bouturage spécifiques chaque essence nécessitent des réajustements et une optimisation continue, afin de diminuer les coûts et améliorer les taux d'enracinement et de survie des plants. (Sbay et Lamhamedi, 2015).
- L'exigence de soins réguliers, la patience nécessaire et le nombre restreint de plants à chaque fois. Pour certaines plantes le bouturage est indispensable, car elles ne produisent pas de graines ou des graines stériles.
- Le bouturage peut être problématique au cas où le fragment de la plante à multiplier est en quantité réduite. De plus, les plantes bouturées entrent en production moins rapidement que les plantes greffées.
- La pratique du bouturage favorise beaucoup la contamination et les maladies. Le bouturage de portions de rameaux pris dans un arbre adulte donne naissance dans la très grande majorité des cas à un clone hétérogène.
- L'utilisation de plantations monoclonales ou pauci-clonales abaisse le niveau de variabilité génétique à un taux inacceptable pour une bonne stabilité écologique de la forêt (Martin b, 1997).

I.II.5.4 Principes de bases de la multiplication par bouturage

- Ne bouturer que des plants jeunes, sains, réguliers et en croissance active.
- Les plants mère doivent être en croissance végétative et non en fleur.
- Plus le plant est jeune, meilleure sera la capacité de rhizogénèse des boutures. La plupart du temps, les plants mère sont de jeunes plants en production.

- Si de gros plants mères sont utilisés, tailler les tiges plusieurs semaines avant la prise de boutures, afin d'avoir une récolte de tiges uniformes (même âge, même longueur), jeunes et vigoureuses.
- Utiliser des outils de taille tranchants et propres (les désinfecter très régulièrement ou changer les lames).
- Les boutures doivent être courtes et ne posséder qu'une à quelques feuilles matures.
- De la récolte à l'enracinement, le feuillage des boutures ne doit pas flétrir.
- Ne pas enfoncer profondément les boutures dans le substrat. Plus elles sont piquées profondément, plus on force la formation du calus (cal) dans une zone peu aérée, souvent saturée en eau. La formation de cal nécessite beaucoup d'oxygène. Le point de coupe de la bouture devrait se situer à une profondeur de 1 ou 2 cm sous la surface du substrat.
- Utiliser des contenants de multiplication propres, du substrat de qualité et des équipements permettant un contrôle précis de l'environnement (température, éclairage, humidité).
- Les meilleurs moments pour la récolte de boutures sont le matin tôt et les journées nuageuses. À ces périodes, les tissus sont au maximum de leurs turgescences (Claude V, 2017).

I.II.6 Les différentes étapes du bouturage

I.II.6.1 La multiplication végétative par bouturage passe par plusieurs étapes

- ❖ La sélection.
- ❖ L'installation du parc à bois.
- ❖ La mise en place du châssis de propagation.
- ❖ La collecte des boutures.
- ❖ La préparation ; la mise sous châssis d'enracinement.
- ❖ Le suivi, l'évaluation puis le repiquage en pot de boutures enracinées.
- ❖ La rééducation des jeunes plants.

I.II.6.2 Collecte des boutures

Selon Tchoundjeu et al. (2011), les boutures doivent être prélevées tôt le matin, directement sur les arbres mères sélectionnés ou dans le parc à bois. Il est essentiel de repérer des branches verticales (ou quasi verticales), vigoureuses et saines, c'est-à-dire indemnes de maladies ou d'attaques d'insectes, puis de les arroser. Les branches sont ensuite coupées à l'aide d'un sécateur et transportées jusqu'à la pépinière dans un sac humide pour préserver leur fraîcheur.

I.II.6.3 Préparation des boutures et leur mise sous châssis d'enracinement

Réduire chaque petite feuille de $\frac{1}{2}$ ou chaque large feuille de $\frac{1}{3}$ (afin d'avoir 80 cm² de surface foliaire environ) à l'aide d'une paire de ciseaux, puis conserver les boutures préparées dans une bassine d'eau. Quand vous avez préparé 10 à 20 boutures environ, ouvrir le châssis, faire des petits trous dans le substrat à l'aide d'un bâton, mettre les boutures dedans sans enterrer le bourgeon terminal, bien appuyer et enfin pulvériser à l'eau avant de fermer le châssis (Tchoundjeu et al., 2011).



Figure 9 : le châssis d'enracinement des boutures (Tchoundjeu et al ,2011).

I.II.6.4 Suivi des boutures dans le châssis

Chaque matin (avant le lever du soleil) ouvrir le châssis, ramasser les feuilles mortes pour limiter les infections et vérifier le niveau d'eau (il doit être au niveau de la marque sur le milieu du tuyau) et réajuster si cela s'avère nécessaire. Utiliser une éponge propre pour nettoyer le plastique et asperger les feuilles d'eau à l'aide d'un pulvérisateur propre avant de refermer le propagateur (Tchoundjeu et al., 2011).

I.II.6.5 Evaluation et rééducation des boutures :

Au bout de 6 semaines, enlever avec prudence les boutures une à une à l'aide d'un bâton en vérifiant la base, si au moins une racine a une longueur d'au moins 1 cm, elle est considérée comme enracinée. La bouture enracinée est alors mise dans un pot contenant du substrat.

Les pots doivent être placés dans le châssis et pulvériser à l'eau si c'est nécessaire (2 à 3 fois par semaine). Dès que les nouvelles feuilles apparaissent, retirer les plants du propagateur et ranger les sous le hangar de stockage qui reçoit de temps en temps de fortes intensités lumineuses et des gouttes de pluies (Tchoundjeu et al., 2011).

I.II.7 Les hormones de bouturage : naturelles ou de synthèse

Les hormones végétales jouent un rôle primordial dans le processus de multiplication. Certaines hormones, notamment les auxines (AIB, AIA, ANA) influent sur le développement

des racines, tandis que d'autres, comme les gibbérellines, influent sur l'élongation des tiges et le développement des bourgeons. L'équilibre hormonal de la plante-mère et des boutures affecte l'enracinement, dans le sens positif ou dans le sens négatif. C'est pourquoi il est parfois nécessaire d'augmenter l'apport en hormones de bouturage. Il existe des hormones de synthèse qui agissent soit directement en favorisant le développement des racines, soit indirectement en neutralisant les hormones qui inhibent leur croissance. L'équilibre hormonal de la bouture affecte la cicatrisation, l'ébauche et l'initiation des racines, l'élongation des racines, l'endurcissement et le développement futur de la bouture enracinée. L'équilibre hormonal de la plante-mère se transmet aux boutures ; il importe donc de bien choisir le moment où doit s'effectuer le prélèvement des boutures. (Hannah et Jan, 2003).

Le bouturage est une façon de multiplier certains végétaux, qu'il s'agisse de boutures ligneuses, semi-ligneuses, herbacées, de racines ou de feuilles. Il est fréquemment conseillé de recourir aux hormones de bouturage pour stimuler la reprise des racines (jardinage.lemonde.fr).

I.II.7.1 Qu'est-ce qu'une hormone de bouturage ?

Ces hormones qui aident à l'enracinement existent naturellement dans les plantes, mais en quantité minime, ce qui entraîne un enracinement assez lent : il s'agit de l'auxine. De ce fait, les professionnels ont mis au point la création de produits de synthèse soit spécifiques aux types de boutures réalisées, soit polyvalents. Par exemple, une bouture herbacée aura besoin d'une hormone de synthèse plus faible qu'une bouture ligneuse.

Les hormones de bouturage que vous allez trouver en jardinerie, qu'elles soient liquides, en gel ou en poudre, sont toutes composées d'hormones de synthèse AIB ou acide indole butyrique

I.II.7.2 Pourquoi utiliser l'hormone de bouturage ?

Les hormones se concentrent en différents points de la plante : cette concentration est plus importante dans les pointes de croissance, au bout des pousses, mais on la trouve aussi sur les tiges et dans les nœuds des feuilles. Les jeunes pousses contiennent de plus fortes concentrations que les anciennes : c'est donc sur elles qu'il faut prélever les boutures.

Lorsqu'on coupe une bouture d'une plante, le processus naturel de guérison passe par l'envoi naturel d'hormones au niveau de la blessure et la plante commence à cicatriser en formant des racines. Pour aider la plante, on utilise une hormone de bouturage, une poudre

ou un liquide qui favorise la production de racines. Ces poudres contiennent des substances chimiques qui imitent les hormones naturelles.

Beaucoup de plantes possèdent suffisamment de ces hormones (le pélargonium par exemple) mais pas toutes. Il faut donc tremper le bout de la bouture dans la poudre uniquement sur la surface coupée (Steven Bradley, 2010).

I.II.7.3 Comment utiliser les hormones de bouturage ?

- En fonction de la forme sous laquelle se présente l'hormone de bouturage, vous devez suivre précisément les doses indiquées sur la notice sans les dépasser et respecter les manipulations énoncées.
- Le principe, généralement, est de plonger environ 3 cm de l'extrémité de la tige destinée à être bouturée dans le produit d'hormones de bouturage, avant de la planter dans le trou préalablement creusé, en faisant bien attention qu'il soit suffisamment large pour ne pas que l'hormone de bouturage soit supprimée en frottant contre les bords du trou.
- Sur les plantes prenant racine facilement, il est inutile d'utiliser ces hormones de synthèse. D'ailleurs, mieux vaut vous tourner vers des hormones de bouturage naturelles contenant de l'auxine ou vers la fabrication d'hormone de bouturage naturelle.

I.II.8 Principaux facteurs de réussite du bouturage :

Différents facteurs clefs influencent l'enracinement des boutures et la réussite de la filière de bouturage, notamment l'origine génétique, l'espèce, l'âge de la pie-mère ou de l'arbre, l'état physiologique du plant donneur de boutures, la période ou la hauteur de prélèvement des boutures et les techniques culturales (période de bouturage, conditions du bouturage, manipulations, traitement hormonal des boutures, etc.)

Par exemple, l'enracinement des boutures diminue selon l'augmentation de l'âge des pieds-mères. A l'inverse, les boutures issues de jeunes pieds-mères permettent d'obtenir un excellent taux d'enracinement. Ce phénomène de maturation, sous contrôle génétique et physiologique, constitue un handicap majeur lors du bouturage des arbres âgés. L'état physiologique des boutures varie selon la saison de croissance (fin hiver et avant débourrement, croissance active, aoutement et lignification). D'autres facteurs liés aux techniques culturales, aussi bien pendant la phase d'enracinement que de croissance, peuvent aussi avoir des effets sur la survie et la physiologie des boutures. (Sbay et

I.III.1 Généralité

La gestion des déchets est devenue un des enjeux majeurs du génie urbain des décennies à venir. Il ne s'agirait plus désormais, de se débarrasser des déchets, mais plutôt, d'essayer d'en dégager une valeur ajoutée et utilitaire, notamment, dans les conditions actuelles de raréfaction des ressources naturelles et de matières premières. La solution optimale pour disposer des déchets serait donc, leur valorisation (REME, 2011). En Algérie, les pertes annuelles du secteur oléicole, sont importantes. Elles s'estiment à : 650 tonnes de matière organique, 300 tonnes d'azote et près de 600 tonnes d'éléments minéraux et une perte considérable en eau (Moussouni, 2013).

Le grignon d'olive est un résidu solide, de couleur brune, issu de l'extraction totale de l'huile des olives par broyage et sans aucun traitement chimique. Le procédé d'extraction est réalisé par une succession d'opérations : lavage, broyage, malaxage de la pâte obtenue, puis l'extraction proprement dite (Boskou, 2006 ; Argenson et al., 1999 ; Espiard, 2002).



Figure 10 : Grignon d'olive (Espiard,2002).

I.III.2 Les grignons d'olives

I.III.2.1 Définition

Le grignon d'olive est un résidu solide généré lors de l'extraction de l'huile d'olive. Il est constitué principalement de la matière sèche du fruit, incluant la pulpe, la peau ainsi que des fragments de noyaux (Bardoulat, 2005). En parallèle, le procédé d'extraction produit également une phase liquide appelée « margine », composée des eaux de végétation (LA ROUSSE, 2008).

I.III.2.2 Principaux types de grignons d'olive

Il existe plusieurs types de grignon d'olive classés comme suit (Nefzaoui, 1987) :

- Grignon brut : c'est le résidu de la première extraction de l'huile d'olive.

- Grignon épuisé : produit après une seconde extraction avec un solvant chimique tel que l'hexane. Il est caractérisé par une faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'il a été déshydraté pour permettre le processus de l'extraction.
- Grignon d'olive partiellement dénoyauté : produit après dénoyautage du grignon brut.
- Grignon épuisé et partiellement dénoyauté : constitués essentiellement par la pulpe et contiennent encore une petite proportion de coques qui ne peuvent pas être séparées complètement par les procédés de tamisage ou de ventilation (Alibes et al., 1984)

I.III.2.3 Caractéristiques physiques et chimiques de grignon d'olive

I.III.2.3.1 Caractéristiques physiques :

Les grignons d'olive sont constitués principalement de la pulpe broyée (environ 40 %) et de fragments de noyaux (environ 60 %), bien que ces proportions varient selon les méthodes d'extraction, comme la pression ou la centrifugation (Sebban et al., 2004). Ils contiennent aussi environ 25 % d'eau et une quantité résiduelle d'huile, ce qui les rend rapidement altérables (Nefzaoui, 1987). Les grignons épuisés, quant à eux, ont une teneur plus faible en huile et en eau, en raison du procédé de déshydratation appliqué lors de l'extraction (BELKEBIR, 2007).

Tableau 3 : Composition physique des différents types de grignon

Composition Produits	M .S	Matière grasse	Noyau sec	Amidon sec	Mésocarpe + épicarpe
Olive	51,4	27	14,1	1,3	9
Grignon Brut	75,9	9,1	42,1	3	21,2
Grignon épuisé	72,3	4,2	-	5,6	39,3
Grignon tamisé	95,5	18,6	-	11,1	80,2

(Nefzaoui, 1987)

I.III.2.3.2 Caractéristiques chimiques

La composition chimique des grignons d'olive varie selon la maturité des olives et le procédé d'extraction. Ils contiennent les différentes parties du fruit (épicarpe, mésocarpe, endocarpe, amandon), chacune ayant une composition spécifique. Leur teneur en cendres est faible (3 à 5 %), mais peut augmenter si les olives ne sont pas lavées. Ils renferment environ 10 % de matières azotées, peu digestibles pour les animaux, 3 à 4 % de matières grasses après extraction, et une forte proportion de cellulose brute (32 à 47 %) ainsi que de lignine (jusqu'à 30 %), une fibre peu digestible (Nefzaoui, 1991).

La composition chimique de grignons varie en fonction des variétés d'olives triturées NEFZAUI, (1984) in ADJMIA et CHOUCHEM ;(2010). Le tableau suivant donne une indication sur cette composition.

Tableau 4 : Composition chimique indicative de grignons d'olives NEFZAUI, (1984).

Matière sèche (MS)	Matières Minérales (MM)	Matières Azotés totales (MAT)	Cellulose brute (CB)	Matière grasse (MG)
75-80 %	3-5%	5-10%	35-50%	8-15%

Les grignons bruts sont pauvres en matières azotées et riches en cellulose brute, ils restent relativement riches en matières grasses.

I.III.2.3.3 Caractéristiques microbiologiques

Dans les effluents d'huileries d'olive, seules les levures et moisissures peuvent croître en revanche, aucune présence de microorganismes pathogènes n'a été observée. Le pouvoir antimicrobien des effluents d'huileries d'olive est lié, essentiellement, à l'action exercée par les phénols monomériques et les pigments bruns ou catécholmélanique (Hamdi et Ellouz, 1993). Ces effluents agissent sur les bactéries en dénaturant les protéines cellulaires et en altérant les membranes (Ranalli, 1991). Ils peuvent inhiber également l'activité des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote en agissant sur les enzymes secrétées ou en précipitant les protéines nutritionnelles (Hattenschwiler et Vitousek, 2000).

I.III.3 Impact des sous-produits oléicoles

La majorité des grignons sont rejetés dans la nature, par conséquent, ils présentent une source de pollution permanente. En outre, ces déchets peuvent être contaminés par des champignons ou encore se lixivier par dégradation bactérienne, menaçant ainsi la santé humaine et déséquilibrant l'environnement (Boudissa, 2012).

Les margines, effluents d'extraction de l'huile d'olive, posent, à leur tour, de sérieux problèmes de pollution par leur concentration élevée en matières organiques, en polyphénols responsables de la coloration noire et en composés tanniques qui sont toxiques (Boudoukhana, 2008). Ils sont rejetés, le plus souvent, dans des cours d'eau, sans aucun contrôle préalable et nuisant fortement à la qualité de ces eaux de surface ce qui les empêche de s'auto-épurer (Mébirouk, 2002). De plus, l'accumulation du phosphore provoque l'eutrophisation et favorise la multiplication de pathogènes (Vollenweider, 1968). De même, l'acidité des résidus oléicoles a un impact négatif sur le sol qui provoque son imperméabilisation et l'asphyxie de sa faune par la suite (Iboukhoulé, 2014).

La majorité des grignons sont rejetés dans la nature et de la source de pollution. Ils peuvent être contaminés par des champignons, ou bien ils rejettent des substances toxiques dans l'environnement.

Les toxines fongiques ou les composés poly phénoliques qui résistent à la dégradation bactérienne peuvent se lixivier, menaçant ainsi la santé humaine et l'environnement. Plusieurs sources d'eau ont été contaminées Bluntzer,j.B.(2007).

I.III.4 Les différentes filières de valorisation

La valorisation des déchets oléicoles, encadrée par la loi n° 2001-19 du 12 décembre 2001, présente un intérêt à la fois environnemental et économique. Elle commence souvent par l'extraction de l'huile résiduelle des grignons bruts à l'aide de solvants, permettant de récupérer environ 6 % « d'huile de grignons » (ADJMIA et CHOUCHE, 2010). Les grignons épuisés peuvent ensuite être utilisés dans la production de furfural grâce à leur richesse en pentosanes, générant aussi du méthanol et de l'acide acétique (SEKOUR, 2011).

En agriculture, ils peuvent servir de fertilisant après compostage, ou sous forme de cendres issues de leur combustion (TOPAL, 2003 cité par ADJMIA et CHOUCHE, 2010). Enfin, les grignons épuisés tamisés, dépourvus de noyaux, sont également valorisés comme aliment pour bétail, particulièrement utile en période de disette (NEFZAOU, 1984 cité par ADJMIA et CHOUCHE, 2010).

Les grignons d'olives peuvent être valorisés par fermentation solide à l'aide de champignons thermophiles, produisant divers composés aromatiques d'intérêt agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique. En fermentation anaérobie avec du lisier de vache, ils génèrent un biogaz contenant 57 à 65 % de méthane, utilisé pour le chauffage ou la production d'électricité domestique (HAMMAD, 1999 cité par BELKEBIR, 2007).

Les grignons d'olives peuvent être valorisés de multiples façons. Leur première utilisation est souvent l'extraction de l'huile résiduelle par solvant, donnant « l'huile de grignons » destinée à la consommation après raffinage ou à la fabrication de savon (Yacoub, 1997 ; Kadi et Fellag, 2001). Ils peuvent aussi servir de fertilisants (Topal et al., 2003) ou produire des composés aromatiques à usage agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique (Kademi et al., 2003).

Les grignons d'olive peuvent être valorisés efficacement en agriculture, notamment par compostage avec d'autres déchets pour produire un amendement organique riche en nutriments. Ils peuvent aussi être utilisés directement pour améliorer la structure et la fertilité du sol, ou comme paillage afin de conserver l'humidité et limiter les mauvaises herbes. Par ailleurs, leur capacité de biosorption permet de les employer dans la décontamination des sols pollués, contribuant ainsi à une gestion durable des terres agricoles (S. Roussas et al., 2009).

En Algérie, une grande partie des grignons d'olive, résidus de l'extraction de l'huile, est souvent laissée à l'abandon ou brûlée. Pourtant, leur valorisation représente une opportunité économique pouvant améliorer la rentabilité des exploitations oléicoles (Nefzaoui, 1991). Ces sous-produits peuvent être utilisés dans divers domaines : alimentation animale, fabrication de panneaux à

particules, polissage de surfaces métalliques avec les coques, production d'engrais à partir des cendres riches en potassium et phosphore, extraction de furfural et d'alcools via la cellulose, récupération de composés phénoliques, ou encore comme combustible (grignons épuisés ou coques). (Nefzaoui ,1991).

.I.IV.1 Généralités

La croissance démographique et le développement urbain ont entraîné une pollution accrue, notamment par les eaux usées non traitées, source de risques sanitaires (Organisation mondiale de la santé (OMS). (2006). Le traitement de ces eaux produit d'importantes quantités de boues qu'il est essentiel de gérer efficacement. En Algérie, la multiplication des stations d'épuration a intensifié cette problématique. La valorisation des boues, en agriculture ou pour la production de biogaz, constitue une solution durable (OMS 2006).

I.IV.2 Origine

Les boues résiduelles peuvent être perçues comme des substances extraites des eaux usées pour pouvoir récupérer une eau épurée et rejetée dans l'environnement (Anred, 1982). Les différents types de boues sont nommés en fonction de divers critères tels que la nature de l'effluent, l'analyse des eaux (primaire, physico-chimique, biologique), processus de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage), état physique des boues et type de dispositif de déshydratation (filtre-pressé, centrifugeuse, table d'égouttage, ...) (Menaam et Smail, 2021).



Figure 11 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration (source ADEME)

I.IV.3 Définition d'une boue d'épuration

Les boues résiduaires ou les bio-solides sont des termes qui indiquent le mélange d'eau et de matières solides séparées par des procédés naturels ou artificiels de divers types d'eau qui le contiennent (Belghaouti, 2013). Les boues se produisent lorsque les eaux usées d'origine domestique ou industrielle sont épurées. Elles se constituent d'eau et de matériaux secs, parmi lesquels se trouvent des substances polluantes (métaux lourds, hydrocarbures et pesticides...). De nombreux chercheurs ont montré que les boues renferment une grande quantité de matière organique et d'éléments fertilisants tels que, l'azote et le phosphore, ce qui les rend très intéressantes dans le secteur agricole (Arthur, 1999 ; Adler, 2002 ; Jardé, 2002 ; Guy, 2003).

Les boues sont des déchets résultants d'une épuration d'eaux usées d'origine domestiques ou industrielles. Elles sont composées d'eau et de matière sèche dont les quelles se trouvent des éléments polluants. Les boues sont riches en matière organique et en éléments fertilisants comme l'azote et le phosphore, elles présentent un intérêt certain dans le domaine agricole et autre (JARDE, 2003).

I.IV.4 Composition des boues

La composition des boues dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'origine des eaux usées, de la période de l'année ainsi que du type de traitement et de conditionnement mis en œuvre dans la station d'épuration (JARDE, 2003). Elles constituent avant tout une matière première complexe, composée de matière organique, d'éléments fertilisants (notamment l'azote et le phosphore), d'éléments traces métalliques et organiques, ainsi que d'agents pathogènes.

Tableau 5 : Composition des boues résidu

	Caractérisation	Constitution
Matière organique	<ul style="list-style-type: none"> • _la concentration peut varier de 30 à 80% • _Riche en carbone 	<ul style="list-style-type: none"> • _Matières particulaires • _Des lipides (6 à 19% de la matière organique) • _Des polysaccharides • _Des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33% de la matière organique) • _la lignine
Éléments fertilisants	<ul style="list-style-type: none"> • _Substance qui nourrit les plantes et le sol. 	<ul style="list-style-type: none"> • _Azote • _Phosphore • _Magnésium • _Calcium et en soufre • _Les éléments en traces le cuivres, le zinc, le chrome et le nickel,.....)
Contaminants chimiques inorganiques et organiques	<ul style="list-style-type: none"> • _Un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. (Les éléments traces métalliques indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels. 	<ul style="list-style-type: none"> • • -Solvants • -Déchets de bricolage • -Éléments traces métalliques
Les micro-organismes pathogènes	<ul style="list-style-type: none"> • -Jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les bactéries, • Les protozoaires • Les métazoaires

I.IV.4.1 Matière organique

La teneur en matière organique dans les boues peut varier de 30 à 80 %. Cette matière est constituée de particules éliminées par gravité dans les boues primaires, incluant des lipides (représentant entre 6 et 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits issus de la métabolisation et des micro-organismes provenant des traitements biologiques tels que la digestion ou la stabilisation (ADEME, 2001 ; JARDE, 2003).

I.IV.4.2 Éléments fertilisants et amendements

Les boues peuvent, selon les doses appliquées, répondre partiellement ou totalement aux besoins nutritionnels des cultures en azote, phosphore, magnésium, calcium et soufre. Elles peuvent également être utilisées pour corriger certaines carences, à l'exception de celles en potassium (WARMAN, 2005 in COULIBALY, 2010). Par ailleurs, les éléments traces comme le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel, présents dans les boues, sont également essentiels au développement des plantes et des animaux.

Tableau 6 : Concentration des éléments traces métalliques

Élément de trace (ETM)	Valeur moyenne observé (Mg / Kg)	Valeur limite réglementaire (Mg /Kg) de MS
Cadmium(Cd)	5, 3	20
Chrome (Cr)	80	1000
Cuivre (Cu)	334	1000
Mercure(Hg)	2,7	10
Nickel (Ni)	39	200
Plomb (Pb)	133	800
Zinc (Zn)	921	3000
Cr-Cu-Ni-Zn	1220	4000

(ADEME ,1995).

I.IV.4.3 Contamination chimique organique et inorganique :

Les éléments traces métalliques tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel, bien qu'essentiels à faible dose, deviennent toxiques en concentration excessive. D'autres métaux comme le cadmium et le plomb présentent une toxicité même à faibles niveaux. Un polluant est ainsi défini comme une substance chimique dont la concentration dépasse un seuil critique, devenant nocive.

Les boues issues du traitement des eaux usées peuvent également contenir divers polluants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, phtalates, PCB), souvent présents à raison de 1 g/kg de matière sèche (ROULA, 2005).

La nature et la concentration de ces contaminants dépendent des activités raccordées au réseau d'assainissement. Les rejets industriels constituent la principale source de pollution chimique, tandis que les rejets domestiques y contribuent de façon moindre. Les étapes de traitement, notamment la

décantation, concentrent ces polluants dans les boues, bien plus que dans l'eau traitée elle-même (ROULA, 2005).

I.IV.4.4 Les micro-organismes pathogènes

Les boues issues des stations d'épuration contiennent une grande quantité de micro-organismes vivants qui jouent un rôle crucial dans le processus de traitement des eaux usées. Toutefois, une faible proportion d'entre eux est pathogène. Ces agents pathogènes – incluant virus, bactéries, protozoaires, champignons et helminthes – proviennent principalement des excréments humains ou animaux.

La concentration en germes pathogènes dans les eaux usées dépend directement de l'origine des activités raccordées au réseau d'assainissement. De manière générale, avant toute valorisation agricole des boues, il est impératif qu'elles subissent un prétraitement adéquat afin de réduire les risques sanitaires liés à ces microorganismes (DEROUICHE, 2012).

I.IV.5 Types des boues

Classification des boues selon leur nature et leur état physique (COULIBALY, 2010)

- Dépend de la nature des effluents (urbains, industriels), du traitement appliqué (primaire, biologique, etc.), du mode de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage), et de leur consistance (liquide, pâteuse, solide, etc.).

Les types de boues les plus courants sont :

1. **Boues liquides** : Présentes dans les petites stations rurales, manipulées comme des lisiers (Berchiche et Ladjimi, 2010).
2. **Boues pâteuses** : Issues de la déshydratation de boues liquides, parfois traitées à la chaux ou compostées (Coulibaly, 2010).
3. **Boues chaulées** : Boues à pH élevé, enrichies en hydroxyde de calcium, pâteuses ou solides selon la quantité de chaux ajoutée (Bertolini, 2009 ; Berchiche et Ladjimi, 2010 ; Coulibaly, 2010).
4. **Boues compostées** : Issues du compostage de boues pâteuses, procédé anaérobie visant leur stabilisation et hygiénisation (Abdmeziem et Talbi, 2006).

I.IV.6 Intérêt agronomique des boues d'épuration :

En générale les boues d'épuration sont utilisées en agriculture comme engrais c'est-à-dire comme un produit capable de fournir aux cultures des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à leur développement ; en outre certaines boues d'épuration compostées ou traité à la chaux peuvent jouer

un rôle d'amendements ce qui signifie qu'elles permettent d'entretenir ou d'améliorer la structure du sol, son activité biologique ou, encore de contrer son acidité (MANI, 2005).

L'effet direct de la matière organique contenue dans la boue reçoit une amélioration des propriétés physico-chimiques des sols, augmentation de la capacité d'échange cationique, amélioration de la perméabilité, stabilisante des agrégats et la densité. Certaines expérimentations ont montré qu'une amélioration de la perméabilité et de la stabilité structurale serait obtenue après un apport de 10 T/ha de matière sèche de boue ceci pendant plusieurs années (MANI, 2005).

I.IV.6.1 Effets de l'application des boues résiduaires sur le sol et les végétaux

I.IV.6.1.1 Effets des boues sur le sol

I.IV.6.1.1.1 Influence des boues sur l'activité biologique du sol

L'ajout de boues résiduaires stimule l'activité biologique du sol, en favorisant le développement des micro-organismes et les processus biologiques essentiels.

I.IV.6.1.1.2 Effet sur la stabilité de la structure du sol :

Les boues ont une action positive et durable sur la stabilité structurale du sol. Leurs effets est généralement plus prononcé que celui d'un engrais vert, mais reste inférieur à celui du fumier. La teneur élevée des boues en matière organique améliore la capacité du sol à retenir l'eau (MOREL JACQUIN, 1978 in BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

I.IV.6.1.1.3 Effets sur les éléments chimiques du sol

L'application de boues augmente la teneur des sols en azote total (BERCHICHE et LADJIMI, 2010). Elle contribue également à l'enrichissement du sol en phosphore assimilable, bien que celui-ci puisse être progressivement fixé par le sol (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

Des essais agronomiques à long terme réalisés avec des apports importants de boues contaminées ont révélé une élévation significative de la concentration en éléments traces métalliques (ETM) dans les sols (AMIR, 2005).

De nombreuses recherches ont été menées sur l'impact de ces ETM sur les microorganismes du sol (AMIR, 2005). Il en ressort que la présence de certains métaux peut réduire la biomasse microbienne, diminuer l'activité respiratoire et abaisser le taux d'adénosine triphosphate (ATP), ce qui témoigne d'un stress biologique.

Il est également essentiel de prendre en compte les risques sanitaires liés à la présence potentielle de germes pathogènes dans les boues. En effet, bien que le sol possède un certain pouvoir épurateur, celui-ci demeure limité.

I.IV.6.1.2 Effets sur les végétaux

Les métaux lourds présents dans les boues peuvent être absorbés par les plantes et se retrouver principalement dans les organes végétatifs ainsi que dans les tissus les plus âgés (POMMEL, 1979). Selon ROULA (2005), le cadmium, lorsqu'il est présent en faible concentration (environ 1 %), ne présente pas de danger particulier, contrairement au zinc, qui peut s'avérer plus problématique pour les végétaux

I.IV.6.1.3 Grands axes de la nouvelle réglementation en Algérie :

En pratique, l'utilisation des boues d'épuration par les agriculteurs se limite principalement à l'épandage sur les cultures céréalières, l'arboriculture ainsi que sur les plantes ornementales.

Cependant, en l'absence d'un cadre réglementaire clair et structuré, la valorisation agricole des boues en Algérie demeure encore au stade expérimental.

La réglementation encadrant la gestion des boues de stations d'épuration (STEP) en Algérie est définie par plusieurs textes juridiques, notamment :

- La loi n°2001-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, qui impose la nécessité de trouver une solution durable pour la gestion des boues issues des STEP.
- Le décret exécutif n°2006-104 du 28 février 2006, établissant la nomenclature des déchets, classe les boues provenant des STEP parmi les déchets spéciaux, voire dangereux, notamment lorsqu'elles contiennent des effluents d'origine industrielle (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

II.1.1 Objectif du travail

Dans une démarche durable, cette étude explore l'utilisation de résidus organiques — grignon d'olive et boues d'épuration — comme alternative aux substrats classiques. Riches en nutriments, ces sous-produits peuvent améliorer la fertilité et la structure du sol. Leur usage permettrait aussi de réduire la dépendance aux engrais chimiques et de répondre aux besoins en amendements organiques (Zin El Abidine et al., 2018 ; Bernal et al., 2017), tout en atténuant les effets de l'érosion et du changement climatique (Boumaaza et al., 2019 ; FAO, 2022).

II.1.2 Notre travail vise à

1. Comparer l'effet de différents substrats organiques (grignon d'olive, boues résiduaire, mélanges) sur le bouturage de trois (3) variétés locales de figuier ; ABOUGHENDJOUR, BEZOUL EL KHADEM et BAKKOR.
 2. Mesurer les paramètres de croissance (nombre de feuilles, bourgeons terminaux et bourgeons latéraux, longueur moyenne des feuilles) en fonction des substrats utilisés.
 3. Identifier les combinaisons de substrats les plus efficaces pour favoriser l'enracinement.
- Évaluer le potentiel de valorisation agricole de ces résidus dans le cadre d'une agriculture durable et circulaire.

II.1.3 Conditions de l'expérimentation

Notre essai a été réalisé au laboratoire de production végétale du département des sciences agronomiques (D12) de L'UMMTO.

II.1.3.1 Température :

Les températures constituent un facteur limitant majeur, dans la mesure où elles régulent l'ensemble des processus métaboliques et influencent de manière déterminante l'enracinement ainsi que la reprise des boutures.

Les valeurs thermiques (en °C), relevées tous les dix jours dans la région de Tizi-Ouzou durant la période de l'expérimentation, sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Evolution des moyennes des températures décadaires enregistrées au cours de la période expérimentale

Mois		T° MAX	T° MIN
MARS	1er décade	22.1	11.1
	2ème décade	21.7	11.2
	3ème décade	20	8
AVRIL	1er décade	24.2	9.2
	2ème décade	24	13.2
	3ème décade	23.5	9.3
MAI	1er décade	26	14.8
	2ème décade	23.9	13
	3ème décade	27.2	12.1

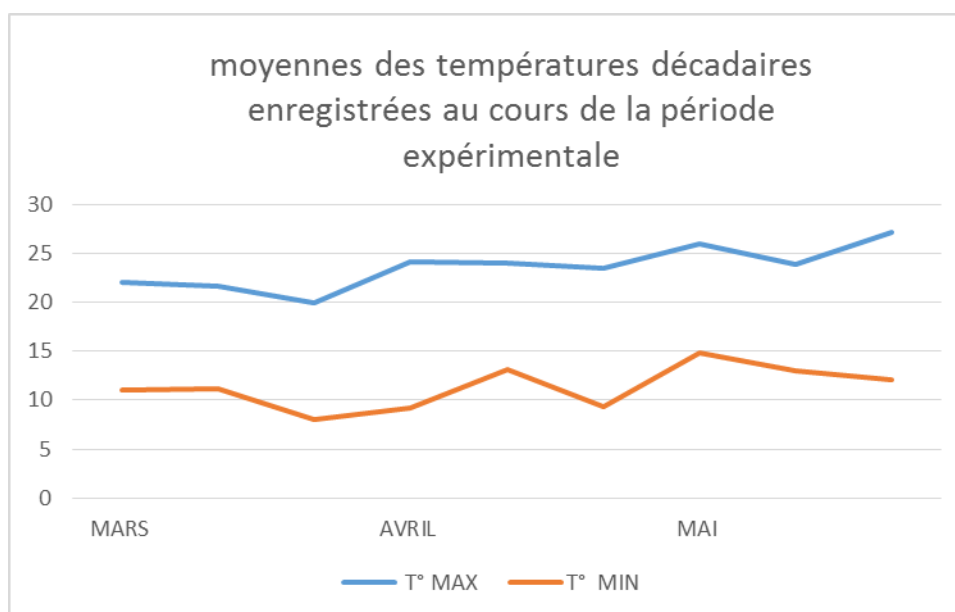


Figure 12 : Moyennes des températures décadaires enregistrées au cours de la période expérimentale

II.1.3.2 La lumière

Au cours de notre expérimentation, les boutures de figuier ont été maintenues dans notre laboratoire où l'exposition à la lumière naturelle variait en fonction de la position des boutures. Les boutures de la variété ABOUGHENDJOUR placées à proximité immédiate de la fenêtre ont bénéficié d'un éclairage naturel plus intense et plus durable au cours de la journée.

En revanche, les boutures de la variété BEZOUL EL KHADEM et BAKKOR positionnées plus loin de la fenêtre ont reçu une intensité lumineuse nettement plus faible.

II.1.3.3 L'humidité

Au milieu de notre expérimentation, une attention particulière a été portée à l'humidité ambiante dans notre laboratoire. Afin d'assurer un environnement plus favorable, un renouvellement régulier de l'air a été pratiqué en ouvrant les fenêtres durant la journée et les fermant dans la nuit. Cette aération naturelle a permis de limiter l'excès d'humidité stagnante.

Cette démarche s'inscrivait dans une stratégie visant à créer des conditions plus saines et plus proches de celles observées en milieu naturel.

II.1.4 Le matériel végétal

Notre étude a porté sur trois variétés locales de figuier (une variété bifère et deux variétés unifères) dont voici les principales caractéristiques

II.1.4.1 ABOUGHENDJOUR

La variété de figuier « ABOUGHENDJOUR » est une des variétés locales cultivées en Algérie, particulièrement dans les régions de l'Ouest comme Tlemcen et Ain Temouchent. Sa caractérisation repose sur des critères morphologiques et agronomiques, selon les descripteurs internationaux de l'IPGRI et du CIHEAM :

- L'arbre présente un développement moyen, avec un port érigé à étalé.
- Les feuilles sont généralement larges, à lobes bien marqués, ce qui facilite l'identification de la variété.
- Les rameaux sont courts, avec des nœuds proéminents, un critère distinctif de certains cultivars locaux
- Le fruit du figuier ABOUGHENDJOUR est de taille moyenne à petite, pesant généralement entre 30 et 40 grammes.
- La peau est fine, de couleur verte à jaunâtre, pouvant présenter des taches à maturité.
- La chair est rougeâtre, douce et sucrée, appréciée pour sa bonne qualité gustative.

Le fruit possède une bonne aptitude au séchage, ce qui le rend intéressant pour la conservation et la transformation artisanale selon les descripteurs internationaux de l'IPGRI et du CIHEAM

- La maturité intervient généralement début août, ce qui classe cette variété parmi les figues d'automne précoces.

L'arbre montre une bonne résistance aux conditions climatiques difficiles, notamment à la sécheresse et aux températures froides, ce qui explique sa large diffusion dans les zones montagneuses et semi-arides de l'Ouest algérien (selon les descripteurs internationaux de l'IPGRI et du CIHEAM)

II.1.4.2 BEZOU EL KHADEM

La variété de figuier BEZOU EL KHADEM est une variété locale algérienne caractérisée par plusieurs traits morphologiques et agronomiques distinctifs.

- Rameaux : BEZOUL EL KHADEM se distingue par la longueur de ses rameaux, qui sont les plus longs parmi les variétés étudiées localement
- Feuilles : Cette variété possède un nombre élevé de feuilles, qui sont également parmi les plus développées en taille, ce qui peut favoriser une meilleure photosynthèse et vigueur de l'arbre.
- Racines : BEZOUL EL KHADEM présente un système racinaire très développé, avec un nombre important de racines primaires (environ 57) d'une longueur moyenne de 35 cm, ainsi qu'un grand nombre de racines secondaires (plus de 210) d'une longueur moyenne de 11 cm, ce qui contribue à une meilleure ancrage et absorption des nutriments
- Fruit : Selon des sources tunisiennes proches, les figues BEZOUL EL KHADEM sont de taille moyenne à allongée, de couleur violet foncé à noire, avec une maturation qui se situe entre juillet et août. Le fruit est apprécié pour sa qualité gustative et son aspect attractif.
- Port de l'arbre : L'arbre est vigoureux, avec un port érigé à étalé, adapté aux conditions locales des zones montagneuses et semi-arides d'Algérie.

Tableau 8 : Les caractéristiques agronomiques de la variété figuier BEZOUL EL KHADEM

Critère	Caractéristique de BEZOUL EL KHADEM
Rameau	Les plus longs parmi les variétés locales
Feuilles	Nombreuses et très développées
Racine	Très développées (racines primaires et secondaires)
Fruit	Taille moyenne à allongée, couleur violet foncé/noir
Maturité	Juillet-août
Vigueur de l'arbre	Vigoureux, port érigé à étalé
Adaptation	Bonne résistance à la sécheresse

II.I.4.3 BAKKOR

La variété « Bakkor » (ou « Bakour ») désigne en Algérie les figues issues de la première récolte (variété bifère), appelées aussi figues-fleurs. Elles apparaissent dès le début de l'été, généralement à partir de

juin. Ces fruits proviennent de bourgeons formés la saison précédente et restés en dormance durant l'hiver, qui reprend leur développement au printemps pour mûrir en début d'été.

- Les figues « Bakkor » se distinguent par une peau épaisse et une saveur moins sucrée que celle des figues de la seconde récolte (figues d'automne).
- Leur texture est fondante et leur taille est généralement plus grande que celle des figues d'automne.
- Elles sont récoltées principalement sur les deux tiers inférieurs des pousses annuelles, avec une maturation continue à partir de juin-juillet.
- Les arbres de type bifère, comme ceux produisant le « Bakkor », offrent deux récoltes par an : la première en début d'été (figues-fleurs/Bakkor) et la seconde en fin d'été-début d'automne (figues d'automne/Karmous).

Critère	Bakkor (figues-fleurs)
Période de récolte	Début de l'été (juin-juillet)
Origine	Bourgeons de l'année précédente
Texture	Fondante, peau épaisse
Saveur	Moins sucrée que les figues d'automne
Richesse nutritionnelle	Pelure riche en potassium, calcium, polyphénols
Importance	Première source de figues fraîches de la saison
Type de figuier	Bifère

Tableau 9 : caractéristiques de la variété de figuier « Bakkor (figues-fleurs)

II.1.5 Les caractéristiques des boutures

Dans le cadre de notre étude, des boutures de trois variétés locales de figuier (*Ficus carica* L.), à savoir BAKKOR, ABOUGHENDJOUR et BEZOUL EL KHADEM, ont été prélevées sur des pieds-mères situés dans une collection privée de figuiers située à Alger (Bordj El Kiffan) le 8 mars 2025 ; ces pieds –mères ont un âge environ seize ans (arbres adultes), ces boutures ont été transportées vers le laboratoire d'UMMTO pour y être mises en culture.

Afin de garantir leur fraîcheur et leur viabilité jusqu'à leur mise en place expérimentale, chaque bouture a été enveloppée dans du papier humidifié. Pour éviter tout risque dessèchement, elles ont été placées dans des pots distincts étiquetés, chacun réservé à une seule variété.

Des boutures ont de 20 à 25 cm de longueur et d'environ 1 à 2 cm de diamètre. Le prélèvement des boutures a coïncidé avec le débourrement des arbres. Ces dernières sont conservées dans des conditions fraîches et humides jusqu'à leur mise en place.

Les bourgeons terminaux sont viables sur toutes les boutures. Pour les trois variétés on a mesuré à l'aide d'un pied à coulisse le diamètre des boutures.



Figure 13 : Les boutures de la variété n° 1 (ABOUGHENDJOUR)



Figure 14 : Les boutures de la variété n°2(BEZOUL EL KHADEM)



Figure 15 : Les boutures de la variété n°3(BAKKOR)

II.1.6 Caractéristiques des différentes fractions des substrats utilisés

II.1.6.1 Le sable

Notre échantillon de sable, issu de BOUSSAADA. Le sable en tant que substrat de culture, joue principalement le rôle de support physique pour les plantes. Il permet l'ancrage des racines, assurant ainsi la stabilité de la plante dans le sol ou dans un système de culture. Bien qu'il soit pauvre en éléments nutritifs et en matière organique, le sable présente plusieurs caractéristiques intéressantes : bonne aération, excellent drainage, structure stable.

- **Le terreau :**
 - Spécifications pour substrat Garden –Thong de 80 L
 - Produit : produit à base de tourbe.
 - Type de produit : Substrat Garden –Thong
 - Composition : Mélange de tourbe légèrement à moyennement décomposée (tourbe blanche) et de tourbe plus fortement décomposée (tourbe noire congelée)
 - PH (CaCl_2) : 5,4_6,0
 - Teneur en sels : 2,0 g/l
 - Eléments nutritifs (disponibles pour les plantes) :
 - Azote (N) : 100_300mg/l
 - Phosphore (P_2O_5) : 100_300mg/l
 - Potassium (K_2O)
 - Matière organique (en % de matière sèche) : Environ 90-95%
 - Volume : 80 litres (selon DIN 11540)
 - Pays d'origine : Lituanie.

II.1.6.2 Le grignon d'olive

Issus de la société olive de Tadmaït produisant de l'huile d'olive et olive traditionnels

Huilerie moderne a trois phases à 300 m².

❖ Huileries à trois phases

Ces huileries utilisent un procédé d'extraction plus efficace, ce qui permet de récupérer une plus grande quantité d'huile. Cela peut entraîner une diminution de la teneur en huile dans le grignon. Le grignon d'olive que nous avons reçu est de l'année 2025, intact et propre, sans aucune trace de maladie.

❖ Le PH des grignons

Les échantillons de grignons provenant des huileries de la Wilaya de Tizi Ouzou ont montré des valeurs de PH qui varient entre 4,53 et 6,65 avec une moyenne de 5,26. Le pH des grignons produits dans la Wilaya de Tizi Ouzou durant cette campagne est qualifié de très acide à légèrement acide (Mathieu et Pieltain 2013)

❖ Conductivité Electrique

Les valeurs des mesures de la conductivité électrique(CE) de grignon varient entre 273,33μS/cm et 1069 μS/cm. La moyenne de la CE des grignon déterminée sur la base de 30 échantillon est de 748,30 μS/cm. Ces valeurs indiquent que les grignon s disposent d'une quantité significative de sels dissous ,ils sont considérés comme légèrement salés (Mathieu et Pieltain 2013).



Figure 16 : La localisation de l'huilerie de Tadmaït.

II.1.6.3 La boue des stations d'épuration

II.1.6.3.1 La caractérisation de la station d'épuration

- Localisation : Alt.471 m
 - Lg.36°04 '65"N
 - Lt.4° 05' 02.13"E
- Mise en service :2000.
- Procédé de traitement : Boues activées.

- Capacité 120 000 (eq/hab).
- Débit : 18 000 (m₃).
- Exutoire naturel :(Oued Sébaou).

II.1.6.3.2 Matériel utilisés

- Un sécateur bien aiguisé et bien désinfecté lors de la collecte des boutures et débitage
- Un couteau.
- Le pied à coulisse
- Une balance.
- Bécher ou flacon (50mL)
- PH-mètre
- Chronomètre
- Tamis.
- Sachet d'un kg.
- Etiquette.
- L'étuve



Figure 1: Pieds à coulisse



Figure 3: PH mètre



Figure 2: Conductimètre

II.1.7 Méthode de travail :

L'étude a porté sur l'effet de différents types de substrats reconstitués sur le bouturage de trois (3) variétés de figuier qui sont ABOUGHENDHOUR, BEZOIL EL KHADEM et BAKKOR.

Six substrats reconstituées ont été testés en plus d'un substrat témoin qui est formé de terreau et sable seulement : avec 5 répétitions par chaque traitement d'une variété.

Le dispositif expérimental adopté est complètement aléatoire

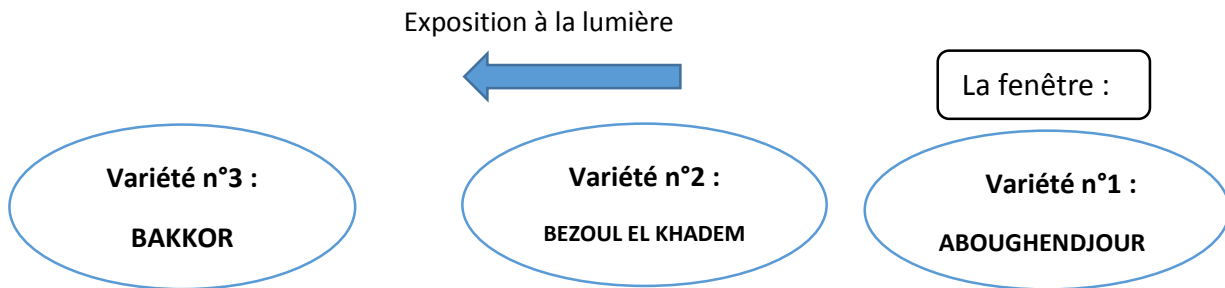


Figure 20 : Position des 3 variétés sur la paillasse de laboratoire

Pour constituer les différents substrats utilisés dans l'expérimentation, les composants (sable, terreau, grignon d'olive, boues d'épuration) ont été pesés séparément à l'aide d'une balance électronique de précision. Chaque substrat a été formulé en fonction de proportions bien définies, exprimées en grammes, afin de garantir l'homogénéité des mélanges et la reproductibilité des résultats.

Nous avons nommé chaque substrat reconstitué un traitement composé de fraction de différents composants du substrat.

- Pour le substrat témoin (T0), un mélange équilibré a été réalisé en combinant 500 g de sable avec 500 g de terreau, sans ajout de résidus organiques.
- Pour les substrats T1 à T6, les composants de base (250 g de sable + 250 g de terreau) ont été maintenus constants, tandis que les fractions de grignon d'olive et/ou de boues d'épuration ont été ajoutées en quantités variables (de 100 g à 500 g selon le traitement), mesurées précisément à l'aide de la même balance.

Chaque composant a été pesé séparément, puis versé dans un bac propre pour être soigneusement mélangé à la main ou à l'aide d'un outil, jusqu'à obtention d'un substrat homogène. Cette méthode garantit le respect des proportions prévues pour chaque traitement (T1 à T6), permettant ainsi une évaluation fiable de l'effet de chaque combinaison sur l'enracinement des boutures.

L'ensemble des substrats a été préparé juste avant la mise en plantation afin d'assurer leur fraîcheur et la stabilité des conditions physiques et chimiques. Les substrats ont été homogénéisés

avant utilisation et placés dans des pots perforés afin d'assurer un bon drainage nous avons ajoutées du gravier.

Tableau 10 : Les fractions des éléments constituant de chaque substrat.

Témoin T0 :	500 g Sable +500 g terreau.
Substrat T1 :	250 g sable +250 g terreau +500 g Grignon d'olive.
Substrat T2 :	250 g sable +250 g terreau +400 g Grignon d'olive +100 g des boues d'épuration.
Substrat T3 :	250 g sable +250 g terreau+ 300 g Grignon d'olive + 200 g des boues d'épuration.
Substrat T4 :	250 g sable +250 g terreau + 200 g Grignon d'olive + 300 g des boues d'épuration.
Substrat T5 :	250 g sable +250 g terreau +100 g Grignon d'olive +400 g des boues d'épuration.
Substrat T6 :	250 g sable +250 g terreau +500 g des boues d'épuration.

Nous avons nommé chaque substrat reconstitué un traitement composé de fraction de différents composants du substrat.

Les substrats ont été homogénéisés avant utilisation et placés dans des pots perforés afin d'assurer un bon drainage nous avons ajoutées du gravier.

II.1.8 Mise en place de l'essai :

II.1.8.1 Préparation des substrats :

- Le grignon d'olive a été étalé en fine couche sur un sac plastique et laissé sécher à l'air libre pendant trois jours dans un endroit bien ventilé, afin de réduire son humidité et éviter toute fermentation. Après séchage, il a été tamisé pour éliminer les impuretés et obtenir un produit homogène, prêt pour une utilisation ultérieure. Ensuite, le grignon d'olive séché a été émiétté manuellement à l'aide d'une pierre, afin de briser les agglomérats formés pendant le séchage et d'obtenir une texture plus fine et homogène, facilitant ainsi son incorporation dans les mélanges et son utilisation.



Figure 21 :L'étalement et séchage du grignon

- Le sable a été soumis à un lavage à l'eau du robinet dans le but d'éliminer les sels solubles et autres impuretés susceptibles d'altérer les résultats des expérimentations ou de modifier les propriétés du substrat. Cette opération a été réalisée en rinçant abondamment le sable jusqu'à ce que l'eau de lavage devienne claire, signe que la majorité des particules solubles ont été évacuées.
- Après le lavage, le sable a été étalé en fine couche sur une surface propre et non absorbante, dans un environnement bien aéré, afin de permettre un séchage naturel à l'air libre. Cette phase de séchage a duré deux jours et avait pour objectif de réduire l'humidité résiduelle du sable.
- Les boues sont étalées sur une surface appropriée afin de faciliter leur déshydratation par évaporation naturelle. Cette opération permet de réduire leur teneur en eau et de mieux contrôler le taux d'humidité.

II.1.8.2 Préparation des boutures :

- Nous avons coupé les boutures de 20 à 25cm de longueur. Retirez les feuilles, n'en laissant que quelques-unes au sommet de bouture et éliminer quelques bourgeons latéraux.
- Nous avons éliminé sur trois parties l'écorce des boutures avant plantation
- Les boutures ont été plantées verticalement dans les pots d'un 1 Kg, à une profondeur d'environ 10 cm.
- Chaque substrat comprenait un nombre égal de boutures : on a 7 substrats reconstitués chacun à 5 répétitions.

- Les pots ont été disposés dans le laboratoire (selon les conditions locales) avec un arrosage régulier.
- L'expérimentation a duré 75 jours, période suffisante pour observer l'initiation et le développement racinaire et l'apparition de feuillage et les bourgeons.
- Développement racinaire et l'apparition de feuillage et les bourgeons.



Figure 5 : La mise en place de la variété 1



Figure 4: La mise en place de la variété 2



Figure 6: La mise en place de la variété 3



Figure 7: La mise en place de tous les variétés

II.1.8.3 Les méthodes de dosage des substrats PH et CE :

II.1.8.3.1 Procédure :

Peser précisément 10 g des quatre éléments de substrats reconstituées (le grignon d'olive, la boue, le sable et le terreau) à l'aide de la balance.

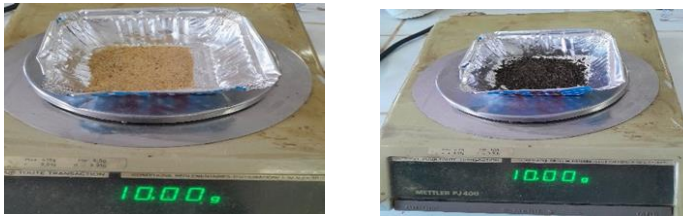


Figure 26 : Mesure de 10 g de chaque substrat à l'aide d'une balance électrique

Préparation de la suspension : introduire les 10 g de chaque élément dans un flacon étiqueté et propre ajout 50 ml d'eau distillée à l'aide d'une pipette.

Agitation de la suspension pendant quelques minutes pour bien disperser les particules solides.

Laisser le flacon reposer pendant 24 heures à température ambiante pour permettre l'extraction des composés solubles et la décantation partielle des solides.



Figure 27 : préparation des suspensions aqueuses de chaque substrat

Après 24 h, prélever légèrement si nécessaire ou prélever uniquement la phase liquide (sans agiter).



Figure 8: tamisage de sable et du terreau



Figure 29 : Préparation des substrats (sable, terreau, grignon d'olive et de boue)

II.1.8.3.2 Mesure du PH :

- Étape 1 : Étalonner le pH-mètre à l'aide de solutions tampons (pH 4, 7, et 10).
- Étape 2 : Plonger l'électrode du pH-mètre dans la phase liquide.
- Étape 3 : Attendre 3 min jusqu'à la stabilisation de la lecture et noter la valeur du pH.
- Rinçage de l'électrode du PH mètre à l'eau distillé avant et après chaque utilisation



Figure 30 : PH mètre

II.1.8.3.3 Mesure de la conductivité électrique (CE)

- Étape 1 : Rincer l'électrode de conductivité avec de l'eau distillée.

- Étape 2 : Plonger l'électrode dans la phase liquide.
- Étape 3 : Attendre que la lecture se stabilise et noter la valeur de la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm .
- Rinçage l'électrode de conductivité à l'eau distillée avant et après chaque utilisation.



Figure 31 : Conductimètre

II.1.8.3.4 Le suivi de l'essai :(Paramètres mesurés) :

II.1.8.3.4.1 Les observations et les mesures ont porté sur les critères suivants :

- Taux de reprise des boutures (%) : nombre de boutures enracinées sur le total
- Nombre de bourgeons terminaux qui ont déjà poussés
- Nombre de bourgeons latéraux.
- Nombre de feuilles par bouture.
- Longueur moyenne des feuilles (cm)par boutures.
- Poids frais et le poids sec des racines à l'aide d'une balance de précision
- Poids sec des racines après la mise à l'étuve pendant 24 h à une température de 70°C.
- Diamètre des boutures avant et à la fin de notre expérimentation

II.1.9 Traitement des données :

Les données recueillies ont été analysées à l'aide de logiciels statistiques avec calculs de moyennes, écarts-types, et analyse de variance (ANOVA) pour comparer les effets des substrats et des variétés.

Les différences entre les moyennes ont été testées à un seuil de signification de 5 % ($p < 0.05$, 0.01 et 0,001).

L'analyse de la variance est une technique utilisée pour étudier pour étudier la variabilité des données expérimentales. La démarche fondamentale consiste à tester des hypothèses sur nos données en termes d'égalité entre les moyennes des niveaux de chaque facteur indépendamment de l'autre.

Son principe est de quantifier les variations dues à des causes résiduelles (hasard, erreur) et les variations dues à des facteurs étudiés (DAGNELIE, 1980). Cette analyse consiste donc à calculer une fonction F_0 dite observée et à la comparer à une fonction théorique F_t dite théorique de Snedecor. Le tout est présenté sous forme d'un tableau.

- Si $F_0 < F_t$, on dit que la différence n'est pas significative (NS) ou que le facteur étudié n'a pas d'influence significative sur la variation.
- Si $F_0 > F_t$, la différence est significative, le facteur étudié a une influence significative sur la variation.
- Si $F_0 > F_t$, de la table de Snedecor ($q=5\%$), on dira que la différence est significative (S : c'est à dire*).
- Si $F_0 > F_t$, de la table de Snedecor ($q =1\%$), on dira que la différence est hautement significative (HS : c'est à dire**).
- Si $F_0 > F_t$, de la table de Snedecor ($q =0,1\%$), on dira que la différence est très hautement significative (THS : c'est à dire***)

Les résultats ont été interprétés en utilisant un seuil de signification de 5 %, soit $p < 0,05$. Cela signifie que lorsqu'une différence entre deux groupes à une valeur p inférieure à 0,05, elle est considérée comme statistiquement significative. Plus la valeur p est petite (par exemple $p < 0,01$ ou $p < 0,001$), plus la différence entre les groupes est fortement significative.

II.II.1 Caractérisation de matériel végétale

Les résultats des mesures des diamètres des trois variétés des boutures avant et après plantation

II.II.1.1 Résultats des mesures des diamètres des boutures avant plantation

Tableau 11 : Les diamètres des boutures de la variété (1) ABOUGHENDJOUR

Traitement	Diamètre en cm
T0	1,2 _ 1,8 .
T1	1,1_1,4 .
T2	0,8 – 1,2 .
T3	0,9 – 1,2 .
T4	1 _ 1,5 .
T5	0,9 – 1,3.
T6	0,9 _ 1,1 .

Traitement	Diamètre en cm.
T0	1,2 _ 1,4 .
T1	0,8 _1,2 .
T2	1,1 _1,3 .
T3	1,4 _1,6.
T4	1,3 _2,2 .
T5	1,1 _1,6.
T6	0,8_1,1 .

Tableau 1 : Les diamètres des boutures de la variété (2) BEZOUL EL

Tableau 13 : Les diamètres des boutures de la variété (3) BAKKOR

Traitement	Diamètre en cm.
T0	0,9 _1,4.
T1	0,9 _1,4.
T2	0,8 _1,4 .
T3	1,1 _1,5.
T4	0,6_ 1,7.
T5	1,1 _ 1,3 .
T6	0,9_ 1,4 .

II.II.1.2 Résultats des mesures des diamètres des boutures après plantation

Tableau 14 : Mesures des diamètres des boutures de la variété ABOUGHENDJOUR après plantation

	R1	R2	R3	R4	R5
T0	1	1.4	1.5	1.1	1.4
T1	1.1	1.6	0.7	1	0.9
T2	1	0.8	1	1.2	0.7
T3	0.9	0.8	0.8	0.9	1
T4	0.8	1.4	1.1	1.1	1.1
T5	1.1	0.9	1.1	0.9	1
T6	1.3	1.4	1.2	1	1

Tableau 15
diamètres
variété
après

	R1	R2	R3	R4	R5
T0	1.1	1.3	1.7	1.4	1.5
T1	1.1	0.6	0.6	0.5	1.6
T2	1.3	1.2	1.6	1.5	1.5
T3	1.5	1.6	1.8	1.5	1.5
T4	1.8	1.3	1.1	1.3	1.4
T5	0.7	1.1	1.6	1.5	0.9
T6	1.1	1	0.9	0.8	0.9

: Mesures des
des boutures de la
BEZOUL EL KHADEM
plantation

Tableau 16 : Mesures des diamètres des boutures de la variété BAKKOR après plantation

	R1	R2	R3	R4	R5
T0	1.3	1.2	0.9	1.4	1.2
T1	1.8	1.2	0.8	0.9	1
T2	1.1	0.6	1.5	1.2	0.9
T3	0.8	1.7	1.1	1.5	0.8
T4	1.2	0.6	1.2	1.4	1.6
T5	1.3	1	1.1	1.6	1.1
T6	1.1	0.9	1.8	1.5	1.1

II.II.2 Caractérisation des substrats utilisés :

II.II.2.1 Analyses des résultats de dosage de pH et CE

II.II.2.1.1 Les mesure de pH et CE pour les éléments constitués notre substrats

Tableau 17 : Température, pH et conductivité électrique (CE) des différents substrats (sable, boue, terreau, grignon)

Substrats		T°	PH	CE(Conductivité Électrique)
Sable	S1	20,7 C°	6,686	1336 μ s / 1,34 ms
	S2	20,8 C°	6,814	1235 μ s/ 1,24 ms
	S3	20,8 C°	7,05	1334 μ s/ 1,34 ms
Boue	B1	20,6 C°	5,836	1403 μ s/ 1,40 ms
	B2	20,7 C°	5,773	1495 μ s/ 1,49 ms
	B3	20,7 C°	5,815	1472 μ s / 1,47 ms
Terreau	T1	20,8 C°	5,501	1571 μ s / 1,57 ms
	T2	20,8 C°	5,463	1566 μ s / 1,57 ms
	T3	20,9 C°	5,414	1597 μ s / 1,60 ms
Grignon	G1	22,5 C°	4,88	2,84 ms
	G2	22,6 C°	4,901	2,7 ms
	G3	22,6 C°	4,933	2,91 ms

II.II.2.1.1.1.1 Sable :

❖ Température

Les températures sont très proches (entre 20,7 °C et 20,8 °C). Cela indique que les variations de température sont négligeables entre les échantillons. Elle ne semble pas influencer fortement les autres paramètres.

❖ PH :

- Le pH augmente légèrement de S1 (6,686) à S3 (7,050).
- Cela montre une légère tendance vers la neutralité (pH 7). Tous les échantillons sont cependant autour de la neutralité, suggérant une eau faiblement acide à neutre

❖ Conductivité Électrique (CE) :

- LA CE varie légèrement :

- S1: 1336 μS
- S2: 1235 μS
- S3: 1334 μS
- S2 présente une baisse de conductivité, ce qui peut indiquer une réduction des ions dissous dans cet échantillon (moins de sels ou de minéraux conducteurs).
- La baisse de la CE dans l'échantillon S2 pourrait résulter d'un processus de filtration ou d'adsorption par le sable, réduisant les ions dissous.
- Une légère hausse du pH est observée, indiquant une évolution vers une eau plus neutre.

II.II.2.1.1.1.2 Boue

❖ Température

La température est stable (entre 20,6 °C et 20,7 °C), ce qui suggère un environnement homogène pour les trois échantillons.

❖ PH

- Le pH est inférieur à 6 pour tous les échantillons, ce qui indique un milieu acide.
- Les valeurs varient très peu (entre 5,773 et 5,836), donc l'acidité est assez constante d'un échantillon à l'autre.
- Conductivité Électrique (CE):
- Les valeurs de conductivité sont élevées, et plus importantes que celles observées dans les échantillons traités par sable :

❖ B1: 1403 μS

❖ B2: 1495 μS

❖ B3: 1472 μS

- Cela signifie qu'il y a une plus grande concentration d'ions dissous (sels, minéraux, ou autres substances conductrices), probablement libérés par la matière organique ou minérale contenue dans la boue.
- Le traitement par boue conduit à une acidification de l'eau (pH < 6), ce qui peut avoir un impact écologique ou sur la potabilité de l'eau.

- La conductivité plus élevée que celle du traitement par sable indique une libération importante d'ions, possiblement due à la décomposition de matières organiques ou à des échanges ioniques avec les composants de la boue.
- Cela suggère que la boue contamine davantage l'eau que le sable en augmentant sa charge ionique et son acidité.

II.II.2.1.1.1.3 Terreau :

❖ Température

- Les températures sont très proches (20,8 à 20,9 °C), ce qui montre des conditions thermiques stables entre les échantillons.

❖ PH

- Le pH est nettement acide dans tous les cas (entre 5,414 et 5,501).
 - Cela indique que le terreau acidifie davantage l'eau que le sable, et légèrement plus que la boue. Cette acidité peut provenir de la décomposition de matière organique contenue dans le terreau.

❖ Conductivité Électrique (CE):

- Les valeurs sont les plus élevées parmi les trois traitements étudiés :

❖ T1: 1571 μ S

❖ T2: 1566 μ S

❖ T3: 1597 μ S

- Cela révèle une forte concentration d'ions dissous, probablement due à la richesse en nutriments et composés organiques du terreau.

- Le CE dépasse même celle mesurée dans les échantillons de boue, ce qui montre une importante solubilisation de substances dans l'eau.

❖ Le traitement par terreau entraîne :

- Une acidification marquée de l'eau (pH \approx 5,4 à 5,5).
- Une conductivité très élevée, signe d'une forte présence d'ions dissous (sels minéraux, composés organiques solubles).
- Cela indique que le terreau libère beaucoup de substances nutritives ou minérales, ce qui peut être bénéfique pour des plantes mais négatif pour une eau destinée à la consommation.

- Comparé au sable et à la boue, le terreau a l'impact le plus fort sur la composition chimique de l'eau.

II.II.2.1.1.1.4 Grignon

☒ Température

- Température légèrement plus élevée que dans les autres traitements (22,5 – 22,6 °C), ce qui peut être dû à la nature du grignon (résidu de pressage des olives) qui pourrait retenir un peu plus de chaleur.

☒ PH

- Le pH est le plus acide de tous les traitements testés, avec des valeurs allant de 4,880 à 4,933.
- Cela signifie que le grignon acidifie fortement l'eau, possiblement en libérant des composés phénoliques ou acides organiques issus de la matière végétale fermentée.

☒ Conductivité Électrique (CE):

- Les valeurs de CE sont très élevées, entre 2,70 et 2,91 mS (soit 2700 à 2910 μ S), les plus hautes parmi tous les traitements.
- Cela indique une forte libération d'ions et de substances solubles, probablement des sels, acides, et matières organiques dissoutes provenant du grignon.

☒ Le traitement à base de grignon modifie fortement la qualité de l'eau :

- Il acidifie fortement l'eau (pH < 5), bien en dessous du seuil neutre (7), ce qui peut être problématique pour de nombreux usages.
- Il entraîne une très forte conductivité, signe d'une charge ionique élevée, probablement liée à la dégradation de résidus organiques et minéraux du grignon.
- Ce traitement a l'impact le plus extrême sur les paramètres physico-chimiques de l'eau parmi tous ceux observés (sable, boue, terreau, grignon).
- Une telle eau serait impropre à la consommation directe, mais pourrait éventuellement avoir un intérêt en agriculture pour ses apports en nutriments... à condition de gérer son acidité

Tableau 18 : Résultats des mesures de ph et CE des substrats reconstitués

Traitement		T°	PH	CE(Conductivité Électrique)
T0	S1	20 C°	6,5	594 μ s / 0,64 ms
	S2	20 C°	6,5	723 μ s/ 0,72 ms
	S3	20 C°	6,7	742 μ s/ 0,74 ms
T1	S1	20 C°	7	414 μ s/ 1,41 ms
	S2	20 C°	7,3	510 μ s/ 0,52 ms
	S3	20 C°	7,3	378 μ s / 0,37 ms
T2	S1	20 C°	7	728 μ s / 0,73 ms
	S2	20 C°	7	845 μ s / 0,85 ms
	S3	20 C°	7,1	538 μ s / 0,54 ms
T 3	S1	20 C°	7	629 μ s / 0,63ms
	S2	20 C°	6,9	524 μ s / 0,53 ms
	S3	20 C°	6,9	488 μ s / 0,48 ms
T4	S1	20 C°	6,9	944 μ s / 0,96 ms
	S2	20 C°	6,7	603 μ s/ 0,60 ms
	S3	20 C°	6,9	734 μ s/ 0,37 ms
T5	S1	20 C°	6,5	1164 μ s/ 1,16 ms
	S2	20 C°	6,6	983 μ s/ 0,98 ms
	S3	20 C°	6,5	704 μ s / 0,71 ms
T6	S1	20 C°	6,2	1212 μ s / 1,22 ms
	S2	20 C°	6,1	1628 μ s / 1,63 ms
	S3	20 C°	6,2	1140 μ s / 1,14 ms

II.II.2.1.1.2 T0 – Témoin (sans amendement ou substrat standard)

- PH : Légèrement acide à neutre (≈ 6.5)
- CE : Moyenne ($\approx 686 \mu$ S)
- ❖ Bon point de comparaison ; montre l'effet des autres substrats sur les paramètres.

II.II.2.1.1.3 T1 – Substrat équilibré

- PH : Neutre à légèrement basique (≈ 7.2)

- CE: Faible ($\approx 434 \mu\text{S}$)
- ❖ C'est le substrat le plus sain et stable pour la croissance de plantes ; peu d'ions dissous, bon équilibre.

II.II.2.1.1.4 T2 – Substrat modérément enrichi

- PH: Neutre (≈ 7.0)
- CE : Moyenne à élevée ($\approx 704 \mu\text{S}$)
- ❖ Bonne neutralité, mais accumulation modérée de sels/minéraux. Convient à des cultures peu sensibles.

II.II.2.1.1.5 T3 – Substrat modérément acide

- PH: 6.9 (légèrement acide)
- CE : Faible à modérée ($\approx 547 \mu\text{S}$)
- ❖ Convient bien à des plantes acidophiles ; faible risque de stress salin.

II.II.2.1.1.6 T4 – Substrat plus chargé

- PH: 6.8
- CE: Élevée ($\approx 760 \mu\text{S}$)
- ❖ Contient une bonne réserve d'ions, mais commence à approcher une limite pour certaines plantes sensibles à la salinité.

II.II.2.1.1.7 T5 – Substrat salin

- PH: 6.5 (acide)
- CE: Très élevée ($\approx 950 \mu\text{S}$)
- ❖ Risque de stress osmotique pour les plantes. Convient éventuellement à des espèces tolérantes au sel.

II.II.2.1.1.8 T6 – Substrat très chargé

- PH: 6.17 (acide)
- CE: Extrêmement élevée ($\approx 1327 \mu\text{S}$)
- ❖ Substrat très minéralisé et acide. Peut-être toxique pour la majorité des plantes sans lessivage préalable.

Analyses des résultats des observations faites au cours de l'expérimentation de chaque 10 jour :

Une première observation a été effectuée 23 jours après l'installation des boutures en plantation. Date de 7Avril 2025. Cette observation est basée sur la mesures des variables tel

que le taux de reprise, le nombre de feuilles apparaitre sur les boutures, le nombre de bourgeons terminaux et latéraux et la longueur moyenne des feuilles.



Figure 1: La reprise des boutures au bouturage à la fin de notre expérimentation

II.II.2.1.2 Analyse des observations effectuées tous les 10 jours durant l'expérimentation

La première observation a eu lieu 23 jours après la plantation des boutures, soit le 7 avril 2025. Cette étape a permis de recueillir des données sur plusieurs indicateurs de croissance.

❖ Tableau de taux de reprise

Tableau 19 : Le taux de reprise des boutures

Substrats	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Variété N°1	40%	60%	20%	20%	0%	20%	40%
Variété N°2	60%	0%	0%	0%	0%	0%	80%
Variété N°3	20%	40%	0%	0%	0%	0%	0%

Tableau 20 : Résultats relatifs aux caractères mesures de la variété ABOUGHENDJOUR

Substrats	Répétition	N Feuilles	long Moy des Feuilles	N Brg LTR	N Brg TRm
T0	1	1	7.5	1	1
T0	2	0	0	3	2
T0	3	0	0	4	1
T0	4	0	0	6	1
T0	5	2	10.25	1	1
T1	1	0	0	0	1
T1	2	1	1	1	1
T1	3	0	0	0	2
T1	4	2	0.5	1	1
T1	5	1	3	0	1
T2	1	0	0	0	1
T2	2	0	0	2	1
T2	3	0	0	0	1
T2	4	0	0	1	1
T2	5	2	0.5	0	1
T3	1	0	0	0	1
T3	2	0	0	3	1
T3	3	0	0	1	1
T3	4	0	0	1	1
T3	5	2	3.75	0	1
T4	1	0	0	2	1
T4	2	0	0	2	1
T4	3	0	0	0	1
T4	4	0	0	1	1
T4	5	0	0	2	1
T5	1	2	9	0	1
T5	2	0	0	3	1
T5	3	0	0	1	1

T5	4	0	0	2	1
T5	5	0	0	1	1
T6	1	0	0	3	1
T6	2	0	0	4	1
T6	3	0	0	4	1
T6	4	2	2.5	2	1
T6	5	2	2.75	4	1

❖ Comportement des substrats

T0 à T6 semblent représenter différentes conditions ou traitements, avec chaque sous-groupe représentant les données d'une répétition sous ce traitement.

Les valeurs de "N Feuilles" varient largement d'une répétition à l'autre, et aussi entre les substrats. On peut noter que le nombre de feuilles ("N Feuilles") est particulièrement élevé pour certaines répétitions, comme T0-Répétition 5 (2 feuilles) et T5-Répétition 1 (2 feuilles). Ces résultats suggèrent que ces conditions spécifiques favorisent une production de feuilles plus importante.

❖ Longueur moyenne des feuilles (Long moy des feuilles) :

Les "Long moy des Feuilles" varient aussi, allant de 0 dans de nombreux cas, à des valeurs plus élevées comme 10.25 dans T0-Répétition 5. Cela pourrait indiquer que certaines conditions environnementales ou substrats permettent une meilleure croissance des feuilles. La moyenne des longueurs des feuilles est particulièrement faible dans les substrats T1 à T4, souvent inférieure à 1 cm, ce qui pourrait signifier que ces substrats ne favorisent pas une grande croissance des feuilles.

❖ Nombre de bourgeons LTR (latéraux) :

Il y a des variations notables ici, avec des pics observés dans certaines répétitions. Par exemple, pour T0-Répétition 4, le nombre de bourgeons LTR est 6, alors que d'autres répétitions dans les substrats T1 à T4 ont des valeurs beaucoup plus faibles, voire zéro. Cela indique que certains substrats favorisent la formation de racines ou de bourgeons plus longues.

❖ Nombre de bourgeons TRm (Bourgeons terminaux) :

Les bourgeons terminaux semblent suivre un modèle similaire, où la majorité des répétitions sous certains substrats montrent un nombre constant de 1 bourgeon TRm. Cependant, certaines répétitions sous T6 montrent un nombre plus élevé, notamment T6-Répétition 5, avec 4 bourgeons TRm. Cela pourrait signaler un effet de traitement ou un environnement plus favorable.

N Brg LTR (bourgeons latéraux) est la seule variable montrant une différence significative entre substrats ($F = 4,71$, $p = 0,002$).

Le résultat de l'analyse de variance fait apparaître une différence significative pour le nombre de bourgeons latéraux, avec une moyenne générale de 1,60 bourgeon.

Les substrats T0 et T6 se distinguent par les moyennes les plus élevées (3,0 et 3,4).

Pour N Feuilles, longueur moyenne des feuilles et N Brg TRm, les p-values sont supérieures à 0,05 ; il n'y a donc pas de différence statistiquement significative entre substrats.

A partir du test NEWMAN KEULS, on a une moyenne de 0,886 avec un classement du groupe homogène B.

❖ L'ANOVA indique une variation significative entre les groupes étudiés.

Tableau 21 : Résultats relatifs aux caractères mesurés de la variété BEZOUL EL KHADEM

Substrats	Répétition	N Feuilles	long Moy des Feuilles	N Brg LTR	N Brg TRm
T0	1	1	2.5	2	1
T0	2	0	0	0	1
T0	3	1	3	2	1
T0	4	0	0	0	1
T0	5	2	5.75	1	1
T1	1	0	0	3	1
T1	2	0	0	0	1
T1	3	0	0	0	0
T1	4	0	0	2	0
T1	5	0	0	1	2
T2	1	0	0	1	0
T2	2	0	0	1	0
T2	3	0	0	1	0
T2	4	0	0	0	1
T2	5	0	0	0	1
T3	1	0	0	1	1
T3	2	0	0	0	1
T3	3	0	0	1	1
T3	4	0	0	2	1
T3	5	0	0	0	1
T4	1	0	0	0	1

T4	2	0	0	0	2
T4	3	0	0	0	1
T4	4	0	0	2	1
T4	5	0	0	0	2
T5	1	0	0	0	1
T5	2	0	0	0	1
T5	3	0	0	1	1
T5	4	0	0	2	1
T5	5	0	0	0	1
T6	1	1	2	1	1
T6	2	0	0	0	1
T6	3	2	2.25	1	1
T6	4	2	2.75	1	0
T6	5	2	6.5	0	0

❖ Comportement des substrats (T0 à T6) :

La variété BEZOUL EL KHADEM montre une croissance très variable en fonction des substrats. Le substrat T0 semble être le plus favorable pour cette variété, avec des valeurs de N Feuilles élevées, notamment dans T0-Répétition 1 (1 feuille), T0-Répétition 3 (1 feuille), et T0-Répétition 5 (2 feuilles). La longueur moyenne des feuilles atteint jusqu'à 5.75 cm dans T0-Répétition 5. Ce substrat semble permettre une croissance assez robuste de la variété.

Les substrats T1 à T5 montrent des résultats beaucoup plus faibles, notamment pour la production de feuilles et la formation de branches. La production de feuilles est presque nulle dans la plupart des répétitions (valeurs à 0 pour N Feuilles) et la longueur moyenne des feuilles reste également très faible.

En revanche, dans T6, bien que le nombre de feuilles soit encore modéré (avec 2 feuilles dans certaines répétitions), la longueur moyenne des feuilles atteint des valeurs relativement plus élevées (jusqu'à 6.5 cm dans T6-Répétition 5). Cela peut suggérer que T6 favorise une meilleure taille des feuilles, même si la production est encore faible.

☐ Nombre de bourgeons latéraux (N Brg LTR) :

Le nombre de bourgeons LTR semble assez variable d'un substrat à l'autre. T0 enregistre des résultats significatifs avec 2 bourgeons LTR dans T0-Répétition 1 et 3, mais il reste faible dans d'autres répétitions.

Pour T1 à T5, on observe une tendance générale à des valeurs faibles ou nulles de N Brg LTR. Les substrats T2, T3, T4 et T5 sont particulièrement pauvres en termes de formation de bourgeon LTR, avec des valeurs allant de 0 à 2 bourgeon dans certaines répétitions.

T6, de manière générale, montre une plus grande variation, mais avec des pics comme T6-Répétition 1, où une seule bourgeon LTR est observée.

Nombre de bourgeon TRm (Bourgeons terminaux) :

Le nombre de bourgeon terminaux est généralement faible, avec une valeur constante de 1 bourgeon TRm dans la plupart des répétitions sous T0 et T6.

T1 à T5 montrent des résultats très limités ou absents pour la formation de bourgeon terminales. Notamment, dans T1, T2, T3, et T4, il y a des répétitions avec 0 bourgeon TRm.

T6, bien qu'il montre quelques pics de 2 bourgeon TRm dans T6-Répétition 5, demeure relativement modéré comparé à T0.

La variété BEZOUL EL KHADEM semble mieux se développer sous le substrat T0, avec un nombre de feuilles et de bourgeons relativement plus élevés et une longueur de feuilles plus significative. Les substrats T1 à T5 ne semblent pas favoriser un bon développement de la variété, avec des valeurs très faibles pour presque tous les caractères mesurés (feuilles, bourgeon LTR, bourgeon TRm). Le substrat T6 présente un certain potentiel de croissance, surtout en ce qui concerne la taille des feuilles, mais n'affiche pas une forte production de bourgeon.

- Le résultat de l'analyse de variance fait apparaître une différence significative pour le nombre de feuilles et la longueur moyenne des feuilles, avec des moyennes plus élevées pour les substrats T0 et surtout T6
- Pour les bourgeons (latéraux et terminaux), les différences entre substrats sont non significatives, les valeurs restant relativement homogènes entre traitements.
- Le classement selon le test de Newman-Keuls place les valeurs dans un groupe homogène A, avec une moyenne de 2,486.
- L'analyse de variance met en évidence une différence hautement significative entre les traitements.

Tableau 22: Relatifs aux caractères mesurés de la variété BAKKOR

Substrats	Répétition	N feuilles	long Moy des Feuilles	N Brg LTR	N Brg TRm
T0	1	0	0	0	1
T0	2	0	0	0	0
T0	3	1	2	0	0
T0	4	0	0	0	0
T0	5	0	0	0	1
T1	1	2	0.5	0	0
T1	2	1	0.5	1	0
T1	3	0	0	0	0
T1	4	0	0	0	0
T1	5	0	0	0	0
T2	1	0	0	0	0
T2	2	0	0	0	0
T2	3	0	0	3	0
T2	4	0	0	0	0
T2	5	0	0	0	0
T3	1	0	0	0	0
T3	2	0	0	0	0
T3	3	0	0	0	0
T3	4	0	0	0	0
T3	5	0	0	0	0
T4	1	0	0	0	1
T4	2	0	0	0	0
T4	3	0	0	0	0
T4	4	0	0	0	0
T4	5	0	0	1	0
T5	1	0	0	0	0
T5	2	0	0	0	0
T5	3	0	0	0	0
T5	4	0	0	0	0
T5	5	0	0	0	0
T6	1	0	0	1	0
T6	2	0	0	0	0
T6	3	0	0	2	0
T6	4	0	0	0	0
T6	5	0	0	0	0

❖ Nombre de feuilles

Très faible : uniquement observée dans T0-Rép 3 (1 feuille, 2 cm), T1-Rép 1 (2 feuilles), T1-Rép 2 (1 feuille).

Aucun autre substrat n'a produit de feuilles significatives.

❖ Longueur moyenne des feuilles

Petite : autour de 2 cm dans T0-Rép 3, 0,5 cm dans T1-Rép 1 et 2.

Substrats T2–T6 n’ont produit que des valeurs nulles.

❖ Bourgeons LTR (bourgeons latéraux)

Observées uniquement dans T1-Rép 2 (1), T2-Rép 3 (3), T4-Rép 5 (1), T6-Rép 1 (1), T6-Rép 3 (2).

Indiquent un certain potentiel en ramification racinaire dans quelques substrats.

❖ Bourgeons TRm (Terminale)

Présentes dans T0 (Rép 1 et 5) et T4-Rép 1, mais absentes dans la majorité des répétitions.

La croissance de la variété BAKKOR est globalement faible sur tous les substrats testés.

Seuls T0 et T1, ponctuellement, ont permis une légère production de feuilles.

Les substrats T2–T6 sont majoritairement défavorables, avec peu ou pas de développement.

Quelques substrats présentent une ramification racinaire ponctuelle (bourgeons LTR), sans que cela conduise à une production foliaire notable.

Le résultat de l’analyse de variance fait apparaître une différence non significative entre les substrats pour l’ensemble des caractères étudiés (nombre de feuilles, longueur moyenne des feuilles, bourgeons latéraux et bourgeons terminaux).

Les moyennes sont très faibles et la variabilité interne reste trop réduite pour mettre en évidence un effet substantiel du substrat dans ces conditions expérimentales.

Le test de Newman-Keuls révèle un classement en groupe homogène B, dont la moyenne est de 0,486.

L’ANOVA indique une variation non significative entre les groupes étudiés

II.II.2.2 Analyses des résultats de la dernière observation :

La dernière observation le 28 Mai 2025 est faite le jour de l’arrêt de notre expérimentation

Tableau 23 : Taux de reprise des boutures

Substrats	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Variété 1	80%	0%	0%	20%	0%	40%	100%
Variété 2	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Variété 3	80%	0%	20%	20%	20%	0%	80%

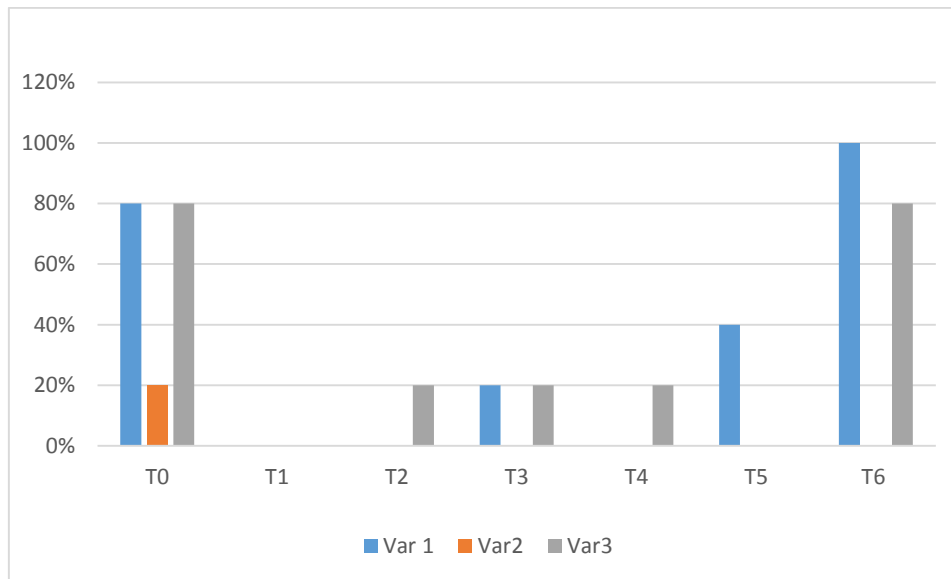


Figure 33 : Taux de reprise des boutures de trois Variétés.

Tableau 24 : Relatifs aux caractères mesurés de la variété ABOUGHENDJOUR

Substrats	Repetition	N Feuilles	LONG MOY	N BRG LTR	N BRG TRM
T0	1	0	0	2	1
T0	2	4	16.12	5	0
T0	3	4	13.37	3	2
T0	4	4	10.5	2	1
T0	5	4	19.12	2	1
T1	1	0	0	0	0
T1	2	0	0	0	0
T1	3	0	0	0	0
T1	4	0	0	0	0
T1	5	0	0	0	0
T2	1	0	0	0	1
T2	2	0	0	0	0
T2	3	0	0	0	1
T2	4	0	0	0	0
T2	5	0	0	0	0
T3	1	0	0	0	1
T3	2	0	0	0	0
T3	3	0	0	0	0
T3	4	0	0	0	0
T3	5	3	16	0	1
T4	1	0	0	0	0
T4	2	0	0	0	0
T4	3	0	0	0	0
T4	4	0	0	0	0
T4	5	0	0	0	0

T5	1	3	20.3	0	1
T5	2	0	0	0	2
T5	3	0	0	0	1
T5	4	0	0	0	0
T5	5	2	9	0	1
T6	1	2	16	3	1
T6	2	2	10.25	3	1
T6	3	1	21	3	1
T6	4	3	14	2	2
T6	5	1	8	2	2

❖ Nombre de Feuilles :

Nous remarquons une absence de feuilles pour les substrats T1, T2, T3, et T4 (sauf pour quelques répétitions où des feuilles sont présentes). Les substrats T5 et T6 montrent un nombre variable de feuilles, mais pas systématiquement.

Les substrats T0, T5, et T6 ont une meilleure présence de feuilles comparés aux autres substrats. Cela pourrait indiquer que la variété ABOUGHENDJOUR est sensible à l'environnement des substrats ou à certaines conditions spécifiques pour se développer, notamment les substrats T1 à T4.

❖ Longueur moyenne des feuilles (LONG MOY) :

La longueur moyenne des feuilles varie considérablement entre les substrats. Par exemple, pour T0 (répétition 2), la longueur moyenne est de 16.12 cm, et pour T5 (répétition 1), la longueur moyenne est de 20.3 cm, ce qui suggère une variabilité importante.

T0 montre une longueur assez variée, allant de 10.5 cm à 19.12 cm, ce qui peut indiquer une variation liée à des facteurs environnementaux ou génétiques.

❖ Nombre de Bourgeons Latéraux (N Brg LTR) :

Les substrats T0, T5, et T6 ont des valeurs de bourgeons latéraux qui fluctuent entre 0 et 5 par répétition. Par exemple, T0 a des répétitions avec un nombre de bourgeons latéraux de 2, 3 et 5.

T1, T2, T3, et T4 montrent une absence de bourgeons latéraux dans la plupart des répétitions. Cela suggère qu'il y a des substrats qui limitent la croissance latérale, peut-être en raison de conditions sous-optimales pour cette variété.

❖ Nombre de Bourgeons Terminaux (N Brg TRM) :

Le nombre de bourgeons terminaux est aussi un paramètre intéressant. Les substrats T0 et T5 montrent une variété de valeurs, tandis que les substrats T1 à T4 montrent des valeurs proches de 0 dans la majorité des répétitions.

Cela montre que la variété ABOUGHENDJOUR présente un meilleur développement terminal sur des substrats comme T0 et T5, et beaucoup moins sur T1 à T4.

La variété ABOUGHENDJOUR semble sensible aux conditions de substrat. Les substrats T0, T5, et T6 semblent favoriser la croissance et le développement, avec un bon nombre de feuilles, une longueur moyenne correcte et une présence notable de bourgeons latéraux et terminaux. En revanche, les substrats T1, T2, T3, et T4 semblent défavorables, avec une absence de développement notable, voire aucun développement dans certains cas.

L'analyse de variance (ANOVA) met en évidence une différence statistiquement significative entre les groupes étudiés (test de NEWMAN KEULS non significatif).

Tableau 25 : Relatifs aux caractères mesures de la variété BEZOUL EL KHADEM

Substrats	Repetition	N Feuilles	LONG MOY	N BRG LTR	N BRG TRM
T0	1	2	15	2	1
T0	2	9	12.05	3	0
T0	3	7	14.57	3	1
T0	4	6	8.5	2	1
T0	5	4	18.75	3	1
T1	1	3	16.66	2	1
T1	2	0	0	0	1
T1	3	0	0	0	0
T1	4	0	0	0	0
T1	5	2	10.5	2	1
T2	1	0	0	0	0
T2	2	2	8	1	1
T2	3	6	10.91	1	1
T2	4	9	11.94	2	1
T2	5	3	16.33	0	1
T3	1	0	0	0	0
T3	2	3	8.5	0	0
T3	3	0	0	0	0
T3	4	0	0	0	0
T3	5	4	16.62	0	1
T4	1	4	16.25	1	1
T4	2	0	0	0	1
T4	3	6	10	2	2
T4	4	0	0	0	0

T4	5	3	16.33	0	1
T5	1	0	0	0	0
T5	2	4	8.87	2	0
T5	3	4	14	1	1
T5	4	0	0	0	0
T5	5	0	0	0	0
T6	1	3	17.5	0	1
T6	2	3	6.83	1	2
T6	3	4	9.12	2	0
T6	4	2	13.25	0	1
T6	5	3	13.5	0	1

❖ Nombre de feuilles

Les substrats T0, T2, T4, T6 montrent une feuille régulière (jusqu'à 9 feuilles).

T1, T3, T5 sont plus variables, avec certaines répétitions à 0 feuilles.

❖ Longueur moyenne des feuilles

Les longueurs moyennes vont de ~6,8 cm (T6 rép. 2) jusqu'à ~18,75 cm (T0 rép. 5).

T0, T1, T4, T6 présentent de longues feuilles (>15 cm).

T2, T3, T5 sont plutôt modérés à faibles (<12 cm).

❖ Bourgeons latéraux (LTR)

T0, T1, T2, T4, T5, T6 arborent souvent 1 à 3 bourgeons latéraux.

T3 reste sans bourgeon ou très faible.

❖ Bourgeons terminaux (TRM)

Présentes dans presque tous les substrats, mais T2, T3, T4, T6 montrent au moins 1 bourgeons terminale dans plusieurs répétitions.

T5 n'a presque pas de bourgeons terminaux.

T0 et T6 sont les substrats les plus performants : production de feuilles, longues feuilles, bourgeons latéraux et terminaux.

T4 est un candidat solide, bien équilibré.

T2 montre un bon nombre de feuilles mais des branches latérales moindres, et une moyenne inférieure de longueur.

T1, T3, T5 paraissent moins adaptés : feuilles irrégulières, parfois très petites, bourgeons limités.

- Une variation non significative a été mise en évidence entre les groupes à l'aide de l'ANOVA

Tableau 26 : Relatifs aux caractères mesures de la variété BAKKOR

Substrats	Repetition	N Feuilles	Long moy	N Brg LTR	N Brg TRM
T0	1	0	0	0	0
T0	2	4	10.5	2	0
T0	3	4	11.5	0	1
T0	4	4	16.12	1	0
T0	5	0	0	0	1
T1	1	0	0	0	0
T1	2	0	0	0	0
T1	3	0	0	0	0
T1	4	0	0	0	0
T1	5	0	0	0	0
T2	1	0	0	0	0
T2	2	0	0	0	0
T2	3	0	0	0	0
T2	4	0	0	0	0
T2	5	0	0	0	0
T3	1	0	0	0	0
T3	2	5	5.4	3	0
T3	3	0	0	0	0
T3	4	0	0	0	0
T3	5	0	0	0	0
T4	1	0	0	0	0
T4	2	0	0	0	0
T4	3	0	0	0	0
T4	4	0	0	0	0
T4	5	4	14.7	0	1
T5	1	0	0	0	0
T5	2	0	0	0	0
T5	3	0	0	0	0
T5	4	8	9.87	2	0
T5	5	0	0	0	0
T6	1	0	0	0	0
T6	2	3	3.66	0	1
T6	3	4	1.87	2	0
T6	4	0	0	0	0
T6	5	0	0	0	0

❖ Nombre de feuilles

La majorité des substrats (T1 et T2) ne montrent aucune production foliaire, ce qui indique des conditions clairement défavorables.

T0, T3, T4, T5, et T6 présentent des résultats épisodiques, avec un nombre de feuilles maximal de 8 sur T5.

T5 (répétition 4) se distingue avec 8 feuilles, le meilleur résultat global.

T3 (répétition 2), T4 (répétition 5) et T6 (répétitions 1–4) montrent une présence modérée de feuilles

❖ Longueur moyenne des feuilles

Les longueurs varient de 1.87 cm (T6 rép. 3) à 16.12 cm (T0 rép. 4).

T0 et T4 délivrent des feuilles plus longues (>11 cm), indiquant une meilleure croissance foliaire.

T5 et T6, bien que produisant parfois plus de feuilles, montrent des feuilles plus courtes – parfois très petites (<10 cm).

❖ Bourgeons latérales (N BRG LTR)

T3 (rép. 2) atteint 3 bourgeons latéraux, un maximum ici.

T5 (rép. 4) et T0 apportent également des bourgeons latéraux (jusqu'à 2).

T6 montre un bon équilibre entre nombre de feuilles et quelques bourgeon latéraux (jusqu'à 2).

❖ Nombre de Bourgeons terminaux (N BRG TRm)

Assez rares, apparaissant dans certaines répétitions :

T0 (rép. 3 et 5)

T4 (rép. 5), T6 (rép. 1, 2, 4)

T3 et T5 n'en produisent pas du tout.

- Les résultats de l'ANOVA montrent une variation statistiquement non significative entre les groupes.

Tableau 27 : Poids des racines de la variété 1 ABOUGHENDJOUR

	Pois frais	Pois sec	Pois sec après 24h dans l'étuve à 70 C° de T°.
T0	5.0601	0.4063	0.06845
T1	0	0	0
T2	0	0	0
T3	7.356	0.4618	0.416
T4	0	0	0
T5	1.6999	0.2339	0.2177
T6	5.1001	0.1291	0.11

II.II.2.3 Poids frais et poids secs

Chez T0, le poids a fortement chuté après dessiccation (de 5,0601 g à 0,06845 g), indiquant une teneur en eau très élevée.

T3 présente un ratio sec/frais plus élevé (0,416 g / 7,3560 g \approx 5,66 %), ce qui signifie une teneur en eau légèrement plus basse que pour T0.

T5 et T6 montrent des teneurs en eau intermédiaires, mais la gamme reste relativement faible (< 14 % du poids frais).

II.II.2.4 Comparaison directe du poids sec final

T3 conserve le plus de masse sèche (0,416 g), suivi de T5 (0,2177 g), T6 (0,1100 g) et enfin T0 (0,06845 g).

Cela suggère que, selon le traitement, la variété ABOUGHENDJOUR a une capacité variable à conserver ses matières sèches : T3 > T5 > T6 > T0.

II.II.2.5 Efficacité de la dessiccation

La différence entre "poids sec" et "poids sec après étuve" est nulle pour T0, T1-2-4, T5, T6, ce qui signifie que le conditionnement en étuve n'a pas apporté de réduction supplémentaire.

Cependant, pour T3, on observe une différence notable : 0,4618 g \rightarrow 0,416 g, soit une perte supplémentaire de \sim 0,0458 g ou \sim 9,9 % du poids sec initial. Cela indique que chez T3, l'étuvage a encore éliminé une partie de l'humidité / composés volatils.

T3 est le plus intéressant : il conserve le plus de matière sèche et montre une réduction notable en étuve, ce qui signifie qu'il contenait à la fois de l'humidité facilement évaporée et de la matière retenue plus fermement.

T5 et T6 ont des poids secs modérés, sans perte supplémentaire en étuve.

T0, bien que volumineux frais, révèle essentiellement de l'eau ; la matière sèche finale est très faible et stable en étuve.

II.II.3 La biomasse racinaire des plantules

À la fin de notre expérimentation, le 29 mai 2025, nous avons procédé à la mesure du poids frais des racines de certains plants, après leur prélèvement et leur lavage. Par la suite, les racines ont été mises à sécher dans une étuve à 70 °C.



Figure 2 : Les racines de quelques plantules de notre



Figure 35 : Présentation des racines frais et après leurs séchages à l'étuve

II.II.4 Résultats des mesures de poids frais des acines

Tableau 28 : poids des racines de la variété 2 BEZOUL EL KHADEM

	Pois frais	Pois sec	Pois sec après le mettre dans l'étuve
T0	3.9503	0.6027	0.5541
T1	1.155	0.1853	0.1035
T2	2.032	0.3546	0.2945
T3	2.2546	0.2904	0.27785
T4	3.9834	0.3576	0.3355
T5	0.679	0.1248	0.1208
T6	2.3307	0.2502	0.248

II.II.4.1 Humidité élevée

Tous les échantillons présentent une forte teneur en eau (entre 81 % et 91 %), typique pour des graines fraîches ou peu séchées.

T5 et T2 sont légèrement moins humides (~82 %), tandis que T4 monte jusqu'à 91 %.

II.II.4.2 Perte en étuve variable

La perte en étuve révèle de l'eau secondairement liée ou des composés volatils.

T1 montre une perte très importante (44 %), suggérant une eau fortement adsorbée ou des gaz volatils, potentiellement due à une structure poreuse ou endommagée.

T2 et T0 montrent des pertes modérées (17 % et 8 %), tandis que T5, T6 et T3 en perdent peu (entre 0,9 % et 4,4 %).

II.II.4.3 Performance des échantillons

T1 : malgré un poids frais faible, presque la moitié de la matière sèche est éliminée à l'étuve. Peut-être fragile ou poreux.

T4 : très humide, mais ne perd que 6 % de sa masse sèche, suggérant une forte rétention d'une structure interne stable.

T6 et T3 : relativement humides (~85–90 %) avec une perte en étuve faible, indiquant des grains plus compacts.

Tableau 29 : Poids des racines de la variété 3 BAKKOR

	Pois frais	Pois sec	Pois sec après le mettre dans l'étuve sous 70C°
T0	2.4884	0.3846	0.3704
T1	0	0	0
T2	0	0	0
T3	2.4174	0.3684	0.3493
T4	1.6113	0.3059	0.2976
T5	1.1361	0.2481	0.2421
T6	1.32065	0.2148	0.2041

II.II.4.4 Teneur en eau

Les échantillons T0, T3 et T6 montrent une humidité élevée (83–85 %), typique de graines fraîches ou peu sèches.

T4 (81 %) et T5 (78 %) sont légèrement moins humides, donc plus adaptés à une conservation à court terme ou une étuvée efficace.

II.II.4.5 Perte en étuve

La perte post-étuvage reste faible, entre 2,4 % et 5,1 %, indiquant une faible présence d'eau liée ou de composés volatils.

T3 et T6 subissent la plus forte perte (≈ 5 %), suggérant encore un peu d'humidité liée malgré le séchage initial.

II.II.4.6 Analyse des échantillons

T5 : humidité la plus basse et perte minimale en étuve → indication de bonne stabilité de la matière sèche.

T4 : bien que plus humide que T5, libre de composés volatils (perte < 3 %), donc stable.

T0 et T3 : malgré une humidité élevée, leur petite perte en étuve montre que la majeure partie de l'eau est libre, non liée.

T6 : humidité élevée mais perte modérée post-étuve

T5 et T4 présentent les caractéristiques les plus stables pour une conservation ou un usage ultérieur : humidité modérée et très peu de perte en étuve.

T0, T3 et T6 sont très humides, ce qui peut altérer la conservation si le séchage n'est pas contrôlé.

Globalement, T5 semble le plus intéressant si l'on cherche à préserver la matière sèche sans risque de ré-humidification.

Au terme de ce travail, nous avons pu évaluer l'impact de substrats alternatifs, à savoir le grignon d'olive et les boues issues des stations d'épuration, sur la reprise au bouturage de trois variétés locales de figuier.

L'analyse s'est appuyée sur plusieurs paramètres agro-morphologiques mesurés, notamment le taux de reprise des boutures, le nombre de bourgeons terminaux, le nombre de bourgeons latéraux, le nombre de feuilles, la longueur moyenne des feuilles, ainsi que la biomasse racinaire des trois variétés étudiées.

L'analyse des résultats a permis de mettre en évidence une influence significative du type de substrat sur le taux de reprise et le développement des boutures de chaque variété. Nous avons permis aussi d'enregistrer les valeurs les plus frappantes des différents paramètres mesurés.

Les substrats T1 et T2, enrichis en grignon d'olive à des doses élevées (500 g et 400 g respectivement), ont montré des résultats défavorables en termes de reprise des boutures. Cette diminution de performance peut s'expliquer par la concentration excessive en composés phénoliques et l'acidité du grignon, susceptibles d'inhiber le processus d'enracinement. Ces observations soulignent l'importance de limiter la proportion de grignon dans le mélange, en le combinant avec d'autres matériaux plus neutres ou stabilisants (terreau

Les substrats incorporant du grignon d'olive ont démontré un potentiel intéressant pour le bouturage, à condition que ce sous-produit soit utilisé en proportions modérées. Les substrats T3, T4 et T5, contenant respectivement de faibles quantités de grignon d'olive (300 g, 200 g, 100 g), mélangé avec le terreau a enregistré de meilleurs taux de reprise. Cette amélioration semble liée à la diminution progressive de la fraction de grignon, permettant d'atténuer ses effets potentiellement négatifs

En effet, en raison de sa légère acidité et de sa richesse en composés phénoliques, le grignon d'olive utilisé en forte dose peut freiner le processus d'enracinement. Une utilisation raisonnée, en mélange avec d'autres composés, s'avère donc nécessaire pour optimiser son effet sur la multiplication végétative.

Les substrats T2, T3 et T4, contenant respectivement 100 g, 200 g et 300 g de boues d'épuration, ont donné des résultats acceptables en matière de reprise des boutures. Toutefois, les substrats T5 et T6, enrichis avec des quantités plus élevées de boues (400 g et 500 g), se sont distingués par des taux de reprise nettement supérieurs. Cette amélioration marquée suggère que l'augmentation progressive de la fraction de boues, jusqu'à un certain seuil, exerce un effet très favorable sur l'enracinement et le développement des boutures de figuier.

Les résultats obtenus indiquent que les boutures installées dans le substrats T6 enrichis en boues d'épuration ont enregistré des taux de reprise nettement supérieurs par rapport aux autres substrats témoins. Ce succès peut être attribué à la capacité des boues à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol, en créant un environnement favorable à la formation des racines adventives. Ainsi, les boues d'épuration, lorsqu'elles sont utilisées dans des proportions équilibrées et sécurisées, peuvent constituer un substrat idéal pour la multiplication végétative du figuier, tout en valorisant un sous-produit organique local d'origine urbaine.

Les boues issues des stations d'épuration ont montré un effet très favorable sur la reprise du bouturage du figuier, en particulier lorsqu'elles sont utilisées en proportions maîtrisée (500 g pour 1 kg. Leur incorporation, après un traitement approprié, améliore la structure, l'aération et la rétention en eau du substrat, tout en l'enrichissant en éléments nutritifs essentiels (azote, phosphore, matière organique). Une augmentation progressive de leur proportion améliore nettement le taux de reprise

des boutures, jusqu'à un seuil optimal à 100%. Ainsi, leur utilisation contrôlée constitue une solution efficace pour la multiplication végétative du figuier tout en valorisant durablement un sous-produit urbain.

Il est donc recommandé aux différentes pépiniéristes d'incorporer le grignon en faibles fractions, en l'associant à d'autres supports plus équilibrés sur le plan physico-chimique (tels que le terreau), afin d'assurer un substrat propice à la croissance des plants.

Références Bibliographiques

- ADEME, (1999) : Situation de recyclage agricole des boues d'épuration urbaines en Europe et dans divers autres pays du monde Ademe Edition, Paris, pp.159.
- Belkebir, (2007) : Valorisation des déchets agroalimentaires, cas de grignon d'olives Mémoire de magister, Université de Boumerdes
- Bourayou, K., Bouzid, L., Azzouz, M., Boukari, N., Saibi, Z., Khamellah, O. (2005). Possibilité de réhabilitation du figuier (*Ficus carica* L.) en fonction de ses ressources génétiques et en conditions agronomique et socioéconomique Algérienne. Séminaire International Sur l'amélioration des Productions Végétales. INRA-Alger, Algeria.
- (DSA, 2013). (DAS, 2019). (Khadidja Chibani, DSA). (Source : DSA TO, 2014).
- (Ferchichi et Aljan en 2007.) Aljane, F., Toumi, I., & Ferchichi, A. 2007. HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 6(5), 599-602.
- FAO stat. 2022. Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatif au secteur de la figue. Site web:www.faostat.org. Consulter en Juin 2022-06-02. <http://faostat.fao.org>.
- Jeddi en 2009. JEDDI L. 2009. Valorisation des figues de Taounate : potentiel, mode et stratégies proposés. Direction provinciale d'agriculture de Taounate. 1-26.
- BACHI K., (2011). Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (*ficus Carica*.L) par la mouche méditerranéenne des fruits, *ceratitis capitata*. Effets des essentielles sur la longévité des adultes. Mémoire de Magistère en Ecologie et biodiversité des Ecosystèmes Continentaux, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 1-113.
- OUKABLI A., (2003). Le figuier, Un patrimoine génétique diversifié à exploiter. Unité de recherche sur l'amélioration des plantes et conservation des Ressources phyto-génétiques INRA. Centre régionale de Meknès.
- .Oukabli A. 2012. Contexte de production des figues et contraintes liées au développement de la filière. Axe de recherche II. In : Revue annuelle des réalisations en matière de variétés et leur conduite technique dans les zones du projet arboriculture fruitière. Royaume du Maroc. Pp 4 11.
- Emberger en 1966 -EMBERGER L., 1952. << Une classification biogéographique des climts. Uni Montpellier. Série botanique. Fac 7.

- GAUSSEN H. (1982) Précis de botanique, tome II, les végétaux supérieurs, Ed Masson, pp : 558-560.
- PESSON P. et LOUVEAUX S.,1984: Pollinisation et production végétal INRA paris-662p
- PETER B. 2008. Figues de tous pays. Edisud.145 p.
- VIDAUD J., 1997. Le figuier monographie du CTIFL (centre technique Inter professionnel des fruits et légumes), 267p
- KJELLBERG F., ALJIBOURI A., et VALDEYRON G. (1983). Observations Récentes Sur Lapollinisation Du Fiquier. Fruits, 38 (7-8) .567-569. 67-KJELLBERG F et VALDEYRON G. (1984). The pollination of figtree (*Ficus carica* L.) and its control in horticulture (Vol. 5). Acta Oecologica.160
- MAURI N. 1952. Les figuiers cultivés en Algérie. Documents et renseignements agricoles, bulletin n°105, Alger.57P
- MADR (Ministère de l'agriculture et du développement Rural d'Algérie). Département des Statistique agricol serie A et B
- Mauri, N., 1939. Les figuiers cultivés en Kabylie. Contribution à leur détermination et étalonnage. Documents et renseignements agricoles, bulletin N° 5, Alger. 64p
- (Kjellberg et Valdeyron, 1984). Kjellberg F. et Valdeyron G. 1984. The pollination of the fig tree (*Ficus carica* L.) And its control in horticulture. Acta Oecologica/Oecologia Generalis. 5 (4): 407-412.
- -KJELLBERG F. ET Valdeyron G. 1984. The pollination of the fig tree (*Ficus carica* L.) and its control in horticulture. Acta Oecologica 5:407-412.
- MAURI N. 1939. Les caprifiguiers utilisés en Kabylie pour la caprification. Document et renseignements agricoles, Bulletin N°6,39p.
- (FAO STAT,2015 FAO **2021**. -FAO STAT, 2015. Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatif au secteur de la figue. 9p.
- Pesson et Louveaux (1984) PESSON P. et LOUVEAUX J., 1984. Pollinisation et production végétale. INRA, Paris.Ed. Lavoisier . 393-405.

- Khanfir E., 2015. Identification of genetic diversity of *Ficus carica* : Morphological and molecular characterization of varieties from Kerkennah. Editions Universitaires Européennes. Saarbrücken, Allemagne, 106 p
- Ouakbli, A, 2013, Projet Arboriculture fruitière : Programme financé par les Etats Unis d'Amérique par le biais de Millenium Challenge Corporation (MCC), consortium de recherche en agriculture composé de : l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, l'Ecole Nationale de l'Agriculture de Meknès et l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Livrable produit au niveau de l'axe II : Variétés et leurs conduites techniques, le figuier : document technique
- (Mauri, 1939). Mauri N. 1939. Les figuiers cultives en kabyles. Contribution à leur de détermination et étalonnage. Documents et renseignements agricoles, bulletin n°5, alger.64p
- (Rebour, 1968). Rebour H., 1968. Fruit méditerranéens autre que les agrumes. Ed. La maison rustique : pp 190-206.
- Bachi, 2012 Bachi,k, 2012.Etude de l'infestation de différente variétés de figuier (*ficus carica l*)par la mouche méditerranéenne des fruits *ceratitiscapitata* (Diptera,*trypetidae*) .effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes.theses magistereTizi-ouzo
- Mkedder(2022) Mkedder I. Chahbar M. Ilias F. & Gaouar, SBS. 2021. Characterization and Morphological Typology Of Fig Variety (*Ficus carica*) In The Tlemcen Region. Genetics.And. Biodiversity.Journal. GABJ,.5(2),159–185. <https://doi.org/10.46325/gabj.v5i2.60>
- Nefzaoui, A. (1987). Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits. Séminaire sur l'économie de l'Olivier, Tunisie.
- BACHI K. (2012). Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (*Ficus carica L.*) par la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Diptera, *trypetidae*). Effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes. Thèse de magistère, Tizi-Ouzou.133p
- Bachi K., 2012. Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier (*Ficus carica L.*) par la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis Capitata* (Diptera, *trypetidae*). Effets des huiles essentielles sur la longévité des adultes. Mémoire de magistère, Université Moulou Mammeri, Tizi-Oozou, 114 p.

- BELGHAOUTI Tayeb : Caractérisation physico-chimique et valorisation d'une boue de station d'épuration. Mémoire de Magister en hydraulique, Université des Sciences et de la technologie d'Oran Mohamed boudiaf, (2013), 108 p.

REZZAG HEBLA Safaa et MIMOUNI Messaouda : Valorisation des boues de la STEP de Touggourt dans la production de charbon actif. Mémoire de Master en traitement, épuration et gestion des eaux, Université Kasdi Merbah Ouargla, (2019), pp 1-6