



## Remerciements

Tout d'abord, je remercie le Grand dieu tout puissant, de m'avoir donné la force, le courage et la patience, pour mener au bien et à terme ce travail ;

En premier lieu, j'aimerais exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères au Pr. BENABDELI Khéloufi, d'avoir accepté l'encadrement scientifique et technique de ce travail, et de l'avoir suivi à sa fin ;

Je remercie également, Pr. BELABID Lakhdar, Université de Mascara, de l'honneur qu'il m'a fait pour avoir accepté la présidence de jury.

Je remercie aussi, Pr. MILOUDI Ali, Université de Mascara, pour avoir accepté la participation à l'examen de ce travail ;

Je remercie également, Dr. LARID Mohamed, Université de Mostaganem pour avoir accepté la participation à l'examen de ce travail ;

Je remercie aussi, Pr. LABANI Abderrahmane, Université de Saida pour avoir accepté la participation à l'examen de ce travail.

Je remercie également, Dr. TERRAS Mohamed, Université de Saida pour avoir accepté la participation à l'examen de ce travail.

Je remercie également, Mr. DEBBACHE Mohamed pour ses orientations et conseils au sujet de ce travail ;

Enfin, j'exprime ma respectueuse gratitude à Mr ELOUISSI Abdelkader pour ses conseils, et à Mr. BOUHADI Djilali et RAHOU Bachir pour leurs aides.

Mes remerciements vont également à : KADAOUI Kadour, Hadj, Aziz, ouvriers agricoles de la ferme expérimentale de l'université, TOUHAMI Benaoumeur, agent technique de l'ITAFV et Mme MEBANI Latifa, responsable de la ferme expérimentale de l'université et Si Tayeb Djelloul, ingénieur de laboratoire.

## **Dédicace**

A la mémoire de mon cher père

A ma mère

A mes frères et sœurs

A toute ma famille

A mes chouyoukhs

A la mémoire de Segheir

Je dédie ce travail

## **Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre *Pistacia***

**Résumé :** Les études sur la germination et la croissance de jeunes semis de *Pistacia vera* L et de *Pistacia atlantica* ont été conduites au laboratoire et sous serre sous différents traitements. Les résultats obtenus ont révélé que pour la première espèce n'ont pas eu un effet sur le taux de germination des graines ainsi sur les paramètres de croissance. Pour la deuxième espèce, les résultats ont eu un effet sur les paramètres de croissance mais pas sur le taux de germination des graines. Les traitements par eau bouillante et par acide sulfurique ont détruit l'embryon des graines déhiscentes de pistachier vrai.

L'étude du greffage par écusson ou œil poussant de *Pistacia vera* L. selon deux formes de fente d'introduction du greffon (T normal "T" et T renversé "⊥") et au courant de cinq périodes différentes.

Les résultats obtenus révèlent que la forme de T n'a pas un effet significatif sur le taux de réussite du greffage alors que le moment ou la période de l'exécution du greffage a un effet significatif.

Pour l'élongation de la pousse végétative, elle est dépendante de la période de greffage ; plus on greffe tôt plus la pousse prend en longueur. Le nombre de feuilles est fonction du nombre d'entre-nœuds sur la pousse.

Le comportement biométrique de cinq variétés de *Pistacia vera* L. d'origine syrienne introduites en Algérie et l'analyse biochimique de leurs fruits ; élevées dans un étage bioclimatique semi-aride (commune de Maoussa, Mascara, Algérie) ont permis de sélectionner les variétés qui présentent les meilleures caractéristiques tant biométriques que biochimiques pour leurs fruits sont dans un ordre croissant : Achouri, Nebdjemel, Bayadhi, Batouri et Adjmi.

**Mots clés :** *Pistacia vera* L., *Pistacia atlantica*, prétraitements, greffage, bourgeon, biométrie, fruits, amandes, variétés

## **Contribution to improving techniques of stratification and grafting of some species of the genus *Pistacia***

**Abstract:** Studies on the germination and growth of seedlings of *Pistacia vera* and *Pistacia atlantica* were conducted in laboratory and greenhouse. These consisted germination tests and monitoring of the growth of seedlings under different treatments. The results obtained showed that for the first species of *Pistacia* studied treatments tested did not have an effect on the germination rate of seeds and the growth parameters (stem height, number of leaves and length of roots). As regards the second species of *Pistacia*, the results revealed that the tested treatments have an effect on the growth parameters, however they have no effect on the seed germination rate. Not to remember that treatment with boiling water and sulfuric acid destroyed the embryo dehiscent seed pistachio true.

Concerning the study of grafting or eye shield pushing real pistachio (*Pistacia vera* L.), according to two forms of T (the opening that is on the rootstock to allow the graft to slip) (normal T "T" and inverted T "⊥") and in five different periods.

The results show that the shape of T does not have a significant effect on grafting success rates when the time or the period of the implementation of grafting has a significant effect.

The study of behavioral biometric five varieties of *Pistacia vera* L. of Syrian origin introduced in Algeria in 1998 and biochemical analysis of their fruits; reared in a semi-arid bioclimatic stage (common Maoussa, Mascara, Algeria) helped make a qualitative comparison. The characterization and description of the female varieties of pistachio have been based on the criteria set by the descriptor of Pistachio (*Pistacia vera* L.) established by the International Plant Genetic Resources Institute in 1997.

The results obtained to facilitate the choice of species to multiply in semiarid area on sandy clay soil structure under an annual average rainfall of 385mm.

Varieties that have the best characteristics of both biometric and biochemical for their fruit are in ascending order: Achouri; Nebdjemel, Bayadhi, Batouri and Adjmi.

**Keywords:** *Pistacia vera* L., *Pistacia atlantica*, pretreatments, grafting, bud, biometrics, fruits, almond varieties.

## المساهمة في تحسين التقنيات التنضيد وتطعيم بعض الأنواع من جنس البطم

**ملخص:** أجريت دراسات حول انتشار و نمو شتلات الفستق الحلبي و البطم في المخبر و في البيوت البلاستكية

وأظنك هذه اختبارات نباتية نمو الشتلات تحت الاجتاذة. و ربيت النتائج أن لأنواع اولى من و اللبتم دراسة علاج لتدبل يكون لها تأثير على معدل إنبات البذور و المعلمت النمو (وفق ارتفاع، عدد اوراق و طول الجذور). و فيما يتعلق النوع الثاني من الفستق، وكشفت النتائج أن العلاجات اختبار لها تأثير على عوامل النمو، ولكن ليس لديهم تأثير على معدل إنبات البذور. للتذكير أن العلاج بالماء المغلي و حامض الكبريتيك دمرت الجنين بذرة الفستق الحلبي.

وفقا لشكلين من T و فيما يتعلق بدراسة تطعيم العين اليقظة للفستق الحلبي يحسب شكل حرف

T. "T" عادي والمقلوب "L".

النتائج المتحصلة تظهر أن شكل T ليس له تأثير في نسبة نجاح التطعيم أما زمن له تأثير . بالنسبة لنمو و طول الغصن الناتج عن التطعيم فهو على علاقة مع زمن عملية التطعيم.

تراسة خصائص البيو مترية خمس طء فل للفندق الحلبي دو ا صل السوري لي أخذ لي للجزاؤ سنة ل1998 و تحاليل البيوكيمائية للثمار المزروعة في منطقة ماوسة التي تتميز بمناخ شبه جاف سمحت بقيام بمقارنة نوعية. هذه المقارنة اعتمدت على معايير توصيف الصء فل ا ناث من الفستق التي وضعتها واصف من الفستق معهد الموارد الوراثية النباتية الدولية في عام 1997.

لنتائج المتصلة من خلال هذه الرملة تدبلي في لتبيل ا صناف التي تتميز بصفات اثر أهميعة فل التي لديها أفضل ا خصائص كل البيو مترية و البيو كيميائية لثمارها هي في ترتيب تصاعدي: عاشوري, ناب الجمل, بياضي, بتوري عجمي.

**الكلمات المفتاحية:** الفستق الحلبي, البطم, المعالجات, التطعيم, البرعم, بيو متري, ثمار, أصناف

## SOMMAIRE

SOMMAIRE	Pages
Chapitre I. Etat des connaissances sur le genre <i>Pistacia</i>	
Introduction générale	01
1. Importance économique de la culture du pistachier	03
1.1. Production dans le monde	03
1.2. Aperçu sur la culture du pistachier en Algérie	04
1.3. Importance nutritionnelle des pistaches	06
1.4. Intérêt médical des pistaches	07
2. Origine du genre <i>Pistacia</i> et historique de la culture de <i>Pistacia vera</i>	08
2.1. Origine	07
2.2. Historique de la culture	08
2.3. L'arbre du pistachier	09
2.3.1. Classification botanique	09
2.3.2. Les différentes espèces du genre <i>Pistacia</i>	10
2.3.2.1. Pistachier d'Atlas ( <i>Pistacia atlantica</i> )	10
2.3.2.2. Pistachier térébinthe ( <i>Pistacia terebinthus</i> )	11
2.3.2.3. Pistachier de Palestine ( <i>Pistacia palestina</i> )	12
2.3.2.4. <i>Pistaciakhinjuk</i> ( <i>Pistacia integerrima</i> )	12
2.3.2.5. Lentisque ( <i>Pistacia lentiscus</i> )	13
2.3. Caractères morphologiques du pistachier fruitier	14
2.3.1. Aspect de l'arbre	14
2.3.2. Le système racinaire	14
2.3.3. Les feuilles	15
2.3.4. Les organes floraux	15
2.3.5. Le fruit	16
2.4. Les variétés de pistachier	17
2.5. Exigences écologiques	18
2.5.1 Climat	18
2.5.1.1. Pluviométrie	18
2.5.1.2. La température	19
2.5.1.3. La lumière	20
2.5.1.4. Les vents	20

## SOMMAIRE

2.5.2. Le sol	20
2.5.3. Altitude	20
2.6. Plantation et soins culturaux	21
2.6.1. Préparation du terrain	21
2.6.2. La plantation	21
2.6.3. Soins culturaux	21
2.6.3.1. Les façons culturales	21
2.6.3.2. La taille	21
2.6.3.3. Irrigation	21
2.6.3.4. Fumure d'entretien	22
2.7. Pollinisation et fécondation	22
2.7.1. La pollinisation	22
2.7.2. La fécondation	23
2.8. Les stades phénologiques du pistachier fruitier	23
2.8.1. Le débourrement	23
2.8.2. Elongation des pousses	24
2.8.3. La feuillaison	24
2.8.4. La floraison	24
2.8.4.1. Floraison mâle	24
2.8.4.2. Floraison femelle	25
2.8.5. Croissance du fruit après fécondation	25
2.8.6. Formation des fruits vides	26
3. Notions de germination et de croissance	27
3.1. La germination	28
3.1.1. Caractéristiques de la graine	28
3.1.2. Définitions de la germination	28
3.1.3. Les types de germination	28
3.1.4. Les différentes phases de la germination	29
3.1.5. Les facteurs de la germination	31
3.1.6. Les dormances	33
3.1.6.1. Les inhibitions tégumentaires	33
3.1.6.1.1. L'imperméabilité à l'eau	33
3.1.6.1.2. L'imperméabilité à l'oxygène	34
3.1.6.2. Dormances embryonnaires	35

## SOMMAIRE

3.2. La croissance	35
3.2.1. Sites et formes de croissance	36
3.2.1.1. Au niveau de la plante et des organes	36
3.2.1.1.1. La croissance primaire	36
3.2.1.1.2. La croissance secondaire	37
3.2.1.2. Au niveau cellulaire	37
3.2.2. Cinétique de croissance et variation dans la croissance	38
3.2.3. Les substances régulatrices de croissance	38
3.2.3.1. Action de l'auxine	38
3.2.3.2. Gibbérelline	39
4. Différentes méthodes pour la levée de la dormance des semences	39
4.1. Méthodes physiques	40
4.2. Trempage dans l'eau	42
4.3. Traitement à l'acide	45
4.4. Chaleur sèche et feu	45
4.5. Stratification au froid	46
5. Multiplication du pistachier	49
5.1. Par semis	49
5.2. Par greffage	50
5.2.1. Les différents porte greffe utilisés pour le greffage	50
5.2.2. Le greffage	52
Chapitre II : Etude de la germination et croissance de jeunes plants de pistachier vrai et pistachier d'Atlas	56
I. Etude de la germination et croissance sous étuve de jeunes plants de pistachier vrai et de pistachier d'Atlas	57
I.1. Matériel végétal	57
I.2. Essais de germination	58
I.3. Mensuration	58
I.3.1. Taux de germination	59
I.3.2. Vitesse de germination ou temps moyen de germination (TMG)	59
I.3.3. Etude du comportement des plantules de pistachier	59
I.3.3.1. Etude de la morphogenèse (hauteur des tiges)	60
I.3.3.2. Etude de la morphogenèse (longueur des racines)	60
I.4. Présentation et analyse des résultats	60

## SOMMAIRE

I. 4.1. Résultats des essais de germination des graines de pistachier vrai	61
I. 4.1.1. Taux de germination(%) des graines	61
I.4.1.2. Temps moyen de germination	63
I.4.2.Résultats de l'étude morphologique des plantules du pistachier vrai	63
I.4.2.La croissance des tiges en hauteur	63
I.4.2.3. Croissance en longueur des racines	65
I.4.2.4. Nombre de feuilles par tige	66
I.5.Résultats des essais de germination et de l'étude morphologique du pistachier de l'Atlas	68
I. 5.1. Résultats des essais de germination des graines de pistachier de l'atlas	68
I. 5.1. 1. Taux de germination(%) des graines	68
I.5.1.2. Temps moyen de germination	70
I.5.2. Résultats de l'étude morphologique des plantules du pistachier de l'Atlas	71
I.5.2.1. La croissance des tiges en hauteur	71
I.5.2.2. Croissance en longueur des racines	72
I.5.2.3. Nombre de feuilles par tige	74
I.6. Comparaison des différents paramètres de germination des deux espèces de pistachier (Pistachier vrai et Pistachier de l'Atlas)	75
I.6.1. Taux de germination(%) des graines	75
I.6.2. Temps moyen de germination	76
I.6.3. La croissance des tiges en hauteur	77
I.6.4. La croissance en longueur des racines	78
I.6.5. Nombre de feuilles par tige	79
I.6.6. Conclusion	80
Chapitre III. Effet de quelques prétraitements des semences sur la levée et la croissance de jeunes semis de pistachier vrai sous serre ( <i>Pistacia vera</i> L.)	82
I. Matériel et méthodes	82
I.1. Matériel végétal	82
I.2. Méthodes	82
II. Résultats et discussions	84
II.1. Taux de levée (%) des plantules	84
II.1.1. Cinétique de la levée	85
II.2. La levée des plantules	86
II.3. La croissance des plantules	87
II.4. Nombre de feuilles	88

## SOMMAIRE

II.5. La longueur des racines	89
II.6. Diamètre au collet	90
II.7. Conclusion	90
Chapitre IV. Greffage du pistachier vrai	92
I. Caractéristiques générales de la région de Mascara	92
I.1. Situation géographique de la région d'étude	92
I.2. Limites administratives	93
I.3. Lithologie et unités pédologiques	93
I.3.1. Les rendzines	94
I.3.2. Les vertisols	94
I.3.3. Les roches légères siliceuses et alluvionnaires	94
I.3.4. Les sols salins	94
I.4. Etude climatique	94
I.4.1. La température	94
I.4.2. Les précipitations	94
I.4.3. La gelée	95
I.4.4. Le vent	96
I.5. Synthèse climatique	96
I.5.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	96
I.5.2. Climagramme d'EMBERGER	97
II. Matériel et méthodes	98
II.1. Matériel végétal	98
II.1.1. Le porte greffe	98
II.1.2. Le greffon	99
II.2. Méthodes	101
II.2.1. Matériel de greffage en écusson utilisé	102
II.2.2. Les étapes de l'exécution du greffage par écusson (œil poussant)	102
II.2.3. Les soins après la reprise	104
III. Résultats et discussion	106
III.1. Taux de reprise au greffage par période et par forme de T	106
III.1.1. Période de 15/05/2010 et de 01/06/2010	106
III.1.2. Période de 15/06/2010	107
III.1.3. Période de 30/06/2010	108
III.1.4. Période de 15/07/2010	110

## SOMMAIRE

III.1.5. Analyse statistique des résultats	110
III.1.5.1. Analyse de la variance	110
III.2. Elongation de la pousse de l'écusson de greffage	113
III.2.1. Elongation de la pousse de l'écusson des périodes 1 et 2	113
III.2.2. Elongation de la pousse de l'écusson des périodes 3	115
III.2.3. Elongation de la pousse de l'écusson de la période 4	116
III.2.4. Elongation de la pousse de l'écusson de la période 5	117
III.2.5. Analyse statistique des résultats	118
III.2.5.1. Analyse de la variance	118
III.3. Nombre de feuilles par pousse par période de greffage	121
III.3.1. Analyse de la variance	121
IV. Greffage des plants de pistachier en verger	123
IV.1. Matériel végétal	123
IV.2. Méthode	124
IV.3. Résultats et discussion	125
IV.3.1. Taux de reprise au greffage	125
IV.3.2. Elongation de la pousse de l'écusson	126
IV.3.3. La vigueur de la pousse de l'écusson	127
IV.4. Conclusion	127
Chapitre V. Etude phénologique, biométrique et biochimique des cinq variétés de pistachier	130
I. Etude phénologique	130
I.1. Matériel et méthodes	130
I.1.1. Matériel végétal	131
I.1.2. Méthode de travail	132
I.2. Résultats et discussion	132
I.2.1. Détermination des différents stades phénologiques	132
II. Etude biométrique et biochimique	136
II.1. Problématique	137
II.2. Objectif de l'expérimentation	137
II.3. Matériel et méthodes	137
II.4. Résultats et discussion	138
II.4.1. Le port de l'arbre	138
II.4.2. La vigueur	139
II.4.3. La feuille	139

## SOMMAIRE

II.4.4. La foliole terminale	140
II.4.5. Le fruit	141
II.4.5.1. Rapport épaisseur/longueur du fruit	144
II.4.6. L'amande	145
II.4.6.1. Rapport épaisseur/longueur de l'amande	147
II.4.7. Poids sec de 100 fruits et de 100 amandes	148
II.4.8. Nombre de fruits dans 100g	150
II.4.9. Taux de déhiscence des fruits	150
II.4.10. Productivité	152
II.4.11. Poids sec amandes/poids sec fruits x100	152
II.5. Analyse biochimique	153
II.6. L'analyse des moyennes par l'ACP des différents caractères étudiés	155
II.7. Synthèse des résultats obtenus	156
II.8. Conclusion	157
Conclusion générale	158
Références bibliographiques	
Annexe	
Publication	

*Liste des figures*

Liste des figures	Pages
Figure 1. Superficie cultivée de pistachier dans le monde en (%) Source: FAO, 2006	03
Figure 2. Production de pistachier dans le monde en (%) Source: FAO, 2006	04
Figure 3. Carte des zones potentielles de la culture du pistachier en Algérie	06
Figure 4. Aire géographique de culture de pistachier fruitier	09
Figure 5. Organigramme des différentes espèces du genre <i>Pistacia</i> (famille des Anacardiaceae) et les différentes variétés de <i>pistacia vera</i> dans le monde (ACSAD, 1998)	10
Figure 6. Carte de distribution de Pistachier d'Atlas ( <i>Pistacia atlantica</i> ) dans le monde Source: Zohary. M, 1952	11
Figure 7. Carte de distribution de Pistachier térébinthe ( <i>Pistacia terebinthus</i> ) dans le monde Source: Zohary. M, 1952	12
Figure 8. Carte de distribution <i>Pistacia khinjuk</i> dans le monde. Source: Zohary. M, 1952	13
Figure 9. Carte de distribution de lentisque ( <i>Pistacia lentiscus</i> ) dans le monde. Source: Zohary. M, 1952	14
Figure 10. Coupe longitudinale d'un fruit de pistachier. Source: Anonyme, 1997.	17
Figure 11. Germination épigée du haricot (à gauche) et hypogée du pois (à droite) (d'après Meyer et al 2004)	29
Figure 12. Courbe théorique de la germination d'une semence (d'après Côme, 1982).	30
Figure 13. Les étapes de la germination d'une graine (d'après Meyer et al, 2004)	30
Figure 14. Les différents facteurs impliqués dans la qualité germinative des semences (d'après Côme, 1993).	32
Figure 15. Schéma du mécanisme de l'apport d'oxygène à l'embryon, à travers les enveloppes séminales imbibées qui renferment des composés phénoliques. (D'après Côme, 1967)	34
Figure 16. Germination et premiers stades de croissance d'un haricot. (UNESCO 1973 in Meyer et al, 2004)	36
Figure 17. Taux de germination(%) des graines germées mises sous différents traitements	61
Figure 18. Temps moyen de germination des graines germées mises sous différents traitements	63
Figure 19. Croissance en longueur des tiges mises sous les différents traitements (après 20 semaines de mesure)	64

## Liste des figures

Figure 20. Croissance moyenne en longueur des racines en cm (après 20 semaines de mesure)	66
Figure 21. Nombre de feuilles par des tiges mises sous les différents traitements (après 20 semaines de mesure)	66
Figure 22. Taux de germination(%) des graines germées mises sous différents traitements	69
Figure 23. Temps moyen de germination des graines germées mises sous différents traitements	70
Figure 24. Croissance en longueur des tiges mises sous les différents traitements (Après 20 semaines de mesure)	72
Figure 25. La croissance en longueur des racines des plantules de pistachier d'Atlas	73
Figure 26. Nombre de feuilles par des tiges mises sous les différents traitements (après 20 semaines de mesure)	74
Figure 27. Comparaison entre les taux de germination des graines des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai)	76
Figure 28. Comparaison entre le temps moyen de germination des graines des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai)	77
Figure 29. Comparaison entre les moyennes de croissance en longueur des tiges des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai). (Après 20 semaines de mesures)	78
Figure 30. Comparaison entre les moyennes de croissance en longueur des racines des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai) (après 20 semaines de mesures).	79
Figure 31. Comparaison entre les nombre des feuilles des plants des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'atlas, pistachier vrai) (Après 20 semaines de mesures)	80
Figure 32. Taux de levée (%) des plantules de <i>Pistacia vera</i> mises sous différents prétraitements.	85
Figure 33. Cinétique de levée des plantules de <i>Pistacia vera</i> sous l'effet des différents prétraitements.	86
Figure 34. Les coefficients des taux de levée (CRE) des plantules mises sous différents traitements	88
Figure 35. La croissance aérienne de jeunes plantules de <i>Pistacia vera</i> L des différents prétraitements.	89
Figure 36. Le nombre de feuilles de jeunes plantules de <i>Pistacia vera</i> L sous différents prétraitements.	89

*Liste des figures*

Figure 37. La longueur des racines principales de jeunes plantules de <i>Pistacia vera L</i> des différents traitements.	90
Figure 38. Le diamètre au collet des jeunes plantules de <i>Pistacia vera L</i> des différents traitements	90
Figure 39. Situation géographique de la wilaya de Mascara	92
Figure 40. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls Station de l'ITAFV (Maoussa). Période (1990-2009)	96
Figure 41. Localisation de la ferme de démonstration de l'ITAFV de Maoussa.	98
Figure 42. Plan parcellaire de la ferme de démonstration de l'ITAFV de Maoussa.	98
Figure 43. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 1	106
Figure 44. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 2	107
Figure 45: Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 3	108
Figure 46. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 4	109
Figure 47. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 5	110
Figure 48. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 1	114
Figure 49: Longueur de la pousse de l'écusson de la période 2	114
Figure 50. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 3	115
Figure 51. Rameaux de hêtre ( <i>Fagus sylvatica</i> ) a. en hiver - b. en été de l'année suivante.	116
Figure 52. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 4	117
Figure 53. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 5	118
Figure 54. Nombre de feuilles par pousse de l'écusson des 5 périodes de greffage	121
Figure 55. Plan du verger d'expérimentation de pistachier de la ferme d'université	124
Figure 56. Taux de reprise au greffage par œil poussant des cinq variétés de pistachier	125
Figure 57. Elongation de la pousse de l'écusson de greffage	126
Figure 58. Diamètre de la pousse de l'écusson de greffage	127
Figure 59. Plan du verger d'expérimentation de pistachier vrai	131
Figure 60. Port de l'arbre (IPGRI, 1997)	138

*Liste des figures*

Figure 61. Variation du diamètre des troncs des cinq variétés de pistachier	139
Figure 62. Variation de la longueur et largeur de la feuille des cinq variétés de pistachier	140
Figure 63. Variation de la longueur et de la largeur de la foliole terminale des cinq variétés de pistachier	141
Figure 64. Variation de la longueur, la largeur et l'épaisseur du fruit des cinq variétés de pistachier	142
Figure 65. Rapport épaisseur /longueur du fruit des cinq variétés de pistachier vrai	144
Figure 66. Variation de la longueur, largeur et l'épaisseur de l'amande des cinq variétés de pistachier	145
Figure 67. Rapport épaisseur /longueur de l'amande des cinq variétés de pistachier	148
Figure 68. Poids sec de 100 fruits et 100 amandes des cinq variétés de pistachier	149
Figure 69. Nombre de fruits dans 100 g des cinq variétés de pistachier	150
Figure 70. Taux de déhiscence des fruits des cinq variétés de pistachier	151
Figure 71. Productivité en fruits par les cinq variétés de pistachier	152
Figure 72. Rapport poids sec amandes/poids sec fruits x100 des cinq variétés de pistachier	153
Figure 73. Représentation des cinq variétés de pistachier par l'ACP	155
Figure 74. Dendrogramme des cinq variétés de pistachier	156

Liste des tableaux	Pages
Tableau 1. Superficie et production du Pistachier dans le monde	03
Tableau 2. La composition en nutriments des pistaches (100g)	06
Tableau 3. Liste des principales variétés de pistachier des pays producteurs (source: ACSAD, 1998)	18
Tableau 4. Emplacement des arbres mâles et femelles dans le verger de pistachier	23
Tableau 5. Cycle biologique du pistachier vrai en Syrie (source: ACSAD, 1998)	26
Tableau 6. Caractéristiques des graines de pistachier d'Atlas et pistachier vrai	57
Tableau 7. Les caractéristiques physico-chimiques de cette tourbe	59
Tableau 8. Le taux des éléments fertilisants de la tourbe	60
Tableau 9. Les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles. Période (1990.2010) Source: Station météorologique d'I.T.A.F.V (Maoussa)	95
Tableau 10. Moyennes annuelles des précipitations en (mm) période (1990-2009)	95
Tableau 11. Le nombre de jours de la gelée par mois (compagne agricole 2009/2010)	96
Tableau 12. Résultats de greffage en relation avec les différents traitements	111
Tableau 13. Résultats de l'analyse de la variance de deux facteurs (périodes et forme de T)	112
Tableau 14. Longueur des pousses de l'écusson des 05 périodes de greffage	113
Tableau 15. Elongation des pousses de l'écusson des 5 périodes de greffage	118
Tableau 16. Résultats de l'analyse de la variance de l'élongation des pousses des deux facteurs (périodes et forme de T)	120
Tableau 17. Nombre de feuilles par pousse par période de greffage	121
Tableau 18. Nombre de feuilles par pousse par période de greffage	121
Tableau 19. Résultats de l'analyse de la variance du nombre de feuilles par pousse des deux facteurs (périodes et forme de T)	123
Tableau 20. Nombre de plants greffés par variété	125
Tableau 21. Nombre de bourgeons végétatifs par variété et par mètre linéaire	133

Tableau 22. Evolution de l'élongation de la pousse végétative	133
Tableau 23. Nombre de boutons floraux par variété et par mètre linéaire	134
Tableau 24. Longueur moyenne de l'inflorescence par variété étudiée	135
Tableau 25. Le port de l'arbre des cinq variétés de pistachier	138
Tableau 26. Comparaison des moyennes du diamètre du tronc selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %	140
Tableau 27. Comparaison des moyennes de la longueur des feuilles selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.	140
Tableau 28. Comparaison des moyennes de la largeur des feuilles selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.	141
Tableau 29. Comparaison des moyennes de la longueur des folioles selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.	142
Tableau 30. Comparaison des moyennes de la longueur des fruits selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.	144
Tableau 31. Comparaison des moyennes de la largeur des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent quatre groupes différents à 5 %.	144
Tableau 32. Comparaison des moyennes de l'épaisseur des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent deux groupes différents à 5 %.	144
Tableau 33. Comparaison des moyennes du rapport E/L des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent quatre groupes différents à 5 %.	145
Tableau 34. Comparaison des moyennes de la longueur des amandes selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.	147
Tableau 35. Comparaison des moyennes de la largeur des amandes selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.	148
Tableau 36. Comparaison des moyennes de l'épaisseur des amandes selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.	148
Tableau 37. Comparaison des moyennes du rapport E/L des amandes selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.	149
Tableau 38. Comparaison des moyennes du poids sec de 100 fruits selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.	150
Tableau 39. Comparaison des moyennes du poids sec de 100 amandes selon les	150

variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Tableau 40. Comparaison des moyennes du nombre de fruits dans 100g selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %. 151

Tableau 41. Comparaison des moyennes du taux de déhiscence des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent quatre groupes différents à 5 %. 152

Tableau 42. Comparaison des moyennes du poids sec amandes/poids sec fruits x100 selon les variétés. A, B, C, D et E représentent cinq groupes différents à 5 %. 154

Tableau 43. Résultats de l'analyse biochimique du fruit des cinq variétés de pistachier 154

Tableau 44. Matrice de comparaison 157

## *Liste des photos*

Liste des photos	Pages
Photo 1. Les différents types de feuilles composées de pistachier fruitier Source: BOUALEM. S, 2010	15
Photo 2. Les organes floraux du pistachier. Source: BOUALEM. S, 2009	16
Photo 3. Fruit de pistachier vrai [(1. Pistaches avec téguments extérieurs, 2. Pistaches sans téguments extérieurs (variété Achouri)], Source: BOUALEM. S, 2010.	17
Photo 4. Les jeunes plantules du pistachier vrai ( a et b photos prises 10 semaines après semis, c photo prise deux ans après)	64
Photo 5. Les racines des plantules de pistachier vrai	65
Photo 6. Les jeunes plantules du pistachier de l'Atlas	71
Photo 7. Les racines des plantules de pistachier d'Atlas	73
Photo 8. Semences de pistachier vrai (variété Achouri)	99
Photo 9. Pépinière de l'expérimentation de greffage par écusson	99
Photo 10. Le parc à bois de la station de démonstration de l'ITAFV de Maoussa	100
Photo 11. Etapes de préparation de la pousse de l'année pour greffage par écusson	101
Photo 12. Le greffon est un œil prélevé de la pousse de l'année	103
Photo 13. Incision latérale du porte greffe pour formation du (T)	103
Photo 14. Incision verticale du porte greffe pour formation du (T)	103
Photo 15. Ecartement des lèvres à l'aide de la spatule du greffoir	103
Photo 16. Glissement de l'écusson dans l'entaille	104
Photo 17. Ecusson complètement posé sur le porte greffe	104
Photo 18. Ligature du greffon avec du raphia (en commençant par le haut)	104
Photo 19. Fin de l'opération de greffage	104
Photo 20. Pousse de l'écusson de greffage	106
Photo 21. Verger de pistachier d'essai (à gauche 2010, à droite 2015)	124
Photo 22. Emergence de la pousse feuillée issue du greffage de l'écusson	126
Photo 23. Le verger d'expérimentation de pistachier vrai de l'ITAFV de Maoussa (Mascara)	132

*Liste des photos*

Photo 24. Les différents stades phénologiques de pistachier vrai (cas de la variété Bayadhi)	136
Photo 25. Les fruits des cinq variétés de pistachier (photos à gauche avec téguments, photos à droite sans téguments)	143
Photo 26. Les amandes du fruit des cinq variétés de pistachier	146

## Introduction

Le pistachier vrai est une espèce fruitière intéressante pour son impact tant écologique qu'économique en régions arides et semi-arides ; il permet de donner des rendements appréciables et joue un rôle dans la réhabilitation des terres à faible productivité agricole. Le développement de la culture du pistachier revêt un intérêt certain pour de nombreuses régions arides et semi-arides en Algérie. (Benabdeli, 2012). Cependant, la maîtrise des techniques de son élevage et essentiellement la phase préparation des plants de *Pistacia vera* pour le greffage pose encore des problèmes à l'origine du faible taux de réussite. Même si la meilleure méthode de production de porte-greffes est la voie sexuée ; l'obtention de plants de semis reste une opération difficile pour *Pistacia atlantica* et *Pistacia terebinthus*. Chez ces espèces, l'endocarpe est une barrière imperméable qu'il faut scarifier, mécaniquement ou chimiquement à l'aide de l'acide sulfurique ou de la soude caustique, afin de faciliter, à l'intérieur des graines, le passage de l'eau, indispensable pour la germination (Caruso et De Michèle, 1987; Romero *et al.* 1988).

Etant donné que le pistachier est une essence dioïque, le semis donne autant de pieds mâles que des femelles. Le greffage des sujets mâles s'impose mais la reprise au greffage, quelle que soit la méthode utilisée, dépend directement du diamètre du porte-greffe et de sa vigueur (Aleta et al. 1997). L'utilisation de plants greffés dont l'âge est inférieur à trois ans et pourvus d'un bon système racinaire permet d'éviter les difficultés de transplantation en verger (Jacquy, 1972). C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée en vue d'obtenir une germination élevée et homogène mais aussi de comparer certains prétraitements assurant la meilleure croissance et le bon développement des jeunes plantules destinées au greffage. Concernant le greffage du pistachier vrai, il existe deux façons possibles : soit en pépinière mais ce dernier donne des taux de reprise au greffage assez faibles, soit en verger après plantation des plants ; ce procédé donne des taux de reprise au greffage assez importants.

Le mode de greffage le plus utilisé pour le pistachier fruitier est le greffage en écusson. On distingue le greffage en écusson à œil poussant (début été) et le greffage en écusson à œil dormant (fin été).

Le premier type de greffage, l'œil greffé débourre environ 2 à 3 semaines après le greffage alors le second type, l'œil greffé entre en activité le printemps de l'année suivante.

Pour l'extension de la culture de pistachier, l'Algérie par le biais de l'ITAFV et l'aide technique de l'ACSAD a introduit des variétés syriennes pour l'étude de leur comportement vis-à-vis du climat et sol.

L'échec de l'extension de l'utilisation de *Pistacia* vera dans les différentes zones écologiquement corrélées avec ses exigences nécessite une prise en charge de cette problématique. Le but de ce travail de recherche se présente comme suit :

- une étude comparative entre les différentes variétés du genre *Pistacia*
- un test sur les résultats de différents types de greffage
- une comparaison de quelques paramètres qualitatifs des fruits

Le but final étant d'aider les agriculteurs et les responsables du secteur agricole et forestier à mieux choisir les variétés de Pistachier.

## 1. Importance économique de la culture du pistachier

Le pistachier est parmi les arbres fruitiers qui a une grande importance économique, en termes de capacité d'exportation et pourvoyeur de devises. Pour cet effet, de nombreux pays arabes comme la Jordanie, Libye, Tunisie, Algérie, Maroc et autres pays ont fait introduire cette culture. Selon des rapports de la FAO qui montrent que la production de pistaches a enregistré une énorme augmentation entre les années 1969 – 2006. En effet durant les années soixante du dernier siècle la production était environ de 32 mille tonnes, elle a augmenté durant le début des années quatre-vingt-dix environ huit fois soit plus de 250 mille tonnes. En 2008, la production mondiale était de 562327 tonnes partagée entre les pays producteurs soulevés dans le tableau 1.

### 1.1. Production dans le monde

Tableau 1. Superficie et production du Pistachier dans le monde.

Pays	Iran	U.S.A	Turquie	Syrie	Chine	Reste du monde
Superficie (Ha)	250000	105000	65000	57000	30000	23000
Production (Tonne)	350000	130000	85000	80000	40000	14900

Source: FAO, 2006

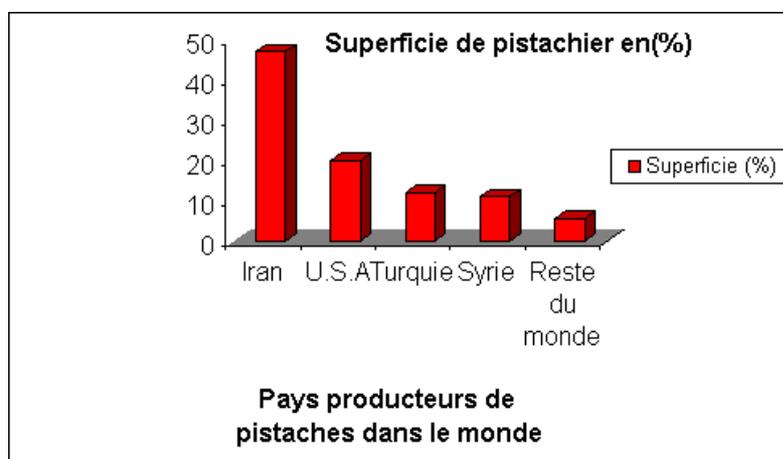


Figure 1. Superficie cultivée de pistachier dans le monde en (%) Source: FAO, 2006

L'Iran occupe la première place dans le monde de point de vue superficie cultivée de cette spéculacion soit environ 50% de la superficie mondiale, vient en seconde position l'Etat Unis d'Amérique puis la Turquie et la Syrie qui vient en quatrième position avant la Chine. En dernière position le reste du monde qui comporte le Grèce, l'Italie, la Tunisie et le Maroc.

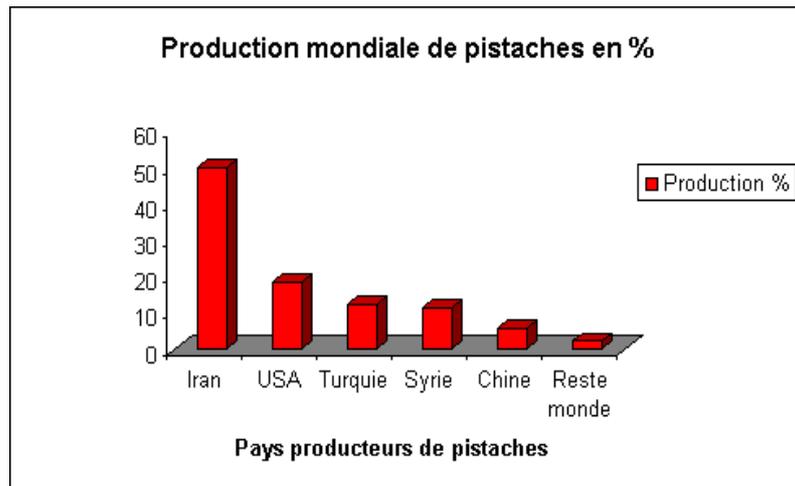


Figure 2. Production de pistachier dans le monde en (%) Source: FAO, 2006

La figure 2 montre qu'il y a de grandes différences de pourcentage de production entre l'Iran et les autres pays producteurs de pistaches. En effet l'Iran présente 50 % de la production mondiale vient ensuite l'Etat Unis d'Amérique avec 18,5 %. La Syrie, le pays arabe producteur de pistaches présente 11,5 % de la production mondiale. Ces grandes différences de production peuvent s'expliquer :

- variétés de pistachier cultivées;
- Superficie cultivée;
- milieu favorable pour cette culture.

## 1.2. Aperçu sur la culture du pistachier en Algérie

La culture du pistachier en Algérie a commencé par l'introduction de la variété tunisienne "Mateur" dans les régions de l'est algérien ( Batna, Timgad, AïnMadhi, Bouira, Hammam Dhelaa). Cette culture existe aussi dans le centre ainsi l'ouest algérien plus précisément dans la wilaya de Sidi Bel Abbès (Sfisef) et dans la wilaya de Saïda (AïnHadjar, Sidi Amar).

Depuis 1980, le centre arabe (ACSAD) en coopération avec l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne (ITAFV) de Boufarik a introduit en Algérie des variétés de pistachier suivantes: Batouri, Achouri, Oleïmi, Boundoki et Aïn Tina en plus des semences de pistachier de Palestine et de pistachier d'Atlas et placé dans le centre d'introduction, de conservation et de contrôle du matériel végétal à Blida.

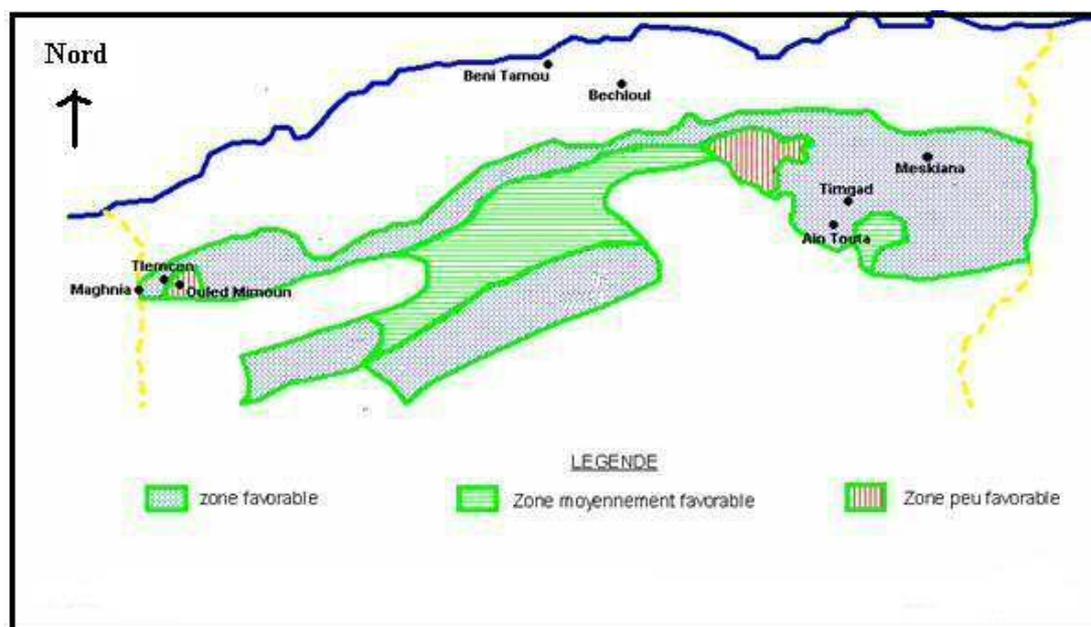
La station expérimentale de Tighennif (Mascara) qui appartient à ITAFV a également introduit des variétés de pistachier pour l'étude de leur comportement et pour leur mise en culture dans la région.

L'Algérie dispose un climat et un sol favorables pour l'extension de la culture du pistachier étant que cette dernière ne demande pas de grandes quantités d'eau ainsi une terre de qualité. De nombreux exploitants essayent d'introduire le pistachier dans leurs terres dans la condition qu'ils trouvent l'aide de la part des représentants du secteur agricole. Dans ce domaine, ITAFV de Tighennif a dressé un programme pour l'intensification de cette culture en distribuant gratuitement des plants porte- greffe (SPG ) de pistachier aux fellahs désirant l'introduire dans leurs exploitations agricoles et le suivi technique par les agents de cette institution agricole.

La figure n°3 montre les zones favorables de la culture du pistachier. Selon KHELIL et KELLAL (1980), la présence du genre Pistachier à l'état spontané dans certaines régions de notre pays constitue la meilleure indication de possibilités pour le Pistachier fruitier d'y prospérer.

En se basant sur les exigences écologiques de cette espèce, KHELIL et KELLAL (1980) ont pu délimiter 4 zones à vocation Pistachier en Algérie:

- Zone favorable : Cette zone répond à l'ensemble des exigences écologiques de l'espèce.
- Zone moyennement favorable : Elle répond à l'ensemble des exigences climatiques du Pistachier, mais dont le sol conviendrait moyennant quelques amendements.
- Zone peu favorable : C'est une zone qui répond à l'ensemble des critères de climat à l'exception de l'altitude et dont le sol peut ou ne pas convenir.
- Zone non favorable : Elle ne répond pas aux critères de climat mais c'est une zone dont le sol pourrait convenir à la culture du pistachier



Source: Morsli et al., 2001.

Figure 3. Carte des zones potentielles de la culture du pistachier en Algérie

### 1.3. Importance nutritionnelle des pistaches

Sur le plan nutritif, les pistaches ont une valeur très importante autant que les noisettes et les amandes, elles entrent dans la composition de certains mets et on la mange comme dessert c'est la consommation en apéritifs qui se développe en Europe et en Amérique, en Syrie, le prix de la pistache varie entre 147 à 170 lire Syrien le kilo équivalent de 1100 DA le kilo en Algérie.

Les pistaches comme les autres fruits oléagineux contiennent une quantité importante en phospholipides et une quantité moyenne de protéines en plus ses contenances en sucres et en éléments minéraux comme ils sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2. La composition en nutriments des pistaches (100g)

Nutriments	Unités	Quantités	Nutriments	Unités	Quantités
Protéines	g	21	Sodium	mg	1
Lipides	g	44	Zinc	mg	2
Glucides	g	28	Cuivre	mg	1
Fibres	g	10	Vitamine C	mg	5
Calcium	mg	107	Vitamine B6	mg	1,7
Fer	mg	4	Vitamine B12	mg	0

Magnésium	mg	121	Vitamine A	UI	553
Phosphore	Mg	490	Vitamine E	mg	5
Potassium	mg	1025			

Source: Laurence LIVERNAIS-SAETTEL, diététicienne diplômée d'état, 2002

Source: *USDA NutrientDatabase*, 2002

Les pistaches sont aussi de bonnes sources de magnésium, phosphore, potassium, vitamines du groupe B, vitamine E et fibres.

#### **1.4. Intérêt médical des pistaches**

Jusqu'à maintenant, cinq grandes études (the Adventist Health Study, The Physicians' Health Study, The Iowa Women Health Study, the Nurses' health Study and the CARE study) ont examiné la relation entre la consommation de fruits oléagineux et l'incidence des maladies cardiovasculaires. Toutes ont trouvé un effet bénéfique de la consommation des fruits oléagineux. Ceci est principalement dû à la teneur en matières grasses de ces fruits.

Les acides gras mono insaturés ont un effet reconnu sur la réduction du cholestérol total et LDL (mauvais cholestérol). Le magnésium, le cuivre, l'acide folique, le potassium, les fibres et la vitamine E présents dans les pistaches peuvent aussi jouer un rôle dans la prévention des maladies cardiovasculaires.

Selon certains médecins préconisent l'emploi du mastic extrait du pistachier lentisque contre les infections pulmonaires, urinaires et douleurs d'estomac. En Algérie, on utilise les racines moulues mélangées avec de l'huile contre la toux infantile, en Iran on utilise les téguments des pistaches contre les diarrhées excessives.

## **2. Origine du genre *Pistacia* et historique de la culture de *Pistacia vera***

### **2.1. Origine**

Le genre *Pistacia* a une origine très ancienne et comptait avant l'ère tertiaire de nombreux représentants. Ceci explique le fractionnement actuel des aires des différentes espèces. La présence de restes fossiles du genre dans les îles de l'océan Atlantique apporte une preuve à cette opinion. Les pistachiers sont vraisemblablement originaires des régions forestières subtropicales et l'ancienne zone méditerranéenne, les espèces ayant subi par la suite une forte xérophitisation.

En ce qui concerne *Pistacia vera*, le plus important du genre puisqu'il donne seul des fruits comestibles, la détermination de l'aire géographique d'origine est assez difficile en raison de l'ancienneté de la culture qui a conduit à une vaste dispersion dans les pays chauds de l'Asie

occidentale. Si l'espèce se rencontre actuellement dans les pays méditerranéens, en Crimée et en Transcaucasie, elle n'a été observée, à l'état sauvage que dans la partie orientale de son aire actuelle : Syrie, Iran, Afghanistan et surtout Turkestan (LEMAISTRE. J, 2000).

## 2.2. Historique de la culture

Les savants accompagnants Alexandre le Grand signalaient déjà la culture du pistachier en Bactriane. D'après Pline, la pistache comestible fut introduite en Italie, sous le règne de Tibère, par Vitellius gouverneur de la Syrie, de là elle parvint en Espagne où Flacus Pompeius l'importa. Posidonius, Dioscoride, Pline et Jalenius, signalent sa culture en Syrie. Soleiman, en 815 après J.C, a remarqué, en Chine, des cultures de pistachier. C'est vraisemblablement à partir des arbres importés en Italie que les plantations se créent dans l'empire romain : France, Grèce, Afrique du Nord. Aux Etats-Unis, l'importation du pistachier est relativement récente : 1853. Mais, en fait, ce n'est qu'à partir d'une seconde introduction en provenance de France, en 1876, que la culture se développe un peu en Californie, en Arizona et au Texas (LEMAISTRE.J, 2000).

Le pistachier (*Pistacia vera L*) est originaire du Turkestan, notamment des régions désertiques des monts de Kopet DAGH au Turkménistan où existent encore des forêts de cette espèce à l'état spontané (peuplement très lâche couvrant des montagnes arides) (EVREINOFF, 1948), (BOUTBOUL, 1986) et (ZUANG et al, 1988).

A partir de ces peuplements, les agriculteurs ont, au cours des siècles, peu à peu sélectionnés des variétés donnant des fruits de qualité au point de vue grosseur. Parfum, déhiscence de la coque, productivité et adaptées à différentes régions du globe. CROSSA RAYNAUD et GERMAIN (1982), BOUTBOUL (1989).

Cette sélection de nouvelles variétés de Pistachier a favorisé le développement et l'expansion de sa culture dans le monde.

- ✓ En Asie, l'espèce a fait l'objet d'une véritable culture notamment en Iran. En Turquie et en Syrie. Selon ABOU SALIM et KALI (1992), l'Asie constitue la principale zone de culture du Pistachier.
- ✓ En Amérique du Nord (U.S.A). L'espèce a été introduite en 1857 (EVREINOFF, 1948), mais son développement est relativement récent. il est lié à la sélection de nouveaux cultivars.
- ✓ Au niveau de la zone méditerranéenne, le Pistachier fruitier est connu. Acclimaté et cultivé depuis fort longtemps, mais sa culture n'a jamais connu un vrai

développement. (CROSSA-RAYNAUD et GERMAIN, 1982). Ce n'est que vers ces dernières années que l'espèce a fait l'objet de nombreuses études, notamment en Italie, en Espagne, en Grèce et en Tunisie. En Algérie, quelques études lui ont été consacrées et qui restent très dispersées.

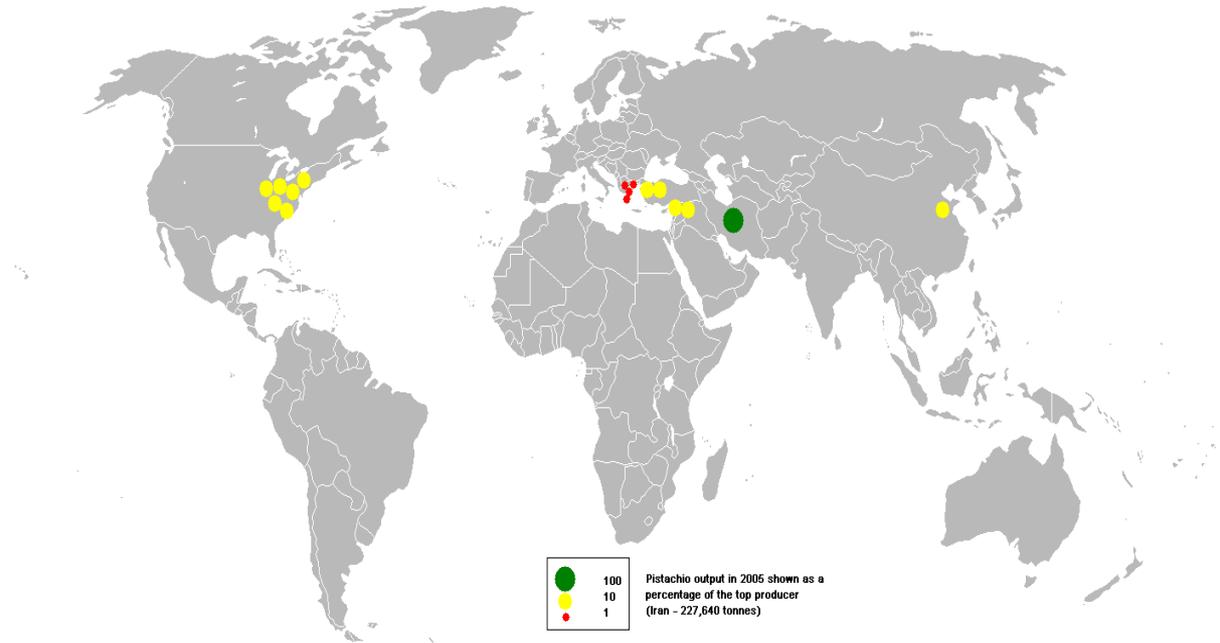


Figure 4. Aire géographique de culture de pistachier fruitier

## 2.3. L'arbre du pistachier

### 2.3.1. Classification botanique

L'étude monographique du genre *pistacia*, faite par ZOHARY en 1952 montre que ce genre comprend 04 sections et 11 espèces, *pistacia vera* est la seule espèce produisant des fruits comestibles (CROSSA-RAYNALD et GERMAIN, 1982), sa classification botanique est la suivante :

Règne	Végétale.
Embranchement	Spermaphytes.
Sous embranchement	Angiospermes.
Classe	Dicotylédones.
Sous classe	Apétales.
Ordre	Thérubinthes.
Famille	Anacardiées.
Genre	<i>Pistacia</i>

Source: ACSAD, 1998

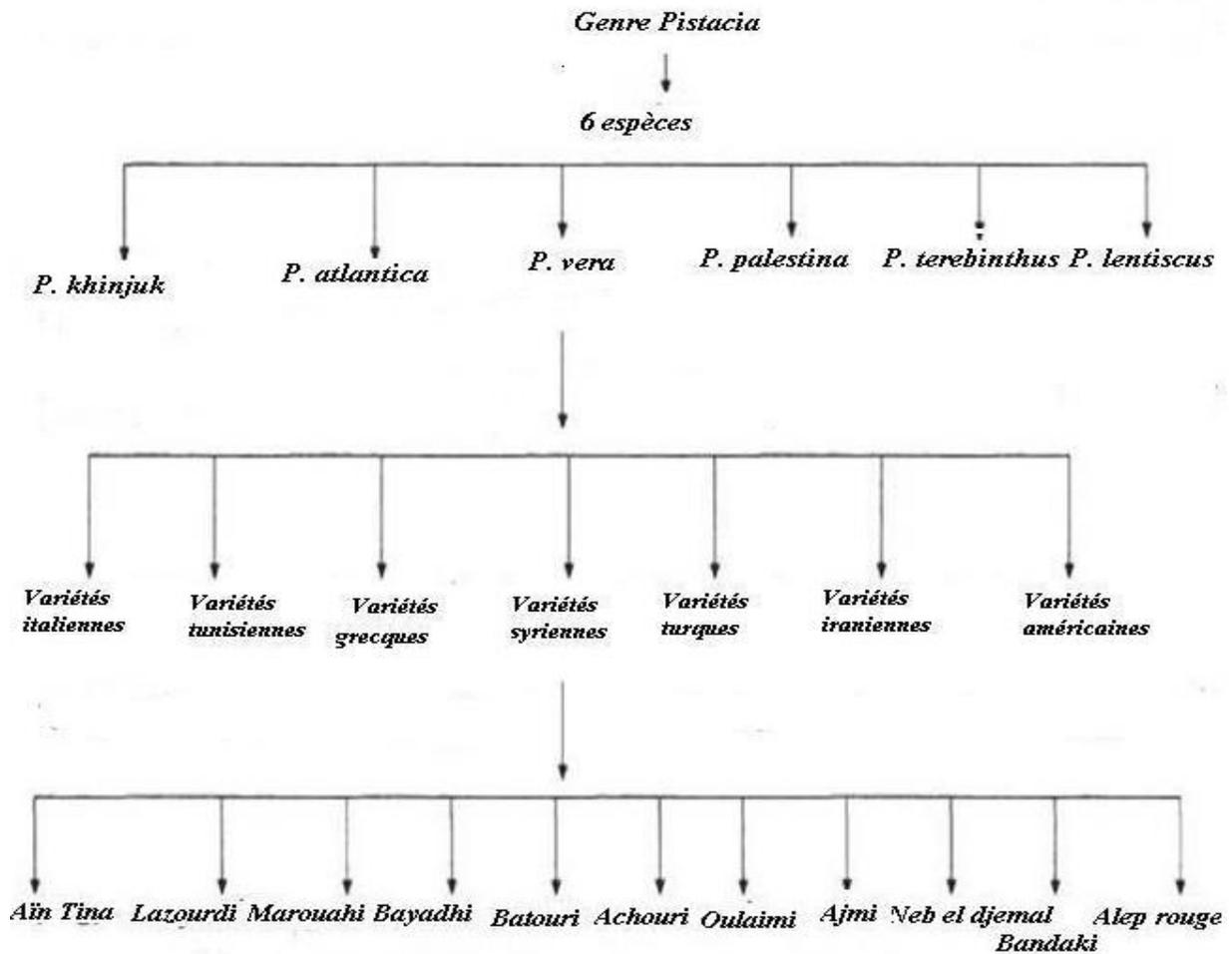


Figure 5. Organigramme des différentes espèces du genre *Pistacia* (famille des Anacardiaceae) et les différentes variétés de *pistacia vera* dans le monde (ACSAD, 1998)

### 2.3.2. Les différentes espèces du genre *Pistacia*

#### 2.3.2.1. Pistachier d'Atlas (*Pistacia atlantica*)

Il existe principalement sur les hauteurs (800 – 1200 m) au-dessus du niveau de la mer. Son système racinaire très puissant lui permet de pousser dans les sols calcaires et de résister à la sécheresse; c'est pour cette raison qu'il est préconisé comme porte greffe pour le pistachier vrai qui forme après le greffage un arbre très vigoureux ce qui va influencer sur ces besoins alimentaires grandissants. Cependant, il présente un taux faible de la germination de ces graines et une croissance lente durant les premières années (MAARUF, A, 1997).

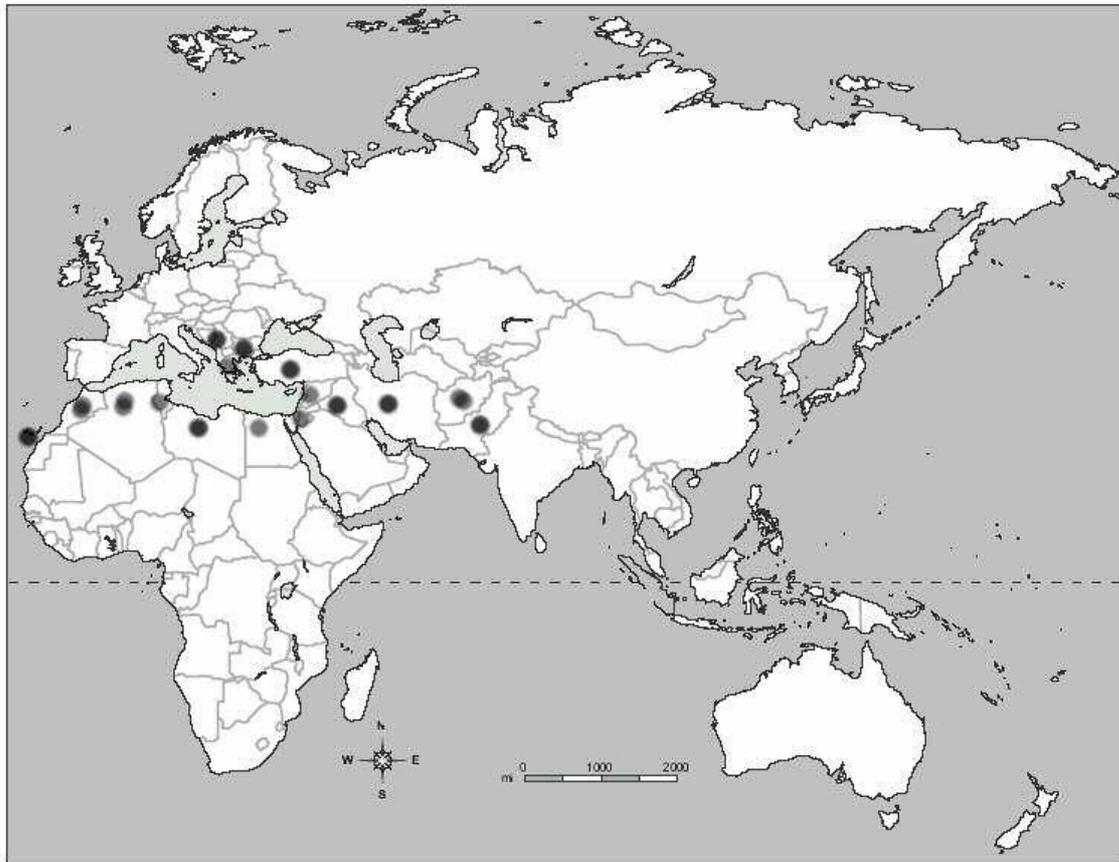


Figure 6. Carte de distribution de Pistachier d'Atlas (*Pistacia atlantica*) dans le monde Source: Zohary. M, 1952.

- **Pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*)** : Le Pistachier térébinthe est un arbuste de trois à cinq mètres. Ses feuilles caduques sont vertes au printemps, jaunes ou rouge flamboyant à l'automne. Les fruits ovoïdes, de la taille d'un petit pois (de 5 à 7 mm) et en grappes caractéristiques, sont blancs, puis roses, rouges et enfin bruns à maturité. Il se distingue du lentisque ou pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) par ses feuilles ayant un nombre impair de folioles. Il est utilisé comme porte greffe en Grèce, en Sicile et au sud de l'Italie. Il est parmi les porte greffe importants résistants à la maladie de brûlure. On le trouve à des altitudes comprises entre 300 – 600 m au-dessus du niveau de la mer.

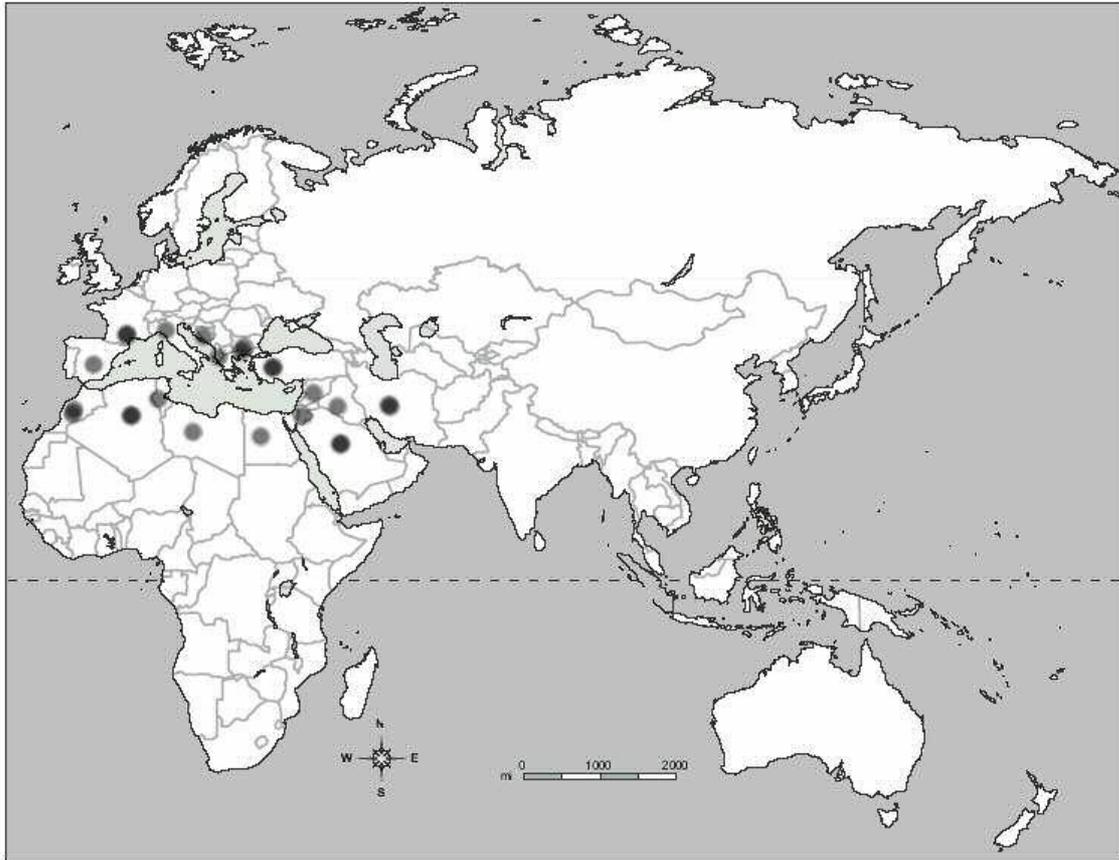


Figure 7. Carte de distribution de Pistachier térébinthe (*Pistacia terebinthus*) dans le monde  
Source: Zohary. M, 1952

- **Pistachier de Palestine (*Pistacia palestina*)** : Il est localisé dans la partie orientale de la méditerranée sauf l'Egypte. On le trouve dans les pays suivants: la Syrie, le Liban, la Palestine, la Jordanie, la Turquie et la Grèce. Il pousse à des hauteurs comprises entre 400 – 800 m au-dessus du niveau de la mer (NAHLAOUI. N, 1983).
- ***Pistacia khinjuk (Pistacia integerrima)*** : C'est un arbre à feuilles caduques pouvant atteindre une hauteur (3 – 7 m). Ces feuilles sont composées, le fruit est rond de diamètre (4 - 6 mm). Du côté écologique, cet arbre ressemble au pistachier d'Atlas car il supporte la sécheresse et les basses températures. Pour ces raisons, il est recommandé dans le reboisement des zones arides (FERGUSON, 1993).

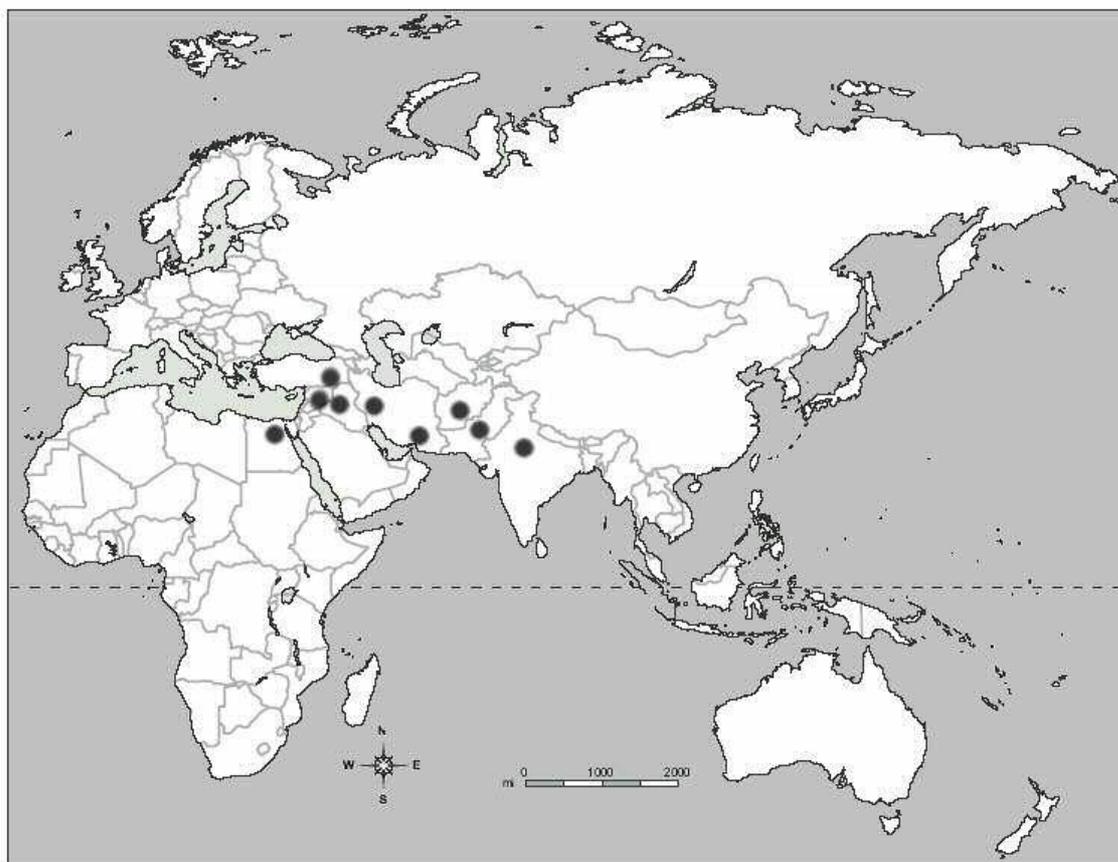


Figure 8. Carte de distribution *Pistacia khinjuk* dans le monde. Source: Zohary. M, 1952

- **Lentisque (*Pistacia lentiscus*)** : Le lentisque est en général un arbrisseau pouvant atteindre trois mètres, c'est parfois aussi un arbuste ne dépassant pas six mètres et on le trouve à des hauteurs variant entre 0 – 800 m. Il se distingue des deux autres espèces de pistachiers méditerranéens (notamment *Pistacia terebinthus* L. ou térébinthe) par ses feuilles ayant un nombre pair de folioles : son feuillage est persistant; les feuilles, composées, sont paripennées. Autrement dit, elles se terminent par une paire de folioles, tandis que celles des autres pistachiers se terminent par une seule foliole. ; le rachis portant les folioles est ailé.

Il est localisé généralement dans les pays du pourtour du bassin méditerranéen. Il n'est pas utilisé comme porte greffe dans le greffage du pistachier vrai à cause d'incompatibilité entre eux (FERGUSON, 1993).

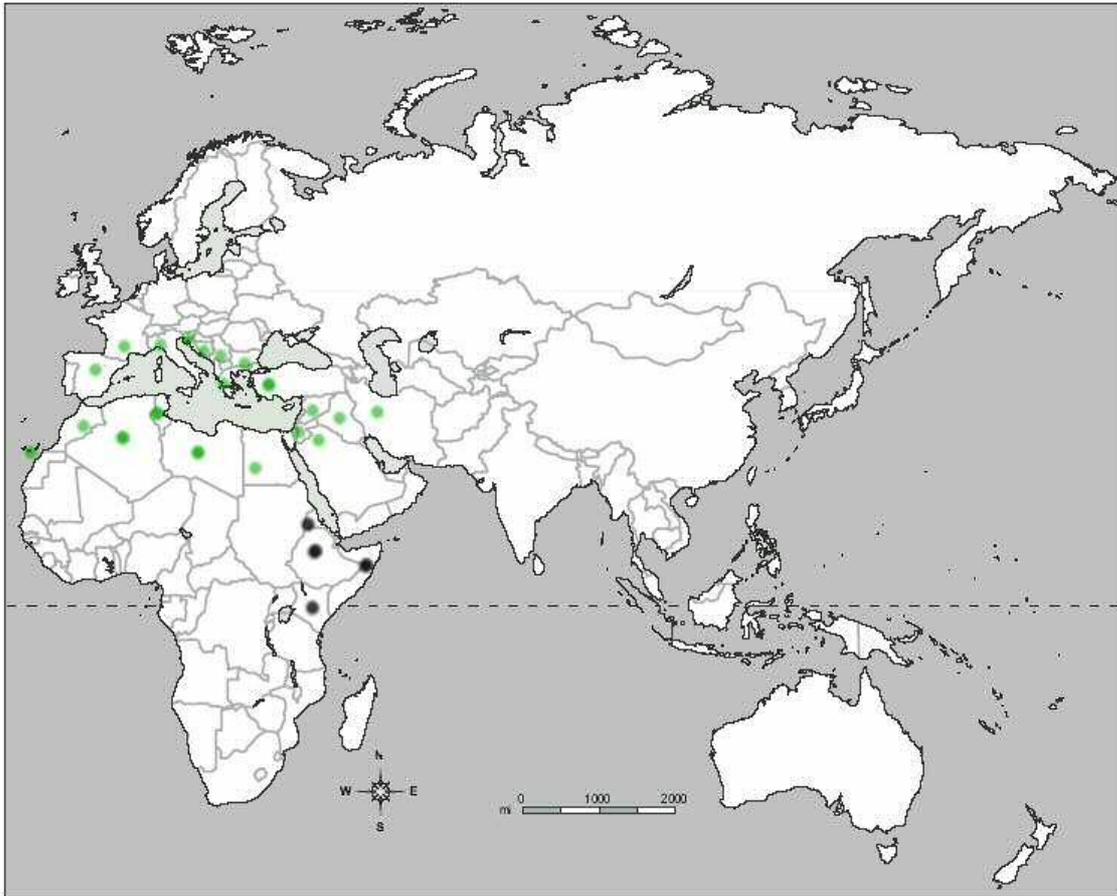


Figure 9. Carte de distribution de lentisque (*Pistacia lentiscus*) dans le monde.

Source: Zohary. M, 1952

## 2.3. Caractères morphologiques du pistachier fruitier

### 2.3.1. Aspect de l'arbre

Le Pistachier cultivé est un arbre de faible vigueur, de 3 à 10 m de hauteur; le tronc strié, grisâtre et court : l'écorce des branches est blanchâtre.

Le Pistachier vrai est une espèce dioïque. C'est à dire que l'on distingue des pieds mâles et des pieds femelles. Le port du pied mâle est plus érigé que celui du pied femelle : ce dernier a parfois un port retombant et on peut le confondre avec le figuier lorsqu'il a perdu ses feuilles (BOUTBOUL, 1986).

### 2.3.2. Le système racinaire

Son système racinaire est très puissant. En germant, la graine émet un très long pivot, il atteint parfois 7 m de profondeur et un système racinaire latérale pouvant atteindre la longueur de 5 – 10 m du collet de l'arbre. Cet ensemble de racines permet au pistachier de

supporter les périodes sèches de l'année en cherchant l'humidité dans le sol et se développer dans sols médiocres et dans les zones arides (BOUTBOL, 1986) et (LEMAISTRE.J, 2000).

### 2.3.3. Les feuilles

Le feuillage est caduc. Les feuilles tombent en Octobre (plutôt dans les zones froides). Elles apparaissent en Avril (BOUTBOUL, 1986). Elles sont alternes. Composées pennées (3 à 5 folioles parfois 7, ovale-orbiculaires, oblongues, rarement une seule), de grandeur variable (10 cm de long en moyenne) ; leur face supérieure est d'un vert brillant, le pétiole est velu, canaliculé au-dessus.



Feuille composée à 5 folioles



Feuille composée à 3 folioles

Photo 1. Les différents types de feuilles composées de pistachier fruitier

Source: BOUALEM. S, 2010

### 2.3.4. Les organes floraux

Chez le pistachier, les fleurs sont unisexuées et groupées en inflorescence. Cette espèce étant dioïque, les inflorescences mâles et les inflorescences femelles sont portées par des pieds distincts.

La différenciation des bourgeons floraux (aussi bien mâles que femelles) s'effectue au cours de l'été et jusqu' au printemps suivant (Avril de l'année suivante) (BOUTBOUL, 1986). Les inflorescences sont localisées sur les rameaux d'un an, elles apparaissent en avril après les fortes gelées de printemps. L'inflorescence mâle est une grappe composée, de 6 cm de long en moyenne. Elle comprend de 190 à 260 fleurs (MLIKA, 1987). La fleur mâle est petite et apétale. Elle se compose d'un androcée, constituée d'un nombre variable d'étamines (3 à 8) mais souvent de 5 étamines (BAILLONS, 1891 *in* MLIKA, 1987) fixées autour d'un réceptacle plan. Cet appareil est protégé par un calice de 3 à 4 bractées membraneuses. L'étamine a un filet mince, court et une anthère intorse à deux loges séparés par un connectif.

Les grains de pollen, qui sont libérés des anthères à maturité, sont de couleur jaune. De forme sphérique et présentent 4 pores germinatifs. L'inflorescence femelle est une grappe composée, lâche et rameuse, comprenant de 450 à 500 fleurs (MLIKA, 1987).

La fleur femelle petite et apétale, elle comprend un calice de 3 à 5 bractées et un gynécée formé d'un ovaire sessile à 3 carpelles soudés, sans cloison intercalaire ; cet ovaire renferme un seul ovule anatrope porte par un long funicule ; il est surmonté d'un style court et d'un volumineux stigmate trifide à divisions inégales.

Les papilles stigmatiques de couleur jaune verte, sont très développées et frisées, leur surface est de l'ordre de  $4\text{mm}^2$  (MAGGS, 1977 *in* MLIKA, 1987).



Fleur mâle

Fleur femelle

Photo 2. Les organes floraux du pistachier. Source: BOUALEM. S, 2009

### 2.3.5. Le fruit

La pistache est une drupe sèche de la grosseur d'une belle olive, elle est monosperme, ovoïde généralement déhiscence. Elle mûrit en septembre.

Sa drupe comprend de l'extérieur vers l'intérieur :

- Le péricarpe : de couleur verdâtre avant maturité, il devient rose jaunâtre ou rouge vif à maturité. il se dessèche et se détache facilement.
- Le mésocarpe : il est spongieux à maturité.
- L'endocarpe ou coque : la coque est bivalve (déhiscente ou non) Lignifiée, de couleur blanchâtre.
- L'amandon : c'est la partie comestible de la pistache. Ses deux cotylédons à chair jaunâtre ou verte «pistache», sont enveloppés d'un tégument de couleur brune trachée de rouge au tour du hile (BOUTBOUL, 1986).

ABOU SALIM et KALI (1992) soulignent la richesse de la pistache en huile (48.3 - 58.3%), en protéine (19.4 - 28.9 %) et en sucre (6.1 - 8.4 %).



Photo 3. Fruit de pistachier vrai [(1. Pistaches avec téguments extérieurs, 2. Pistaches sans téguments extérieurs (variété Achouri)], Source: BOUALEM. S, 2010.

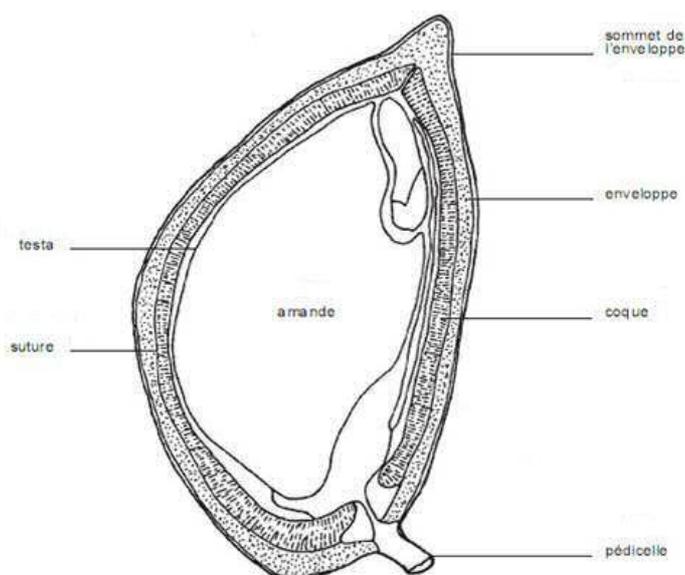


Figure 10. Coupe longitudinale d'un fruit de pistachier. Source: Anonyme, 1997.

#### 2.1.4. Les variétés de pistachier

La sélection variétale chez le Pistachier est moins dynamique que celle d'autres espèces fruitières. La pratique du greffage des meilleures variétés rencontrées à l'état spontané en est la cause (OUKABLI. 1995). Selon les pays, on peut citer: ACHOURI, OLEÏMI, BATOURI et ANTABI pour la Syrie ; OHADI, RAZVINE, SEFIDEH. MANTZ pour l'Iran ; KOUCHKA et PELENGOVALI pour le Turkestan ; UZUN, KIRMIZI et HALEBI pour la Turquie: NAPOLETANA, AGOSTERA et NATALORA pour l'Italie: KERMAN, BROUTE pour les Etats-Unis, SFAX et MATEUR pour la Tunisie (EVREINOFF 1918).

Tableau3. Liste des principales variétés de pistachier des pays producteurs (source: ACSAD, 1998)

syriennes	tunisiennes	iraniennes	américaines	turques	Italiennes	Turkestan
Achouri	Mateur	Damghan	Lassen	Halebi	Napoletana	Kouchka
Batouri	Djouitar	Mantez	Kerman	Uzun	Agostera	Pelengovali
Nebdjam el	Sfax	Chasti	Chiko	Kirmizi	Natalora	
Oleïmi	Meknassi	Ohadi	Brounati			
Bandaki		Safideh				
Mirouahi		Rafouri				
Adjmi		Kalifouchi				
RedAllep o						
Aïl Tina						
Bayadhi						
Lazourdi						

Selon ZUANG et al. (1988), ces variétés se distinguent par leurs productivités, la vigueur de l'arbre, la déhiscence et la forme du fruit et également le goût et la couleur de l'amande. Certains auteurs signalent l'existence d'une grande confusion dans les noms de ces variétés EVREINOFF (1948) ; LEMAISTRE (1959) in OUKABLI (1995).

## 2.5. Exigences écologiques

### 2.5.1 Climat

#### 2.5.1.1. Pluviométrie

L'une des principales caractéristiques du pistachier est sa très grande résistance à la sécheresse (SPINA et PENNISI, 1957; WOODROOF, 1979). Cependant, la production reste étroitement liée à la quantité d'eau disponible. Au niveau des principales zones de culture où le pistachier est cultivé en sec, les pluviométries annuelles sont de 350 mm à Alep (Syrie) et de 420 mm à Gaziantep (Turquie), (JAQUY, 1972). Le pistachier semble également pousser sous une pluviométrie de moins de 127 mm au Sud et à l'Est de l'Iran (WOODROOF, 1979) et de 200 mm à Sfax, au sud Tunisien (JAQUY, 1972). En général des cultures très rentables ne sont pas à espérer en dessous de 400 mm de précipitations si des irrigations ne sont pas mises en place sauf en cas des sols légers et de forte hygrométrie (JAQUY, 1972). KHELIL et KELLAL (1980), ont retenu les isohyètes 200 et 500 mm pour délimiter les zones à vocation pistachier en Algérie.

L'une des principales caractéristiques du pistachier est sa très grande résistance à la sécheresse. Cependant, selon ZUANG et *al.*(1988) la production reste étroitement liée à la quantité d'eau disponible.

Au niveau des principales zones de culture où le pistachier est cultivé en sec. Les pluviométries annuelles sont de 350 mm à Alep (Syrie) et de 420 mm à Gaziantep (Turquie), JAQUEY (1972) *in* ABOU SALIM et KALI (1992). Le pistachier semble également pousser sous une pluviométrie d'environ 50 mm dans les zones désertiques de l'Iran (LARUE, 1960), et de 200 mm à SFAX, au Sud Tunisien.

En Algérie, les isohyètes retenus par KHELIL et KELLAL (1980) pour la délimitation des zones à vocation pistachier sont comprises entre 200 et 500 mm.

### **2.5.1.2. La température**

Le pistachier (*Pistacia vera. L*) est une espèce assez rustique et résiste bien aux rigueurs du froid, supportant des températures de -17°C (WOODROOF, 1979) à -30°C (SPINA et PENNISI, 1957). Cependant, cette espèce reste très sensible aux gelées printanières qui détruisent les fleurs (SPINA et PENNISI, 1957).

Cependant, il supporte encore mieux la sécheresse et la chaleur la plus aride (EVREINOFF, 1948). Cette espèce exige des températures élevées en été pour assurer le développement et la maturation des fruits et également des hivers frais pour la satisfaction de ses besoins en froid. Ces derniers varient, selon les variétés, de 1000 heures de températures inférieure à 7.2°C pour KERMAN (GANE et MORANTO, 1982; *in* ABOU SALIM et KALI, 1992). A 200 heures pour les variétés Syriennes (NAHLAOUI, 1982 *in* OUKABLI et *al.*, 2001).

Lorsque les disponibilités en froid ne sont pas suffisantes, des symptômes particuliers ont été remarqués chez cette espèce telle que la présence de feuilles simples, des inflorescences chétives et une floraison à l'extrémité des pousses de l'année (OUKABLI, 2001).

Un retard, une irrégularité de la floraison et de la feuillaison et une apparition des noix sur les pousses de l'année ont été également observées en cas d'insuffisance de froid (ABOU SALIM et KALI, 1992).

Des étés secs et chauds sont nécessaires pour la maturation des pistachiers. PECH (1953) signale qu'en Syrie (Alep) la température maximale moyenne est de 36°C, avec des exceptions si les mois de Mai et Septembre sont rigoureusement secs. Si les expositions

chaudes, ensoleillées et aérées sont considérées comme indispensables à la culture de cette espèce (EVREINOFF, 1984), le Maxima moyen de température recommandée par MAGGS (1973) est de l'ordre de 32°C.

#### **2.5.1.3. La lumière**

Le pistachier est une espèce héliophile. Selon EVREINOFF (1948) les expositions chaudes, ensoleillées et aérées lui sont indispensables.

#### **2.5.1.4. Les vents**

Le pistachier résiste bien aux vents. Néanmoins, il est sensible lors de premières années dès sa plantation. De ce fait, il est conseillé d'installer des brises vents avant la plantation de verger (DJERAH, 1991).

Selon KHELIL et KELLAL (1980), cette espèce peut supporter une fréquence de Sirocco de l'ordre de 30 jours par an. Cependant, EL HASSANY (1979) signale l'effet néfaste de ces vents (chauds et secs) durant la période de floraison.

#### **2.5.2. Le sol**

Le pistachier cultivé n'est pas très exigeant au point de vue nature du sol, KHELIL et KELLAL (1980). Mais selon EVREINOFF (1948) ZUANG et *al* (1988), le Pistachier se plaît particulièrement dans les terrains légers, argilo-calcaire, pierreux et secs.

Par contre, il redoute l'humidité et les terrains pauvres en chaux : un pourcentage d'au moins 25 % de calcaire lui est indispensable.

En Iran, cette espèce se trouve plantée dans des sols profonds, légers à réaction alcaline (pH entre 8 et 8.5) (LARUE, 1960). Selon ce même auteur, la présence de sel. Même à forte concentration, ne gêne pas la croissance du pistachier. Dans le même contexte, WHITEHOUSE (1957) note que le pistachier tolère des conditions de salinité et peut ainsi valoriser de larges zones des régions arides et semi-arides où le problème de salinité se pose avec acuité.

Pour KHELIL et KELLAL (1980), l'espèce peut se prospérer dans les terrains les plus divers, depuis les terres d'alluvions les plus riches jusqu'aux rochers les plus arides.

Enfin, il faut retenir que les zones de culture de l'olivier et de l'amandier paraissent être favorables à la culture du pistachier (WOODROOF, 1979).

#### **2.5.3. Altitude**

La culture du pistachier est rencontrée dans des régions d'altitude variable allant de 100 m (Fresno en Californie) à 1400 m (coteaux Iraniens) (LEMAISTRE, 1959 in OUKABLI,

2001). Au Turkestan, EVREINOFF (1948) fait remarquer que la culture du pistachier est possible jusqu'au 1200 m d'altitude. Mais selon EVREINOFF (1964) in ABOU SALIM et KALI (1992), il semble que des altitudes comprises entre 600 et 1200 m permettent un meilleur développement du pistachier.

En Iran (Kermân), en Turquie (Gaziantep) et en Syrie (Alep) le pistachier est planté respectivement à environ 1800, 900 et 400 m d'altitude. Le pistachier se trouve également planté à 250 m d'altitude en Sicile (Palerme) et même à 100 m en Californie (Fresno). D'après EVREINOFF (1964), il semble que des altitudes comprises entre 600 et 1200 m permettent un meilleur développement du pistachier.

## **2.6. Plantation et soins culturaux**

### **2.6.1. Préparation du terrain**

Pour assurer à l'arbre une meilleure implantation de ses racines en profondeur. Un défoncement très profond d'au moins 60 cm est indispensable.

Avant la plantation, une incorporation d'une fumure de fonds est également essentielle.

### **2.6.2. La plantation**

La plantation se fait en automne, autant que possible de bonne heure. Les jeunes plants utilisés sont généralement des scions de 02 ans. Comme la croissance de ces derniers est lente au début, leur hauteur, au moment de planter dépasse rarement 20 à 25 cm.

L'écartement donné entre les arbres est généralement de 6 mètres en tous sens. Ce qui fait 277 pieds à l'hectare (EVREINOFF, 1948).

### **2.6.3. Soins culturaux**

#### **2.6.3.1. Les façons culturales**

Selon AYFER (1967) in DJERAH (1991), les vergers du pistachier non irrigués exigent des façons culturales. Pratiquées avec beaucoup de précaution. En automne, il faut faire un labour profond pour favoriser la rétention des pluies hivernales, ainsi que pour la destruction des mauvaises herbes.

#### **2.6.3.2. La taille**

Pour régulariser les récoltes, améliorer les productions et assurer le renouvellement du bois, le pistachier, comme tout arbre fruitier, doit être convenablement taillé.

Selon BRAHIM (1993), le pistachier fruitier nécessite surtout une taille de formation et une taille d'entretien (suppression des branches sèches).

#### **2.6.3.3. Irrigation**

La culture du pistachier est généralement réservée aux zones sèches. Cependant comme pour l'amandier et l'olivier, l'irrigation augmente les rendements(ZLIANG et al, 1988).

D'après LARUE (1960), l'irrigation doit être faite avec beaucoup de précaution, car cette espèce craint les terrains humides.

#### **2.6.3.4. Fumure d'entretien**

Dans les plantations américaines et européennes, c'est l'engrais azoté qui donne meilleurs résultats (EVREINOFF, 1948). Cependant, des carences en zinc et en bore ont été également signalées par ZUANG et al. (1988).

### **2.7. Pollinisation et fécondation**

#### **2.7.1. La pollinisation**

Le pistachier est une espèce dioïque, pour que ce dernier fructifie (fruits pleins), il est indispensable que ses fleurs aient été fécondées par le pollen provenant du Pistachier mâle. L'agent pollinisateur est uniquement le vent (Pollinisation anémophile). Les abeilles ne jouent aucun rôle dans la pollinisation. (Les fleurs femelles sont dépourvues de nectar). (ZUANG et al, 1988 ; BOUTBOUL 1986).

D'après KHELIL et KELLAL (1980), pour assurer la pollinisation, l'optimum peut être atteint pour la proportion d'un arbre mâle pour huit à dix arbres femelles, EVREINOFF (1948) recommande, quant à lui, la proportion d'un arbre mâle pour six femelles, alors que BONIFACIO (1961) cités par KHELIL et KELLAL (1988) préconise des plantations avec deux rangées d'arbres femelles pour un arbre mâle, avec une proportion d'un huitième.

BRAHIM (1993) signale que malgré la distribution adéquate de pieds mâles dans les vergers de pistachier, le problème de pollinisation de cette espèce se pose toujours. Ce dernier est lié au décalage de floraison entre les individus mâles et les individus femelles.

Selon BOUTBOUL(1986), en Tunisie, ce problème a été résolu par la sélection de deux clones mâles (25A et 40A) dont la pollinisation encadre celle de la principale variété cultivée dans ce pays « MATEUR ».

Aux U.S.A, deux pollinisateurs. (PETERS et CHICO 23.) dont la floraison coïncide avec celle de la variété « KERMAN » ont été également sélectionnées.

Tableau 4. Emplacement des arbres mâles et femelles dans le verger de pistachier

×	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	×	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	×	*	*
*	*	×	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	×	*	*	*	*	×

×Mâle\*Femelle

### 2.7.2. La fécondation

L'époque de fécondation est déterminée par la couleur des anthères femelles qui : à leur épanouissement, sont verdâtre, puis blanc-rougeâtre pendant 2 jours et enfin grisâtre. La fécondation n'est réalisable qu'au stade blanc-rougeâtre (LARUE, 1960).

Selon MLIKA (1987), après 4 heures de la pollinisation, la majorité des grains de pollen déposés sur le stigmate de fleurs germent et leurs tubes polliniques commencent à s'insinuer dans le tissu du stigmate. Cependant, un nombre très réduit de ces tubes polliniques germés parviennent à atteindre l'ovule. (1 à 5). Ce même auteur signale que la durée du trajet parcouru par le tube pollinique pour parvenir à l'ovule est très courte, elle est de 24 à 36 heures. La fécondation a lieu dans les 48 heures qui suivent la pollinisation.

Pour l'amandier, cette durée dépend des conditions de température. En effet, les basses températures ont une incidence négative sur la vitesse de croissance des tubes polliniques (DUVAL, 1997).

Quant à l'influence des conditions climatiques sur la fécondation chez le pistachier, EVREINOFF (1948) signale que, le froid, le brouillard et les pluies entravent fortement le déroulement de cette dernière.

## 2.8. Les stades phenologiques du pistachier fruitier

Les principaux stades de développement du pistachier sont:

**2.8.1. Le débourrement :** Après la levée de dormance, le débourrement des bourgeons floraux est le Premier stade qui annonce le début du cycle végétatif. Ce stade se manifeste généralement. Chez les individus mâles avant les individus femelles, ANONYME (1985), MLIKA (1987). Selon OUKABLI (1995), le débourrement correspond aux stades gonflement et des bourgeons floraux,

**Stade 1 : Gonflement des bourgeons :** Le stade se manifeste par une augmentation du volume des bourgeons (gonflement). Ce phénomène s'explique par la formation de nouvelles cellules liées à l'activité cambiale (ZERAÏA, 1991 in GUESSOUM, 2001).

**Stade 2 : Eclatement des bourgeons :** Ce stade correspond à l'ouverture et l'écartement des écailles protectrices des inflorescences.

**2.8.2. Elongation des pousses :** Les yeux à bois sont très différents des yeux à fleurs (donc peu apparents). Allongé et de forme conique, alors que les bourgeons floraux sont de forme arrondie et bien développés dès leur apparition. Le départ des yeux à bois a lieu en avril, après la floraison. L'allongement de ce dernier donne une pousse de 20 à 30 cm avec parfois quelques ramifications (BOUTBOUL, 1986). La jeune pousse qui en émerge a d'abord une croissance lente, puis, celle-ci s'accélère peu à peu et devient très forte en Mai, pur ralentir ensuite et s'arrêter au début du mois de Juin (ANONYME, 1985). Selon BRAHIM (1993), la croissance des yeux à bois est plus rapide, lorsque ces derniers sont dans un espace libre et éclairé.

**2.8.3. La feuillaison :** Chez les individus femelles, la feuillaison se déroule au même temps que la floraison par contre chez la plupart des clones mâles, le débourrement des bourgeons végétatifs se fait bien après la floraison (GUESSOUM, 2001).

**2.8.4. La floraison :** Le Pistachier est une espèce dioïque, les sexes sont impossible à distinguer avant la première floraison, Cette dernière est relativement tardive par rapport aux autres espèces fruitières, elle est de 6 à 8 ans suivant les cultivars et les conditions de culture (ANONYME, 1985).

**2.8.4.1. Floraison mâle :** Les principaux stades déterminés par GUESSOUM (2001) sont l'**inflorescence groupée**. Les fleurs sont regroupées, insérées les unes aux autres formant ainsi un massif compact de couleur rougeâtre et de forme conique.

- **Pré-déhiscence des inflorescences :** A ce stade, les inflorescences ont une teinte vive, elles sont allongées et les fleurs sont moins compactes.
- **Déhiscence des inflorescences :** Au stade de déhiscence, les étamines atteignent leurs tailles maximales, le pollen tombe à la moindre secousse du rameau. A ce stade, les inflorescences présentent une teinte jaunâtre indiquant la disponibilité du pollen.

- **Fanage des inflorescences :** Après la libération du pollen, les inflorescences noircissent et se dessèchent puis elles tombent.

**2.8.4.2. Floraison femelle :** Les différents stades déterminés par GUESSOUM (2001) sont :

- **Fleurs non apparentes :** Les inflorescences sont compactes et de formes cylindriques. A ce stade les fleurs sont invisibles (le stigmate n'est pas apparent) car elles sont entièrement recouvertes d'écailles.
- **Débat d'apparition des fleurs :** L'écartement des écailles laisse apparaître partiellement des petites fleurs de 3 à 4 mm de long. A ce stade le stigmate devient apparent.
- **Allongement des inflorescences :** A ce stade, la couleur des fleurs devient rose clair. Ce qui caractérise la réceptivité des fleurs femelles (c'est le stade où le stigmate est susceptible d'être réceptif). La durée de cette réceptivité est de 8 jours pour la majorité des individus étudiés
- **Fleurs fécondées :** Le stigmate n'est plus susceptible de recevoir le pollen, car le fruit est en cours de formation

### **2.8.5. Croissance du fruit après fécondation**

La croissance des fruits de Pistachier, révèle 03 phases distinctes : deux cycles de croissance rapide, séparés par un cycle de croissance très lent (CRANE et al, 1971 in ANONYME, 1985), on y distingue :

- **Première phase :** C'est une phase de croissance rapide du péricarpe, qui va de la fécondation (début avril) jusqu'à mi-mai au cours de laquelle le péricarpe atteint presque le maximum de sa taille et de son poids frais. Ce qui représente aussi environ 50 % du poids frais total du fruit.
- **Deuxième phase :** Elle va de mi-mai jusqu'à la fin juillet. Au début, c'est une période de croissance très lente où l'augmentation des dimensions du péricarpe est insignifiante. Un mois après le début de cette phase le développement de l'embryon devient visible macroscopiquement, l'amande commence sa croissance par l'accumulation rapide des sucres puis leur conversion en matières grasses à partir du début juillet. L'amande atteint sa taille finale à la fin de cette phase. Le durcissement de l'endocarpe se produit aussi au cours de cette phase.

- **Troisième phase :** Elle dure environ 1 mois à 1 mois et demi (fin juillet, début septembre). Et correspond à l'augmentation du poids frais totale par suite de grossissement de l'amande. De ce fait, il y a une légère augmentation du péricarpe et déhiscence de l'endocarpe. La conversion des sucres en matières grasses se termine à la fin de cette phase.

#### 2.8.6. Formation des fruits vides

La production de fruits dépourvus d'amande est un problème sérieux signalé partout où le Pistachier est cultivé. Selon LAGHA (1992), ce même phénomène se rencontre également chez toutes les espèces du genre *Pistacia*.

D'après GRUNDWAG et FAHN (1969), la production de fruits vides pourrait être le résultat de l'un ou de la combinaison des facteurs suivants :

- La dichogamie avec prédominance de la protandrie qui empêche le pollen d'atteindre les stigmates.
- un haut taux de dégénérescence des cellules du sac embryonnaire qui se produit même après pollinisation artificielle.

Pour (GRANE, 1971 in MLIKA 1990), ce phénomène résulte de deux origines ; soit la parthénocarpie, soit l'avortement du jeune embryon. MLIKA (1987) quant à lui considère que le pistachier a une tendance naturelle à la formation des fruits vides.

En ce qui concerne l'apparence externe des fruits vides, BRAHIM (1993) signale qu'elle est similaire à celle des fruits pleins, et la croissance de leurs péricarpes est identique durant les périodes I et II. Cependant, les fruits vides sont caractérisés par le fait qu'ils n'ont pas de période III. Quant à la récolte des fruits (CRANE, 1978) signale que les fruits pleins mûrissent les premiers, alors que les fruits vides sont les derniers à être récoltés sans manifester les signes de la maturité (le brou change de couleur et se détache facilement).

Tableau 5. Cycle biologique du pistachier vrai en Syrie (source: ACSAD, 1998)

Etapas biologiques	Périodes	
	Individus mâles	Individus femelles
Gonflement des bourgeons florifères	26/02 au 23/03	26/02 au 23/03
Floraison	25/03 au 14/04	30/03 au 19/04
Apparition des feuilles	03/04 au 16/05	30/03 au 19/04

Fanage des fleurs	10/04 au 03/05	
Croissance de l'ovaire		10/04 au 03/05
Chute de fleurs	20/04 au 17/05	
Elongation de feuilles	25/04 au 31/05	30/04 au 31/05
Maturation du fruit demi volume		12/05 au 14/06
Début de la maturité de l'amande		10/06 au 28/06
Coloration des fruits		03/07 au 02/08
Coloration des bourgeons	27/07 au 11/09	16/08
Coloration des feuilles	26/08 au 08/10	27/07 au 30/07
Maturation des fruits		06/08 au 27/09
Fructification		26/08 au 11/10
Chute de feuilles	15/09 au 25/10	06/08 au 27/09
Cycle biologique	202 à 231 jours	184 à 202 jours

### 3. Notions de germination et de croissance

Chez les Spermaphytes (plantes à graines), la propagation de l'espèce est réalisée grâce à la graine, qui provient de la transformation de l'ovule après la fécondation. A un stade plus ou moins précoce de son développement, l'embryon cesse sa croissance et entre dans un état de vie ralentie. Cette phase de repos (diapause) s'accompagne d'une déshydratation importante qui permet à l'embryon, d'une part, de pouvoir attendre très longtemps les conditions favorables à la reprise de son activité (germination) et, d'autre part, de résister aux agressions extérieures.

Du point de vue botanique, la graine correspond uniquement à l'évolution de l'ovule après la fécondation. Mais son utilisation dans le langage courant dépasse souvent largement cette définition. Il apparaît donc préférable d'utiliser le terme semence. (CÔME, 1982).

Une semence est destinée à donner naissance à une nouvelle plante. Ce passage de la semence inerte à la jeune plante s'appelle germination. Généralement, dès que la radicule aura percé l'enveloppe, on dit que la graine a germé. Ce qui se produira par la suite, c'est la pure croissance (BINNET et BRUNNEL, 1968; CÔME, 1970). Les étapes du développement sont des événements observables à un moment donné. Ainsi, la vie d'une plante débute par le

développement de la graine, se poursuit par la formation de l'appareil végétatif, par la floraison et, enfin, par la sénescence (MAZLIAK, 1982).

### **3.1. La germination**

#### **3.1.1. Caractéristiques de la graine**

La graine est l'organe permanent de la semence, elle représente l'étape finale de l'évolution de l'ovule fécondée. Ainsi, elle a les caractéristiques des Angiospermes et des Gymnospermes, et est constituée de : (CÔME, 1970).

- **L'embryon:** Il représente la structure essentielle de la graine qui différencie par une radicule, une gemmule et un ou deux cotylédons.
- **L'albumen:** c'est un tissu spécifique des Angiospermes qui se charge des substances de réserve. L'ensemble des parties enfermées dans les téguments de la graine (embryon et albumen) constitue l'amande.
- **Les téguments de la graine :** le tégument unique où les deux téguments ovulaires se transforment en téguments de la graine, cette transformation se caractérise principalement par une sclérification des parois cellulaires de ses téguments, l'enveloppe externe est généralement indurée; le testa restant mince et réduit à une fine pellicule.

#### **3.1.2. Définitions de la germination**

La germination correspond à l'étape par laquelle une semence en vie ralentie "se réveille" et donne naissance à une plantule. Ce passage met en jeu des mécanismes physiologiques complexes qui sont assez bien identifiés aujourd'hui. En 1957, EVENARI propose la définition suivante: la germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule.

D'autres auteurs comme HARRIGTON, (1962); ISTAMBOULI, (1976); DOUAY (1980) et AISSA, (1981) considèrent qu'il y aura une germination quand la pointe de la radicule s'allonge et devient visible à l'œil nu, et est légèrement recourbée vers le bas manifestant son géotropisme positif.

Ensuite, quand la racine a pris un développement suffisant, la jeune plante s'alimente dans le sol comme un végétal adulte (CUISANCE, 1987)

#### **3.1.3. Les types de germination**

La germination peut s'effectuer de deux manières. Dans la manière la plus courante, la radicule fait émerger les cotylédons ou premières feuilles. La photosynthèse commence alors, et les véritables feuilles se forment. Le sycomore et le frêne sont des exemples d'arbres courants qui utilisent ce type de germination.

Dans l'autre manière, les cotylédons demeurent sous le sol, dans la cosse de la semence, et une pousse portant de vraies feuilles sort à travers le sol, le chêne et le marronnier d'Inde en sont des exemples (KINNET, 1983).

Selon, MEYER et al (2004), on distingue deux types de germination au sens large. (Figure 11).

- **La germination épigée « germination épicotyle »:** Au cours de laquelle l'allongement de la tige porte les cotylédons au dessus du niveau du sol (cas de haricot).
- **La germination hypogée « germination hypocotyle »:** Au cours de laquelle, la tige ne s'allonge pas et les cotylédons restent en terre (cas du pois).

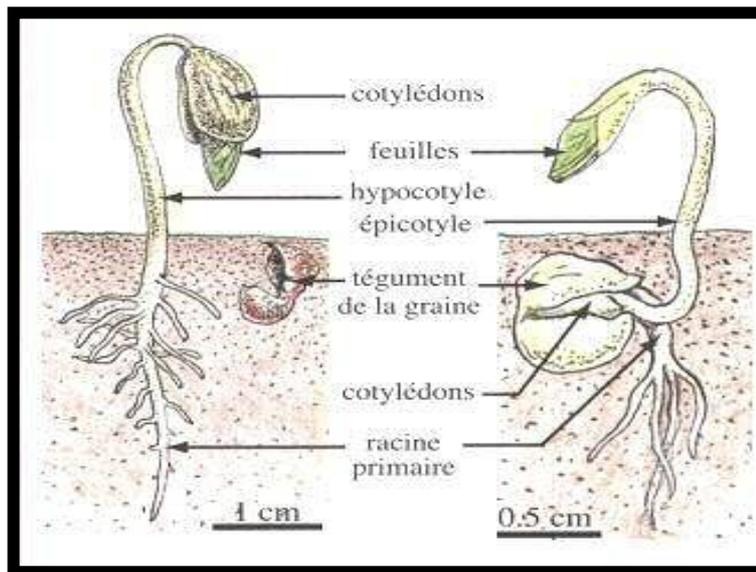


Figure 11. Germination épigée du haricot (à gauche) et hypogée du pois (à droite) (d'après Meyer et al 2004)

### 3.1.4. Les différentes phases de la germination

La germination définie par EVENARI (1957) citée en haut et adoptée par les physiologistes, est validée par des mesures d'imbibition et d'activité respiratoire effectuées sur des semences en cours de germination. Il est ainsi démontré selon BINNET et

BRUNNEL, (1968) et CÔME, (1970), que la germination comprend trois phases successives (Figure 12 et Figure 13) :

**La phase d'imbibition** qui correspond à réhydratation de la graine par une prise d'eau rapide à l'état liquide, mais l'excès d'eau peut gêner la germination,

**La phase de germination *stricto sensu***(la germination au sens strict) qui correspond à l'activation physiologique de la semence après l'imbibition et s'achève avec le début de l'allongement de la radicule.

On définit la germination au sens strict comme étant la phase de réactivation du métabolisme après réhydratation de la graine, sans changement morphologique apparent (MEYER et al, 2004),

**La germination morphologique** : elle est marquée par la perforation de l'enveloppe par la radicule due à un allongement des cellules de la radicule ; c'est la phase de croissance.

On retrouve ces trois mêmes étapes pour l'activité respiratoire.

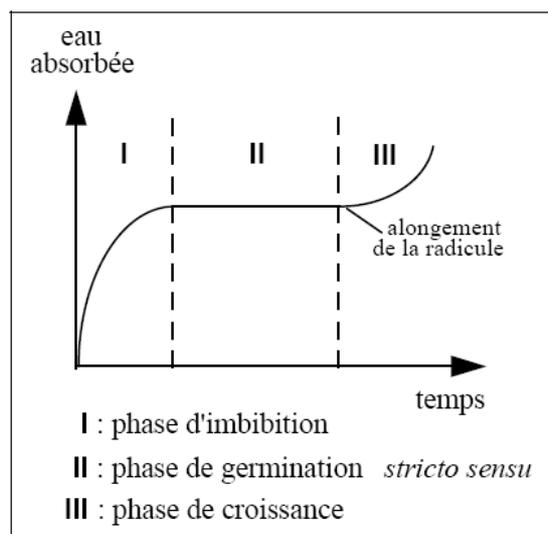


Figure 12. Courbe théorique de la germination d'une semence (d'après Côme, 1982).

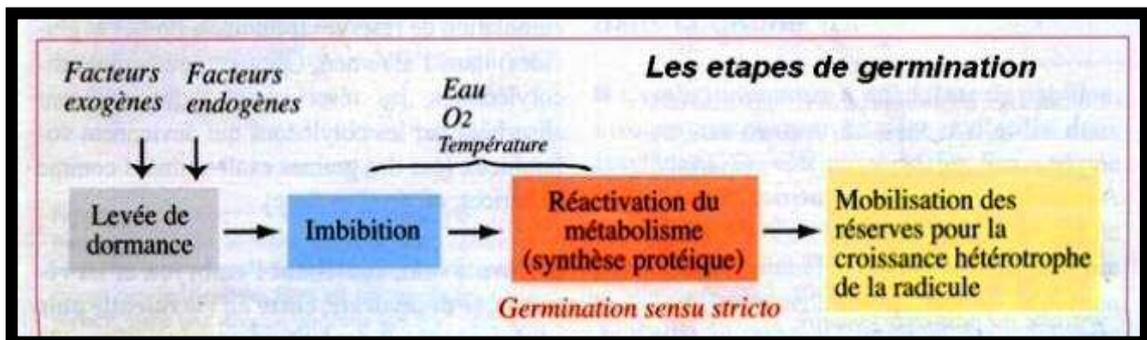


Figure 13. Les étapes de la germination d'une graine (d'après Meyer et al, 2004)

Jusqu'à la fin de la phase de germination *stricto sensu*, la semence peut être déshydratée sans être tuée, mais lorsque la radicule a commencé sa croissance, la déshydratation est fatale.

### 3.1.5. Les facteurs de la germination

L'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination mais aussi tout au long de la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer. Ainsi, la qualité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de multiples facteurs que CÔME (1993) regroupe en quatre catégories : les facteurs avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs après la récolte et les facteurs de la germination (Figure 14).

L'espèce, la variété, la taille ou le poids des semences sont quelques-uns des facteurs génétiques qui peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des semences.

Les facteurs avant récolte correspondent, entre autres :

- au climat (température, pluie et lumière) ;
- aux techniques culturales (fumure, produits phytosanitaires, etc.) ;
- à la position des semences sur la plante mère ;
- à l'âge de la plante mère.

Concernant les facteurs de la récolte, c'est certainement le stade de maturité des semences au moment de leur récolte qui intervient principalement dans la germination ; la date de récolte est donc importante.

S'agissant des facteurs après récolte, tous les traitements auxquels les semences sont soumises après leur récolte peuvent avoir une incidence sur leurs propriétés germinatives (CÔME, 1993). Par exemple, le séchage, le nettoyage et le triage peuvent intervenir. L'âge des semences peut aussi modifier les conditions nécessaires à leur germination, notamment les conditions thermiques.

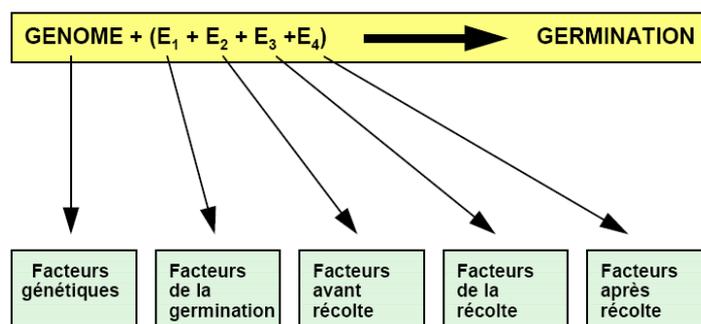


Figure 14. Les différents facteurs impliqués dans la qualité germinative des semences (d'après Côme, 1993).

Les **facteurs de la germination**, c'est à dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. En fait, c'est l'influence combinée de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination. La germination de la graine dépend :

- \* Des conditions externes liées aux facteurs de l'environnement
- \* Des conditions internes liées à l'état physiologique et aux caractéristiques de la graine.

#### Conditions externes :

Eau : nécessaire à l'hydratation de la graine et à la reprise des activités métaboliques (trop d'eau empêche cependant la germination : asphyxie). La première étape de la germination est la phase d'absorption de l'eau par la graine. Une semence ne pourra germer que si l'embryon a la possibilité de s'imbiber, c'est l'eau qui lui provient à travers les enveloppes séminales.

La présence d'un épiderme non mouillant ou de couches cellulaires imperméables s'opposent parfois à la pénétration de l'eau dans les enveloppes ; cette semence est dite « dure » (CÔME, 1975).

O<sub>2</sub> : nécessaire à la respiration.

Température : convenable pour les activités métaboliques. La température intervient directement en agissant sur la vitesse des réactions biochimiques (HABER, BASSINGTON, 1956 in MAZLIAK, 1982), elle agit donc sur la vitesse de consommation d'oxygène par l'embryon, et modifie la solubilité de ce gaz.

Lumière : 3 catégories : germination induite par la lumière 70 %, germination inhibée par la lumière et germination indifférente

La lumière, malgré toute l'importance qu'on lui accorde, ne joue souvent qu'un rôle accessoire sauf chez les semences dont la germination exige obligatoirement de la

température élevée. La lumière et la température sont deux facteurs étroitement liés (MAZLIAK, 1982).

### **Conditions internes :**

Lorsque des graines arrivées à maturité sont placées dans des conditions optimales de température, d'humidité et d'oxygénation pour leur croissance et qu'elles ne germent pas, plusieurs types de causes sont à envisager : les dormances.

#### **3.1.6. Les dormances**

On définit la dormance d'une semence comme une inaptitude à germer correctement lorsque toutes les conditions de l'environnement sont apparemment favorables (présence d'eau, bonne oxygénation, température ni trop basse ni trop élevée, etc.) (MAZLIAK, 1982).

La majorité des auteurs l'emploient indifféremment pour désigner l'état physiologique dans lequel se trouve une semence ou un embryon, soit qu'ils sont placés dans des conditions favorables à leur germination ou non (CÔME, 1975).

Deux groupes de dormances sont classiquement admis, à savoir l'inhibition tégumentaire et la dormance embryonnaire. Dans le premier cas, les embryons isolés (séparés des téguments) germent très bien dans des conditions de germination où les semences ne germent pas ; il s'agit alors d'une action inhibitrice des enveloppes séminales, qui empêchent le passage de l'eau ou de l'oxygène. Dans le second cas, même isolés, les embryons ne germent pas ; il s'agit alors d'une incapacité des embryons à germer, qualifiée de dormance embryonnaire.

##### **3.1.6.1. Les inhibitions tégumentaires**

Les enveloppes séminales qui entourent l'embryon assurent normalement la protection des graines mais dans de nombreux cas ils constituent des obstacles plus ou moins efficaces au passage de l'eau ou de l'oxygène et leur action sur la germination peut être très importante en jouant un rôle de :

Barrière physique = résistance mécanique, imperméabilité à l'eau

Barrière chimique = piégeage de l'oxygène par des composés phénoliques, présence d'inhibiteurs de germination dans les téguments.

**3.1.6.1.1. L'imperméabilité à l'eau :** Il existe des semences qui ne peuvent pas germer parce que leurs enveloppes ne laissent absolument pas passer l'eau. En milieu humide, ces semences ne gonflent pas, restent sèches et résistent à l'écrasement. C'est pourquoi elles sont appelées semences dures. Les semences deviennent dures pendant la phase de déshydratation, en fin de

maturation. NOKES (1986) estime d'ailleurs que, pour éviter des traitements ultérieurs destinés à augmenter le taux de germination, il faut récolter très tôt les semences qui n'ont pas encore de téguments durs. Mais VORA (1989) pense que les graines deviendraient plus dures avec le temps. Les travaux de HYDE (1954) mettent en évidence le rôle du hile dans la déshydratation des semences dures : en fin de maturation, lorsque que le tégument est devenu imperméable, la vapeur d'eau s'échappe par le hile qui reste ouvert et fonctionne comme une valve ; en atmosphère sèche, le hile s'ouvre en moins d'une minute et la graine peut perdre de l'eau (CÔME, 1982). En atmosphère humide, la fermeture est aussi rapide et empêche la réhydratation.

**3.1.6.1.2. L'imperméabilité à l'oxygène :** L'imperméabilité des enveloppes séminales à l'oxygène est variable suivant les espèces. C'est en effet la structure anatomique des enveloppes qui détermine leur perméabilité à l'oxygène. Pour les semences non imbibées il existe deux sortes de structures qui ne permettent pas le passage de l'oxygène (CÔME, 1982) ; une structure non poreuse, où les cellules qui constituent l'enveloppe sont toutes jointives ; une structure poreuse, mais recouverte d'une couche superficielle imperméable (du mucilage par exemple). Lorsqu'une graine est imbibée, l'oxygène doit traverser les enveloppes en se dissolvant dans l'eau d'imbibition. Ainsi, plus les enveloppes sont minces, plus le débit d'oxygène vers l'embryon peut être important. Cependant, la présence fréquente de composés phénoliques dans les enveloppes diminue la quantité d'oxygène disponible pour l'embryon. En effet, ces composés qui se dissolvent dans l'eau d'imbibition se comportent comme un véritable piège à oxygène car ils s'oxydent en présence de ce gaz sous l'action de polyphénoloxydases (Figure 15).

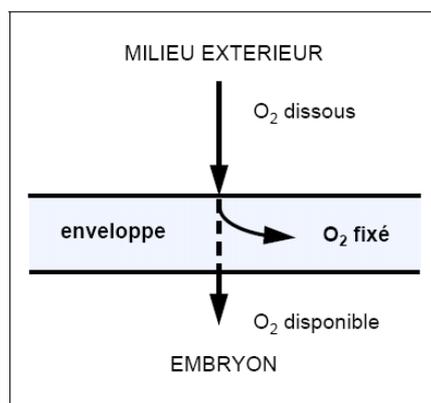


Figure 15. Schéma du mécanisme de l'apport d'oxygène à l'embryon, à travers les enveloppes séminales imbibées qui renferment des composés phénoliques. (D'après Côme, 1967).

Ce mécanisme permet de mieux comprendre pourquoi et comment la température joue un rôle si important pour la germination. Quand la température augmente, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue, alors que l'oxydation des phénols augmente. L'oxygène disponible est ainsi fortement réduit.

Au laboratoire ou lors de la réalisation de semis par des horticulteurs ou pépiniéristes différents traitements sont utilisés pour fragiliser ou altérer les téguments :

Abrasions : papier de verre

Incisions : scarification

Traitements chimiques :  $H_2O_2$ , solvants,  $SO_4H_2$  dilué.

### **3.1.6.2. Dormances embryonnaires**

Par définition on dit que la dormance est d'origine embryonnaire quand la graine étant débarrassée de ses téguments et placée dans des conditions convenables ne germe pas.

Il existe deux types de dormance embryonnaire :

- la dormance embryonnaire primaire, qui s'installe au cours du développement de la semence, on parle alors de dormance I ;
- la dormance embryonnaire secondaire, qui correspond à la perte de l'aptitude à germer lorsque l'embryon, à l'état imbibé, est placé dans des conditions incompatibles avec sa germination (températures trop élevées, manque d'oxygène, présence de lumière), on parle de dormance II.

### **3.2. La croissance**

Selon HELLER et al. (1995) la croissance est l'ensemble des modifications quantitatives qui interviennent au cours du développement, et qui se traduisent par une augmentation des dimensions, sans changement appréciable dans les propriétés qualitatives. Le développement (en physiologie végétale) étudie toutes les modifications qualitatives et quantitatives chez une plante (de la fécondation à la mort). La croissance d'une plante, selon MAZLIAK (1982), met en jeu habituellement l'augmentation du nombre et de la taille des unités existantes (organes, cellules) et la formation d'unités nouvelles qui se modifient à leur tour progressivement. (Figure 16). Les modifications quantitatives représentent la croissance (les modifications irréversibles se produisant au cours du temps). On a, par exemple, l'augmentation de taille, de volume, de masse (JANSEN, 2008). Le même auteur ajoute : on parle de différenciation quand la part prise par les modifications qualitatives vont prédominer: c'est l'acquisition de propriétés morphologiques et fonctionnelles.

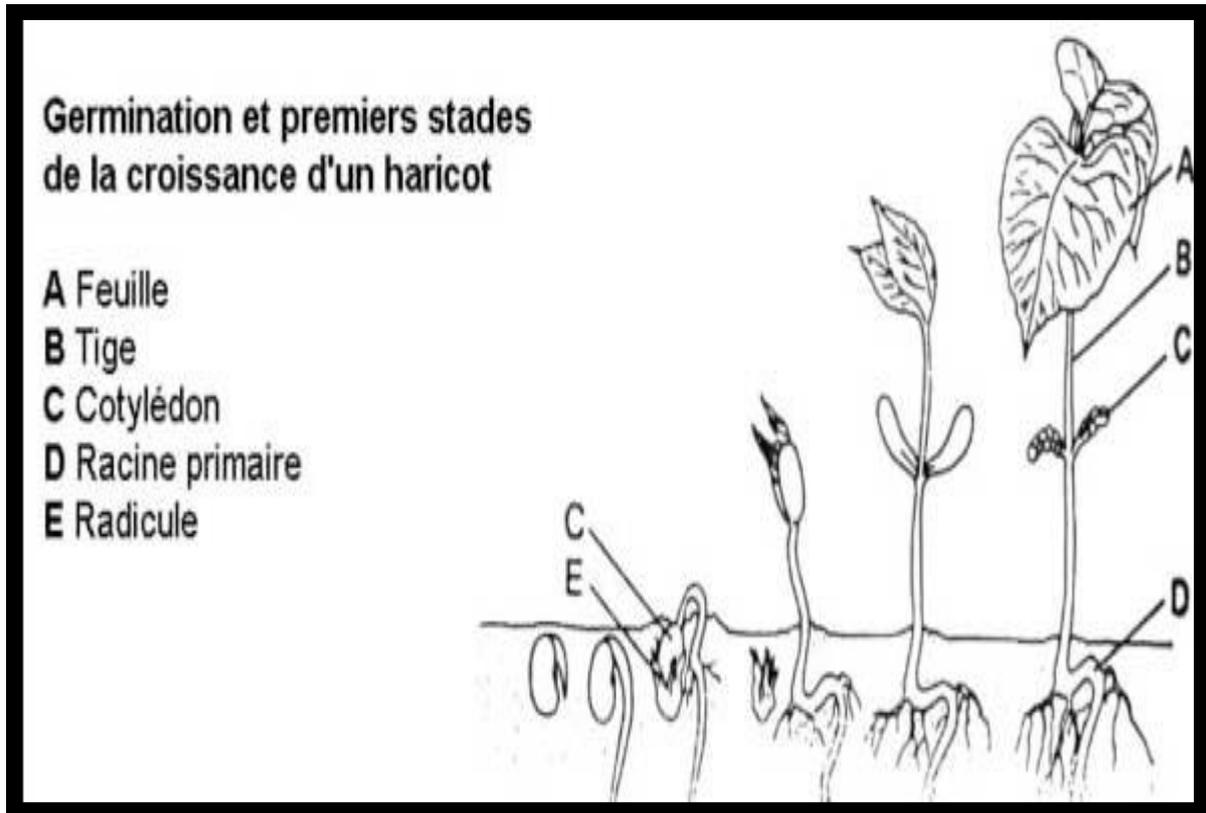


Figure 16. Germination et premiers stades de croissance d'un haricot. (UNESCO 1973 in Meyer et al, 2004)

### 3.2.1. Sites et formes de croissance

Selon JANSEN (2008) Chaque cellule va passer par une série d'étapes qui correspondent à une suite d'augmentations spectaculaires des dimensions de celle-ci. On observe différentes étapes :

- **La mérése** : c'est l'augmentation de la masse protoplastique, elle est essentiellement réalisée par multiplication cellulaire (au niveau des méristèmes primaires).
- **L'auxèse** : c'est l'augmentation qui résulte du grandissement cellulaire (au niveau des méristèmes secondaires).

#### 3.2.1.1. Au niveau de la plante et des organes.

Grâce aux méristèmes, la croissance d'une plante est, en général, indéfinie (notion de taille adulte pour des organes). Une plante est soumise à deux types de croissance intervenant successivement :

**3.2.1.1.1. La croissance primaire** : C'est l'élongation. Elle a lieu au niveau des méristèmes apicaux (organogènes). Ce type de développement est remarquable chez tous les végétaux :

c'est le port herbacé des plantes (HELLER et al., 1995). La croissance primaire résulte de l'activité des méristèmes apicaux situés à l'extrémité des racines (méristème racinaire) et des tiges (méristème caulinaire), (MAZLIAK, 1982). Les cellules qui constituent les méristèmes primaires se divisent activement et présentent des caractères cytologiques particuliers (taille petite, rapport nucléo plasmique élevé, organites peu structurés, parois minces, vacuoles restreintes, forte densité en ribosomes, nucléoles de grande taille) (MAZLIAK, 1982).

**3.2.1.1.2. La croissance secondaire :** C'est l'augmentation en épaisseur. Elle a lieu au niveau des cambiums ou de zones génératrices (histogènes). Ce développement n'a lieu que chez les plantes ligneuses (HELLER et al, 1995). La croissance d'une plante présente des caractères commutatifs et itératifs (qui se répètent plusieurs fois) (JANSEN, 2008). La croissance secondaire résulte de l'activité des méristèmes secondaire : les cambiums ou zones génératrices (MAZLIAK, 1982). Une plante a un développement indéfini, mais la capacité d'extension des organes est éphémère et leur grandissement se produit selon des gradients plus ou moins nets et diversement orientés suivant les organes et les espèces (HELLER et al, 1995).

- **La racine :** L'élongation est réalisée par les méristèmes primaires (zone de croissance) qui permettent l'avancée dans le sol. Cette croissance (primaire) est localisée et polarisée. L'élargissement (croissance secondaire) se produit très en arrière de la coiffe (JANSEN, 2008).

- **La tige :** On ne trouve pas d'axe continu, mais des unités successives (les primarium + les ébauches foliaires). Ces unités permettent l'élongation simultanée sur plusieurs entre-nœuds successifs. Au niveau de la tige, on a un étagement du gradient de croissance qui est due à la persistance de cellules méristématiques résiduelles, juste au-dessus de chaque entre-nœud (JANSEN, 2008).

- **Les feuilles :** L'augmentation est bidirectionnelle. L'accroissement en épaisseur est très réduit par rapport à la surface foliaire (JANSEN, 2008).

### **3.2.1.2. Au niveau cellulaire**

HELLER et al. (1995) distinguent, suivant la localisation des lieux d'augmentation de surface et les caractères des interrelations cellulaires, deux types d'extensions : l'extension symplastique est effectuée avec interposition constante de cellules isodiamétriques (isotropes) et cylindriques (anisotropes) elle est constante: les cellules augmentent comme un ensemble solidaire, en maintenant leurs liaisons et leurs communications. L'extension apicale qui peut

être intrusive ou extrusive, la cellule acquiert une autonomie plus ou moins importante par rapport aux cellules voisines.

**Extension extrusive:** les cellules épidermiques (ou du rhizoderme) vont donner des poils (ex : les fibres du coton).

**Extension intrusive :** elle se déroule vers l'intérieur des organes, au niveau de la lamelle moyenne (ex: les fibres de lin). L'augmentation du nombre d'individus (cellules) entraîne une augmentation des dimensions (surface, masse, ...) d'un composé particulier.

### 3.2.2. Cinétique de croissance et variation dans la croissance

Selon HELLER et al. (1995) la cinétique de croissance de la plante varie dans le temps à cause de différents facteurs: température, éclairage, humidité...etc. (facteurs externes) et de facteurs endogènes : par exemple les inhibiteurs de croissance qui sont responsables de l'état de dormance d'une plante (à l'état de semence).

### 3.2.3. Les substances régulatrices de croissance

HELLER et al, (1995) signalent la présence de deux substances actives sur l'élongation cellulaire : l'auxine et la gibbérelline.

#### 3.2.3.1. Action de l'auxine

##### A l'échelle des organes

- **Coléoptiles:** L'auxine stimule intensément l'élongation, jusque vers  $1\mu\text{M}$  ( $2 \cdot 10^{-7}$  g/ml).
- **Tiges, hampes florales:** L'auxine y provoque de même une élongation très accentuée des cellules sensibles à son action.
- **Racine:** l'action est toute différente et se ramène à un effet inhibiteur aux concentrations moyennes.
- **Feuilles:** les limbes des dicotylédones ont leur croissance inhibée par l'auxine, d'autant plus que la dose appliquée est plus forte, au contraire les pétioles et les graines sont stimulées à la manière des tiges. Les limbes des monocotylédones sont assimilables sur le plan physiologique à des graines de dicotylédones. Les très jeunes feuilles et les bourgeons ont un comportement intermédiaire entre celui des tiges et des limbes (stimulation jusque vers  $10^{-7}$ , inhibition au-delà).

#### Sur la croissance de la paroi

L'auxine agit sur l'élongation des cellules jeunes en cours d'élongation, donc dans la phase d'intussusception où la paroi est extensible. L'auxine augmente les deux composantes

de l'extensibilité de la paroi, permettant à la cellule de s'allonger sous l'effet de la turgescence

### 3.2.3.2. Gibbérelline

**Allongement des entre nœuds et floraison :** L'action de gibbérelline est l'allongement des entre nœuds. Cette action sur le déboitement des entre-nœuds explique peut-être les effets stimulants des gibbérellines sur la mise à fleur de certaines plantes chez lesquelles elles peuvent remplacer la vernalisation ou les jours longs.

**Croissance des feuilles et des fruits :** La gibbérelline provoque une exaltation de la croissance des feuilles qui atteignent souvent une surface double de la normale (Trèfle). Et un effet sur les péricarpes des fruits, les gibbérellines ont une action très comparable à celle de l'auxine, et comme avec cette dernière on peut obtenir des fruits pathénocarpique, par des applications de gibbérellines à des ovaires non fécondés.

**L'effet sur la germination des semences et développement des bourgeons :** Les gibbérellines lèvent dans bien des cas la dormance des semences. L'acide gibbérellique appliqué à des concentrations assez fortes ( $10^{-3}$  g m<sup>-1</sup>=2.9 μM) lève la dormance comme le fait la lumière rouge. Les applications de gibbérellines retardent l'entrée en dormance des bourgeons des arbres et arbustes chez lesquels celle-ci est induite par les jours courts (automne).

**Synthèse d' $\alpha$ -amylase :** La gibbérelline agit sur la synthèse d' $\alpha$ -amylase donc la gibbérelline c'est un régulateur de la croissance.

## 4. Différentes méthodes pour la levée de la dormance des semences

Les semences de nombreuses essences d'arbres germent sans difficulté lorsqu'elles sont placées dans des conditions d'humidité et de température favorables dont beaucoup d'entre elles manifestent une certaine dormance. Lorsque cette dormance est forte, la régénération artificielle nécessite une forme ou une autre de prétraitement, seul susceptible d'assurer un taux de germination élevé en un temps très court. Le meilleur traitement appliqué dans le cadre des expériences concernant *Robinia* a permis, au bout de dix jours, de décupler le pourcentage de germination en comparaison des semences témoins. Dans d'autres cas, la différence tient plus dans la vitesse de la germination que dans le total final des semences germées, comme chez *Pinustaeda* (Bonner et al., 1974) et *Pinuselliottii* (Forrest, 1964). Lorsque la dormance est légère, le prétraitement peut n'avoir qu'un effet marginal. Il convient de peser les avantages du prétraitement (économie de semences, gain d'espace sur les

planches de semis, période de repiquage prévisible et raccourcie, matériel de reproduction en pépinière plus uniforme) et ses inconvénients (coût et difficultés de mise en œuvre). La décision de prétraiter dépend non seulement de l'espèce, mais aussi de la provenance, de l'année de production des semences, des conditions locales en pépinière et de la durée et des conditions d'entreposage.

L'opération destinée à lever la dormance et à stimuler la germination est donc une forme importante de prétraitement. Parmi les autres formes figure l'enrobage, destiné à protéger les semences contre les ravageurs, les maladies ou les conditions défavorables, à les rendre plus uniformes ou à permettre au pépiniériste de mieux les distinguer.

#### **4.1. Méthodes physiques**

Une des méthodes physiques les plus simples et les plus directes consiste à couper, percer ou limer le tégument de chaque graine avant semis, afin d'y faire un petit trou (Goor et Barney, 1976). Cette méthode a donné de bons résultats aux Philippines dans le cas des grosses graines de légumineuses des genres *Afzelia*, *Albizzia*, *Intsia* et *Sindora* (Seeber et Agpaoa, 1976) et au Honduras dans le cas d'*Acacia*, de *Prosopis*, d'*Enterolobium* et d'autres légumineuses (Robbins, 1982b). Les semences d'*Intsia* sont entaillées à chaque extrémité ainsi qu'au niveau du hile et du micropyle, cette troisième entaille étant la plus importante. En Tanzanie, on enlève au couteau le péricarpe dur et hérissé de *Pterocarpus angolensis* sur un des bords de la graine (Laurie, 1974) ou on le casse en le frappant avec une massue (Boaler, 1966). Aux Philippines, on casse le tégument dur d'*Eusideroxylon* au marteau. L'élimination complète du tégument de *Calophyllum* a donné de meilleurs résultats que son simple entaillage (Seeber et Agpaoa, 1976). On peut aussi se servir de papier de verre pour réduire l'épaisseur du tégument par abrasion. Au cours d'essais réalisés au Pakistan, il s'est avéré que l'abrasion au papier de verre était le traitement le plus propre à augmenter et à accélérer la germination de certaines essences à tégument dur (Nisa et Qadir, 1969). Par exemple, alors que les semences de *Leucaena* ont un taux de germination nul en l'absence de tout traitement ou après trempage de 24 heures dans l'eau froide, ce taux passe à 42 pour cent en 26 jours après 1 minute de trempage dans l'acide sulfurique concentré, à 60 pour cent en 13 jours après immersion pendant 2 minutes dans l'eau bouillante et à 100 pour cent en 3 jours après traitement au papier de verre.

En Suède, des essais effectués en laboratoire ont démontré que la scarification au papier de verre, suivie par un trempage de 3 heures dans l'eau froide, constituait le traitement le plus efficace des semences d'*Acacia farnesiana*. En effet, à la suite de ce traitement, 88 pour

cent d'entre elles parvenaient à germer en 7 jours et 100 pour cent en 21 jours, contre 63 pour cent, 23 pour cent et 3 pour cent en 21 jours après trempage dans, respectivement, de l'acide sulfurique, de l'alcool absolu et de l'eau chaude. Il s'est toutefois avéré moins efficace que l'un ou l'autre des traitements par trempage dans le cas de six autres essences à tégument dur provenant d'Iraq et soumises aux mêmes essais (Kisou et al., 1983). Le traitement manuel est lent, mais sûr et efficace s'il est appliqué par des travailleurs expérimentés. Il convient particulièrement bien aux grosses graines réfractaires comme celles de *Delonix regia* (Wunder, 1966). L'effet de la scarification peut être renforcé par un trempage dans l'eau froide avant semis.

S'il s'agit de traiter de grandes quantités de semences, la scarification mécanique est préférable à la méthode manuelle. Les semences peuvent être brassées dans une bétonnière avec du gravier ou du sable à arêtes vives, ou encore dans un tambour spécial revêtu d'une matière abrasive (papier de verre, ciment, verre pilé, etc.) ou comportant des disques abrasifs rotatifs (Kemp, 1975c, Goor et Barney, 1976). Si l'on utilise du sable ou du gravier, il importe de le tamiser, afin de pouvoir le séparer facilement des semences à l'aide d'un tamis de maille appropriée.

La méthode ne convient pas aux graines à résine ou à pulpe abondante, susceptible de bloquer la machine. Il faut veiller à ne pas prolonger le traitement trop longtemps, ce qui aurait pour effet d'endommager les semences et de réduire ou de supprimer leur faculté germinative. L'examen de la surface du tégument, au besoin à la loupe, ou le contrôle de la capacité d'imbibition des graines, révélée par leur gonflement, peuvent servir à évaluer l'efficacité de la scarification (Bonner et al., 1974).

En Inde, la scarification mécanique est utilisée avec succès pour lever la dormance tégumentaire d'*Acacia catechu*, d'*A. nilotica* sous-espèce *indica*, d'*Albizia falcataria*, d'*A. lebbek*, de *Cassia fistula*, de *C. javanica*, de *C. nodosa*, de *Delonix regia*, de *Dichrostachys cinerea*, de *Santalum album*, de *Terminalia arjuna* et de *T. tomentosa* (Pattanath, 1982). Le secouement horizontal pendant cinq heures de semences d'*Acacia farnesiana* placées dans des bouteilles avec du verre pilé permet, en 43 jours, la germination de 20,7 pour cent d'entre elles, et de 10,7 pour cent supplémentaires si elles sont imbibées, en comparaison de 0,7 pour cent + 0,7 pour cent des semences témoins durant la même période. Toutefois, ce résultat est nettement inférieur à celui obtenu, pour les mêmes essences, à la suite d'une scarification manuelle au papier de verre (Kisou et al., 1983).

## 4.2. Trempage dans l'eau

Un certain nombre de traitements consistent à faire tremper les semences dans l'eau ou d'autres liquides. Ces traitements par voie humide permettent de combiner les effets du ramollissement des téguments durs et du lessivage des inhibiteurs chimiques.

Certaines semences peu résistantes à la germination réagissent favorablement à un trempage pendant 24 heures dans de l'eau à température ambiante (Kemp, 1975c). Cela peut s'expliquer par une imbibition plus rapide que celle qui a lieu dans une planche de semis humide. Ce traitement est recommandé après la scarification manuelle, mécanique ou chimique de certaines essences (Seeber et Agpaoa, 1976; Elamin, 1975). D'après Matias et al. (1973), le trempage des semences de *Pinus caribaea* pendant 48 heures dans de l'eau à température ambiante assure une germination plus uniforme.

En Inde, le trempage dans l'eau pendant des périodes variant de 2 à 48 heures selon les essences accélère la germination des semences d'*Acacia mearnsii*, d'*A. melanoxylon*, d'*A. nilotica* sous-esp. *kraussiana*, d'*Adenanthera microsperma*, d'*Albizia amara*, d'*A. procera*, de *Grevillea robusta* et de *Trewia nudiflora* (Pattanath, 1982).

Un traitement plus efficace, en particulier dans les pays chauds, consiste à alterner l'humidification et le séchage des semences. On l'applique fréquemment aux fruits de *Tectona*.

En Thaïlande, après scarification, on procède à quatre trempages et à trois séchages alternés successifs, chaque étape durant de 30 à 45 minutes (Bryndum, 1966). Ailleurs, lorsqu'on ne procède pas à une scarification préalable, on a coutume d'étaler les "graines" au soleil sur une surface dure, de sorte qu'elles forment une couche d'environ 5 cm d'épaisseur, et de les mouiller abondamment, puis de les retourner de temps à autre pour leur permettre de sécher pendant un jour ou deux. Ce processus d'humectage et de séchage alternés se répète un certain nombre de fois, généralement durant cinq à dix cycles, jusqu'à ce que des signes de germination apparaissent. L'humectage peut durer un jour et le séchage, 3 à 5 jours. Dès que la germination démarre, les "graines" doivent être semées en pépinière (Laurie, 1974).

En Tanzanie, l'humectage préliminaire dure 72 heures et consiste à immerger des sacs entiers de semences dans un cours d'eau ou dans de grands fûts. Les "graines" sont ensuite semées sur le sol à raison de 5 kg/m<sup>2</sup>; après séchage au soleil pendant deux jours, on les recouvre d'environ 2 à 5 cm de terre et on les arrose quotidiennement (Wood, 1967).

*Tectona grandis* est une essence tropicale chez laquelle la dormance chimique due à la présence d'inhibiteurs dans le péricarpe semble jouer un rôle plus important que la dormance

physique. Fairlamb et Davidson (1976) ont constaté qu'un extrait aqueux, obtenu par trempage des fruits de *T. grandis* pendant quatre jours et utilisé pour humecter le papier filtre, empêchait la germination de semences de cresson. Au bout de 144 heures, le taux de germination était de 11 pour cent dans l'extrait, contre 76 pour cent dans l'eau de citerne et 96 pour cent dans l'eau distillée.

Par ailleurs, Pattanath (1982) n'a découvert aucun indice de dormance physique chez cette essence. D'après cet auteur, un trempage des fruits dans l'eau pendant 24 heures permet à l'eau de pénétrer normalement dans les loges où se trouvent les graines. Le degré de dormance varie considérablement d'une provenance de teck à l'autre. Alors que certaines provenances ne nécessitent aucun traitement ou encore s'accommodent d'humectages et de séchages alternés (voir ci-dessus), d'autres réagissent à un trempage de quatre heures dans une solution nutritive de Sach, ce qui est peut-être l'indice d'un certain déséquilibre nutritif des semences (Gupta et al., 1975).

Les semences de *Terminaliaivorensis* montrent apparemment aussi une certaine dormance chimique. Des trempages et des séchages quotidiens alternés des fruits de cette essence pendant sept jours assurent un taux de germination de 50 à 70 pour cent, alors que la germination des semences non traitées est généralement médiocre (Brookman-Amisshah, 1973). Le même auteur a constaté ultérieurement qu'un extrait aqueux des fruits de *Terminaliaivorensis* avait un léger effet inhibiteur sur la germination des graines de laitue et un effet plus considérable sur le nombre de malformations affectant les plants germés. Il a en outre identifié la coumarine comme étant l'un des principaux inhibiteurs impliqués (Brookman-Amisshah, 1976). Le trempage dans l'eau courante pendant une ou deux semaines permet d'éliminer les inhibiteurs présents dans les semences d'*Atriplex*spp. (Turnbull, 1983).

Le traitement à l'eau chaude a donné de bons résultats avec un certain nombre de semences de légumineuses. Les graines sont habituellement plongées dans l'eau bouillante, que l'on retire immédiatement de la source de chaleur et qu'on laisse refroidir lentement pendant environ 12 heures (Kemp, 1975c). Les graines s'imbibent d'eau et gonflent au fur et à mesure que l'eau refroidit. Le rapport adéquat du volume d'eau au volume de semences est généralement dicté par l'expérience et peut varier considérablement selon les essences.

Certains suggèrent de mettre 2 à 3 fois plus d'eau que de semences (Goor et Barney, 1976), alors que d'autres conseillent d'en mettre 4 à 5 fois plus (Bonner et al., 1974) ou 5 à 10 fois plus (Seeber et Agpaoa, 1976). Certaines essences, comme *Albizzia falcataria*, réagissent

mieux à une température initiale bien inférieure à la température d'ébullition (Valencia, 1973).

Une température initiale de 90 °C, qu'on laisse ensuite descendre jusqu'à 20 °C, a donné de bons résultats avec *Parkinsonia aculeata* et *Ziziphus spina-christi* (Kisou et al., 1983). Les divers essais concernant la température initiale et la durée du trempage auxquels on a procédé aux Philippines sur des semences de *Leucaena leucocephala* ont démontré qu'un trempage d'une minute dans de l'eau à une température initiale de 80 °C donnait le meilleur résultat, à savoir un taux de germination de 90 pour cent (Alvarez-Racelis et Bagaloyos, 1977). La durée du trempage semble avoir peu d'effet, puisqu'un trempage de six heures avec la même température initiale procure un taux de germination de 89 pour cent. Par contre, la température initiale de l'eau a un effet considérable; en effet, le taux de germination n'atteint qu'environ 30 pour cent et 25 pour cent dans le cas d'une température initiale de respectivement 100 °C et 40 °C.

Bowen et Eusebio (1981b) ont observé que, dans le cas des semences d'*Acacia mangium* de l'Etat de Sabah, il existe une étroite corrélation entre la température initiale de l'eau et la germination ultérieure. Le taux de germination passe progressivement de 5 pour cent après immersion dans de l'eau à 30 °C à 91 pour cent après immersion dans de l'eau à 100 °C. Le traitement actuellement recommandé pour cette essence consiste à immerger les semences dans cinq fois leur volume d'eau à 100 °C, à les laisser dans l'eau retirée du feu pendant 30 secondes tout en les remuant, à vider l'eau chaude et à les laisser tremper toute la nuit dans vingt fois leur volume d'eau à température ambiante.

Dans le cas d'*Albizzia falcataria*, on recommande une température initiale de seulement 80 à 90 °C (Bowen et Eusebio, 1981a). Certaines espèces d'*Acacia* nécessitent un traitement plus sévère. D'après Larsen (1964), bien que le traitement normal à l'eau bouillante fasse passer la germination d'*Acacia sieberiana*, une espèce exceptionnellement résistante, de 2 pour cent à 10 pour cent, le maintien des semences dans l'eau en ébullition continue pendant 60 minutes permet d'obtenir un taux de germination de 60 pour cent en deux semaines.

Pour lever la dormance tégumentaire sans tuer les semences par suite d'un chauffage excessif, il importe de suivre à la lettre les directives concernant le traitement à l'eau chaude.

Toutefois, il est souvent plus facile de procéder ainsi dans un laboratoire de recherche central que dans des pépinières d'exploitation dispersées. Dans l'Etat de Sabah, on a découvert qu'il était possible de sécher de nouveau les semences d'*Acacia mangium* et d'*Albizzia falcataria* après les trente secondes initiales de traitement à l'eau chaude, de les emballer, de

les expédier aux pépinières de terrain et, après trois jours d'entreposage, de les faire tremper simplement dans l'eau froide avant de les semer. La germination était alors aussi bonne (80 pour cent) que lorsque les graines étaient semées immédiatement après traitement (Bowen et Eusebio, 1982). Le séchage des semences s'effectuait dans un courant d'air sec à 45 °C pendant une période de 6 à 18 heures.

Le traitement à l'eau chaude est relativement sûr et facile à appliquer et donne de bons résultats avec un certain nombre d'essences. Il ne convient guère aux lots importants en raison des difficultés soulevées par la manipulation et le semis des semences gonflées (Heit, 1967b).

#### **4.3. Traitement à l'acide**

Le produit chimique le plus fréquemment employé pour lever la dormance tégumentaire est l'acide sulfurique concentré. Ce traitement est, pour certaines essences, plus efficace que le traitement à l'eau chaude. Les semences conservées longtemps en magasin requièrent habituellement une plus longue immersion dans l'acide que les graines fraîches, qui résisteraient mal à un traitement de cette durée (Kemp, 1975c). La manipulation de l'acide sulfurique exige les plus grandes précautions et ne peut être confiée à des travailleurs inexpérimentés.

Bonner et al. (1974) donnent des instructions détaillées concernant l'utilisation de l'acide sulfurique, instructions qui sont reproduites ci-après:

Le matériel et l'équipement requis sont les suivants: acide sulfurique de qualité commerciale (densité de 1,84, pureté de 95 pour cent); récipients résistants aux acides (de préférence en plastique épais); récipients en fil métallique et tamis pour la manipulation, l'égouttage et le lavage des semences; eau courante en abondance; un endroit sûr pour l'égouttage de l'acide dilué résultant du rinçage des semences; installations permettant le séchage des semences après rinçage.

#### **4.4. Chaleur sèche et feu**

Le rayonnement solaire ne constitue pas à lui seul un traitement susceptible de favoriser la germination, mais c'est un élément important du traitement par humectage et séchage alternés, décrit à la section "Trempage dans l'eau".

Dans les régions tropicales caractérisées par une saison sèche et une saison des pluies, le feu est un puissant moyen naturel d'interruption de la dormance tégumentaire. Alors qu'un feu violent tue les graines, un feu faible à modéré, tel que ceux qui sont associés aux incendies précoces contrôlés, rétablit la perméabilité du tégument et favorise la germination. Dans un

certain nombre de pays, on a recours au feu pour stimuler la germination des semences de *Tectona* (Laurie, 1974). Il est possible d'étaler les fruits en une couche épaisse sur le sol et de les recouvrir d'herbe qu'on fait brûler, ou encore de les brûler légèrement avec un lance-flammes. Il faut une certaine expérience pour parvenir à contrôler la chaleur du feu de sorte qu'elle ait un effet maximal sur le péricarpe sans pour autant endommager l'embryon. Aux Philippines, les semences d'*Aleurites moluccana* sont soumises à un traitement semblable. Les noix sont étalées en couche régulière sur le sol et recouvertes d'une couche épaisse de 3 cm d'herbe *Imperata* sèche, à laquelle on met le feu. Dès que l'herbe a fini de brûler, on met les semences dans l'eau froide. Le changement brutal de température fait craquer les noix, qui sont alors prêtes à semer (Seeber et Agpaoa, 1976). Une autre possibilité consiste à semer les noix à intervalles adéquats en les enterrant à moitié dans le sol, à recouvrir le lit de semence d'une couche d'herbe *Imperata* et à mettre le feu. Une fois la combustion achevée, on asperge le lit de semence d'eau, on enfonce les noix à 2 cm de profondeur dans le sol et on arrose abondamment.

Dans l'Etat de Sabah, Bowen et Eusebio (1981b) ont constaté qu'une exposition de dix minutes des semences d'*Acacia mangium* à une chaleur sèche de 100 °C donnait presque les mêmes résultats qu'une immersion dans l'eau bouillante. Le taux de germination s'établissait à 83 pour cent, contre 92 pour cent dans le cas d'un traitement à l'eau chaude.

#### **4.5. Stratification au froid**

Alors que les essences tempérées manifestent rarement une dormance morphologique, il arrive beaucoup plus souvent que leurs semences, pourtant parfaitement développées au moment de la dispersion ou de la récolte, ne puissent pas germer immédiatement pour des raisons physiologiques. Le prétraitement le plus indiqué pour lever cette dormance physiologique consiste à reproduire les conditions d'hivernage auxquelles les graines sont soumises dans la nature, c'est-à-dire à procéder à un traitement au froid humide, ou stratification au froid.

Outre qu'elle contribue à lever la dormance physiologique, la stratification au froid diminue la sensibilité des graines dormantes et non dormantes à l'égard des conditions optimales d'éclairement et de température, ce qui a pour effet d'augmenter et d'uniformiser la germination pour un grand nombre de conditions. Correctement réalisée, la stratification au froid n'a aucun effet dommageable sur les semences non dormantes saines qui n'ont pas subi d'altération due à un vieillissement physiologique excessif. On peut donc l'employer en toute

confiance lorsqu'on soupçonne la coexistence de différents degrés de dormance dans un même lot de semences.

Au sens strict, la stratification fait référence à la méthode consistant à disposer les semences en couches alternant avec d'autres couches d'un milieu retenant l'eau, comme le sable, la tourbe ou la vermiculite, et à les maintenir à basse température pendant une période de généralement 20 à 60 jours, mais qui varie considérablement d'une essence à l'autre. La combinaison d'une forte humidité et d'une faible température déclenche apparemment des changements biochimiques qui transforment des substances nutritives complexes en substances plus simples, directement assimilables par l'embryon lorsqu'il recommence à croître au moment de la germination. Le sens du mot "stratification" a été récemment étendu, de manière à inclure toutes les formes de traitement au froid humide, que les semences soient ou non disposées en couches (Bonner et al., 1974). La présente section donne une brève description de la stratification stricto sensu (à l'extérieur et à l'intérieur), alors que la section suivante, intitulée "Autres méthodes de pré-refroidissement à l'humidité", décrit les méthodes de traitement au froid humide sans disposition en couches. Pour réussir, la stratification et le pré-refroidissement à l'humidité doivent satisfaire à trois conditions principales, à savoir une source d'humidité renouvelable pour les semences, une faible température et une aération adéquate. Seules des semences imbibées peuvent tirer pleinement parti d'un traitement au froid humide, alors qu'une bonne aération est indispensable pour fournir l'oxygène nécessaire à la respiration et dissiper la chaleur et le gaz carbonique. Quant à la faible température, non seulement elle favorise les changements biochimiques, mais elle restreint l'activité des micro-organismes ainsi que le risque d'échauffement excessif et de germination prématurée pendant la post-maturation (Bonner et al., 1974).

Sous les climats tempérés, la stratification hivernale dans des trous creusés en plein air garantit une température assez basse pour assurer le prérefroidissement. La méthode employée au Royaume-Uni et décrite par Aldhous (1972) présente les caractéristiques essentielles suivantes:

1. Le trou doit être creusé dans un endroit frais, ombragé et bien drainé. Il faut remplir le fond du trou (sur une hauteur de 10 cm) de sable ou de gravier, afin d'assurer un bon drainage. Le contenu du trou doit rester humide pendant toute la stratification, sans qu'il y ait pour autant saturation en eau.

2. Le trou doit avoir une profondeur et une largeur d'environ 60 à 80 cm; quant à sa longueur, on la détermine en fonction du volume de semences à stratifier.
3. Le fond et les côtés du trou doivent être garnis d'un treillis métallique de 6 mm de maille fixé sur un châssis, de manière à protéger les semences contre les souris. Une fois le trou rempli, il faut le recouvrir à l'aide d'un couvercle fabriqué dans le même treillis.
4. Les semences à stratifier doivent être mélangées avec quatre fois leur poids de sable. Le mélange de semences et de sable est alors versé dans le trou jusqu'à 15 cm de la surface. Les 15 derniers centimètres doivent être remplis de sable pur.
5. Le début de la stratification doit être calculé en fonction de la date de semis prévue et de la durée optimale de ce traitement selon l'essence considérée. Il faut inspecter régulièrement les semences, en commençant quelques semaines avant la date de semis. Le semis a lieu lorsque la plupart des graines ont commencé à se fendre et que la pointe des radicules est visible, mais avant que les radicules aient commencé à se développer. Un semis trop tardif entraîne un endommagement des radicules, que les feuillus supportent assez bien, mais qui cause de lourdes pertes chez les conifères.

Lorsqu'on dispose d'une chambre froide, il est possible de procéder à la stratification à l'intérieur, ce qui permet d'exercer un contrôle plus étroit de l'humidité et de la température. On recommande habituellement une température de +1 °C à +5 °C (Bonner et al., 1974; Gordon et Rowe, 1982). Aux Etats-Unis, on emploie couramment la méthode consistant à mettre des lots de 4,5 à 12 kg de semences dans des sacs à tissage lâche que l'on aplatit pour former des disques d'une épaisseur n'excédant pas 7,5 cm et que l'on dispose en alternance avec des couches de matériau hydrophile humide (Bonner et al., 1974). Les caisses, les boîtes, les bidons ou les fûts sont des récipients convenables, à condition de perforer leur fond pour faciliter le drainage et l'aération. En général, on fait tremper les semences de feuillus et de pins méridionaux pendant la nuit dans de l'eau à température ambiante. Il convient de recouvrir les récipients sans les fermer, de manière à assurer un séchage uniforme des semences et du matériau hydrophile. Il faut inspecter les semences régulièrement afin de remédier immédiatement à un échauffement, à une aération insuffisante ou à un dessèchement excessif et de détecter les premiers stades de la germination.

Une fois la stratification achevée, il faut procéder sans tarder au semis. Les graines stratifiées mais non germées de certains genres comme *Prunus* peuvent développer une

dormance secondaire si elles sont soumises à un dessèchement intense ou à des températures supérieures à 20 °C. Il faut alors entreprendre une nouvelle stratification au froid pour lever cette dormance secondaire (Suszka, 1978b).

## 5. Multiplication du pistachier

### 5.1. Par semis

En Italie il existe plusieurs méthodes ; selon la nature du porte-greffe :

- semis en place en octobre novembre de fruits de *Pistaciaterebinthus*, dans les fentes de rochers ou dans un trou dans le sol.
- Semis en pépinière de *Pistacia vera*. les graines doivent être de l'année, non moisies et bien mûres.

La mise en terre a lieu généralement du 15 février à la fin du mois de mars, mais les auteurs notent qu'un semis plus tardif donne de meilleurs résultats, car les graines craignent l'humidité. Il est parfois recouru au semis sur couche chaude pour accélérer la levée, enfin les jeunes plants sont protégés contre les froids le premier hiver.

L'arrachage pour la mise en place définitive a lieu un an après le semis ; les plantes présentent alors une racine pivotante de 50 cm environ de long mais la tige n'atteint que 15 cm. Il faut absolument éviter d'endommager le pivot.

- Pour *Pistaciaterebinthus*, le semis d'automne sur couche chaude est préféré. Les jeunes sujets restent en place deux ans, car cette espèce est à croissance lente. Le semis est quelquefois effectué en pots longs possédant un trou sur le côté (pour éviter le passage du pivot à travers le trou du fond). Si le semis a été fait en pleine terre, il est conseillé de trancher le pivot pour stimuler la croissance des racines latérales.
- L'hybride *Pistacia vera* X *Pistaciaterebinthus* est semé en février –mars dans un sol bien remué sur 1 m de profondeur. La levée a eu lieu en deux mois et les plants atteignent 50 à 60 cm avec un pivot d'1 m en un an, ils sont prêts à être mis en place.

En Syrie les graines sont semées en pépinière vers la mi-février en lignes distantes de 50 cm et à 5 cm d'intervalle sur ligne , la levée a lieu un mois et demi environ après semis.

Les planches sont irriguées une première fois quand les plantules ont 2 cm puis tous les 20 jours au printemps et tous les 8 jours en été ; les jeunes plants sont protégé par un abri en paille.

D'après. CHAPOT seuls les semis de *Pistaciavera* et de *Pistaciakhinjuk* sont irrigués à raison de trois irrigations en cours d'été. A un an les sujets sont repiqués en pépinière puis

mis en place à l'automne suivant. D'après EVREINOFF, l'époque du semis varie de février (Turkestan Syrie) à mars (Turquie).

Les graines subissent un trempage préalable dans l'eau tiède pendant 24 heures puis sont mises dans un sac arrosé chaque jour durant une semaine. Après ce laps de temps les 2/3 des graines sont germées. Le semis s'effectue alors en terrain léger, très meuble, frais mais non humide, très bien préparé, divisé en planches de faibles dimensions entre lesquelles sont semées en lignes distantes de 40 cm ou en poquets de 7 à 8 cm de profondeur dans lesquels 3 graines sont placées.

Une irrigation suit immédiatement le semis, mais uniquement dans les rigoles pour ne pas mouiller directement les graines. Le rythme des arrosages est de 8 jours jusqu'à l'hiver.

Dans le cas du semis en ligne, un démariage est nécessaire quand les plants ont atteint 15 à 20 cm pour ne laisser qu'un plant tous les 4 cm.

Dans le cas du semis en poquets, tous les plants de chaque poquet peuvent être conservés la première année, mais la seconde année le plus beau seul sera gardé.

La mise en place définitive a lieu à la fin de la deuxième année de pépinière.

En Turquie le semis s'effectue en octobre novembre en rayons de 5 cm de profondeur. La transplantation s'effectue un an après. Il a été remarqué, au cours d'un essai préliminaire effectué en Corse à la station expérimentale d'agrumiculture sur des semis de *Pistaciavera*, que le semis effectué en fin mars levait en un mois. Les plants qui en étaient issus avaient une croissance très lente tandis qu'avec un semis effectué au début du mois d'Août la levée s'opérait en 8 jours et les plants atteignaient 10 cm de hauteur 15 jours après la levée. Ce résultat est à rapprocher de la méthode italienne de semis automnal.

Enfin les auteurs américains font une remarque importante au sujet du temps pendant lequel les jeunes sujets doivent rester en pépinière après le semis.

Après avoir noté la faiblesse du développement pendant la première année, ils signalent que les sujets laissés deux ans en place perdent presque toutes leurs racines au moment de l'arrachage bien que les tranchées d'arrachage aient atteint 60 à 70 cm de profondeur. De plus les plants survivants à cette opération ont eu une très faible croissance. Ils en concluent que l'obtention de seedlings vigoureux ayant un système racinaire puissant après une seule année de pépinière est un facteur primordial de bonne reprise et de croissance rapide.

## **5.2. Par greffage**

### **5.2.1. Les différents porte greffe utilisés pour le greffage**

Dans sa zone de culture traditionnelle le pistachier est greffé, le plus souvent dans des peuplements naturels notamment de *Pistaciaterebinthus*. Il peut cependant être greffé sur de nombreuses autres espèces ou sur lui-même (*Pistacialentiscus*, *Pistaciaatlantica*, *Pistaciamutica* et *Pistaciaintegerrima* et hybrides). En pépinière les porte-greffes suivants sont utilisés : *Pistacia vera* (franc) pour les sols profonds et fertiles. Les terrains rocheux graveleux et peu épais ne lui conviennent pas. Le semis ne donne que 10 % de *Pistacia vera*, ce qui nécessite d'opérer une sélection des porte-greffes. Hybrides de *Pistacia vera*, utilisés aux U.S.A., ayant *Pistacia vera* comme parent femelle, avec *Pistaciaintegerrima*, *Pistaciaatlantica*, *Pistaciaterebinthus* et *Pistaciachinensis* comme parent mâle.

Dans une expérience relatée par les auteurs américains l'hybride *Pistacia vera* x *Pistaciaintegerrima* a donné les meilleurs résultats (66 à 81 % des greffes reprises). Avec les hybrides *Pistacia vera* x *Pistaciaatlantica* et *Pistacia vera* x *Pistaciaterebinthus* la reprise atteignait seulement 50 à 60 %. Aucun résultat n'est mentionné pour l'hybride *Pistacia vera* x *Pistaciachinensis*.

Il convient de noter, au sujet de ces hybrides, que celui ayant *Pistaciaterebinthus* pour parent mâle est également utilisé en Italie.

Les expériences américaines sur ces hybrides sont cependant trop récentes pour qu'il soit possible d'en utiliser immédiatement les résultats, car il faut encore démontrer que les arbres greffés sur ces porte-greffes fructifieront aussi bien que ceux greffés sur semis de *Pistacia vera*.

*Pistaciaterebinthus* est un bon porte-greffe pour les terrains acides et ayant une bonne affinité avec *Pistacia vera*, d'après les auteurs Italiens; une mauvaise affinité d'après les renseignements recueillis par CHAPOT en Turquie. Excellent porte-greffe de vigueur moyenne et redoutant les mauvais terrains pour EVREINOFF. Cette dernière opinion semble trop sévère car, dans tout le Proche-Orient et en Italie, ce porte-greffe est utilisé dans les sols rocailloux et pauvres. Il donne de petits arbres à frondaison chétive.

*Pistaciaatlantica* Utilisé aux U.S.A. en Italie et en Afrique du Nord donne des arbres de grande vigueur et très rustiques. C'est un porte-greffe pour terres riches.

*Pistaciachinensis* utilisé aux U.S.A.

Ces deux porte-greffes ne semblent pas donner satisfaction aux U.S.A. eu égard à leur faible développement au cours de la première année de pépinière.

Il convient de préciser à ce sujet que les Américains greffent à la fin de la première année, ce qui n'est pas le cas dans les autres régions de culture et modifie donc l'aspect du problème.

*Pistacialentiscus* et *Pistacia. Mutica* sont mentionnés par les auteurs Italiens sans faire état de leurs qualités ou de leurs défauts, mais EVREINOFF note que *Pistacialentiscus* donne des arbres de faible vigueur à vie courte, tandis que CHAPOT. H rapporte que ce porte-greffe a une très bonne affinité avec *Pistacia vera* et est utilisé en Turquie pour les sols moyens.

*Pistaciaintegerrima* (*PistaciaKhinjuk*) est utilisé en Syrie d'après PECH. H et également en Turquie et aux U.S.A. C'est un porte-greffe ayant une bonne affinité pour *Pistacia vera*, utilisé pour les sols riches et profonds.

La question du choix du porte-greffe est donc assez confuse, aucune étude complète de la question n'ayant été entreprise, sauf en ce qui concerne les hybrides de *Pistacia vera*, et leur descendance, aux Etats-Unis.

### 5.2.2. Le greffage

La sève étant résineuse, l'arbre supporte mal les plaies importantes et surtout l'attaque du bois, le greffage en écusson est donc celui qui convient le mieux à cette essence fruitière ; tous les auteurs consultés sont unanimes sur ce point, sauf EVREINOFF qui mentionne les greffes en fente et en flûte au printemps.

L'âge de l'arbre au moment du greffage donne lieu à quelques divergences d'opinion entre les différents auteurs.

TUREL conseille de greffer la quatrième année qui suit la plantation et CHAPOT précise que le greffage est effectué, en Turquie, soit en pépinière 3 ans après le semis, soit en place 6 à 7 ans après le semis, tandis que les auteurs américains parlent de greffage à la fin de la première année ou dans le cours de la seconde année qui suit le semis, SPINA. P et PENNISI. F estiment que la greffe peut être effectuée 1 à 2 ans après la plantation, tandis que BONIFACIO. G pense que le greffage doit intervenir 2 ou 3 ans après la mise en place.

PECH.H a observé, en Syrie, que les sujets sont greffés 2 ans après la mise en place et rapporte qu'il a été constaté que des plants greffés après 5 ans de plantation fructifiaient avec un an d'avance sur ceux greffés plus jeunes.

EVREINOFF dit que le pistachier peut être greffé au cours de la troisième année, quand il atteint 1,25 m de haut et signale également la fructification plus précoce de pistachiers greffés au cours de la cinquième année de plantation.

Le greffage en place donnerait les meilleurs résultats (75 % de reprise) d'après CHAPOT. H, car la transplantation est délicate.

En ce qui concerne l'époque du greffage en écusson : TUREL. S préfère, pour la région de Gaziantep, la deuxième quinzaine de mai et la première semaine de juin et note que le greffage à œil poussant peut se poursuivre jusqu'en juillet. Il signale que le greffage à œil dormant en août-septembre est également valable, mais que l'écorce se soulève moins bien et que la reprise est moins bonne. SPINA et PENNISI arrivent aux mêmes conclusions pour l'Italie, tandis qu'en Syrie l'époque de greffage est plus tardive : mi-juin, mi-juillet.

Les auteurs américains exposant les résultats de leurs essais en la matière, font remarquer que le greffage peut s'étendre sur une longue période allant de mai à septembre, avec amélioration nette de la proportion de reprise des yeux au fur et à mesure que la saison s'avance. Certaines greffes furent même exécutées avec succès du 2 au 12 octobre 1945. L'aptitude au greffage tardif serait particulièrement marquée pour *Pistaciaintegerrima* et les hybrides ayant du sang de cette espèce.

EVREINOFF ne cite, pour le greffage en écusson, que le greffage à œil dormant en fin d'été. La préparation des sujets pour le greffage fait l'objet de conseils émanant de TUREL. S qui estime qu'en avril, quand les bourgeons commencent à éclater, il convient de couper les petites branches jusqu'à la moitié du tronc et de tailler à 4 ou 5 yeux celle de la moitié supérieure ainsi que la pousse terminale. Dans le cas des arbres âgés (fréquent dans la mise en valeur des peuplements spontanés) il est nécessaire de conserver toutes les branches ayant 1 m de long et de tailler les autres à 1 m ou 1,50 m ; les petites branches situées sur les charpentières sont conservées et sont greffées un an après cette taille de préparation. D'après cet auteur les branches ou le tronc est rabattu, avant le greffage, à 20 cm au-dessus du point de greffe choisi, plus bas le dessèchement du greffon serait à craindre. Les greffes doivent être effectuées sur des bois ayant un diamètre de 3 à 4 cm et, en cas de greffage sur le tronc, situées à 30 ou 40 cm du sol. Il conseille encore de choisir des emplacements à écorce verdâtre, ou mieux brunâtre et, pour le greffage sur branches de placer les yeux à 10 ou 15 cm de la naissance de celles-ci et sur leur face supérieure. Il note d'autre part que dans les peuplements le greffage se fait entre 0,80 m et 1,00 m étant donné la difficulté de protéger les greffes faites plus bas.

Aux U.S.A. le greffage est effectué à une hauteur variant de 30 à 90 cm au-dessus du sol, avant transplantation (sur les porte-greffes hybrides) et deux greffons sont placés sur chaque sujet, la reprise étant délicate.

PECH a remarqué en Syrie que le greffage était effectué sur des tiges ayant 1 cm de diamètre. L'orientation du greffon sur le sujet (N.S.E ou O) n'a aucune influence sur le reprise d'après les auteurs américains. Le choix des baguettes greffons et le prélèvement des yeux font l'objet de recommandations de la part de TUREL : "les baguettes greffons sont prélevées sur des arbres ayant débourré en avril et dont les yeux sont presque mûrs, les yeux de la base sont un peu atrophiés et ne peuvent être utilisés, il en est de même de ceux du sommet insuffisamment aoûtés. Cependant, il ne faut pas prendre les baguettes sur les gourmands et sur les branches à port retombant. "Les meilleures baguettes proviennent des branches du centre de l'arbre et de celles prenant naissance sur charpentières, à la séparation d'avec le tronc". À ces précisions il faut ajouter que les greffons sont pris sur le bois d'un an, mais non sur des branches fructifères, celles-ci meurent en effet si elles sont taillées.

Les auteurs américains se sont aperçus dans leurs essais que plus l'écusson était long meilleure était la reprise (3 à 4,5 cm de long) mais que la suppression du bois de greffon n'avait aucun intérêt. L'âge des bois de greffe les meilleurs varie d'un auteur à l'autre, de 1 an à 2 ou 3 ans. Le greffage proprement dit est délicat, non pas dans son exécution, absolument classique, mais parce qu'il faut opérer très rapidement et sans exposer les coupes au soleil, car la sève très résineuse s'oxyde facilement. Il est donc conseillé de greffer tôt le matin et dans la soirée.

En pépinière il faut avoir soin d'arrêter les irrigations plusieurs semaines avant le greffage ; en Syrie la reprise est estimée à 20 % en pépinière irriguée et à 95 % en pépinière non irriguée.

WHITEHOUSE et JOLY font remarquer également qu'il faut greffer immédiatement après le prélèvement des baguettes, un stockage de celles-ci, pendant 24 heures seulement, est préjudiciable à la reprise ; par contre dans leurs essais ils ont démontré que l'exécution de l'incision en T ou en T renversé était sans importance, bien que certains auteurs aient pensé que l'abondance de la sève résineuse gênait la soudure de la greffe.

D'après CHAPOT l'écorce étant très épaisse les bords de l'écusson doivent être amincis. Les soins après le greffage ne diffèrent pas non plus de ceux apportés à toute greffe en écusson, TUREL mentionne cependant quelques points particuliers :

- Les opérations de desserrement du raphia sont délicates car la soudure est très cassante.
- Si un bourgeon démarre sur l'onglet il est utile de le conserver, tout en modérant sa vigueur, pour éviter le dessèchement.
- Deux semaines après le greffage les yeux non repris sont visibles et il est possible de ré-écussonner immédiatement.

Les greffes doivent démarrer au bout d'un mois. L'année suivante le greffage à œil poussant, l'onglet peut être supprimé, tandis que dans le cas des greffes à œil dormant, cette suppression n'a lieu qu'au printemps de la deuxième année qui suit le greffage. Les coupes doivent toujours être soigneusement mastiquées, le bois du pistachier se desséchant facilement (LEMAISTRE, 2000).

## **Chapitre II : Etude de la germination et croissance de jeunes plants de pistachier vrai et pistachier d'Atlas**

Le pistachier de l'Atlas ou "Betoum" (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae, Sapindales, Magnoliopsida) est nommé aussi "Betm"; c'est un arbre puissant pouvant atteindre 20 m de hauteur, à tronc bien individualisé et à feuilles caduques (FENNANE et al., 2007). Le pistachier de l'Atlas peut être classé en quatre sous-espèces, à savoir *mutica*, *cabulica*, *kurdica* et *atlantica*; cette dernière est présente en Afrique du Nord.

Cet arbre a une écologie difficile à cerner ; il est d'une grande plasticité, lui permettant d'exister depuis les marges du Sahara jusqu'aux moyennes montagnes subhumides (BENABID et FENNANE, 1994). Cette espèce forestière, dite de resquillage, s'accommode à tous les sols, excepté du sable. Elle se contente d'une faible pluviométrie de l'ordre de 150 mm et parfois moins. La croissance de *Pistacia atlantica* est très lente, mais il a l'avantage d'être le seul arbre en Algérie à pouvoir organiser des écosystèmes pré-forestiers en bioclimats aride et semi-aride. (MONJAUZE, 1975)

La régénération naturelle du betoum reste très aléatoire du fait notamment de la dureté des téguments qui inhibent la germination. Les rares cas de régénération de cette espèce ont lieu dans les touffes de jujubier (*Zizyphus lotus*) dont il est l'hôte classique et qui assure au semis une protection contre le pâturage et la gelée (LAGHA, 1993).

L'obtention de plants de semis est difficile pour le pistachier de l'Atlas, dont l'endocarpe est une barrière imperméable qu'il faut scarifier, mécaniquement ou chimiquement, et stratifier au froid humide pour faciliter, à l'intérieur des semences, le passage de l'eau, nécessaire pour la germination qui est généralement aisée bien qu'elle soit très liée à la provenance des semences et à leur qualité : bonne fécondation et récolte de l'année (ALETA et NINOT, 1996).

Quant au pistachier vrai qui est une espèce fruitière aussi appartenant à la famille des Anacardiaceae. Il est cultivé dans les régions arides et semi-arides d'Asie (Moyen-Orient) et d'Afrique (Maghreb) mais aussi en Australie, dans quelques pays d'Amérique (Etats-Unis et Mexique), et dans les régions d'Europe méditerranéenne. Grâce à ses fruits et sa haute valeur fourragère, *Pistacia vera* L. constitue une source de revenu vital pour les riverains. Cependant, la culture de cette espèce et son extension se heurtent à des obstacles de plusieurs ordres. Le vieillissement des vergers, les maladies parasitaires ainsi que les insectes ravageurs sont les principaux facteurs influençant la productivité et la résilience de l'espèce.

Le développement de la culture du pistachier revêt un intérêt certain pour de nombreuses régions arides et semi-arides en Algérie. Cependant, ceci n'est possible que par la maîtrise des techniques de sa multiplication. La préparation des plants de *Pistacia vera* pour le greffage est difficile pour l'ensemble des espèces utilisées. La meilleure méthode de production de porte-greffes est la voie sexuée.

Etant donné que le pistachier est une essence dioïque, le semis donne autant de pieds mâles que des femelles. Or ces arbres mâles, mis à part un très faible pourcentage, sont inutiles et doivent être transformés par greffage en sujets femelles. Cependant, la reprise au greffage, quelle que soit la méthode utilisée, dépend directement du diamètre du porte-greffe et de sa vigueur (ALETA et al., 1997). De plus, l'utilisation des plants greffés les plus jeunes possibles et pourvus d'un bon système racinaire permet d'éviter les difficultés de transplantation en verger (Jacquy, 1972).

C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée en vue d'obtenir une germination élevée et homogène mais aussi de comparer les traitements testés et ceux qui assurent la meilleure germination de graines de *Pistacia atlantica* et *Pistacia vera*, la meilleure croissance et le bon développement des jeunes plantules destinées au greffage. Aussi de contribuer l'étude des possibilités de préserver une multitude d'écosystèmes (les pistacheraies) en voie de dégradation et pourquoi pas de les transformer en de vastes étendues productives.

## I. Etude de la germination et croissance sous étuve de jeunes plants de pistachier vrai et de pistachier d'Atlas

### I.1- Matériel végétal utilisé

Il s'agit de graines de pistachier à maturité complète, récoltées auprès de sujets adultes situés à Mascara avec les caractéristiques suivantes.

Tableau 6. Caractéristiques des graines de pistachier d'Atlas et pistachier vrai

L'espèce	<i>Pistacia atlantica</i>	<i>Pistacia vera</i>
Le diamètre (mm)	5	10.56
La longueur (mm)	6	19
La couleur	rouge	Marron

## I.2. Essais de germination

Les essais de germination ont porté sur des graines de *Pistacia atlantica Desf.* et de *Pistacia vera L.*, sans défauts apparents. Les graines ont été placées dans des boîtes de pétri après avoir été traitées, puis mises à germer dans une étuve réglée à 25°C.

En plus du témoin (graines non traitées), quatre traitements ont été testés:

- Stratification au froid humide : Les graines ont été mises à une température de 4°C dans du sable humide pendant 30 jours.
- Stratification au froid humide accompagnée d'une scarification chimique (acide sulfurique): En plus de la stratification au froid humide, les graines ont été préalablement trempées dans l'acide sulfurique (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) durant trois minutes puis elles sont imbibées par l'eau distillée stérile, trois fois pendant cinq minutes.
- Stratification au froid humide accompagnée d'un trempage dans l'eau bouillante: En plus de la stratification au froid humide pendant un mois, nous avons mis les graines à l'eau bouillante (100 °C) pendant une minute, puis, dans l'eau courante durant vingt-quatre heures.
- Stratification au froid humide accompagnée d'un trempage dans de l'eau tiède: Après la stratification au froid humide pendant un mois, les graines ont été désinfectées à l'eau de javel pendant trois minutes puis elles sont trempées dans l'eau tiède (30-35°C) durant 24 heures dans un bain marie.

En plus pour le *Pistacia vera*, les graines stratifiées ont subi un au froid humide dans de l'eau distillée (18-20 °C) pendant 24 heures. Les semences sont mises à germer dans des boîtes de Pétri de 15 cm de diamètre, tapissées de coton imbibé d'eau distillée à raison de 250 graines réparties en 25 boîtes de Pétri (50 graines par traitement soit 10 graines par boîte de pétri) ont été utilisées pour chaque espèce de pistachier.

Les tests de germination ont été effectués dans une étuve obscure réglée à 25°C et les graines sont dénombrées quotidiennement, l'émergence de la radicule étant l'indicateur de la germination.

## I.3. Mensuration

**I.3.1. Taux de germination :** c'est le nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines semées, exprimé en pourcentage. Il est calculé par la formule suivante :

$$T. \quad \text{-----}$$

**I.3.2. Vitesse de germination ou temps moyen de germination (TMG).** Ce dernier est calculé par la formule suivante :

$$TMG = N1T1 + N2T2 + \dots + NiTi / N1 + N2 + \dots Ni$$

Avec N1 est le nombre de graines germées en temps T1 et N2 le nombre de graines ayant germées entre le temps T1 et T2 (Côme, 1970).

### **I.3.3. Etude du comportement des plantules de pistachier**

Dans le souci de connaître le comportement du pistachier vis-à-vis des conditions abiotiques et pour pouvoir suivre la croissance de ses plantules sous serre ; un repiquage des semis (graines germées dans l'étuve) a été effectué en pots de matière plastique. Les conditions d'expérimentation sous serre se caractérisent par un intervalle thermique de 20 à 30°C, et l'arrosage des semis a été fait chaque 48 heures. Le substrat utilisé est une tourbe homogène pour ne pas fausser les résultats ; les caractéristiques physico-chimiques de ce substrat sont récapitulées dans les tableaux qui suivent.

Tableau 7. Les caractéristiques physico-chimiques de cette tourbe

<b>Milieu de culture</b>	<b>%</b>
Taux de la matière organique du poids sec	95
Taux de la matière organique du poids total	35
pH	5.7
Capacité de rétention	65
Taux d'absorption d'eau (g/100g de matière sèche)	600
Taux humidité	57

Tableau 8. Le taux des éléments fertilisants de la tourbe

Eléments fertilisants	%	Eléments fertilisants	%
Azote	14	Cuivre	0.11
Phosphore	16	Manganèse	0.16
Potassium	18	Zinc	0.049
Magnésium	0.7	Bore	0.03
Fer	0.11	Molybdène	0.20

**I.3.3.1. Etude de la morphogenèse (hauteur des tiges) :** La hauteur de la partie aérienne des plantules a été mesurée hebdomadairement à l'aide d'un marquage des plantules. Les modifications morphologiques apparues (nouvelles branches, apparition des feuilles, etc..) ont été marquées. La prise de mesures des hauteurs des plants a été effectuée à partir du collet jusqu'au bourgeon terminal. Les mesures sont faites chaque semaine durant vingt (20) semaines.

**I.3.3.2. Etude de la morphogenèse (longueur des racines) :** En raison de la complexité du suivi de cette partie de la plantule, la prise de mesures des longueurs des pivots a été effectuée après trois mois de semis. Nous avons procédé à l'arrachage de deux plantules de chaque lot dont on a mesuré la hauteur des tiges et la longueur des racines (racine principale ou pivot plus les racines secondaires), pour calculer la moyenne, et ceci afin d'apprécier le rapport entre la croissance de la partie aérienne et la partie sous-terrine.

#### **I.4. Présentation et analyse des résultats**

Les résultats de l'étude de la germination sont présentés sous forme d'histogrammes qui expriment le pourcentage cumulé de semences germées en une période déterminée, en fonction des différents traitements utilisés. Une autre grandeur est utilisée : la vitesse de germination, représentée elle aussi par des histogrammes. Il en est de même pour l'étude de la croissance en longueur de la partie aérienne et de la partie souterraine.

Les résultats de l'étude de la germination seront analysés statistiquement pour une meilleure interprétation permettant une extrapolation et une validation. Les valeurs ont été soumises à une analyse de la variance à l'aide du programme Excel. La comparaison des moyennes a été effectuée par le test de Newman-Keuls (test de Fisher) à un seuil de probabilité de 5 %.

#### I.4.1. Analyse des résultats

Les différents traitements seront désignés par les abréviations suivantes:

**T** : Témoin

**FH**: Stratification au froid humide.

**ET** : Trempage dans l'eau tiède

**EN** : Trempage dans l'eau normale

**EB**: Trempage dans l'eau bouillante (24 heures).

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**: Stratification chimique par l'acide sulfurique.

##### I.4.1.1. Résultats des essais de germination des graines de pistachier vrai (*Pistacia vera*)

###### I.4.1.1.1. Taux de germination (%) des graines

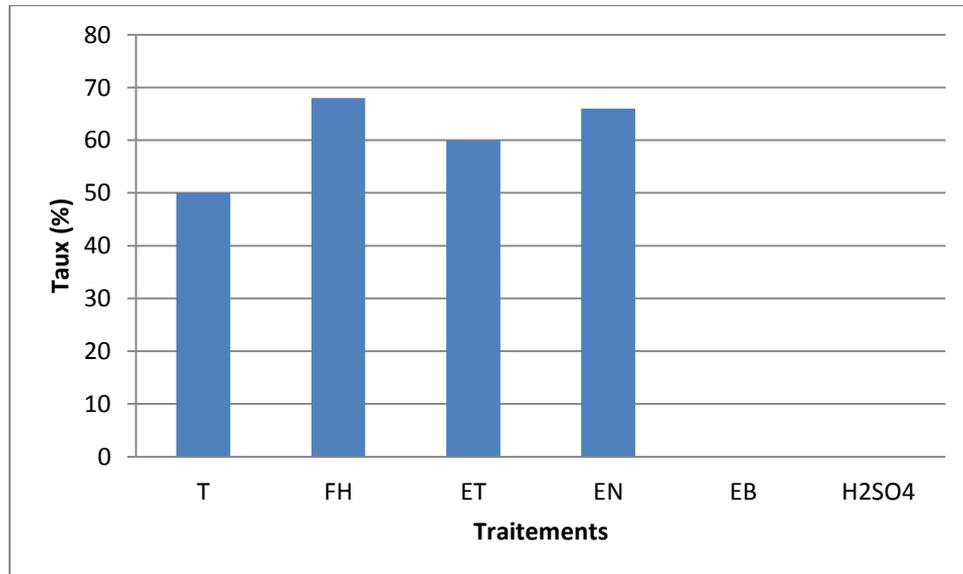


Figure 17. Taux de germination(%) des graines germées mises sous différents traitements

L'examen des résultats de la figure 17 concernant l'effet des différents traitements réalisés plus la stratification au froid humide sur le taux de germination montre que les graines non stratifiées (témoin) ont exprimé le taux de germination le plus bas (50%). Cependant, il a été signalé que le taux de germination le plus important dans cette expérience a été atteint avec les graines stratifiées au froid humide (68%) suivi par les graines stratifiées au froid

humide puis mises dans l'eau normale pendant 24 heures (66%). Le traitement (E.T) a connu un taux de germination de 60% devant le témoin de 10% et en retard de 8% du traitement (F.H).

Quant aux graines trempées dans l'eau bouillante et dans l'acide sulfurique ont enregistré un taux de germination nul. On peut expliquer ce résultat par le fait que les graines déhiscentes du pistachier vrai exposées aux hautes températures et trempées dans l'acide sulfurique concentré ont provoqué la destruction complète de l'embryon de la graine responsable de la future plantule. Selon les auteurs (Crane et Forde, 1974 ; Aletà et Ninot, 1996), la germination des semences de *Pistacia terebinthus* est améliorée par un prétraitement de scarification chimique avec de l'acide sulfurique concentré mais il faut faire très attention à ne pas endommager l'endosperme séminal. Des essais sur le Robinier, dont les téguments sont également durs, ont montré que le trempage dans l'acide sulfurique concentré améliorait le pourcentage de germination jusqu'à un seuil d'environ 80 mn à partir duquel on enregistrerait une baisse (LEBRUN, 1966). Par ailleurs, le même auteur notait que les graines étaient tuées si l'on maintenait l'eau en ébullition pendant 20 secondes après trempage.

Même constat a été vérifié par le travail réalisé sur les effets des différentes hautes températures sur la germination des graines de pistachier vrai (variété Achouri). En effet, on a relevé que les graines exposées à la température 80°C ont connu un taux de germination nul (BOUAFIA et MESLEM, 2009).

#### 1.4.1.2. Temps moyen de germination

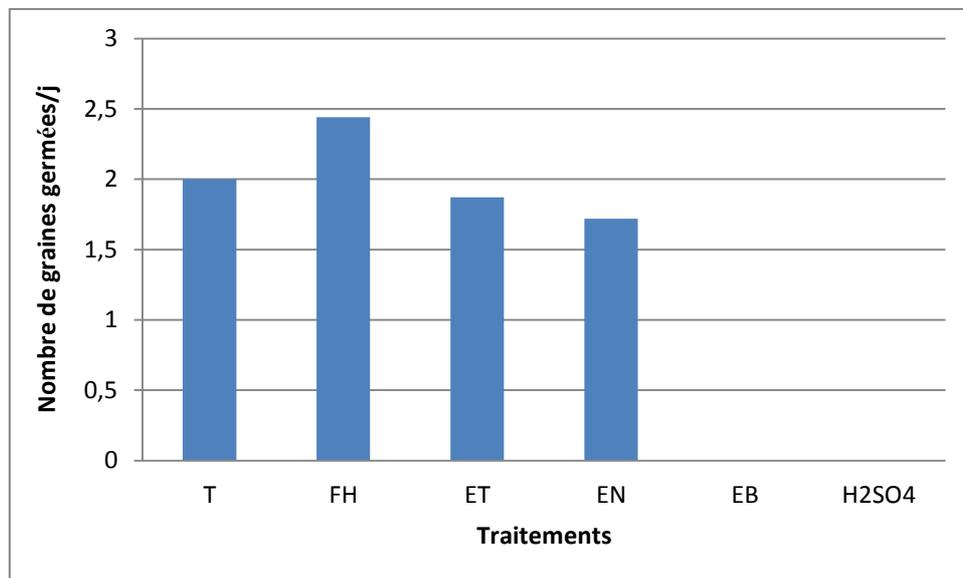


Figure 18. Temps moyen de germination des graines germées mises sous différents traitements

La figure 18 montre l'évolution de la germination en fonction du temps suivant le type de traitement. Les valeurs de la vitesse de germination les plus élevées pour les graines non traitées et stratifiées au froid humide avec 2.44 graines germées / jour. Par contre, les valeurs les plus faibles sont celles représentées par les traitements ( $H_2SO_4$ ) et (E.B) soit zéro graines germées/jour.

Pour les traitements (E.T) et (E.N) ont enregistré des valeurs de la vitesse de germination inférieures à celles du traitement (F.H) avec les valeurs respectives de 1.87 et 1.72 graines germées / jour soit une différence de 0.57 par rapport au premier et de 0.72 par rapport au second.

Quant au traitement (T), les valeurs de la vitesse de germination sont légèrement inférieures à celles du traitement (F.H) avec une différence de 0.44 graines germées/jour et très légèrement supérieures à celles des traitements (E.T) et (E.N) avec les valeurs respectives de 0.13 et 0.28 graines germées/jour.

#### 1.4.2. Résultats de l'étude morphologique des plantules du pistachier vrai

##### 1.4.2.1. La croissance des tiges en hauteur

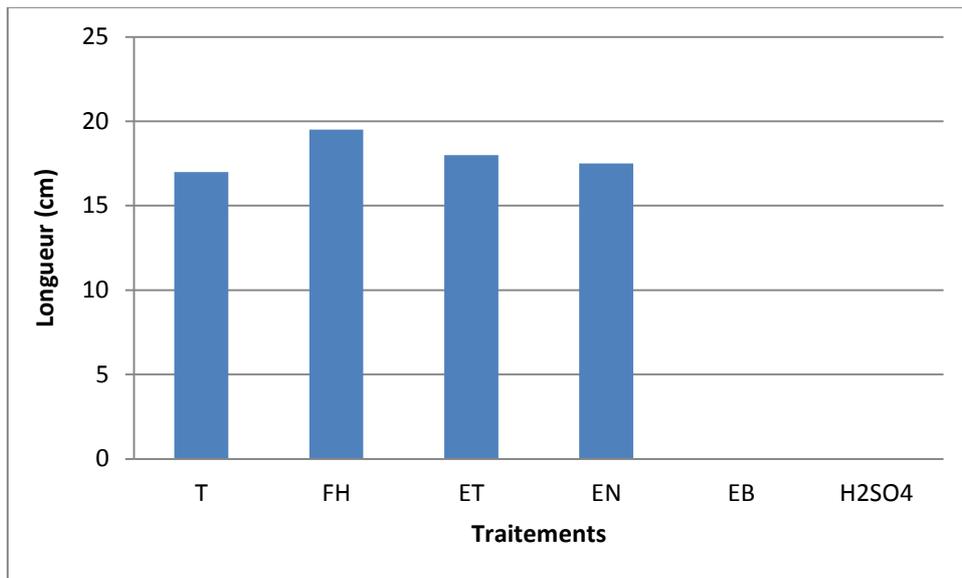


Figure 19. Croissance en longueur des tiges mises sous les différents traitements (après 20 semaines de mesure)



Photo 4. Les jeunes plantules du pistachier vrai

(a et b photos prises 20 semaines après semis, c photo prise deux ans après)

La croissance est l'ensemble des modifications quantitatives qui interviennent au cours du développement, et qui se traduisent par une augmentation des dimensions, sans changement appréciable dans les propriétés qualitatives (FOSSAT, 1957).

Les résultats présentés par la figure 19 après vingt semaines de mesures ont révélé les constatations suivantes :

- les graines stratifiées au froid humide pendant un mois ont donné naissance à des tiges plus hautes (19.5cm) ;
- les tiges des graines stratifiées au froid humide pendant un mois accompagnée d'un trempage dans l'eau tiède pendant vingt-quatre heures viennent en deuxième position (18cm), alors que les graines stratifiées au froid humide pendant un mois accompagnée d'un trempage dans l'eau courante aussi pendant vingt-quatre heures viennent en troisième position avec 17.5cm de longueur ;
- les tiges des graines non stratifiées au froid humide viennent en quatrième position (17cm) avec une faible différence par rapport aux traitements précédents soit (2.5cm) par rapport au traitement (F.H) et de (1cm) par rapport au traitement (E.T) et de (0.5cm) par rapport au traitement (E.N) ;
- les deux traitements (E.B) et (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) n'ont connu aucun développement de tiges puisque le taux de germination était nul.

#### **I.4.2.2. Croissance en longueur des racines**

Les mesures de la longueur du système racinaire est obtenue par la somme de la racine principale qui est importante appelée le pivot et le chevelu ou réseau composé de racines secondaires et tertiaires fines et cassantes.

Après vingt semaines de leur semis, les graines de pistachier vrai stratifiées au froid humide donnent naissance à des racines plus longues (320 cm) poussant plus vite par rapport aux racines issues des graines mises sous les autres traitements.



Photo 5. Les racines des plantules de pistachier vrai

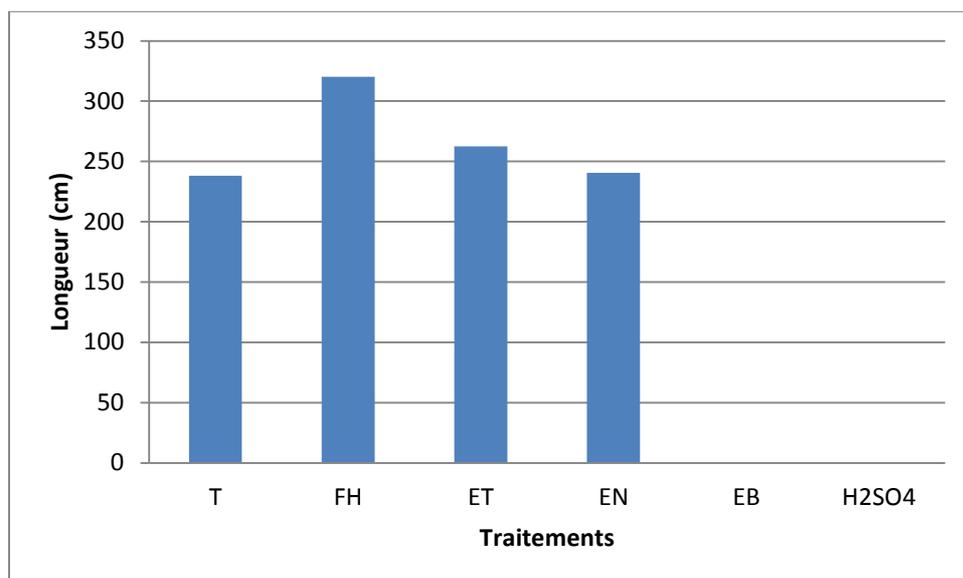


Figure 20. Croissance moyenne en longueur des racines en cm (après 20 semaines de mesure)

La longueur du chevelu racinaire du traitement (E.T) vient en seconde position avec (262.52 cm) soit une différence de longueur de (57.6 cm) par rapport au traitement (F.H). Le traitement (E.C) vient en troisième position avec une différence de (79.62 cm) par rapport au traitement (F.H) et de (22 cm) par rapport au traitement (E.T).

Le traitement (T) a enregistré la plus faible valeur de la longueur du chevelu racinaire avec (238.125 cm) avec une différence de (82 cm) par rapport au traitement (F.H).

#### I.4.2.3. Nombre de feuilles par tige

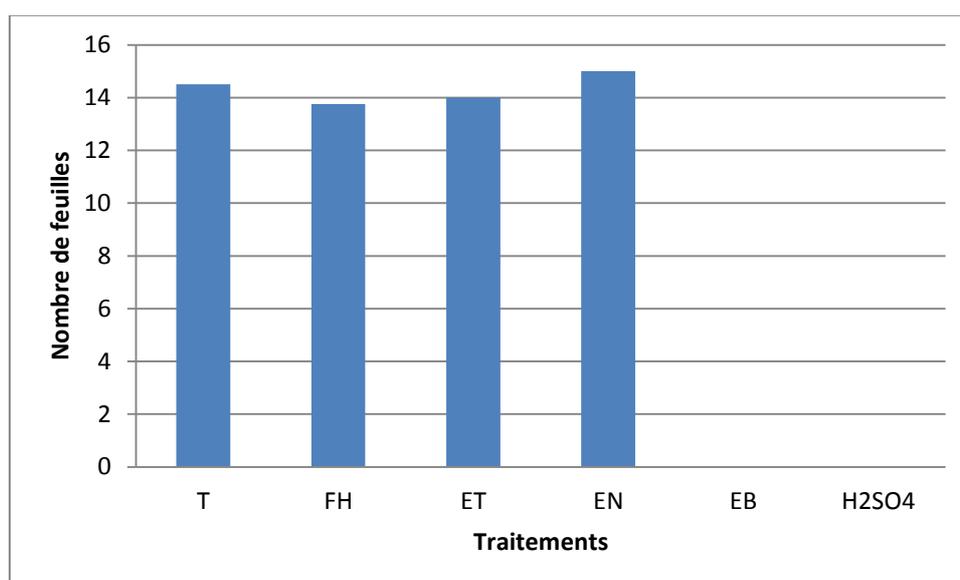


Figure 21. Nombre de feuilles par des tiges mises sous les différents traitements (après 20 semaines de mesure)

En comparant les résultats figurant dans la figure 19 concernant la croissance en longueur des tiges avec ceux de la figure 21, on peut dire que le nombre de feuilles par tige est indépendant de sa longueur. En effet, en prenant comme exemple le traitement (E.N) dont la longueur de la plantule est de 17.5cm avec le nombre de feuilles est de 15 ; à l'opposé le traitement (F.H) qui a enregistré la haute valeur de la longueur de la pousse par rapport aux autres traitements mais le nombre de feuilles est de le plus bas soit 13.75. Même constat entre les traitements (T) et (F.H), le premier la longueur de la tige est de 17cm avec 14.5 feuilles. On peut expliquer ces résultats par le fait que le nombre de feuilles par pousse n'est pas fonction de sa longueur mais il est fonction de nombre d'entre-nœuds car on y trouve des mérithalles courts et d'autres longs.

- **Analyse de la variance :** L'analyse de la variance (ANOVA) des pourcentages de germination des lots de graines ayant subi les différents traitements comparés montre un effet non significatif (F calculé est inférieur au F théorique) sur la germination des semences l'espèce étudiée. Ceci résultat déduit qu'il n'y a pas l'effet du traitement sur le taux de germination des différents traitements réalisés durant l'essai. Néanmoins on a relevé de petites différences de valeurs déjà citées auparavant. Des travaux similaires sur la germination des semences de pistachier térébinthe faits par Aletà et al, 1996 ont montré que le trempage dans l'acide sulfurique permet une amélioration de la germination qui atteint son maximum pour une durée de trempage de 10 minutes, d'après les résultats de l'ISF (Istituto Sperimentale per la Frutticoltura), et de 2 heures d'après ceux de l'IRTA (Institut de Recerca Tecnologia Agroalimentàries). Mais il faut faire très attention avec la scarification chimique qui peut conduire à un éclatement artificiel des semences lesquelles, après traitement, ne seront pas capables de germer. Ce phénomène, déjà remarqué par Crane et Forde (1974), se produit clairement après 1 heure de trempage dans l'acide sulfurique concentré. La scarification chimique facilite la pénétration de l'eau au travers de l'endocarpe ligneux mais elle n'élimine pas la dormance des embryons. D'autre part, la présence de cet agent acidifiant, dans le milieu humide de germination, favorise l'apparition à 20°C de champignons qui endommagent les semis (Aletà et Ninot, 1996). Même constatation a été faite par les travaux de (Jaouadi, 2010) qui montrent que l'acide sulfurique a nettement amélioré les taux de germination des différents acacias à

l'exception de *l'Acacia cyanophylla* et *l'Acacia floribunda* pour des températures de 25 °C et 30 °C. Le prétraitement par l'acide sulfurique des graines de robinier, le taux de la germination est rapide (76 % en 7 jours) quant aux traitements à l'eau bouillante sont moins efficaces ; un nombre assez élevé germe puis meurt (LEBRUN.1966).

L'analyse de la variance concernant la croissance (longueurs des tiges, racines et nombre de feuilles) révèle aussi l'existence d'un effet non significatif entre les différents traitements puisque les valeurs de F calculé sont nettement inférieures à celles de F théorique. Néanmoins, on a enregistré des différences surtout pour la croissance en longueur des racines ; le traitement (F.H) la somme totale de la longueur des racines est de 320cm contre 238cm pour le traitement (T) soit une différence de 82cm.

En ce qui concerne la longueur des tiges et le nombre de feuilles par plantules, on a enregistré des différences très minimales entre les différents traitements de l'essai. Pour la longueur de la tige, le traitement (F.H) est de 19.5cm contre 17cm pour le traitement (T) soit une différence de 2.5cm. Pour le nombre de feuilles par tige, le traitement (F.H) a enregistré la valeur de 13.75 contre 14.5 pour le traitement (T) soit une différence de 0.75.

### **I.5. Résultats des essais de germination et de l'étude morphologique du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*)**

Les différents traitements seront désignés par les abréviations suivantes:

- T** : témoin
- FH**: Stratification au froid humide.
- ET** : Trempage dans l'eau tiède
- EN** : Trempage dans l'eau normale
- EB**: Trempage dans l'eau bouillante (24 heures).
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**: stratification chimique par l'acide sulfurique.

#### **I.5.1. Résultats des essais de germination des graines de pistachier de l'Atlas**

##### **I.5.1.1. Taux de germination(%) des graines**

L'exploitation des résultats permet les observations suivantes :

- le taux de germination des graines de pistachier de l'Atlas stratifiées au froid humide a atteint 40% avec une différence de 28% par rapport au témoin, cette méthode très utilisée pour la levée de dormance indique que plus la durée est longue plus les résultats sont

meilleurs. La durée de stratification est un paramètre très important, mais il ne doit pas dépasser une certaine limite.

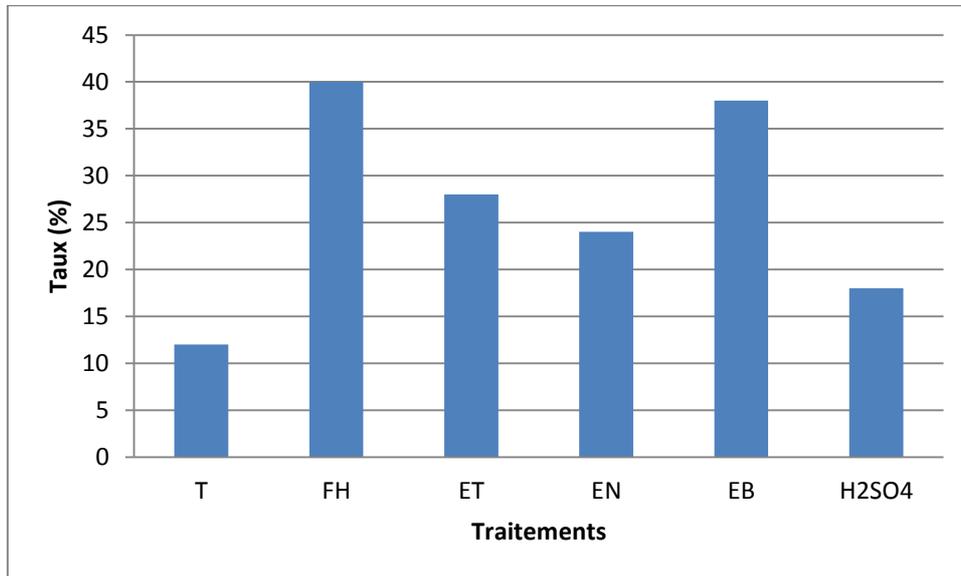


Figure 22. Taux de germination(%) des graines germées mises sous différents traitements

En effet selon ABOUROUH (1983) et MULLER et al (1984), ce paramètre est de 5 à 6 semaines, car au-delà de cette durée, il n'y a pas d'amélioration du pouvoir germinatif. Pour les graines traitées à l'eau bouillante suivi d'un trempage des graines dans l'eau pendant 24 heures a permis 38 % de germination contre 28 % pour le trempage des graines dans l'eau tiède pendant 24 heures. Concernant la scarification chimique des graines par trempage dans une solution par l'acide sulfurique concentré pendant trois minutes n'ont enregistré qu'un taux de germination de 18% soit une différence de 22% par rapport au traitement (F.H). Cette faiblesse des pourcentages confirme bien le fait que *Pistacia atlantica* est une espèce dont les semences sont munies de téguments très coriaces pour lesquels les effets du traitement à l'acide pendant 3 mn, du trempage dans l'eau pendant 24 heures ne sont pas suffisants. SOME et al (1987) affirment d'ailleurs que ces prétraitements ne sont généralement efficaces que lorsqu'ils sont appliqués à des semences aux téguments peu durs. D'un autre côté, Aletà et al. (1997) signalent que le taux de germination des différentes espèces du genre *Pistacia* dépend largement de l'espèce : *Pistacia integerrima* 33,2%, *Pistacia palestina* 41,2%, *Pistacia vera* 53,1% et *Pistacia terebinthus* germe, très mal, uniquement 22,9%. Ces auteurs signalent que l'apport de froid en condition de stratification humide améliore les résultats.

En outre, les graines trempées à l'eau ordinaire et celles sans trempage atteignent respectivement 24 % et 12 %, leur taux de germination reste relativement faible par rapport aux graines stratifiées au froid humide et celles trempées à l'eau bouillante. Ceci est dû au fait que le trempage dans l'eau ordinaire de n'a pas une influence apparente sur le taux de germination où les enveloppes tégumentaires gardent sa dureté d'origine et constituant une barrière à la germination, s'il en comparant avec le taux de germination de graines trempée à l'eau chaude.

On peut déduire que les graines trempées dans l'acide sulfurique et celles mises sans trempage (témoin) ont une certaine difficulté à germer durant cet essai; mais nous avons marqué que les graines trempées à l'eau chaude peuvent facilement germer avec celles stratifiées au froid humide. En effet, l'eau chaude favorise une grande proportion de germination des graines. Le choc thermique ainsi crée provoque une fissuration sur les téguments et ensuite le ramollissement de l'enveloppe permettent l'infiltration de l'eau à l'intérieur de la graine qui favorise l'absorption d'eau en quantité suffisante par les tissus vivants; et en même temps élimine l'inhibition de la germination par la diffusion de l'oxygène vers l'embryon. D'autre part, les graines n'ont pas le même comportement physiologique qu'influe par fois sur la proportion de germination.

#### I.5.1.2. Temps moyen de germination

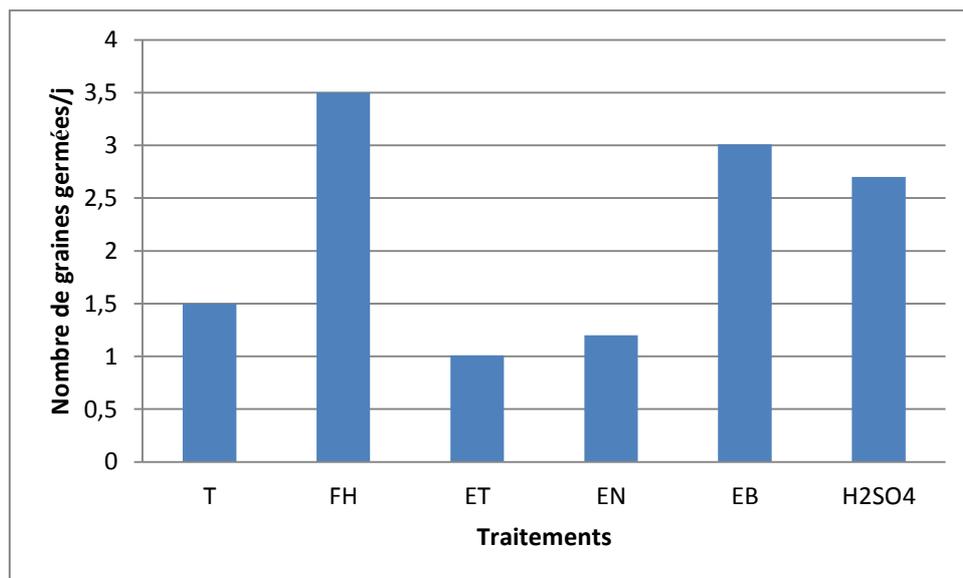


Figure 23. Temps moyen de germination des graines germées mises sous différents traitements

La durée moyenne de germination des graines en fonction des traitements réalisés varie de 3.5 à 1.01 graines germées/ jour. A travers l'analyse des données, les graines stratifiées au froid humide ont le nombre de graines germées par jour le plus élevé soit 3.5 graines germées/ jour ; suivi de celles trempées dans l'eau bouillante avec la valeur de 3.01.

Par contre, les valeurs les plus faibles sont représentées par les graines trempées dans l'eau courante et l'eau tiède qui sont 1.2 et 1.01 infiniment inférieur par rapport aux graines non traitées (témoin) (T0) 1.5. Alors que les graines trempées dans la solution d'acide sulfurique concentré ont enregistré la valeur de 2.7 graines germées/ jour.

### **I.5.2. Résultats de l'étude morphologique des plantules du pistachier de l'Atlas**

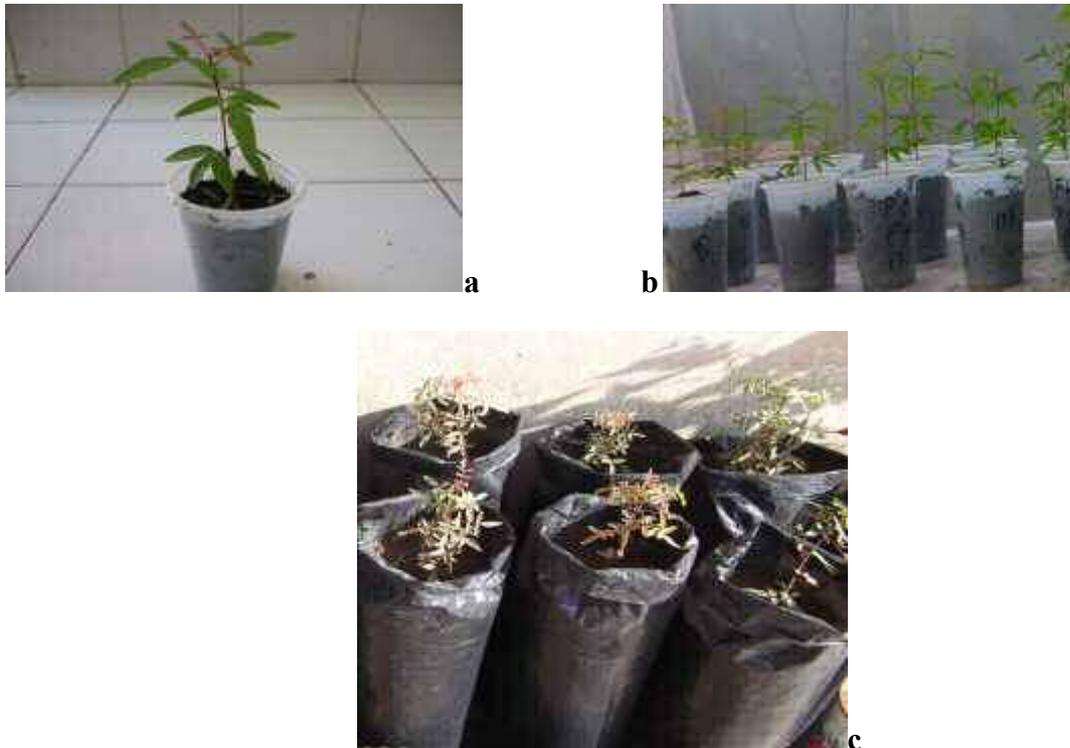


Photo 6. Les jeunes plantules du pistachier de l'Atlas

(a et b photos prises 20 semaines après semis, c photo prise 40 semaines après semis)

### **I.5.1.3. La croissance des tiges en hauteur**

Les données de la figure 24 illustrent l'effet des différents traitements des graines sur l'évolution de la croissance aérienne de jeunes plantules de *Pistacia atlantica*. L'examen de cette figure montre que la croissance en hauteur a été légèrement affectée par le type de traitement utilisé. En effet, les plants de pistachier d'Atlas se développent mieux pour les

plantules issues de graines stratifiées au froid humide. En effet, la longueur de la tige a été significativement importante soit une hauteur moyenne de 8 cm légèrement supérieure à celle des plantules issues de graines trempées dans l'eau bouillante avec une hauteur moyenne de 7.25 cm soit 0.75 cm de moins par rapport au traitement précédent.

La plus faible croissance en hauteur obtenue a été constatée chez les plants issus des graines trempées dans la solution d'acide sulfurique concentré avec une hauteur moyenne de 4 cm soit la moitié du traitement(F.H).

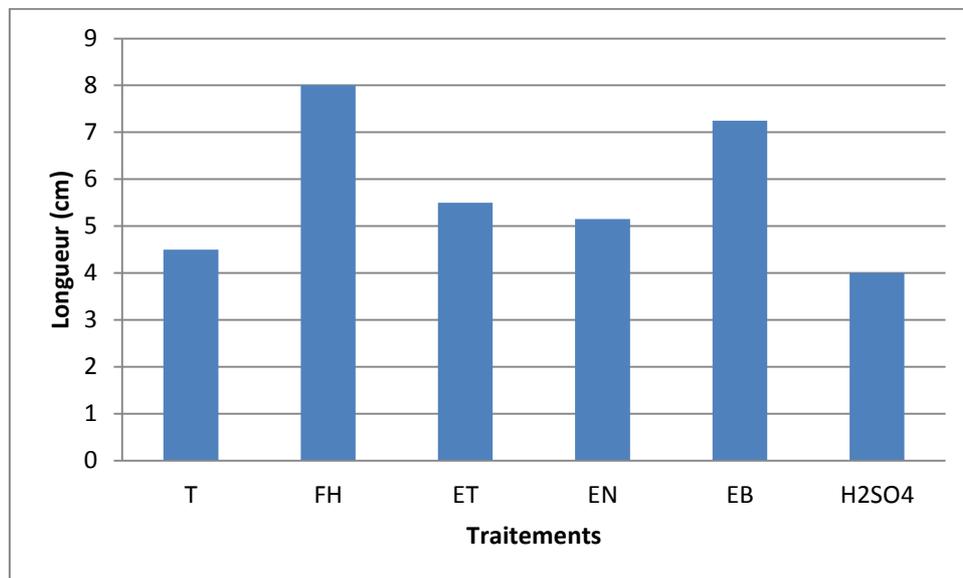


Figure 24. Croissance en longueur des tiges mises sous les différents traitements (Après 20 semaines de mesure)

La même intensité de croissance en hauteur des plants entre les deux traitements testés (E.T) et (E.N) a été constatée où on a mesuré une longueur moyenne 5.5 cm chez les tiges du premier traitement et 5.15 cm pour les tiges du second traitement.

Quant aux plants du traitement (T0) ont enregistré une de hauteur moyenne de 4.5 cm avec une différence hauteur de 3.5 cm par rapport à la plus haute valeur de l'essai (F.H) et d'une différence minimale de plus de 0.5 cm par rapport au traitement ( $H_2 SO_4$ ).

#### **I.5.1.4.Croissance en longueur des racines**

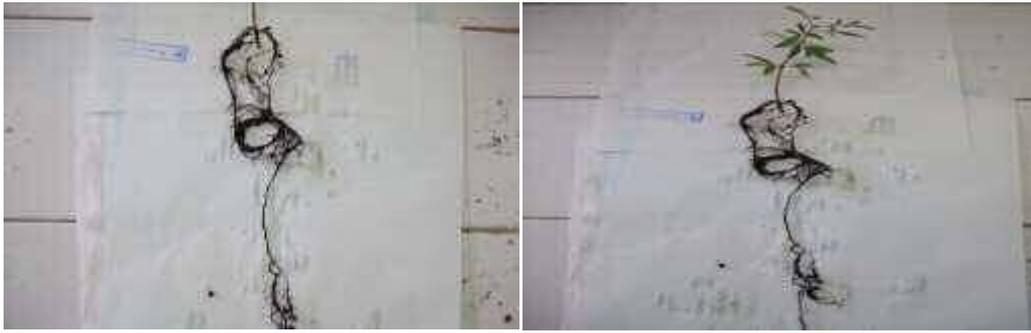


Photo 7. Les racines des plantules de pistachier d'Atlas

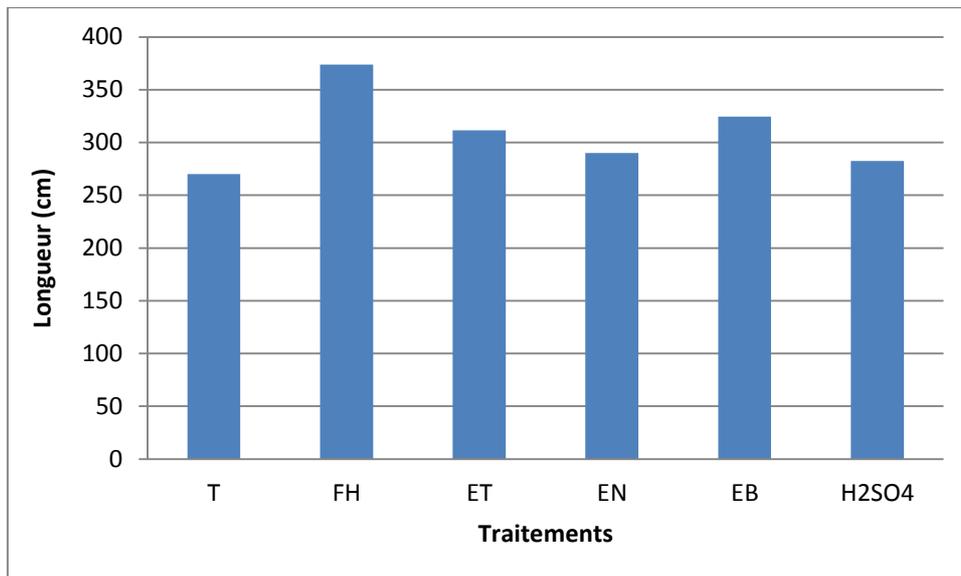


Figure 25. Croissance moyenne en longueur des racines (après 20 semaines de mesure)

Les mesures de la longueur du système racinaire est obtenue par la somme de la racine principale qui est importante appelée le pivot et le chevelu ou réseau composé de racines secondaires et tertiaires fines et cassantes.

L'analyse des résultats obtenus montre que la croissance racinaire est sous l'effet du traitement utilisé. Pour les plants issus de graines stratifiées au froid humide ont enregistré les allongements racinaires les plus importants (373.9 cm). Cependant, le traitement chimique ( $H_2SO_4$ ) apparaît moins favorable au développement racinaire du pistachier (282.4 cm).

En revanche, l'effet des traitements (EB) et (ET) ont enregistré des valeurs intermédiaires entre celles des traitements décrits précédemment. La longueur racinaire moyenne (324.5 cm) a été enregistrée chez les plantules provenant du premier traitement alors que celle des plants du second traitement (311.6 cm).

Quant aux plantules issues du traitement (EN), la longueur racinaire moyenne est de 290 cm avec une différence de 19.8 cm par rapport au traitement (T) qui a connu la plus faible valeur de la croissance en longueur des racines.

#### I.5.1.5. Nombre de feuilles par tige

L'analyse des résultats résumés dans la figure 26 montre que le nombre de feuilles produit par plantule a été affecté significativement par la nature du traitement testé.

En effet, les meilleurs résultats ont été obtenus par le traitement (FH) (7) et le traitement (EB) (6). Alors que le reste des traitements ont enregistré le même nombre de feuilles par plantule (4) sauf que le traitement (EN) qui leur grandit seulement d'un demi (4.5).

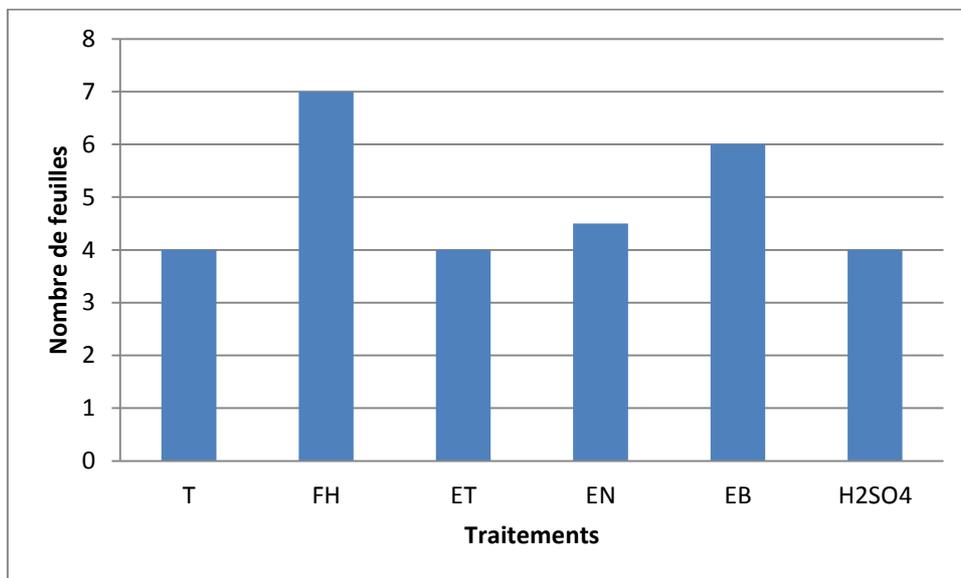


Figure 26. Nombre de feuilles par des tiges mises sous les différents traitements (après 10 semaines de mesure)

- Analyse de la variance :** L'analyse de la variance (ANOVA) des pourcentages de germination des lots de graines ayant subi les différents traitements comparés montre un effet non significatif (F calculé est inférieur au F théorique) sur la germination des semences l'espèce étudiée. Ceci résultat déduit qu'il n'y a pas l'effet du traitement sur le taux de germination des différents traitements réalisés durant l'essai. Toutefois on a constaté des différences de valeurs (FH 40%, H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> 18% soit une différence de 22%). Malgré que la solution d'acide est sensé de ramollir les téguments des graines dans le but de faciliter leurs germination, ce que n'était pas dans cet essai. On peut penser à la durée

de trempage des semences qui n'était suffisante pour les amincir davantage. Ceci confirme les travaux d'Aletà et al, 1996 sur la germination des semences de pistachier térébinthe sur la durée de trempage dans l'acide sulfurique permet une amélioration de la germination pour une durée de 10 minutes ; dans notre essai nous les avons trempées seulement durant 3 minutes. L'analyse de la variance concernant la croissance en hauteur des jeunes plantules s'est révélée l'existence d'un effet hautement significatif entre les différents traitements puisque la valeur de F calculé est nettement supérieure à celle de F théorique. En effet, les plants de pistachier de l'Atlas se développent mieux pour le traitement (FH) (8 cm) et seulement (4 cm) pour le traitement ( $H_2SO_4$ ).

Même constat a été signalé pour l'analyse de la variance de la croissance en longueur des racines tiges où on a relevé un effet hautement significatif entre les différents traitements ( $F_{calculé} > F_{théorique}$ ). En effet, Le traitement (FH) a enregistré la plus haute valeur de la longueur des racines avec 373.9 cm contre 282.4 cm pour le traitement ( $H_2SO_4$ ).

Quant à l'analyse de la variance du paramètre nombre de feuilles par tige, on a aussi relevé un effet hautement significatif entre les différents traitements puisque la valeur de F calculé est nettement supérieure à celle de F théorique. Le traitement (FH) qui a connu la haute valeur de hauteur de la tige, a aussi enregistré le plus grand nombre de feuilles par plantule (8). Les traitements (T, ET et  $H_2SO_4$ ) ont enregistré la plus petit nombre de feuilles par jeune plantule (4).

## **I.6. Comparaison des différents paramètres de germination des deux espèces de pistachier (Pistachier vrai et Pistachier de l'Atlas)**

### **I.6.1. Taux de germination(%) des graines**

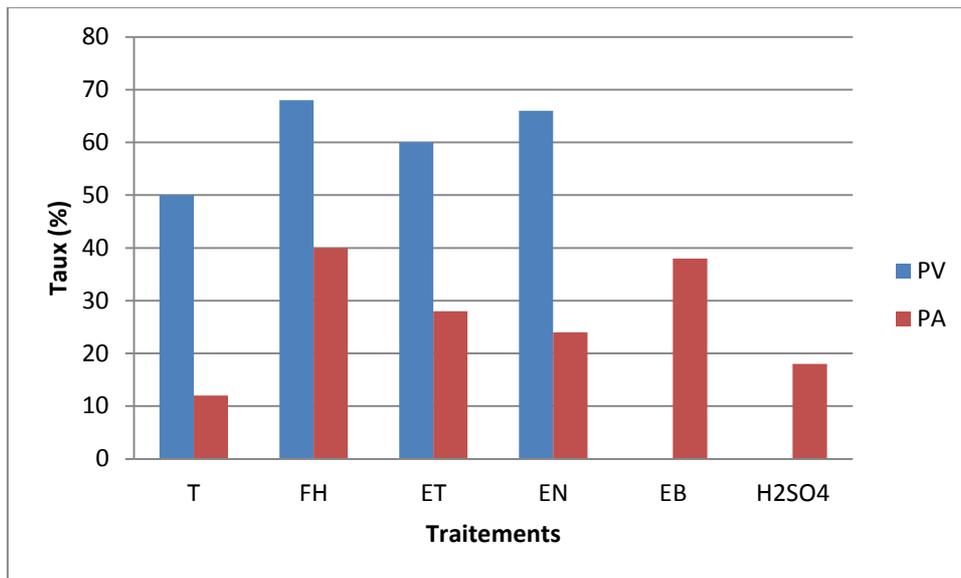


Figure 27. Comparaison entre les taux de germination des graines des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai).

L'analyse des résultats de la figure 27 montrent que les graines de pistachier vrai présentent des taux de germination plus élevés que celles de pistachier d'Atlas pour la majorité des traitements sauf pour ceux de la scarification chimique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et trempage dans l'eau bouillante (EB) ; où on a enregistré des taux de germination nuls pour les graines de pistachier vrai, alors que pour les mêmes traitements chez l'espèce pistachier d'Atlas ; on a relevé les valeurs de 18 et 38%.

Le traitement (FH) a connu le taux de germination le plus élevé pour les deux espèces de pistachier testées (68% *Pistacia vera* ; 40% *Pistacia atlantica*). Concernant les traitements (T) et (ET), on a constaté presque le même écart du taux de germination (38 et 32%) des deux espèces. Quant au traitement (EN), on a relevé le plus grand écart du taux de germination (42%) entre les deux espèces par rapport aux traitements.

### I.6.2. Temps moyen de germination

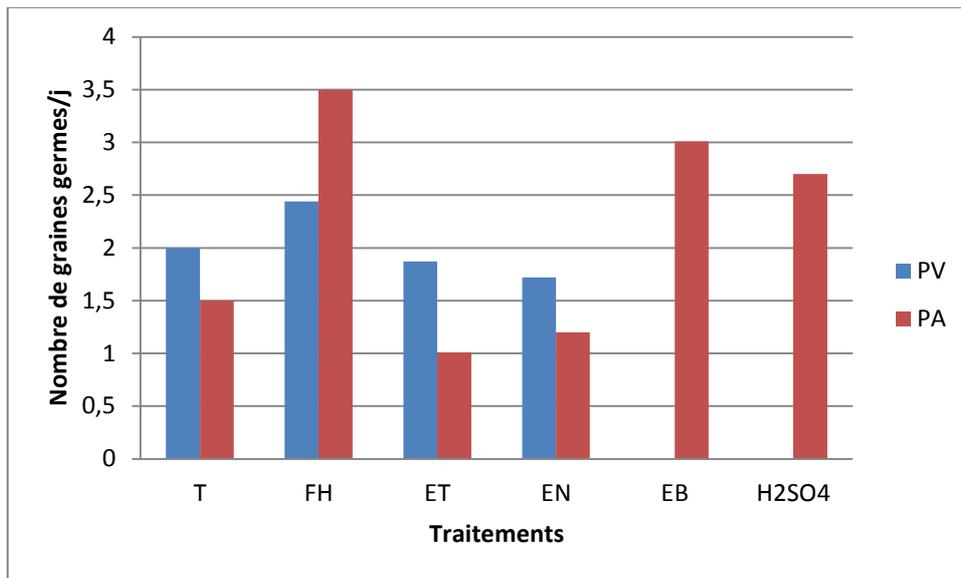


Figure 28. Comparaison entre le temps moyen de germination des graines des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai)

La figure 28 présente la durée moyenne de germination des graines des deux espèces de pistachier en fonction des traitements réalisés. La durée moyenne de germination des graines varie de 1.72 à 2.44 graines germées/ j pour pistachier vrai et de 1.01 à 3.5 graines germées /j pour pistachier d'Atlas. A travers l'analyse des données de cette figure, nous constatons que les graines stratifiées au froid humide ont enregistré le plus grand nombre de graines germées /j pour les deux espèces testées (2.44 et 3.5) avec une légère avance de pistachier de l'Atlas de 1.06graines germées/j.

### I.6.3. La croissance des tiges en hauteur

Les données de la figure 29 illustrent la croissance aérienne de jeunes plantules issues des graines des deux espèces de pistachier sous l'effet de différents traitements testés. L'examen de cette figure montre que la croissance en hauteur des plants de pistachier vrai est nettement supérieure à ceux de pistachier de l'Atlas pour la majorité des traitements sauf pour le traitement (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

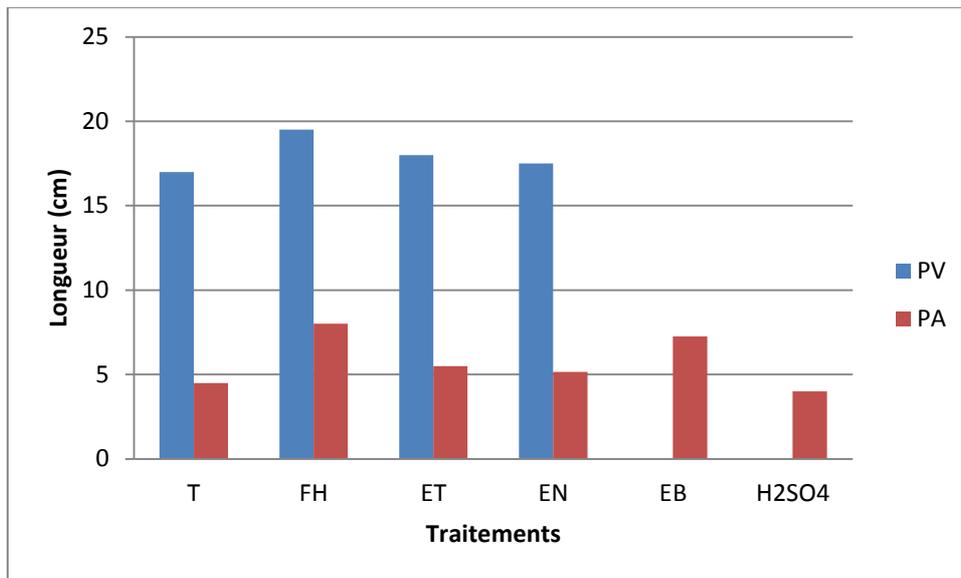


Figure 29. Comparaison entre les moyennes de croissance en longueur des tiges des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai). (Après 20 semaines de mesures)

En effet, les plants de pistachier vrai se développent mieux dont on enregistre une différence avec ceux de la seconde espèce aux alentours de 12 cm pour les quatre premiers traitements illustrés sur la figure ci-dessus. Ceci résulte par le fait que les graines de pistachier vrai ont la particularité de germer, et se développer rapidement étant donné qu'elles sont déhiscentes. A l'opposé les graines de pistachier de l'Atlas ont un développement très lent, vu leurs caractéristiques d'avoir une enveloppe extérieure très coriace.

#### **I.6.4. La croissance en longueur des racines**

A l'opposé des valeurs de la croissance en hauteur des tiges, qui ont connu la nette supériorité des plants de pistachier vrai ; les valeurs de la croissance en longueur des racines des plants de pistachier de l'Atlas sont relativement supérieures par rapport à celles des plants de pistachier vrai pour tous les traitements testés (Figure 30).

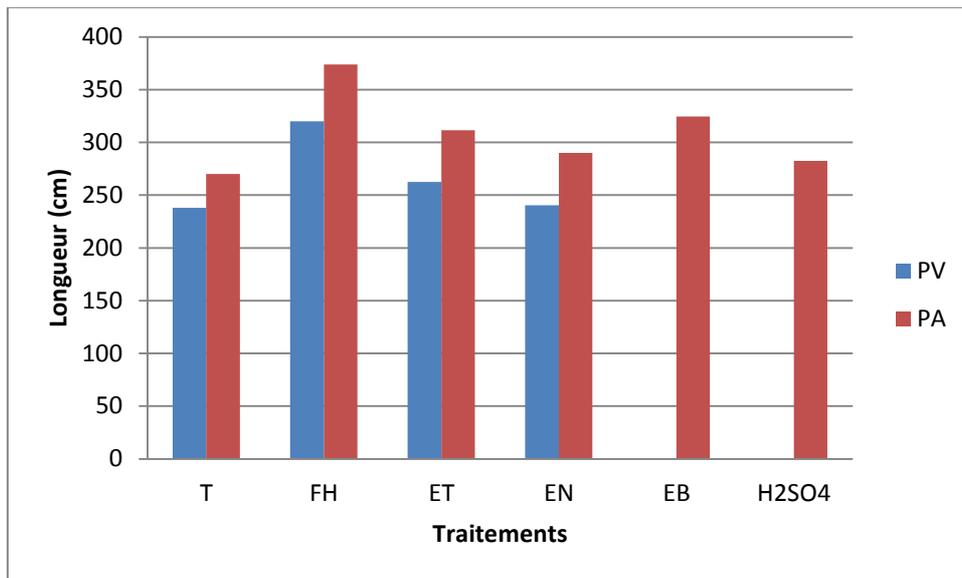


Figure 30. Comparaison entre les moyennes de croissance en longueur des racines des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'Atlas, pistachier vrai) (après 20 semaines de mesures).

L'examen des résultats de la figure ci-dessus montrent que le traitement (FH) a enregistré la plus haute valeur de la longueur des racines pour les deux espèces de pistachier (*Pistacia atlantica* 373.9 cm et *Pistacia vera* 320.12 cm). Cependant le traitement (T) a enregistré la plus faible valeur de la longueur des racines pour les deux espèces de pistachier (*Pistacia atlantica* 270.2cm et *Pistacia vera* 238.12 cm).

#### I.6.5. Nombre de feuilles par tige

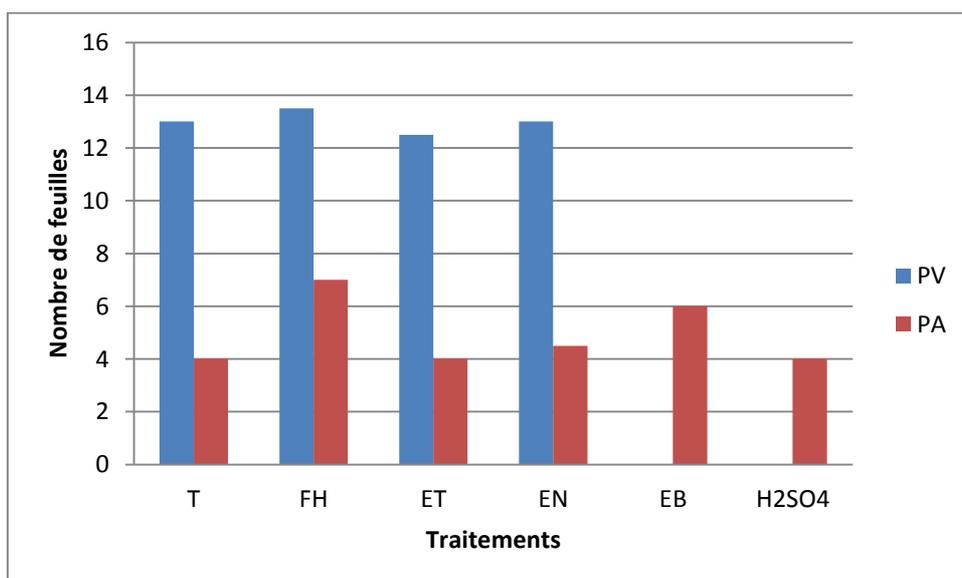


Figure 31. Comparaison entre le nombre des feuilles des plants des deux espèces mises sous différents traitements (pistachier de l'atlas, pistachier vrai). (Après 20 semaines de mesures)

Les données de la figure 31 illustrent le nombre de feuilles de jeunes plantules issues des graines des deux espèces de pistachier sous l'effet de différents traitements testés. L'examen de cette figure montre que le nombre de feuilles des plants de pistachier vrai est nettement supérieur à celui de pistachier de l'Atlas pour la majorité des traitements sauf pour le traitement ( $H_2SO_4$ ). Cette supériorité en nombre de feuilles est due à la croissance en hauteur des plants de *Pistacia vera* qui ont connu un développement rapide en comparaison avec ceux de *Pistacia atlantica* qui se caractérisent par un développement très lent en hauteur. Plus la tige est haute, plus le nombre de feuilles est grand.

#### **I.6.6. Conclusion**

Au terme de cette étude sur les conditions de multiplication des graines de deux espèces de pistachier (*Pistacia vera* L et *Pistacia atlantica* Desf) ; les résultats obtenus contribueront sans aucun doute à l'amélioration de la biodiversité végétale dans les écosystèmes semi-aride et arides. Ces derniers sont de plus en plus menacés à cause de la régression qualitative et quantitative du couvert végétale et les multiples risques naturels (désertification, érosion, insuffisance de l'eau,...etc). La maîtrise des conditions de multiplication des espèces est aujourd'hui d'une grande importance pour le renouvellement et le maintien des ressources végétales. La réussite d'un projet de plantation de scion repose en premier lieu sur la germination et le travail expérimental mené à travers des essais a donné des résultats pouvant améliorer la réussite de la multiplication de ce genre..

«La germination apparaît comme un stade critique de la plante nouvelle, créée par la fécondation ; elle a commencé son développement, un peu comme chez les animaux vivipares, dans les tissus maternels, servie par les fonctions de la plante-mère ; elle doit, en utilisant la masse de réserves, c'est-à-dire l'espèce d'héritage qui lui est transmis, se fixer au sol et faire l'expérience de la vie autotrophe.» (PLANTEFOL, 1962).

Le suivi de la germination des graines de deux espèces de pistachier (*Pistacia vera* L, et *Pistacia atlantica* Desf) mises sous l'influence de différents traitements et la croissance en longueur des plantules issues de conditions de milieu déterminées, permet de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Les différents traitements utilisés n'ont pas agi positivement sur le taux et la vitesse de germination des graines des deux espèces ;
- ❖ La stratification des graines de pistachier vrai dans du sable humide à 4°C pendant un mois puis leur trempage dans de l'eau bouillante et dans la solution d'acide sulfurique provoque la destruction de l'embryon de ces graines ;
- ❖ La stratification des graines de pistachier vrai dans du sable humide à 4°C pendant un mois a permis un taux de germination le plus grand de 68%, même constat pour les graines de pistachier de l'Atlas avec un taux de 40% ;
- ❖ La vitesse de germination pour le traitement (FH) des graines de pistachier de l'Atlas est un peu supérieure (3.5 graines/j) à celle des graines de pistachier vrai (2.44 graines/j) ;
- ❖ Les différents traitements utilisés ont agi positivement sur les deux paramètres de croissance (hauteur des tiges, longueur des racines) des graines de pistachier de l'Atlas;
- ❖ Pour ce qui est de caractères de croissance en longueur, les graines de pistachier vrai se révèlent aussi plus intéressantes puisqu'elles ont donné naissance à des tiges plus hautes (23cm) et des racines plus longues (330cm), pour les graines de l'Atlas ont donné des tiges d'une hauteur de (10cm) et des racines plus longues (400cm).

Ces résultats permettent de mieux comprendre les comportements de cette espèce, et reste un défi pour aller plus loin dans la compréhension des modes de multiplication et des caractères de croissance de cette espèce.

## Chapitre III: Effet de quelques prétraitements des semences sur la levée et la croissance de jeunes semis de pistachier vrai sous serre (*Pistacia vera L.*)

Le pistachier vrai est une espèce fruitière intéressante pour son impact tant écologique qu'économique en régions arides et semi-arides ; il permet de donner des rendements appréciables et joue un rôle dans la réhabilitation des terres à faible productivité agricole. Le développement de la culture du pistachier revêt un intérêt certain pour de nombreuses régions arides et semi-arides en Algérie. (Benabdeli, 2012). Cependant, la maîtrise des techniques de son élevage et essentiellement la phase préparation des plants de *Pistacia vera* pour le greffage pose encore des problèmes à l'origine du faible taux de réussite. Même si la meilleure méthode de production de porte-greffes est la voie sexuée ; l'obtention de plants de semis reste une opération difficile pour *Pistacia atlantica* et *Pistacia terebinthus*. Chez ces espèces, l'endocarpe est une barrière imperméable qu'il faut scarifier, mécaniquement ou chimiquement à l'aide de l'acide sulfurique ou de la soude caustique, afin de faciliter, à l'intérieur des graines, le passage de l'eau, indispensable pour la germination (Caruso et De Michele, 1987; Romero *et al.* 1988).

Etant donné que le pistachier est une essence dioïque, le semis donne autant de pieds mâles que des femelles. Le greffage des sujets mâles s'impose mais la reprise au greffage, quelle que soit la méthode utilisée, dépend directement du diamètre du porte-greffe et de sa vigueur (Aleta *et al.* 1997). L'utilisation de plants greffés dont l'âge est inférieur à trois ans et pourvus d'un bon système racinaire permet d'éviter les difficultés de transplantation en verger (Jacquy, 1972). C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée en vue d'obtenir une germination élevée et homogène mais aussi de comparer certains prétraitements assurant la meilleure croissance et le bon développement des jeunes plantules destinées au greffage.

### 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### I.1. Matériel végétal

Il s'agit de graines de pistachier à maturité complète, récoltées auprès de sujets adultes issues d'un verger localisé dans la commune de Maoussa dans la wilaya de Mascara. Les graines utilisées sont de couleur blanche tachetée de points blancs, matures, d'un diamètre moyen de 10,56 mm, une longueur moyenne de 19 mm et d'un aspect sanitaire sain.

#### I.2. Méthodes.

Les essais de levée ont porté sur des graines de *Pistacia vera L.*, sans défauts apparents, elles ont été placées dans des pots après avoir été traitées, puis mises à germer dans une serre à température et hygrométrie contrôlées. En plus du témoin (graines non traitées), cinq types de traitements ont été testés qui sont:

1. Stratification au froid humide : les graines ont été mises à une température de 4°C dans du sable humide pendant 30 jours. Test désigné par l'abréviation FH
2. Stratification au froid humide accompagnée d'une scarification chimique (acide sulfurique): En plus de la stratification au froid humide, les graines ont été préalablement trempées dans l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) durant trois minutes puis elles sont imbibées par l'eau distillée stérile, trois fois pendant cinq minutes. Test désigné par l'abréviation H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
3. Stratification au froid humide accompagnée d'un trempage dans l'eau bouillante: En plus de la stratification au froid humide pendant un mois, nous avons mis les graines à l'eau bouillante pendant une minute, puis, trempage pendant vingt-quatre heures dans l'eau froide. Test désigné par l'abréviation EB
4. Stratification au froid humide accompagnée d'un trempage dans de l'eau tiède: Après la stratification au froid humide pendant un mois, puis elles sont trempées dans l'eau tiède durant vingt-quatre heures dans un bain marie. Test désigné par l'abréviation ET
5. Stratification au froid humide accompagnée d'un trempage dans de l'eau courante: Après la stratification au froid humide pendant un mois, les graines ont été trempées dans l'eau courante durant vingt-quatre heures. Test désigné par l'abréviation EN
- 6- Graines sans aucun traitement devant servir de témoin. Test désigné par l'abréviation T

Les résultats sont exprimés sous forme de pourcentage de levée (% *T.L*), il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines .Il est calculé par la formule suivante :

$$T.L = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100 = \frac{N\bar{i}}{N\bar{t}} \times 100$$

et par le calcul du coefficient du taux de levée (Coefficient Rate of Emergence : CRE) on s'est basé sur la formule de Saqui et Carleto (1978) in A. Ferchichi et al (2004) formulée comme suit :

$$CRE = 100/N \times \sum i ni/ji$$

N étant le nombre de semences semées,  $j_i$  le nombre de jours après le semis et  $n_i$  le nombre de plantules émergées le jour  $j_i$ .

La hauteur de la partie aérienne des plantules a été mesurée hebdomadairement. La prise de mesures des hauteurs des plants a été effectuée à partir du collet jusqu'au bourgeon terminal durant dix (10) semaines.

Les résultats de l'étude de la levée sont exprimés sous forme d'histogramme qui exprime le pourcentage cumulé de plants émergés en une période déterminée, en fonction des différents traitements utilisés. Une autre grandeur est utilisée: le coefficient du taux de levée, représenté lui aussi par un histogramme.

Pour l'étude de la croissance, la longueur de la partie aérienne, le nombre de feuilles par plantule, le diamètre de la plantule et la longueur des racines ont été mesurés.

Les résultats obtenus ont subi une analyse axée sur l'étude de la variance avec une comparaison des moyennes avec le test de Newman-Keuls (test de Fisher) à un seuil de probabilité de 5 %.

## II. Résultats et discussions

L'exploitation des résultats a porté sur le calcul du taux de levée des plantules, sur sa cinétique, sur la croissance en hauteur, en diamètre et des racines des différents modes de traitement.

### II.1. Taux de levée (%) des plantules

C'est le traitement témoin (T) qui permet d'obtenir le taux le plus élevé de graines germées, soit 100% ; suivi des traitements (E.N) (94%) et du traitement (F.H) (92%) alors que le traitement (E.T) n'a enregistré que 64%. Ces résultats sont en totale contradiction avec ceux de Borghetti et al. (1986) et Carol *et al.* (2000) qui ont conclu que la germination des graines est meilleure après stratification.

Les graines traitées avec de l'eau bouillante et immergées dans l'acide sulfurique ont enregistré un taux de levée nul. Les graines déhiscentes du pistachier vrai exposées aux hautes températures et trempées dans l'acide sulfurique concentré à 90 % ont provoqué la destruction complète de l'embryon de la graine responsable de la future plantule. Selon Crane et Forde, (1974), Aletà et Ninot (1996), la germination des semences de *Pistacia terebinthus* est

améliorée par un prétraitement de scarification chimique avec de l'acide sulfurique concentré en veillant à ne pas endommager l'endosperme séminal.

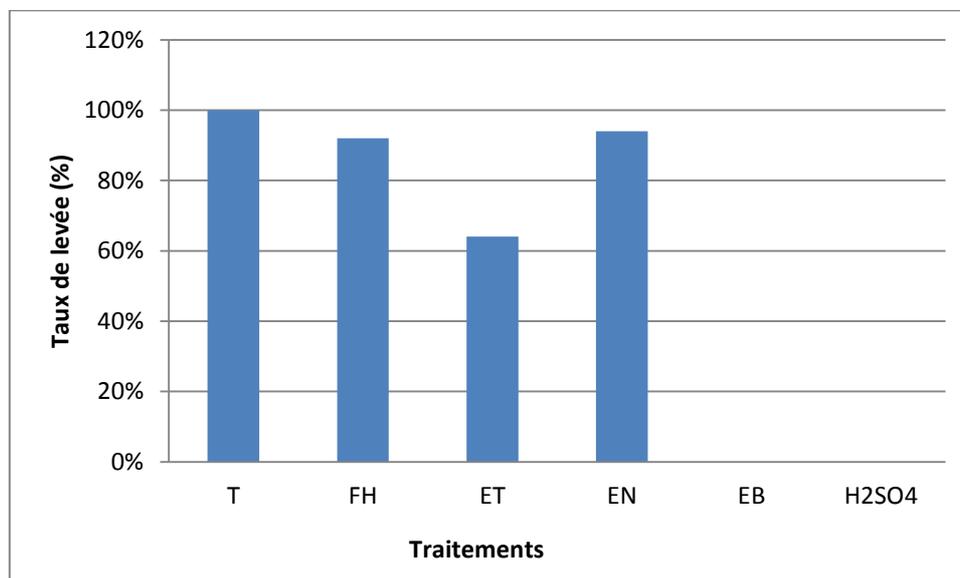


Figure 32. Taux de levée (%) des plantules de *Pistacia vera* mises sous différents prétraitements.

Des essais sur le Robinier, dont les téguments sont également durs, ont montré que le trempage dans l'acide sulfurique concentré améliorerait le pourcentage de germination lorsque le trempage ne dépassait pas 80 mn (Lebrun, 1966). Par ailleurs, le même auteur notait que les graines étaient détruites si l'on maintenait l'eau en ébullition pendant 20 secondes pendant le trempage. Bouafia et Meslem en 2009 ont confirmé pour le *Pistacia vera* ces résultats et notaient que les graines exposées à la température de 80°C ont connu un taux de levée nul. L'analyse statistique des données ont révélé un effet hautement significatif entre les différents traitements.

### II.1.1. Cinétique de la levée

L'exploitation des résultats en matière de cinétique de la levée des plantules de *Pistacia vera* permettent les observations suivantes :

- sous le traitement T trois plantules apparaissent dès le 16<sup>ème</sup> jour après semis, du 21<sup>ème</sup> au 23<sup>ème</sup> jour, plus de 30 % des plantules ont émergées. Par contre, entre le 25<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour aucune augmentation du taux de levée n'est enregistrée, cette période constitue une référence pour se prononcer sur le taux de levée (Figure 33).

- Sous le traitement FH les premières plantules apparaissent au nombre de 14 dès le 10<sup>ème</sup> jour soit un taux de levée de 28%. Au 11<sup>ème</sup> jour on enregistre une baisse du nombre de plantules à 9 ; mais entre le 12<sup>ème</sup> et le 21<sup>ème</sup> jour on observe le nombre de graines germées le plus élevé (15) soit un taux de germination de 30%. Avec ce traitement la référence semble être une vingtaine de jours pour obtenir les meilleures levées (Figure 33).
- Avec le traitement ET, dès le 11<sup>ème</sup> jour seulement 4% des graines ont germées et ce n'est qu'au 18<sup>ème</sup> jour que le taux de levée atteint 12%. C'est entre le 20<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> une baisse estimée fluctuante entre 2% et 6% sauf une exception pour le 29<sup>ème</sup> jour où on relève un taux de 10% de plantules émergées (Figure 33).
- Effet du traitement EN, au 11<sup>ème</sup> jour apparaissent 11 plantules soit 22%, c'est le maximum observé dans ce traitement même au 18<sup>ème</sup> jour. Entre le 20<sup>ème</sup> et le 30<sup>ème</sup> jour on enregistre une chute du taux de levée à 2% seulement.

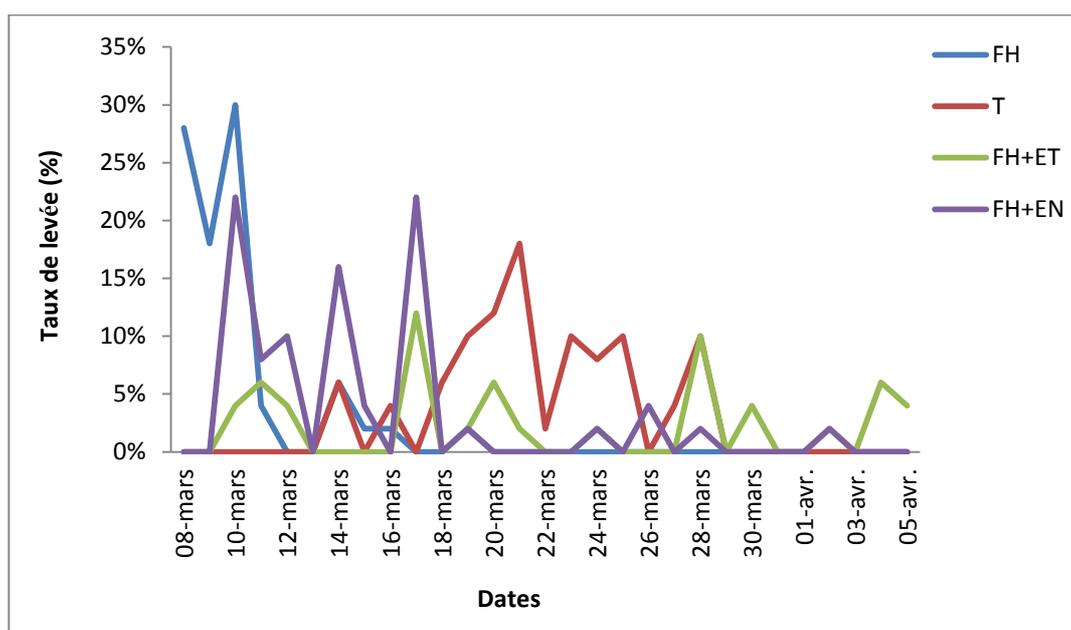


Figure 33. Cinétique de levée des plantules de *Pistacia vera* sous l'effet des différents prétraitements.

## II.2. La levée des plantules

Les coefficients des taux de levée (CRE) des différents traitements utilisés sont présentés dans la figure 34.

C'est le traitement F.H qui présente la plus haute valeur du coefficient de taux de levée avec une valeur de 9.58 plantules émergées/j. Le temps de levée entre la première plantule et la dernière est de 21 jours. Les premières plantules apparaissent après 10 jours de semis.

Pour le traitement E.N qui vient en seconde position avec un taux de 6,26 plantules émergées /j. Le temps de levée entre la première plantule et la dernière est de 33 jours soit 12 jours de plus par rapport au premier traitement. Les premières plantules apparaissent après 11 jours de semis.

Le traitement T a enregistré 4,32 plantules émergées /j avec une durée de 30 jours entre le début et la fin d'émergence des plantules ; soit une différence de 09 jours par rapport au traitement FH. Les premières plantules apparaissent après 16 jours de semis.

Pour le traitement ET, la plus faible valeur du coefficient du taux de levée enregistrée est de 3,2 plantules émergées /j. La durée entre l'apparition des premières et des dernières plantules émergées est de 36 jours soit une différence de 15 jours par rapport au traitement FH. Les premières plantules apparaissent après 11 jours de semis.

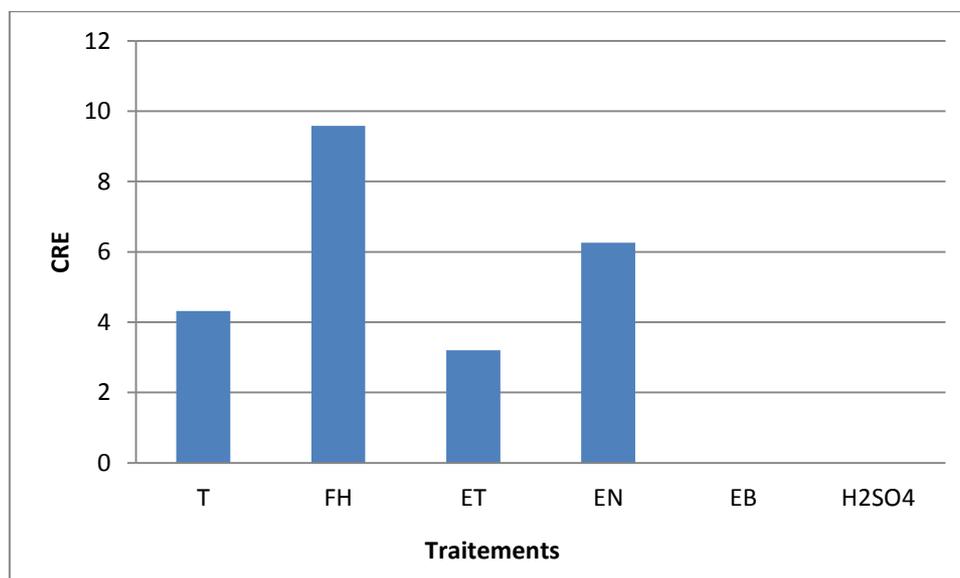


Figure 34. Les coefficients des taux de levée (CRE) des plantules mises sous différents traitements.

### II.3. La croissance des plantules

L'effet du traitement sur la croissance aérienne des jeunes plantules de *Pistacia vera L.* est récapitulé dans la figure 35 qui souligne que la croissance en hauteur a été affectée par le type de traitement. En effet, les plants de *Pistacia vera* se développent mieux sous l'effet

du traitement E.N où on enregistre durant dix semaines de développement la hauteur de 8.85 cm suivi du traitement F.H avec une hauteur de 7.89 cm soit une différence d'un centimètre par rapport au premier traitement.

Quant au traitement T, une hauteur de 6.27 cm a été enregistrée soit une différence de 2,5 cm par rapport au premier traitement E.N. La plus faible croissance en hauteur obtenue a été constatée chez les plants relevant du traitement E.T avec une hauteur de 4.91cm soit une différence d'environ quatre centimètre par rapport au premier traitement E.N.

L'analyse de la variance a révélé un effet significatif au seuil de 0,05 entre les différents traitements étant donné que le F calculé (30.32) est supérieur au F théorique (2.68).

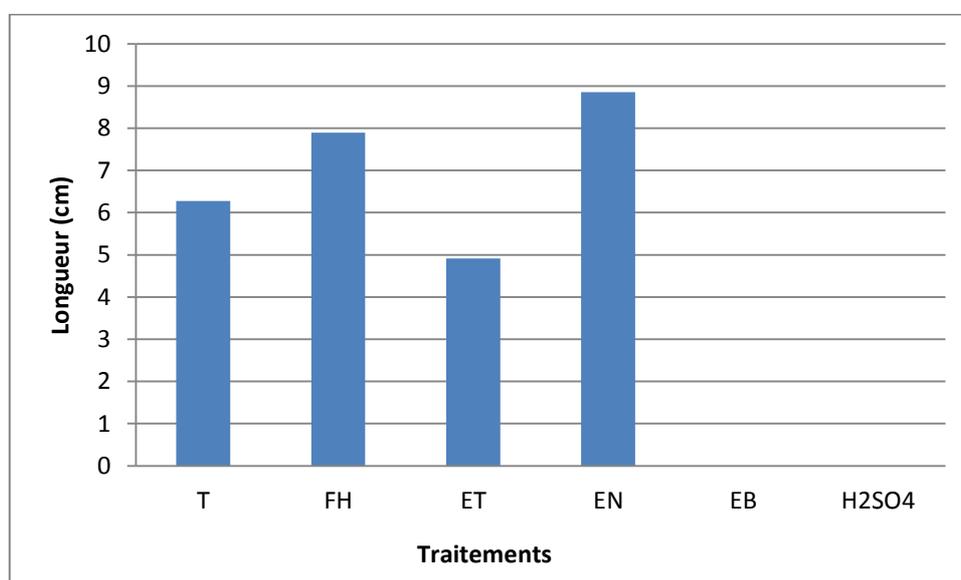


Figure 35. La croissance aérienne de jeunes plantules de *Pistacia vera L* des différents prétraitements.

#### II.4. Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles par plantule a été affecté significativement par la nature traitement testé. En effet, les meilleurs résultats ont été obtenus sur le traitement F.H (15.89) et les traitements respectivement T et EN (14,61 ; 14.13). Le traitement E.T a donné le nombre de feuilles le plus bas avec seulement 10.94.

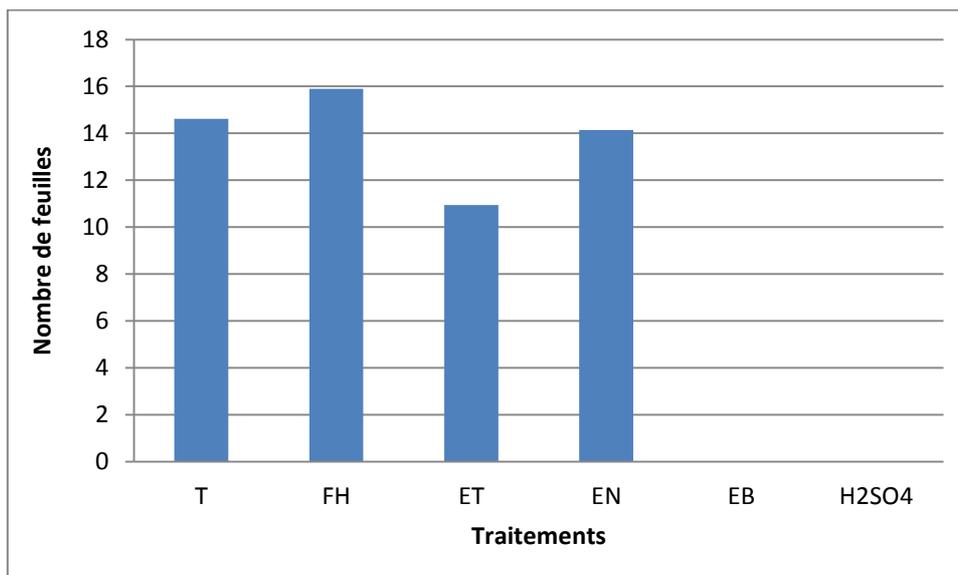


Figure 36. Le nombre de feuilles de jeunes plantules de *Pistacia vera L* sous différents prétraitements.

### II.5. La longueur des racines

Les racines les plus développées ont été obtenues après dix semaines d'élevage sous le traitement au froid humide avec une longueur de 16.95 cm. La longueur de la racine principale du traitement T vient en seconde position avec 14.16 cm soit une différence de 2.79 cm par rapport au traitement F.H. Les traitements E.T et E.N ont enregistré presque la même longueur de la racine principale respectivement 13.25 cm et 13.91 cm. L'analyse statistique montre qu'il existe une différence significative au seuil de 0,05 entre les traitements.

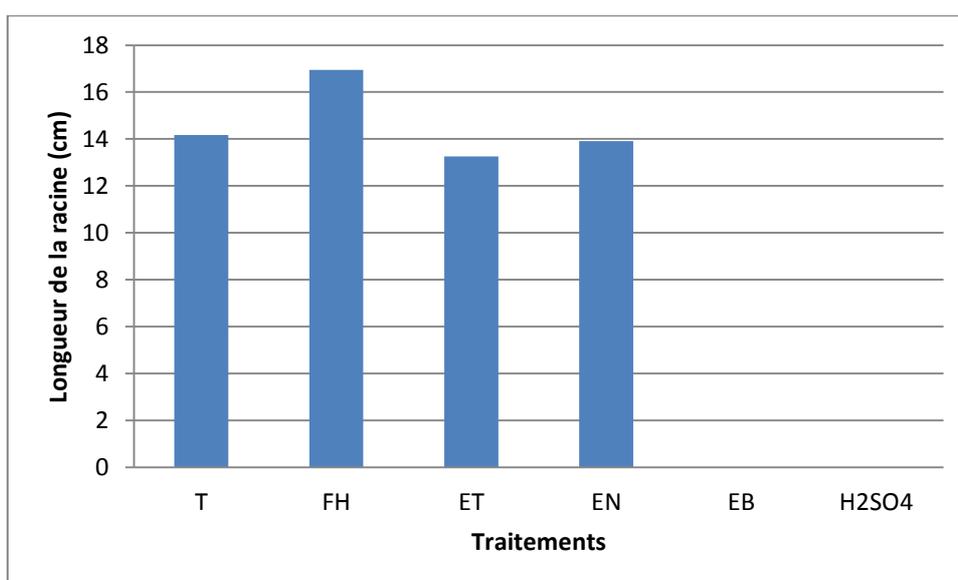


Figure 37. La longueur des racines principales de jeunes plantules de *Pistacia vera L* des différents traitements.

## II.6. Diamètre au collet

La croissance en diamètre des jeunes semis n'est pas influencée par la nature du traitement ; néanmoins une petite différence entre les différents traitements est à souligner. A titre d'exemple entre le traitement ET et EN, une différence de 0.34 mm est à noter. Les traitements T et FH ont enregistré le même diamètre soit 2.52 mm.

L'analyse de la variance a révélé un effet significatif entre les différents traitements étant donné que le F calculé (5.71) est supérieur au F théorique (2.68).

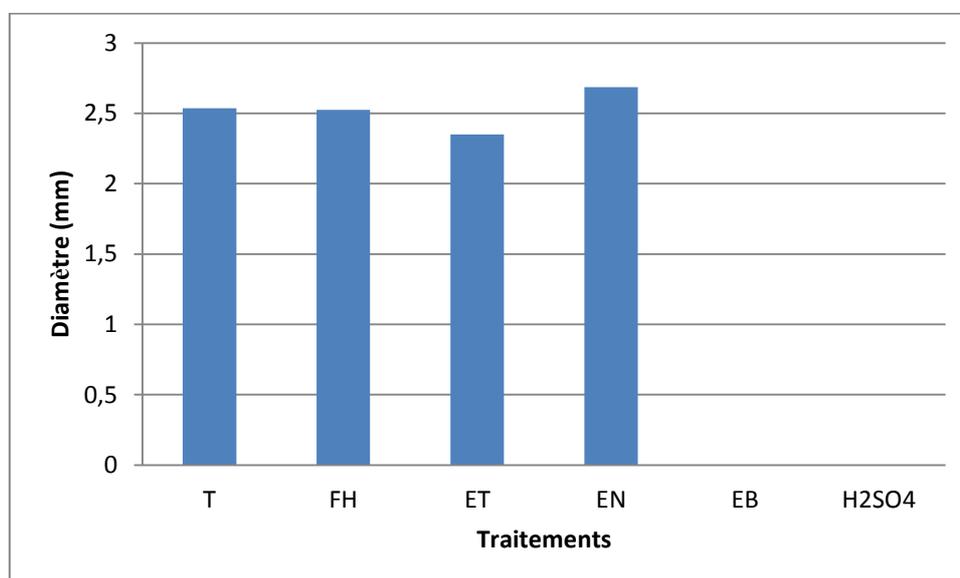


Figure 38. Le diamètre au collet des jeunes plantules de *Pistacia vera L* des différents traitements

## II.7. Conclusion

Le pistachier fruitier est un arbre très résistant à la sécheresse, il apprécie les étés longs et chauds et les hivers froids et secs et permet de coloniser des superficies appréciables en Algérie non exploitées et sujettes à l'érosion. Pour augmenter la superficie des boisements en Pistachier vrai, la maîtrise de la production de plants passe par des essais de germination selon différents traitements. L'expérimentation menée a permis d'émettre quelques recommandations pour une réussite de la levée et de la conduite des plantules de *Pistacia vera*.

- En matière de levée, la stratification au froid humide de la semence n'est pas indispensable pour la germination, par contre le traitement au froid humide puisque le traitement T a connu le plus grand taux de levée ;
- Le traitement F.H a connu le plus grand nombre de plantules émergées par jour (9.58 plantules/jour), le traitement (E.T) quant à lui a enregistré le plus bas nombre de plantules émergées par jour (3.2 plantules/jour) ; la stratification favorise la vitesse de levée et s'avère intéressante;
- La durée d'émergence de plantules était de 21 jours seulement pour le traitement F.H contre 36 jours pour le traitement E.T ;
- Concernant la croissance en hauteur des plantules, c'est le traitement E.N qui a enregistré la plus grande valeur (8.51 cm) ;
- Le traitement F.H a enregistré la plus grande valeur de la longueur de la racine (16.95cm) ;
- Pour le diamètre de la tige, c'est le traitement E.N qui a permis la plus grande valeur (2.68 mm) ;
- Le traitement E.T a enregistré les plus faibles valeurs pour tous les facteurs étudiés.

Pour la réussite de la préparation des graines de *Pistacia vera* à la levée, il est utile de combiner les traitements avec stratification au froid et trempage en eau courante (EN) et une stratification à froid à 4°C.

## Chapitre IV. Essai d'étude du greffage de *Pistacia vera*

### I. Caractéristiques écologiques de la zone d'étude (région de Mascara)

#### I.1. Situation géographique de la région d'étude

Le territoire test de Mascara cadre dans une escape délimitée par 2°, 11 de longitude et 35°, 26 de l'altitude, Nord-Ouest de l'Algérie s'étend sur une superficie de 5889.11 Km<sup>2</sup>.

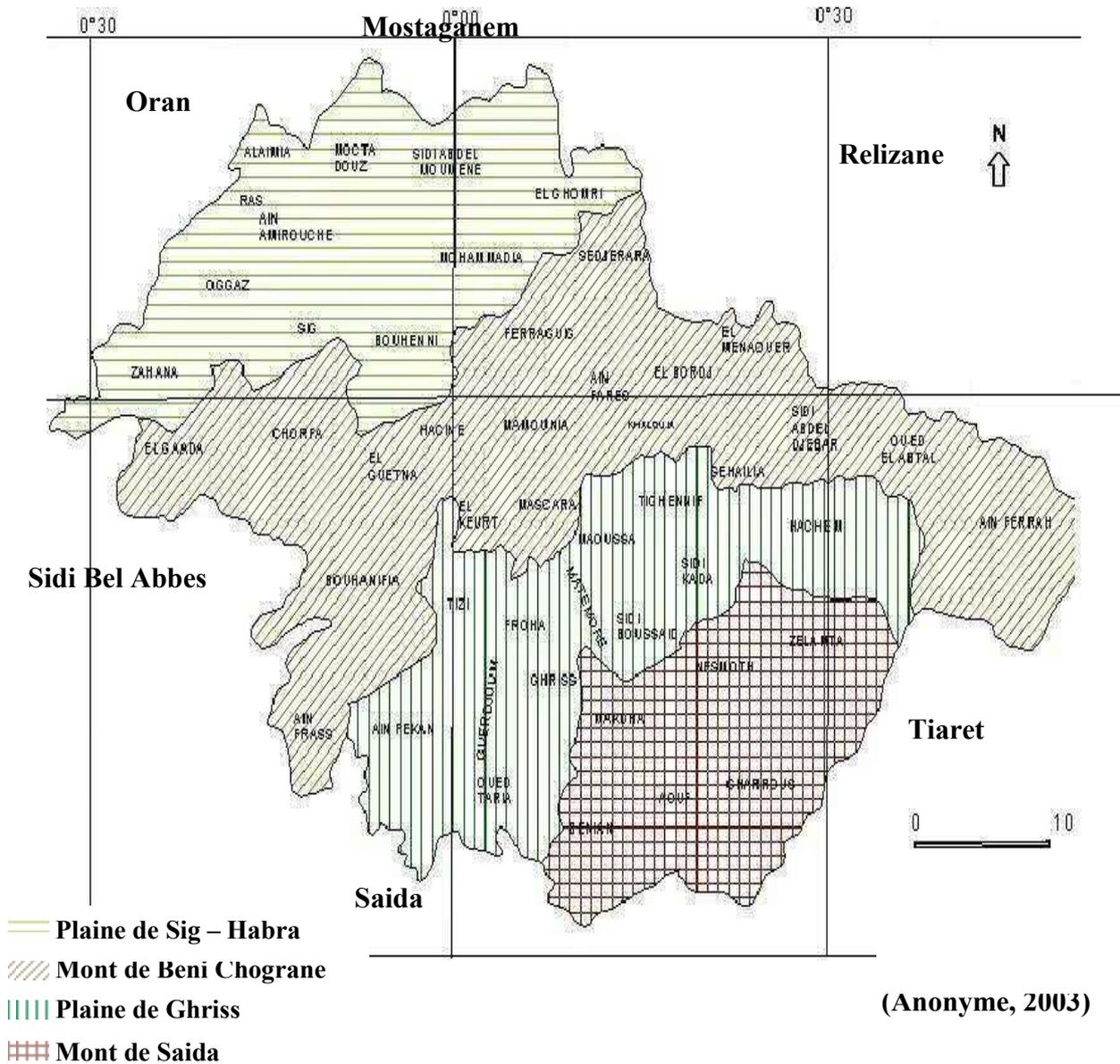


Figure 39. Situation géographique de la wilaya de Mascara

Elle est à vocation agricole et divisée en quatre zones homogènes en fonction des données physiques naturelles qui sont :

- **La plaine de Habra-Sig** : couvre une superficie totale de 160000 ha avec une Pluviométrie de 250 à 300 mm /an, elle est caractérisée par les plantations d'oliviers et d'agrumes.
- **Les monts de Beni Chougrane** : s'étendant sur une superficie de 180000 ha dont le 2/3 se trouvent dans la wilaya de Mascara. La pluviométrie est de 300 à 350 mm/an. Cette zone est caractérisée par la plantation viticole et céréalière.
- **La plaine de Ghriss** : couvre une superficie totale de 160 000 ha caractérisée par les cultures maraîchères et céréalières.
- **Les monts de Saida** : couvrent une superficie de 88000 ha avec une pluviométrie de 350 à 400mm/an, la vocation de cette zone est l'élevage ovin, bovin et la céréaliculture.

## **I.2. Limites administratives**

La Wilaya de Mascara qui s'étend sur une superficie de 5889.11 Km<sup>2</sup> est subdivisée en 16 daïras et 47 Communes ; elle est délimitée au nord par les wilayas d'Oran et de Mostaganem ; à l'Est par les wilayas de Tiaret et de Rélizane ; au Sud par la wilaya de Saida et à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbès .

## **I.3. Caractéristiques écologiques**

### **I.3.1. Orographie**

La région de Mascara est caractérisée par la dominance de deux principales classes de pente. La première comprise entre 0 et 3%; elle est une superficie plus ou moins plate de 22587 ha soit 38.62% du territoire de la wilaya. La deuxième comprise entre 12.5 et 25%; elle est représentée par les monts de Beni Chougrane et ceux de Saida couvrant une superficie de 139856ha soient 24% du territoire. L'altitude moyenne de cette région est de l'ordre de 500m dont la plaine de Ghriss présente un relief relativement bas (400 m environ), alors que les monts de Beni Chougrane et de Saida présentent un relief élevé et accidenté allant jusqu'à 1095 m (Djebel El Ouast) (BOUALEM, 2004).

### **I.3.2. Lithologie et unités pédologiques**

A partir des cartes lithologiques simplifiées 1/200000 et géologiques au 1/50000, il a été identifié un certain nombre de formations principalement sédimentaires.

**I.3.2.1. Les rendzines :** Roches sédimentaires constituées de carbonates de calcium, les roches calcaires sont importantes et représentent 16.74% de la superficie total des terres agricoles de la région.

**I.3.2.2. Les vertisols :** Roches sédimentaires à texture fine tendres et fragiles à l'état sec, elles représentent 43.29% de la superficie des terres agricoles. Elles sont localisées surtout sur les Contreforts des monts de Beni Chougrane

**I.3.2.3. Les roches légères siliceuses et alluvionnaires :** Ce sont des formations déplacées sur des distances très importantes et déposées par l'eau, elles sont localisées surtout dans les plaines de Mascara-Ghriss et l'Habra-Macta.

**I.3.2.4. Les sols salins :** Ils sont localisés dans la plaine l'Habra-Macta. Le principal Facteur de l'accumulation des sels solubles est la topographie combinée à un climat à pluviométrie insuffisante (inférieure à 400mm/an) aggravé par un entretien insuffisant du réseau de drainage (GAUCHER, 1968).

#### **I.4. Etude climatique**

Dans l'ensemble, le climat de l'Afrique du nord est caractérisé par l'opposition de deux saisons bien tranchées. Surtout en ce qui concerne la température et les précipitations : une saison relativement froide et pluvieuse et une chaude et pratiquement sans pluie (CHAUMENT, 1968; CORNET, 1952).

La semi aridité du climat actuel du Tell Oranais est due particulièrement, à l'écran de la péninsule Ibérique et celui du Rif.

**I.4.1. Les températures :** Les températures moyennes mensuelles de la station de Matemore sont relativement élevés et soulignent l'existence de deux saisons ; une saison froide qui s'étend sur six mois, de novembre jusqu'à avril, qui enregistre les minima les plus bas allant jusqu'à 3.6°C et - 0.3°C et une saison chaude entre mai et octobre où la température maximale moyenne de 37.5 °C.

**I.4.2. Les précipitations :** elles sont irrégulières d'une année à l'autre, avec une moyenne qui ne dépasse pas 300mm par an. Les valeurs minimales paraissent au centre de la plaine de Ghriss, tandis que les valeurs maximales sont mesurées sur les reliefs dans les monts de Beni-Chougrane.

Le tableau 2 donne les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles de la station météorologique de l'I.T.A.F.V (Maoussa).

Tableau 9. Les températures moyennes mensuelles et les précipitations moyennes mensuelles. Période (1990.2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	9.12	12.13	12.94	14.65	19	23.77	27.36	27.53	23.31	20.55	13.24	9.87
P(mm)	65.63	31.89	38.03	34.26	26.79	4.34	1.59	5.05	17.3	28.72	48.44	36.94

Source: Station météorologique de l'I.T.A.F.V (Maoussa)

Tableau 10. Moyennes annuelles des précipitations en (mm) période (1990-2009).

Année	Moyennes annuelles	Année	Moyennes annuelles
1990-1994	292.2	2000	222.2
1995-1999	354.9	2005	210.7
2000-2004	379.8	2006	275.5
2005-2009	225.2	2007	342.6

Source: Station météorologique de l' I.T.A.F.V (Maoussa)

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (RAMADE, 1984). D'après le dernier auteur cité, la répartition annuelle des précipitations est importante aussi bien par son rythme que par sa valeur volumique absolue. Sur une période de 20 ans d'observation (1990-2009), la pluviométrie moyenne annuelle est de 301.18 mm le total de précipitation a gravement chuté, soit une réduction de presque 60 % : entre 1913 -1938, la pluviométrie était en moyenne de 511 mm (SELTZER, 1946). L'exploitation des données climatiques de la station représentative de la zone confirme la forte fluctuation des précipitations : 181 et 379 mm.

**I.4.3. La gelée** s'étale surtout de novembre jusqu'à la fin de mai, elle est à craindre pendant le printemps car elle cause beaucoup de dégâts surtout aux bourgeons en croissance. Le tableau ci-dessous présente le nombre de jours de gelée durant la campagne agricole 2009/2010.

Tableau 11. Le nombre de jours de la gelée par mois (compagne agricole 2009/2010)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Nombre de jours	00	00	00	03	02	01	02	00	00	00	00	00	08

Source: Station météorologique de l'I.T.A.F.V (Maoussa)

**I.4.4. Le vent** souffle souvent selon une direction dominante du nord vers l'ouest à une vitesse variant entre 1.8 à 2.9 m/s. En été, le vent se caractérise par un souffle chaud appelé sirocco ayant une durée moyenne d'environ 21 jours. Le sirocco, c'est un vent chaud sec et desséchant qui souffle du Sahara, il se manifeste particulièrement en été (juillet-août) sur l'ensemble de la région. Le nombre de jours de sirocco est de 15 à 20 jours par an qui provoque le dessèchement du feuillage des arbres et des vignes surtout lorsqu'ils ne sont pas suffisamment irrigués pendant l'été et plantés selon la direction Est-Ouest.

## I.5. Synthèse climatique

**I.5.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls :** il définit essentiellement la période sèche où les précipitations totales exprimées en mm sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degrés Celsius ( $P \leq 2T$ ) (MUTIN, 1977). La figure 40 confirme la longue période de sécheresse qui reste un paramètre important à prendre en considération.

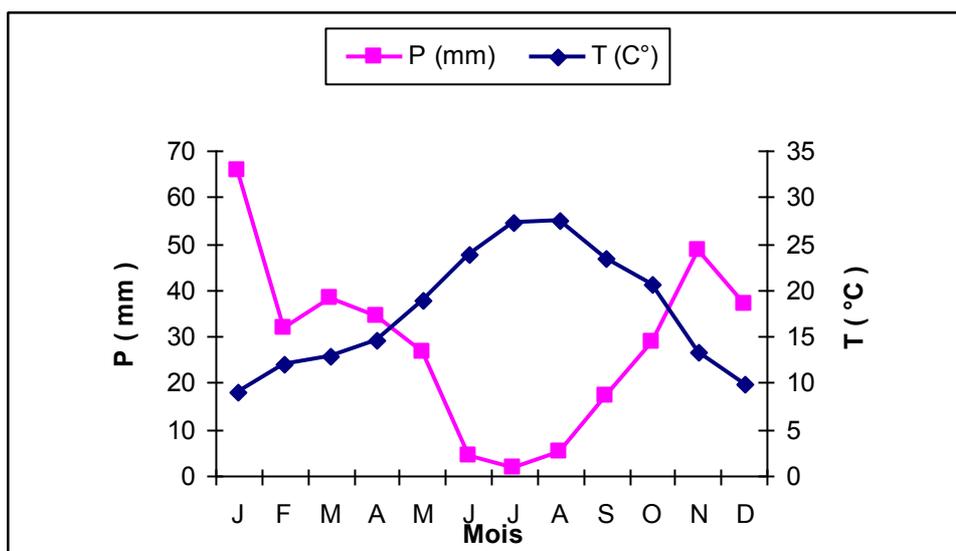


Figure 40. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

L'examen du diagramme de la région d'étude permet de révéler l'existence d'une période humide de 6 mois s'étalant de la fin du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois d'avril et d'une période sèche de 6 mois allant de la fin du mois d'avril jusqu'à la fin d'octobre.

**I.5.2.Climagramme d'EMBERGER :** Selon MUTIN (1977), le climagramme d'Emberger est défini par un quotient pluviométrique qui permet de faire la distinction entre les différentes nuances du climat méditerranéen. Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (DAJOZ). Cet indice est couramment utilisé qui tient compte de la température et de la pluviométrie, qui se calcule par la formule suivante:

$$Q_2 = 3.43 * P / M - m$$

P: pluviométrie moyenne annuelle (301.18 mm)

M-m : amplitude thermique

M : moyenne de la température maximale du mois le plus chaud.

m: moyenne de la température minimale du mois le plus froid.

Le quotient pluviométrique de la région d'étude est égal à 30,67. Il est calculé grâce aux données pluvio-thermiques de 20 ans, de 1990 à 2009. Il permet de situer la région de Maoussa dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

### **Caractérisation du site de l'expérimentation**

Le présent travail s'est déroulé au niveau de la ferme d'expérimentation et de démonstration qui appartient à l'institut technique des arbres fruitiers et de la vigne (ITAFV) de Maoussa (W. Mascara). Cette ferme de 62 ha composée de vignobles de vigne, verger d'olivier et vergers de pistachier (verger de comportement, verger de démonstration et de production, parc à bois et parc semencier) se trouve au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Mascara à une distance de 13 Km, 7 Km de Tighennif et à 2 Km de Maoussa, sur l'axe routier RN 14 (Figure 41).

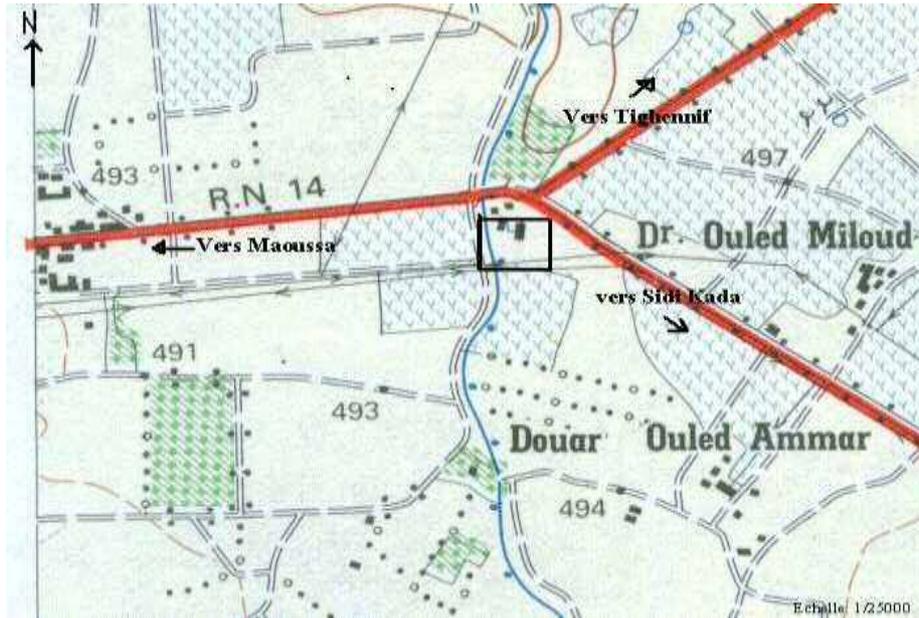


Figure 41. Localisation de la ferme de démonstration de ITAFV de Maoussa



Figure 42. Plan parcellaire de la ferme de démonstration de l'ITAFV de Maoussa

## II. Matériel et méthodes

### II.1. Matériel végétal

#### II.1.1. Le porte greffe

Le porte greffe qu'on a utilisé pour l'opération de greffage est de 2 ans issu de semis de la variété Achouri dont ces caractéristiques sont présentées dans la photo 7.

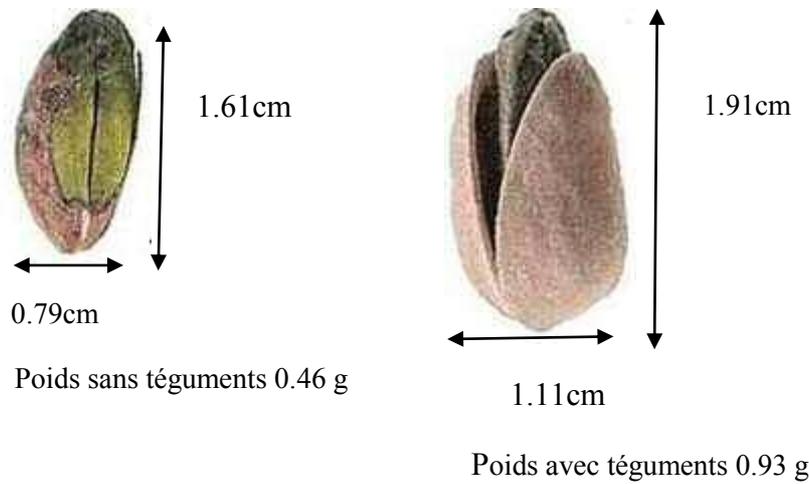


Photo 8. Semences de pistachier vrai (variété Achouri)

La parcelle expérimentale regroupe 4 rangées espacées de 100 cm totalisant 500 plants devant servir de portes greffes comme le montre la photo9. Les portes greffe ont une hauteur moyenne de 30 cm et un diamètre moyen de 0.9 à 1cm.



Photo 9. Pépinière de l'expérimentation de greffage par écusson

### II.1.2. Le greffon

Sur un rameau de l'année courante, pendant la période active de la végétation, se trouve naturellement, accompagné d'une feuille dont vous supprimez le limbe, Il est indispensable que le sujet soit en sève pour recevoir le greffon. Les greffons sont prélevés sur des pousses de l'année courante, pendant la période active de la végétation d'un arbre sain à partir du parc à bois installé dans l'essai de démonstration. Ils sont sélectionnés sur un arbre dont la variété est connue (Photo 10).



Photo 10. Le parc à bois de la station de démonstration de l'ITAFV de Maoussa

Le choix des baguettes greffons ou rameaux greffons et le prélèvement des yeux font l'objet de recommandations de la part de TUREL: "les baguettes greffons sont prélevées sur des arbres ayant débourré en avril et dont les yeux sont presque mûrs, les yeux de la base sont un peu atrophiés et ne peuvent être utilisés, il en est de même de ceux du sommet insuffisamment aoûtés. Cependant, il ne faut pas prendre les baguettes sur les gourmands et sur les branches à port retombant. "Les meilleures baguettes proviennent des branches du centre de l'arbre et de celles prenant naissance sur charpentières, à la séparation d'avec le tronc".

La pousse prélevée ou baguette greffons (chaque œil représentant un greffon) doit être effeuillée (suppression des limbes) pour éviter sa déshydratation par le phénomène de transpiration. On prend soin de garder leur pétiole collé à la baguette qui aide le greffeur à le placer sur la porte greffé lors de l'opération de greffage par écusson (Photo 9). Il est à noter que ces pousses sont prélevées à partir du parc à bois très tôt le matin pour éviter les fortes chaleurs de l'été qui provoquent leur déshydratation donc leur vitalité.



Choix de la pousse de l'année



Pousse de l'année bien dégagée



Effeuillement de la pousse de l'année



Pousse totalement effeuillée avec pétiole

Photo 11. Etapes de préparation de la pousse de l'année pour greffage par écusson

## II.2. Méthodes

L'essai consiste à exécuter le greffage sur des sujets porte greffe franc (SPG) par écusson (œil poussant) et il est indispensable que le sujet soit en sève pour recevoir le greffon, selon cinq (05) périodes différentes qui sont:

- Période 1: 15/05/2010
- Période 2: 30/05/2010
- Période 3: 15/06/2010
- Période 4: 30/06/2010

- Période 5: 15/07/2010

Concernant l'emplacement de l'écusson sur porte greffe, on a opté pour deux formes de té: le té normal ( $\top$ ) et le té renversé ( $\perp$ ).

Le nombre de plants par traitement est de 50 soit 500 plants au total.

### **II.2.1. Matériel de greffage en écusson utilisés**

Le matériel nécessaire pour l'exécution de l'opération de greffage est le suivant :

- Sécateur;
- Greffoir ou couteau bien aiguisé;
- Pierre à aiguiser ou lime;
- Raphia ou ruban plastique de couleur transparente.

### **II.2.2. Les étapes de l'exécution du greffage par écusson (œil poussant)**

Avant de commencer le greffage, il faut préparer les plants qui doivent être greffés et l'opération se fait comme suit:

- Il faut que la zone où on fait l'incision sur le porte greffe soit lisse et sans la présence de nœud et du côté inverse à la direction du vent pour éviter son dessèchement.
- On détache l'écusson de la pousse de l'année (Photo12).
- On fait une incision horizontale de 3cm (Photo 13) et une autre verticale selon la longueur de l'écusson à l'aide du greffoir en forme de ( $\top$ ) normal pour la première forme et ( $\perp$ ) renversé pour la deuxième forme et à une distance de 10 à 15cm du collet du porte greffe (Photo 14). Il est à noter que la longueur de l'incision ou forme de T et du greffon soient de même taille.
- A l'aide de la spatule du greffoir, on fait écarter les lèvres pour faire entrer l'écusson et pour ne pas endommager l'écorce du porte greffe (Photo 15).
- On fait insérer doucement l'écusson (le greffon) sous l'écorce du porte greffe, en veillant bien à respecter le sens de la végétation (l'œil se trouve toujours en haut et le pétiole semble remonter).

- Après avoir bien posé l'écusson sur le porte greffe, on le serre convenablement à l'aide du raphia ou de film plastique dans le but de permettre sa soudure, d'éviter son dessèchement et la pénétration d'agents pathogènes.
- Le porte greffe est rabattu d'environ un tiers au moment du greffage et tous ses bourgeons terminaux systématiquement sectionnés afin de refouler la sève vers le greffon. Les photos 11 à 19 qui suivent détaillent les différentes manipulations réalisées.



Photo 12. Le greffon est un œil prélevé de la pousse de l'année.



Photo 13. Incision latérale du porte greffe pour formation du (T)



Photo 14. Incision verticale du porte greffe pour formation du (T)



Photo 15. Ecartement des lèvres à l'aide de la spatule du greffoir



Photo 16. Glissement de l'écusson dans l'entaille



Photo 17. Ecusson complètement posé sur le porte greffe



Photo 18. Ligature du greffon avec du raphia (en commençant par le haut)



Photo 19. Fin de l'opération de greffage

### II.2.3. Les soins après la reprise

Deux possibilités sont identifiées :

1. Les greffes à œil poussant reprennent dans le mois suivant l'assemblage. Une jeune pousse apparaît au niveau de l'écusson.
2. Les greffes à œil dormant voient le pétiole jaunir à l'automne comme s'il s'agissait d'une chute des feuilles normale. La pousse ne se développe qu'au printemps.

Il est possible de se rendre compte de la réussite au greffage en observant les pétioles adhérent aux écussons posés: si le pétiole a noirci ou est tombé, tandis que l'œil est resté vert,

la greffe est dite bonne; elle est mauvaise au contraire si le pétiole s'est ridé en même temps que l'œil et l'écorce de l'écusson.

Les principales observations à retenir sont :

- Après deux semaines à vingt jours du greffage, on opte pour les opérations de desserrement du raphia avec délicatesse car la soudure est très cassante et pour éviter les risques de toute strangulation ultérieure des plants greffés.
- Deux semaines après le greffage les yeux non repris sont visibles et il est possible de ré-écussonner immédiatement.
- On réalise l'ébourgeonnage de toutes les pousses se développant latéralement autour des greffes.
- On fait le rabattage du porte greffe à environ 15 cm au-dessus de la greffe pour un arbre devant développer une pousse verticale (scion) ensuite on l'attache sur l'onglet conservé du porte greffe. Il sert de tuteur et permet d'obtenir un rameau bien droit (Photo 21).



Gonflement du bourgeon



Sortie de la pousse (2 semaines)



Elongation de la pousse (3 mois)



Arrêt de l'élongation de la pousse (5 mois)

Photo 20. Pousse de l'écusson de greffage

- On effectue le désherbage mécanique de la parcelle expérimentale pour éviter toute concurrence entre les mauvaises herbes et les plants greffés. Ce qu'on a remarqué c'est surtout la prolifération de chient dent qui présente une redoutable adventice pour les cultures car elle se multiplie par rhizome et qui rend l'opération de désherbage très difficile. Sans oublier les opérations d'irrigation après chaque désherbage soit environ trois irrigations pour éviter le flétrissement des plants greffés d'où l'échec du greffage.

### III. Résultats et discussion

#### III.1. Taux de reprise au greffage par période et par forme de T

##### III.1.1. Période de 15/05/2010 et de 01/06/2010

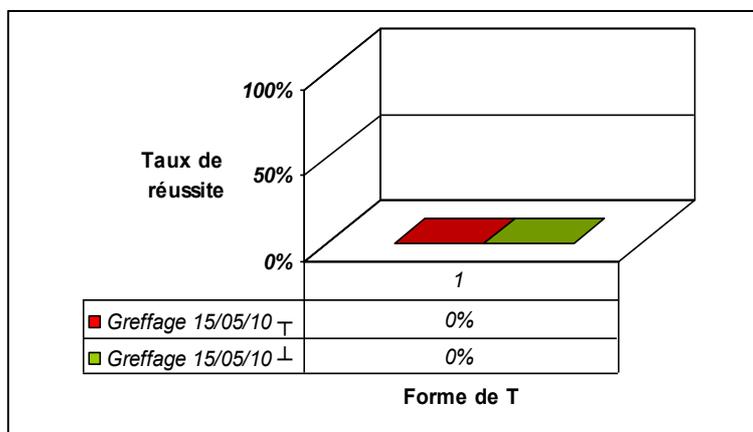


Figure 43. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 1

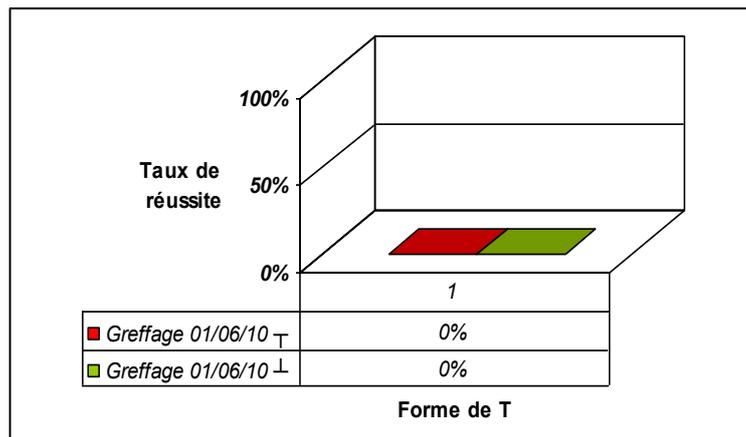


Figure 44. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 2

On remarque pour les deux premières périodes que le taux de reprise au greffage par écusson (œil poussant) est nul (Figure 43 et 44). On peut expliquer ce résultat par le fait que le bourgeon n'a pas encore atteint sa maturité complète afin qu'il puisse donner une pousse feuillée.

Pour rappel, la baguette qui contient les écussons de greffage a été prélevée à partir du parc à bois (variété Achouri) qui débourre en avril. Selon Kerdouche (1998), la baguette doit avoir un développement complet soit deux mois après le débourrement avec des bourgeons axillaires mûrs et se sont ces derniers qu'on a utilisés dans l'opération de greffage. De point de vue physiologique, la zone méristématique du bourgeon où se font les divisions cellulaires continuellement (mitose) pour former des tissus différenciés n'a pas atteint son développement final pour qu'elle puisse se diviser normalement. Dans le cas normal, les cellules méristématiques en se différenciant vont former différents types de tissus permanents (tissus parenchymateux, tissus de soutien, tissus conducteurs, ect).

Selon Jean Poirier (2006) pour la formation du cal de soudure entre greffon et porte greffe, il faut une température comprise entre 20 à 25°C. Pour la première période (15/05/2010) nous avons enregistré une moyenne de températures de 19.75°C alors pour la seconde période (01/06/2010) la température moyenne est de 21.75°C. Ceci confirme notre hypothèse qui stipule la formation complète du bourgeon axillaire et que les conditions climatiques de ces deux périodes sont favorables pour la soudure.

### III.1.2. Période de 15/06/2010

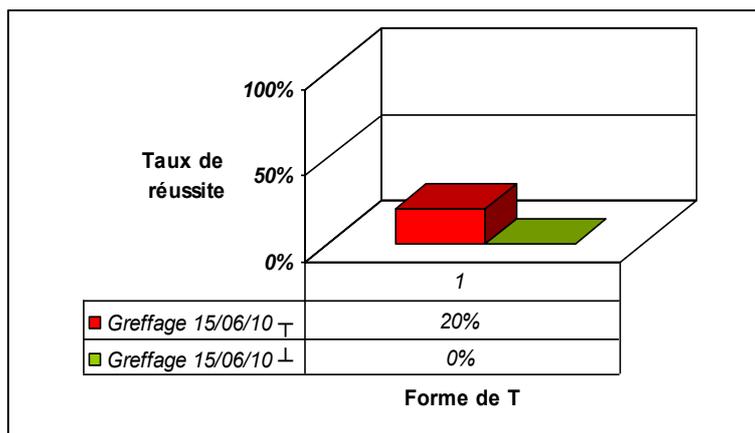


Figure 45. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 3

Concernant la période 3, on relève que le taux de réussite au greffage pour la forme de T (T renversé "⊥") est nul par contre pour le T normal est de 20 %.

On peut expliquer ce résultat par le fait qu'on assiste au début de maturité des bourgeons de la pousse. En effet, les yeux deviennent mature graduellement c'est-à-dire qu'on peut trouver sur la même pousse des bourgeons qui sont prêts à débousser en donnant une pousse feuillée après greffage tandis que d'autres ne le sont pas. Ceci est dû au phénomène de concurrence sur les nutriments véhiculés par la sève et surtout la sève élaborée étant donné que la pousse est en pleine activité photosynthétique.

Pour rappel le rameau sur lequel sont prélevés les écussons est un rameau de l'année en cours d'allongement. Il est détaché fort peu de temps avant d'être utilisé et on n'en conserve que la portion médiane, qui n'est plus herbacée et n'est cependant pas encore du bois. C'est sur cette portion que se trouvent en général les yeux les mieux constitués (DELPLACE. E, 1952).

Durant cette troisième période de greffage (15/06/2010), nous avons enregistré une température moyenne de 23.17°C qui est favorable à la réussite de la jonction entre association greffon-porte greffe.

### III.1.3. Période de 30/06/2010

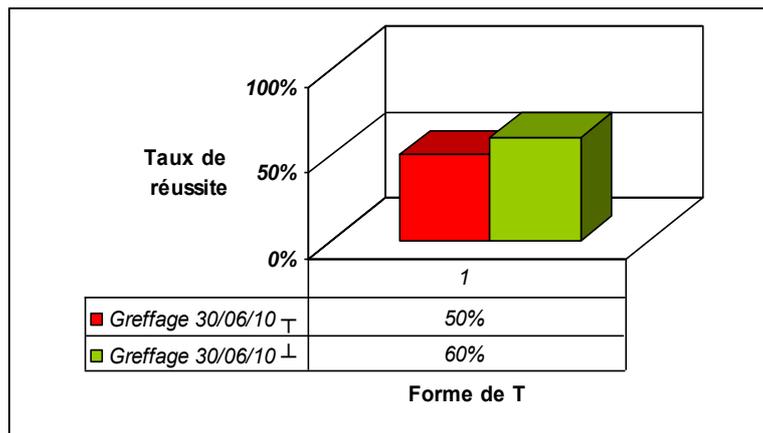


Figure 46. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 4

Pour la période 4 (30/06/2010), on relève le taux de réussite du greffage le plus haut pour les deux formes de T (T normal, T renversé) avec 50% pour la première forme et 60% pour la deuxième forme (Figure 46).

L'explication de ce résultat réside dans le fait que les bourgeons axillaires de la baquette utilisée pour le greffage ont atteint leur développement complet (zone méristématique bien formée- les tissus primaires assurant l'allongement des tiges par la mise en place et les tissus secondaires assurant la croissance en épaisseur). En plus à l'intérieur du bourgeon, on trouve des ébauches foliaires (primordiums foliaires au début) et d'entre-nœuds où durant le débourrement, les feuilles se développent à partir de ces dernières et se sont les feuilles qui apparaissent les premières lors de l'éclosion de la jeune pousse.

En plus de l'état mature des bourgeons, nous avons enregistré durant cette période des conditions climatiques très favorables à la bonne reprise au greffage avec une température moyenne de 28.73°C.

Pour la réussite du greffage, il faut mettre au contact le cambium du greffon avec celui du porte greffe qui se traduit par la réalisation d'une soudure anatomique entre les deux fragments végétaux – obligatoirement blessés - que l'on veut unir. Cette soudure ne se fait pas directement, mais s'opère entre des tissus néoformés par les deux partenaires. Dans la zone de contact se forme un cal, un bourrelet cicatriciel. L'excitation consécutive au traumatisme et la suppression des corrélations entraînent une prolifération cellulaire.

Cette prolifération s'amorce sur les deux sections en contact. Il se forme d'abord quelques couches de cellules parenchymateuses qui se soudent entre elles. Sur la ligne de

contact entre le greffon et le porte-greffe, au moment de l'opération et tout de suite après se produisent des phénomènes de dessiccation, de nécrose des cellules blessées, de sécrétion. Cette ligne reste généralement visible, tout au moins dans les premiers temps de l'union. Ultérieurement, des différenciations ont lieu au sein de cette masse de cellules néoformées et des connexions vasculaires s'établissent entre le sujet et le greffon (SCHEIDECKER. D., 1961).

### III.1.4. Période de 15/07/2010

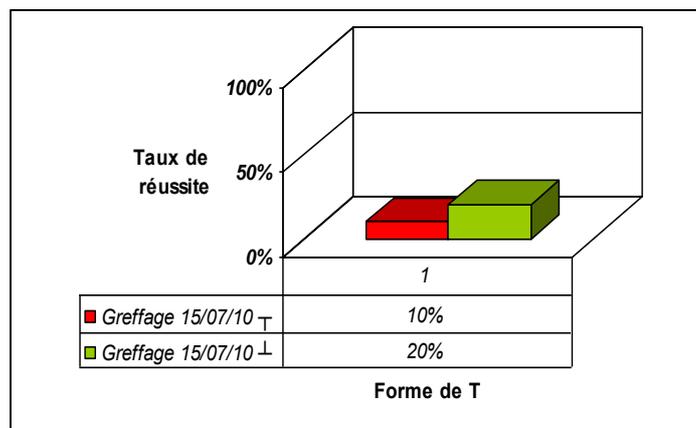


Figure 47. Taux de réussite du greffage par écusson (œil poussant) de la période 5

Pour l'ultime période (15/07/2010), on assiste à une diminution du taux de réussite de greffage. On a compté pour la forme de T normal ( $\top$ ) la valeur de 10% de reprise tandis que pour la forme de T renversé ( $\perp$ ) la valeur de 20% soit le double (Figure 47).

Ce regain du taux de réussite au greffage par œil poussant s'explique par le fait que les bourgeons commencent à s'aoûter et de lignifiés et qui se préparent pour le prochain type de greffage de l'automne qui se réalise par œil dormant. Ce dernier si l'association greffon-porte greffe est réussie, le greffon reste inerte pendant toute la durée de l'automne et de l'hiver, et ne se développe qu'au printemps suivant avec la mise en sève du plant et aboutira à une nouvelle pousse printanière.

### III.1.5. Analyse statistique des résultats

#### III.1.5.1. Analyse de la variance

Pour l'analyse statistique, on a utilisé le dispositif expérimental " split- plot " qui est un dispositif purement factoriel qui se caractérise par l'utilisation différents paramètres avec des

répétitions. Dans notre cas, on a un facteur principal (périodes de greffage) avec 05 traitements différents et un facteur secondaire représenté par la forme de T avec 02 traitements distincts (T normal "⌊" et T renversé "⌋").

Tableau 12. Résultats de greffage en relation avec les différents traitements

Période1	Période1	Période2	Période2	Période3	Période3	Période4	Période4	Période5	Période5
⌊	⌋	⌊	⌋	⌊	⌋	⌊	⌋	⌊	⌋
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

0 – greffage non réussi 1- greffage réussi

Tableau 13. Résultats de l'analyse de la variance de deux facteurs (périodes et forme de T)

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F calculé	Valeur critique pour F
Échantillon	-7,7E-13	1	-7,7E-13	-8,4E-12	3,860506
Colonnes	20,7	4	5,175	56,35	2,390132
Interaction	1,5	4	0,375	4,083333	2,390132
A l'intérieur du groupe	45	490	0,091837		
Total	67,2	499			

L'analyse de la variance des taux de réussite du greffage par œil poussant du pistachier vrai (Tableau 13) montre que le facteur secondaire (Echantillon) représenté par la forme de T qu'il soit T normal ou T renversé pour l'emplacement de l'écusson ou bourgeon sur le porte greffe n'a pas d'effet sur le résultat obtenu (taux de réussite). En effet, on relève que le test est non significatif car le F calculé est inférieur au F théorique (5%). En plus en examinant les

résultats du taux de réussite au greffage, on remarque qu'il n'existe pas de grande différence entre eux (exemple de la période 5:  $\top = 10\%$ ;  $\perp = 20\%$ ).

Par contre le facteur principal (Colonnes) représenté par la période de l'exécution du greffage par œil poussant du pistachier vrai, on relève qu'il y a un effet positif sur le taux de réussite du greffage. En effet, on distingue que le test est hautement significatif car le F calculé (56,35) est nettement supérieur au F théorique (5%) qui de 2,39. Ce constat se confirme dans la période 4 dont on a relevé le taux le plus haut par rapport aux autres périodes avec 50% pour  $\top$  et 60% pour  $\perp$ .

Concernant l'interaction entre les deux facteurs, on remarque qu'il existe un effet positif sur le taux de réussite du greffage car le F calculé (4,08) est nettement supérieur au F théorique (2,39).

### III.2. Elongation de la pousse de l'écusson de greffage

Tableau 14. Longueur des pousses de l'écusson des 05 périodes de greffage

<b>Périodes Forme de T</b>	<b>15/05/10</b>	<b>01/06/10</b>	<b>15/06/10</b>	<b>30/06/10</b>	<b>15/07/10</b>
$\top$	0	0	16,25	11.2	12.5
$\perp$	0	0	0	11.08	10.5

#### III.2.1. Elongation de la pousse de l'écusson des périodes 1 et 2

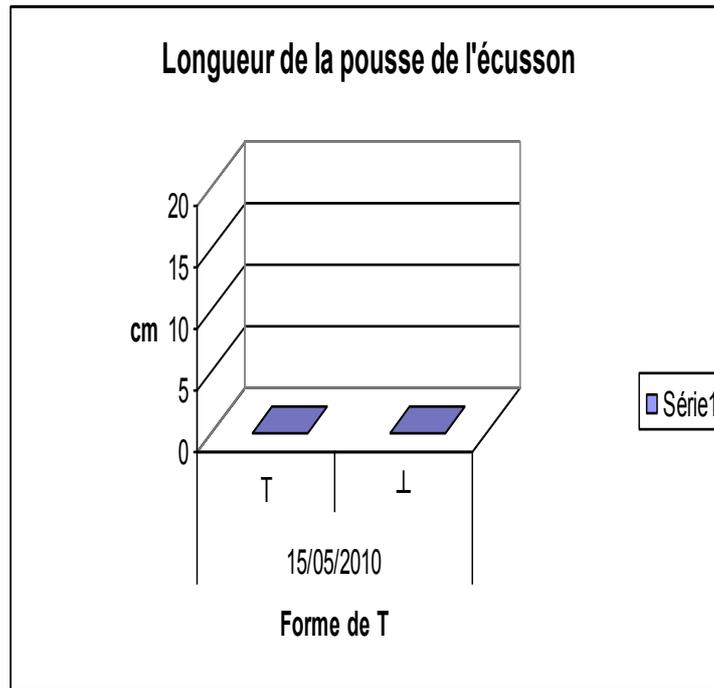


Figure 48. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 1

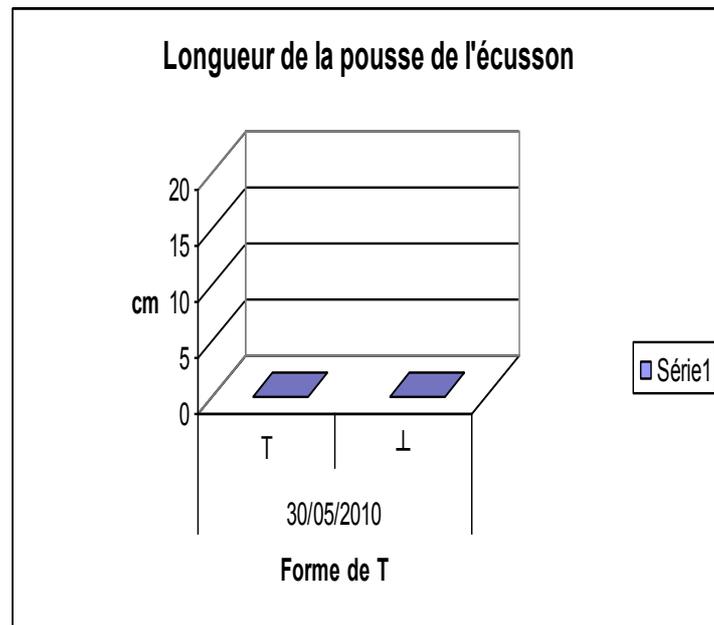


Figure 49. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 2

Pour les deux premières périodes (Figure 48 et 49), comme on a vu précédemment que le taux de réussite du greffage est nul; cela implique l'impossibilité d'étudier l'élongation des nouvelles pousses.

### III.2.2. Elongation de la pousse de l'écusson des périodes 3

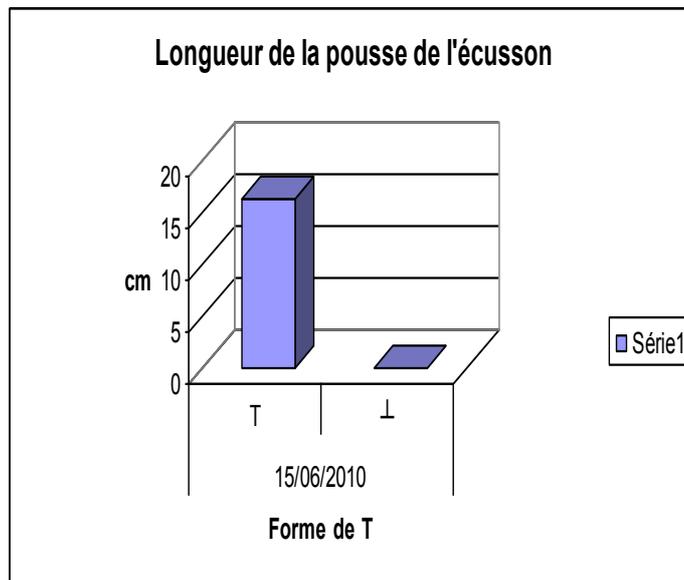


Figure 50. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 3

Le débourrement est la première manifestation externe de l'activité de l'écusson greffé. Du point de vue cinétique, le débourrement débute par le gonflement du bourgeon, l'augmentation du taux de matière sèche et l'écartement des écailles

L'augmentation du volume se traduit par une sensible augmentation de son état d'hydratation et du taux de tous les éléments minéraux à l'exception de calcium dont la teneur diminue (BENETAYEB, 1993).

L'ouverture des bourgeons à bois laisse apparaître de petites pointes verdâtres ou ébauches foliaires. La partie du rameau qui est issue directement des ébauches continues dans le bourgeon est appelée tronçon préformé. La partie qui provient du fonctionnement du méristème apical de la pousse, donc après développement du bourgeon, constitue le tronçon néoformé (GAUTIER, 1993).

La croissance primaire résulte du fonctionnement du méristème (bourgeon) apical d'un axe dont elle assure l'allongement. Dans notre cas l'écusson greffé sur le plant (S.P.G) va se substituer au bourgeon apical en faisant fonction puisque après la réussite du greffage, on doit rabattre le plant en dessus du point de greffage. Elle aboutit à la mise en place de structures ou formations anatomiques primaires (organogenèse) et produit de façon répétée

des primordias foliaires (à l'origine des feuilles) et *des* primordias de bourgeons (à l'origine des pousses latérales).

Pour la période 3 (15/06/10), on a enregistré la longueur de la pousse pour la forme de T normal de 16.25 cm. Lorsqu' on la compare avec les autres longueurs des pousses, on remarque qu'elle est la plus grande (tableau n°30). Cette constatation s'explique par le fait qu'elle a eu plus de temps pour s'allonger; elle devance les pousses de la période 4 de 15 jours et de 32 jours pour la période 5. Vers la fin de juillet, on a constaté que la pousse commence à se lignifier en changeant la couleur de l'écorce du vert au brun. Vers le début d'octobre, on a relevé l'arrêt de croissance de la pousse (croissance en longueur) qui est dû à l'aoûtement du bourgeon terminal (apex).

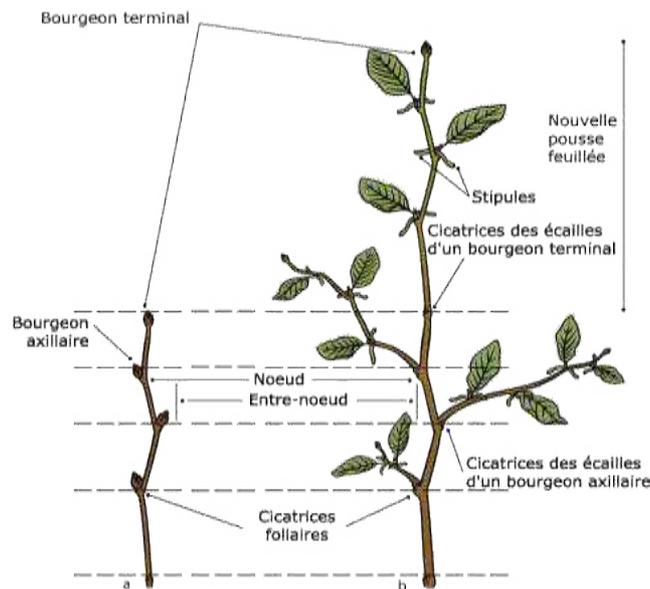


Figure 51. Rameaux de hêtre (*Fagus sylvatica*) a. en hiver - b. en été de l'année suivante. (www.afd-ld.org)

### III.2.3. Elongation de la pousse de l'écusson de la période 4

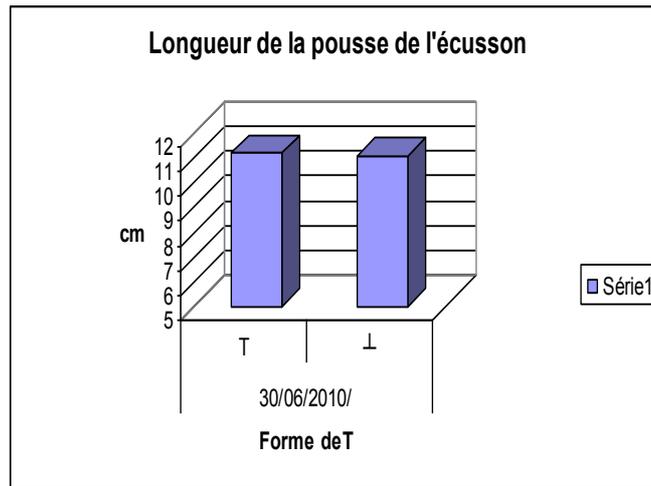


Figure 52. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 4

La période 4 qui a connu le plus grand taux de réussite du greffage par écusson pour les deux formes de T qu'elle soit le T normal (50%) ou le T renversé (60%), on a enregistré respectivement la longueur moyenne de la pousse ( $\top$ ) de 11.2cm et 11.08 cm pour la pousse ( $\perp$ ) (Figure 52).

Les greffes réussies sont disposées de façon continue ce qui provoque entre eux une grande concurrence du côté sels minéraux et eau. C'est pour cette raison, on note les mêmes longueurs pour les deux formes de T et en plus la distance entre les plants est très étroite (20 cm). Pour un bon développement des plants en pépinière ainsi un bon taux de réussite au greffage, les spécialistes du domaine conseillent de semer la semence du pistachier à des distances espacées pour limiter le mécanisme de concurrence entre les plants.

#### III.2.4. Elongation de la pousse de l'écusson de la période 5

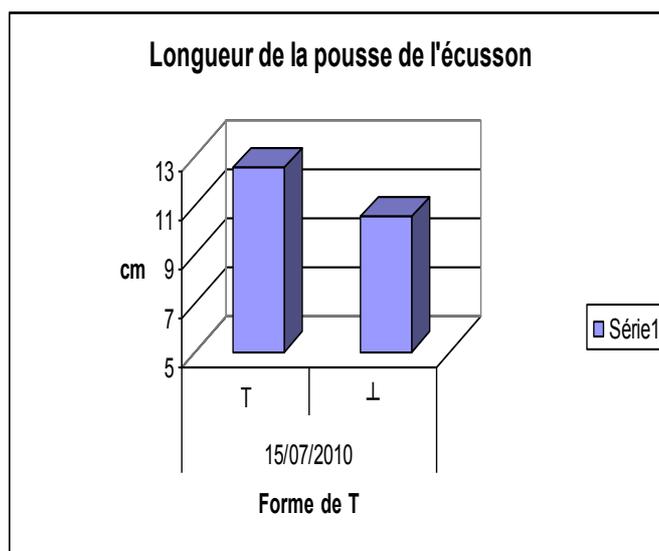


Figure 53. Longueur de la pousse de l'écusson de la période 5

Pour la période 5, la longueur de la pousse de l'écusson est de 12.5cm pour (T) et de 10.5cm pour (⊥). La première valeur est un peu supérieure à celles des précédentes à savoir la période 4. Mais comme on l'a cité auparavant la disposition rapprochée et continue des plants qui a influé négativement sur la croissance en longueur des pousses, pour la période 5 on a que seulement cinq plants où le greffage a réussi en (T) et dix plants réussis en (⊥). Malgré cela, l'allongement des pousses n'est pas assez grand en le comparant avec la pousse de la période 3.

Ce résultat s'explique par le fait que le bourgeon terminal devient aoûté car il coïncide avec la période où les bourgeons deviennent dormants. Vers mi-août- début septembre, on procède au greffage par œil dormant. L'aoûté de l'apex entraîne automatiquement l'arrêt de croissance en longueur de la pousse sortante de l'écusson à œil poussant.

### III.2.5. Analyse statistique des résultats

#### III.2.5.1. Analyse de la variance

Tableau 15. Elongation des pousses de l'écusson des 5 périodes de greffage

Période1	Période1	Période2	Période2	Période3	Période3	Période4	Période4	Période5	Période5
T	⊥	T	⊥	T	⊥	T	⊥	T	⊥
0	0	0	0	0	0	11,5	11	0	0
0	0	0	0	15	0	11	0	0	14
0	0	0	0	0	0	12	0	0	0

0	0	0	0	17,5	0	12,5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	9	13,5	0	7
0	0	0	0	0	0	0	18,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	8,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	9,5	12,5	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	10,5	10	0	0
0	0	0	0	0	0	0	12	11,5	0
0	0	0	0	14,5	0	12	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	11	0	0	12
0	0	0	0	0	0	12,5	16,5	0	0
0	0	0	0	0	0	10	10,5	0	0
0	0	0	0	18	0	0	6,5	0	9
0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
0	0	0	0	0	0	12,5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	12,5	0	0
0	0	0	0	16	0	11	11,5	13,5	10
0	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
0	0	0	0	16,5	0	0	8,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	11	9,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	11,5	0	11
0	0	0	0	19	0	0	11,5	0	0
0	0	0	0	0	0	9,5	14	0	0
0	0	0	0	0	0	0	17,5	0	12,5
0	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	12,5	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	9,5	11	0
0	0	0	0	13,5	0	11	6,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,5
0	0	0	0	0	0	12,5	8,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	11	14	0	13
0	0	0	0	12	0	10,5	11	14	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	10,5	16,5	0	0
0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
0	0	0	0	20,5	0	13	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	6,5	0	8
0	0	0	0	0	0	11,5	11,5	0	0

Tableau 16. Résultats de l'analyse de la variance de l'élongation des pousses des deux facteurs (périodes et forme de T)

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F calculé	Valeur critique pour F
Échantillon	8,45	1	8,45	0,572159	3,860506
Colonnes	2540,403	4	635,1008	43,00341	2,390132
Interaction	303,695	4	75,92375	5,140886	2,390132
A l'intérieur du groupe	7236,62	490	14,76861		
Total	10089,17	499			

L'analyse de la variance de l'allongement des pousses végétatives issues de la réussite du greffage par œil poussant du pistachier vrai (Tableau 16) montre que le facteur secondaire (Echantillon) représenté par la forme de T qu'il soit T normal ou T renversé pour l'emplacement de l'écusson ou bourgeon sur le porte greffe n'a pas d'effet sur le résultat obtenu (longueur des pousses en cm). En effet, on relève que le test est non significatif car le F calculé (0.57) est nettement inférieur au F théorique (5%) qui de 3.86. Par contre le facteur principal (Colonnes) représenté par la période de l'exécution du greffage par œil poussant du pistachier vrai, on distingue que le test est hautement significatif car le F calculé (43.00) est nettement supérieur au F théorique (5%) qui de 2,39. En scrutant le tableau 16, on relève que la période 4 dont a enregistré le plus grand nombre de plants réussis au greffage soit au total 55 pour les deux formes de T. Cette suite de plants a généré une compétition nutritionnelle entre eux (exemple le 6<sup>ème</sup> plant 18.5cm par contre le 8<sup>ème</sup> plant 5.5cm). En revanche pour la période 5 malgré le temps court réservé à l'élongation de la pousse car le bourgeon apical commence à se lignifier, on note pour le 2<sup>ème</sup> plant une longueur de 14cm. Concernant l'interaction entre les deux facteurs, on remarque qu'il existe un effet positif sur l'élongation des pousses de l'écusson greffé car le F calculé (5.14) est supérieur au F théorique (2,39).

### III.3. Nombre de feuilles par pousse et par période de greffage

Tableau 17. Nombre de feuilles par pousse par période de greffage

Périodes Forme de T	15/05/10	01/06/10	15/06/10	30/06/10	15/07/10
T	0	0	20	14.4	22
⊥	0	0	0	17.66	10

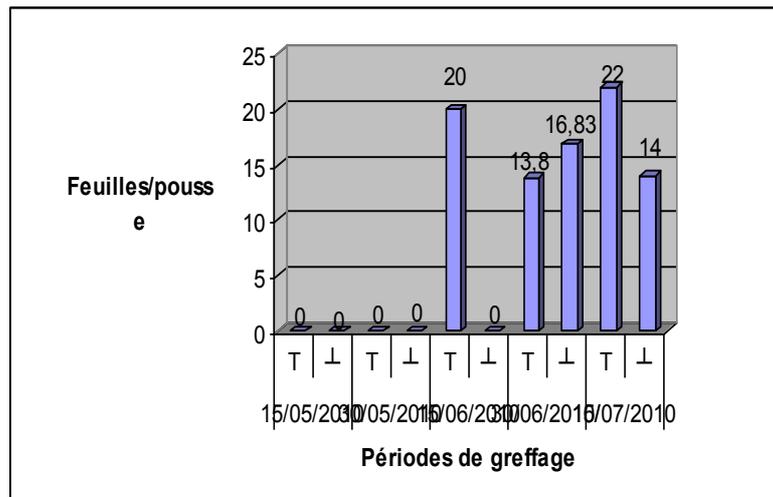


Figure 54. Nombre de feuilles par pousse de l'écusson des 5 périodes de greffage

La pousse herbacée ou pousse de l'année est issue de l'évolution d'un bourgeon végétatif. Le développement normal d'une pousse feuillée se caractérise par l'apparition des entre-nœuds ou mérithalles, par le déploiement des feuilles et par l'individualisation des bourgeons axillaires ainsi que du méristème terminal. Du bourgeon végétatif va sortir la pousse. Tout de suite avant son ouverture, ce bourgeon renferme sous ses écailles un certain nombre d'ébauches de feuilles. Ce nombre est relativement constant et spécifique, c'est-à-dire propre à chaque espèce. Chez beaucoup d'espèces fruitières, il est compris entre neuf et onze (GAUTIER. M., 1993). Le nombre de feuilles par pousse n'est pas fonction de sa longueur mais il est fonction de nombre d'entre-nœuds car on trouve des mérithalles courts et d'autres longs (exemple la longueur de la pousse de la 3<sup>ème</sup> période 16.25cm avec 20 feuilles et la longueur de la pousse de la 5<sup>ème</sup> période 12.5cm avec 22 feuilles).

#### III.3.1. Analyse de la variance

Tableau 18. Nombre de feuilles par pousse par période de greffage

Période1	Période1	Période2	Période2	Période3	Période3	Période4	Période4	Période5	Période5
T	⊥	T	⊥	T	⊥	T	⊥	T	⊥
0	0	0	0	0	0	15	13	0	0
0	0	0	0	17	0	16	0	0	18
0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
0	0	0	0	23	0	17	0	0	0
0	0	0	0	0	0	9	20	0	12
0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
0	0	0	0	0	0	0	19	0	0
0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14	22	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	13	13	0	0
0	0	0	0	0	0	0	18	20	0
0	0	0	0	16	0	18	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	14	0	0	17
0	0	0	0	0	0	17	27	0	0
0	0	0	0	0	0	10	22	0	0
0	0	0	0	24	0	0	11	0	13
0	0	0	0	0	0	0	15	0	0
0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
0	0	0	0	0	0	16	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	23	0	0
0	0	0	0	18	0	15	18	24	14
0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
0	0	0	0	22	0	0	12	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	14	13	0	0
0	0	0	0	0	0	0	16	0	16
0	0	0	0	24	0	0	18	0	0
0	0	0	0	0	0	11	23	0	0
0	0	0	0	0	0	0	28	0	18
0	0	0	0	0	0	13	0	0	0

0	0	0	0	0	0	17	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14	18	0
0	0	0	0	16	0	15	11	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
0	0	0	0	0	0	16	12	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	15	24	0	20
0	0	0	0	14	0	12	15	26	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	12	28	0	0
0	0	0	0	0	0	0	13	0	0
0	0	0	0	26	0	18	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	11	0	10
0	0	0	0	0	0	15	15	0	0

Tableau 19. Résultats de l'analyse de la variance du nombre de feuilles par pousse des deux facteurs (périodes et forme de T)

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F calculé	Valeur critique pour F
Échantillon	0,2	1	0,2	0,006558	3,860506
Colonnes	5352	4	1338	43,87179	2,390132
Interaction	704,8	4	176,2	5,777436	2,390132
A l'intérieur du groupe	14944	490	30,49796		
Total	21001	499			

L'analyse de la variance "nombre de feuilles par pousse" (Tableau 19) montre que le facteur secondaire "forme de T" n'a pas d'effet sur la longueur de la pousse. En comparant le F calculé au F théorique, on déduit que le test pas significatif {le F calculé (0.006) est nettement inférieur au F théorique (5%) (3.86)}. Cependant, la comparaison du F calculé au F théorique pour le facteur principal (périodes de greffage) montre que le test est hautement significatif {le F calculé (43,87) est nettement supérieur au F théorique (5%) (2.39)}. En effet la date de greffage influe positivement sur l'élongation de la pousse par conséquent sur le nombre de feuilles.

#### IV. Greffage des plants de pistachier en verger

##### IV.1. Matériel végétal

L'opération de greffage a été réalisée dans le verger de pistachier de la ferme expérimentale de l'université de Mascara. Ce verger fut installé durant l'année 2010 sur une superficie d'un demi-hectare composé d'une centaine de plants de 11.7mm de diamètre moyen et avec un écartement de 7m x 7 m soit environ une centaine de plants.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
♀	♀	♀	♀	♂	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♂
♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀
♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♂	♀	♀	♀	♂	♀	♀
♀	♀	♂	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀
♀	♀	♀	♀	♀	♂	♀	♀	♀	♂	♀	♀	♀	♀
♂	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀					
♀	♀	♀	♀	♀		♀							
♀	♀	♀	♂										
<i>Achouri</i>	<i>Bayadhi</i>			<i>Neb-Djmel</i>				<i>Ajmi</i>			<i>Batouri</i>		

♀-femelle, ♂- mâle

Figure 55. Plan du verger d'expérimentation de pistachier de la ferme d'université



Photo 21. Verger de pistachier d'essai (à gauche photo prise en 2010, à droite photo prise en 2014)

## IV.2. Méthode

L'opération de greffage a été exécutée l'année suivante soit en 2011 durant la deuxième décade du mois de juin par œil poussant. On a essayé avec la collaboration de l'ITAFV de Maoussa de faire un verger pédagogique en greffant les plants par cinq variétés de pistachier existantes au niveau du parc à bois du verger de démonstration de cette institution agricole étatique.

Tableau 20. Nombre de plants greffés par variété

Variétés	Nombre de plants greffés
Achouri	16
Bayadhi	23
Neb-djemel	18
Adjmi	17
Batouri	13
Adam	9

### IV.3. Résultats et discussion

#### IV.3.1. Taux de reprise au greffage

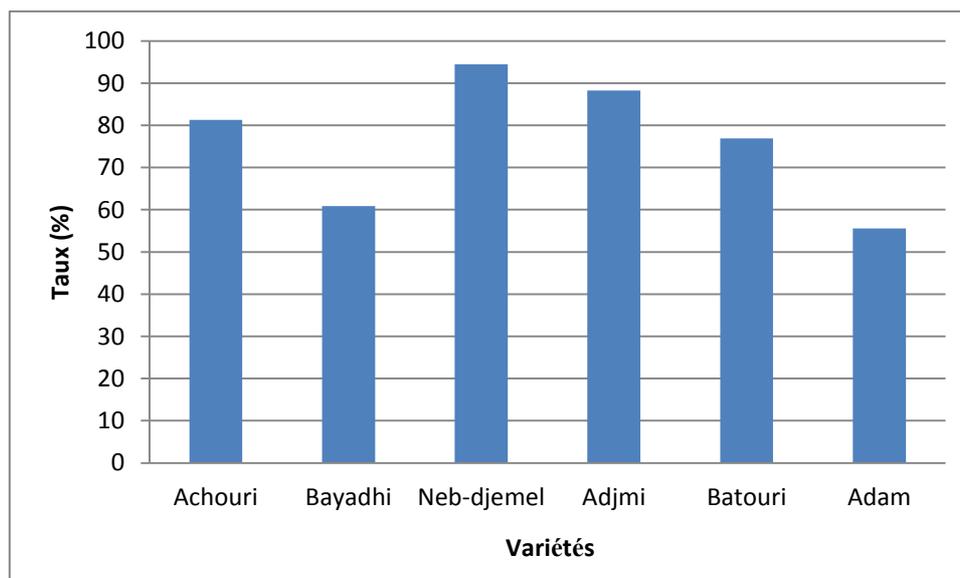


Figure 56. Taux de reprise au greffage par œil poussant des cinq variétés de pistachier

Les résultats mentionnés dans la figure ci-dessus montrent que l'opération de greffage en verger a donné d'excellents résultats par rapport à celui exécuté en pépinière. En effet, et concernant les variétés femelles de pistachier on note que les plants porte greffe greffés par les écussons de la variété Neb-djemel ont donné le taux le plus élevé de 94.5% cependant ceux greffés par les écussons de la variété Bayadhi ont donné le taux le plus bas de 60.87%.

Le taux moyen de reprise au greffage de l'ensemble des variétés femelles est de 80.34%.

Concernant les plants porte greffe greffés par les écussons de la variété mâle Adam ont donné seulement un taux de 55.5%.

Il est à noter que le début de débourrement des premiers écussons apparait durant le treizième jour après le greffage, d'autres ont débourrés un mois après ; et certains bourgeons greffés sont restés quiescents et ont pu être débourrés que durant l'année suivante.



Photo 22. Emergence de la pousse feuillée issue du greffage de l'écusson

#### IV.3.2. Elongation de la pousse de l'écusson

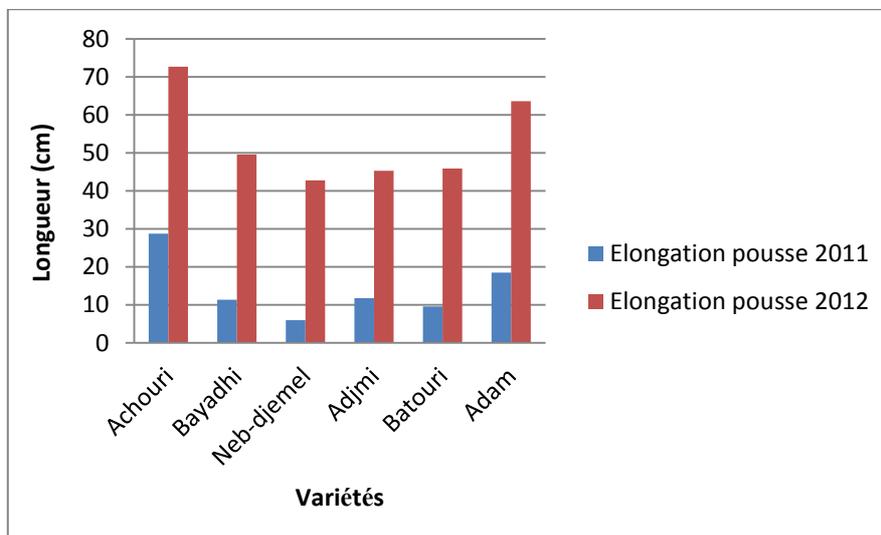


Figure 57. Elongation de la pousse de l'écusson de greffage

Les résultats illustrés dans la figure 57 montrent que l'élongation de la pousse de l'écusson de greffage est très importante pour la variété Achouri et la variété Adam pour les deux années d'observation alors que les autres variétés enregistrent presque les mêmes valeurs d'élongation.

Il est à noter que l'élongation de la pousse était faible durant la première année de greffage pour toutes les variétés étudiées alors qu'en deuxième année, on assiste à une nette augmentation de la longueur de la pousse.

### IV.3.3. La vigueur de la pousse de l'écusson

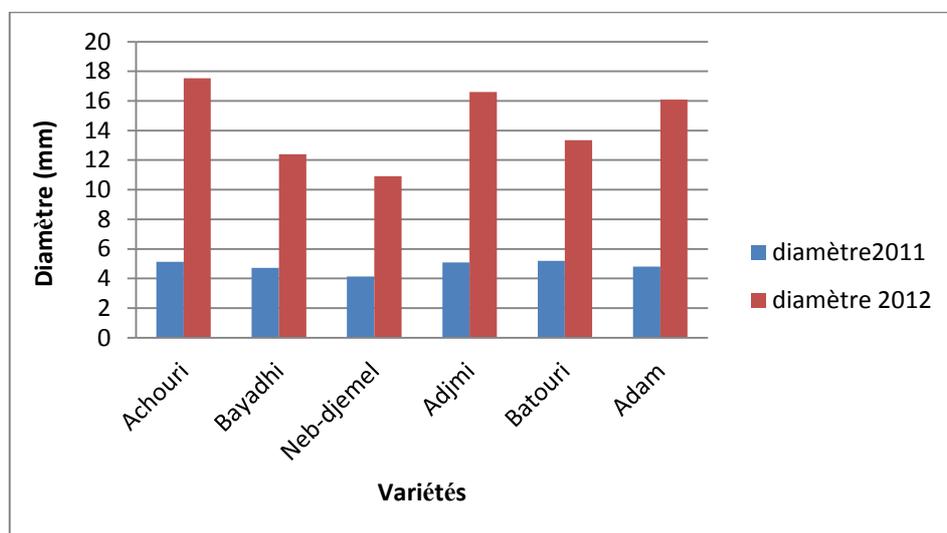


Figure 58. Diamètre de la pousse de l'écusson de greffage

La valeur du diamètre de la pousse issue du greffage de l'écusson est la même pour toutes les variétés de l'essai durant l'année 2011. Cependant, on signale qu'en deuxième année de greffage c'est-à-dire en 2012 une nette augmentation de la valeur du diamètre de la pousse pour les variétés Achouri, Adjmi et Adam soit du triple de la valeur de l'année précédente alors que les autres variétés ont évolué du double seulement.

### IV.4. Conclusion

Le pistachier vrai est une espèce fruitière beaucoup plus rustique que les autres arbres fruitiers cultivés, il peut couvrir une large gamme de sols et de climats. Il conviendrait de

prospector les zones dites favorables dans le but de dégager les meilleures stations qui puissent lui assurer son développement et sa pérennité dans notre pays.

Bien qu'il soit subspontané dans notre pays, le pistachier vrai a été délaissé. Cependant, ces dernières des efforts ont été déployés pour le conserver et même le développer dans d'autres pays (Espagne, Italie ...etc.) ainsi qu'en Algérie où les conditions climatiques de certaines régions (semi-aride et aride) lui seraient théoriquement favorables pour sa culture, et peut transformer des espaces extensifs en voie de désertification en de vastes étendus de vergers à pistachiers

Compte tenu de ses caractéristiques botaniques, physiologiques et écologiques d'une part et d'autre part de son intérêt économique, le pistachier fruitier est incontestablement un arbre d'avenir en zones arides et semi-aride, car il fait partie des quelques espèces qui sont parfaitement adaptées aux conditions difficiles.

Une bonne valorisation des potentialités de l'arbre exige néanmoins d'intensifier aussi bien les recherches fondamentales que les recherches appliquées, d'où la nécessité d'approfondir ces recherches à savoir les modes de conduite, de régénération et de la valorisation de l'espèce.

L'étude menée sur le greffage de *Pistacia vera*, s'est effectuée dans la station d'expérimentation de l'ITAF de Maoussa (W. Mascara). Cette technique de greffage repose en greffage par écusson (œil ou bourgeon) selon deux facteurs: facteur secondaire "forme de T" sur le porte-greffe (T normal "T" et T renversé "⊥") et un facteur principale qui est mentionné par des différentes périodes de greffage ( 05 périodes).

Concernant le porte-greffe, il est de deux ans issu de semis avec un diamètre d'environ 10 mm de l'espèce *Pistacia vera*, variété Achouri. Quant au greffon ou écusson est issu d'une pousse de l'année relevée du parc à bois de la station.

Cette étude nous a permis de relever les constatations suivantes:

- ✓ L'inexistante d'effet positif de la forme de T de greffage sur le taux de reprise.
- ✓ L'impossibilité de la réussite du greffage par écusson poussant durant les deux premières périodes (période 1 "15/05/10 et période 2 " 30/05/10").

- ✓ Le faible taux de reprise au greffage toujours par écusson poussant pour la période 3 (15/06/2010) et la période 5 (15/07/10).
- ✓ Le plus grand taux de reprise au greffage par écusson poussant qu'il soit pour T normal et T renversé est obtenu dans la période 4 (30/06/10).

A partir de ces constatations, on peut en tirer des recommandations ou des suggestions aux pépiniéristes, aux arboriculteurs que le meilleur moment de greffage par œil poussant et selon les mêmes conditions climatiques de la zone d'étude, doit se faire la fin du mois de juin. En effet, durant cette période qu'on a des bourgeons bien fertiles ou matures. Par contre durant les premières périodes les bourgeons de la pousse de l'année n'ont encore atteint le stade de maturité complet. Pour la troisième période, les bourgeons commencent à devenir mature alors pour la dernière période, les bourgeons commencent à se lignifier pour le greffage par écusson dormant (greffage automnal).

Le greffage du pistachier reste un domaine très important pour le devenir de cette culture et pour son extension en Algérie. L'ITAF de Maoussa a entrepris des démarches encourageantes pour son installation à travers la wilaya de Mascara ainsi à travers les wilayas limitrophes (Saïda, Naâma, ..Etc.). Cependant, les agriculteurs de notre région connaissent mal cette espèce dès fois n'ont aucune information concernant son existence en Algérie. Reste la vulgarisation par les services concernés pour montrer les atouts de cette culture, vu qu'elle ne demande pas des sols fertiles et beaucoup d'eau étant donné que c'est une espèce très rustique.

## **Chapitre V. Etude phénologique, biométrique et biochimique des cinq variétés de pistachier**

### **I. Etude phénologique**

La phénologie végétale traite de la chronologie saisonnière des phénomènes périodiques de croissance et de développement des plantes. Elle consiste à observer ce qu'on appelle les phases phénologiques, ou phénophases, telles que le débourrement, la floraison, la maturation des fruits et la chute des feuilles. Elle cherche à saisir la progression temporelle, spatiale et stationnelle de la réapparition de ceux-ci (Malaisse, 1967). Elle est fortement corrélée avec des caractères adaptatifs (ainsi, la tardiveté du débourrement végétatif est souvent liée à la résistance aux gelées printanières). Le champ d'étude de la phénologie consiste à enregistrer, dans le temps, le retour des étapes de croissance et de développement des êtres vivants et à étudier les facteurs qui l'influencent (Défila et Clot, 2000).

Le pistachier fruitier (*Pistacia vera* L) est une espèce dioïque (OUKABLI, 2005). Cette espèce fait partie de la famille des Anacardiaceae. Elle est originaire de l'Asie centrale (FASIHI HARANDI et al., 2001). Selon OUKABLI (2005), *Pistacia vera* est la seule espèce qui donne des fruits comestibles parmi les espèces que compte le genre *Pistacia*. Le pistachier est un arbre à port retombant. Il ressemble beaucoup au figuier, avec une écorce blanchâtre (ANONYME, 1985). C'est un arbre à feuillage caduque qui nécessite une dormance profonde pour sa fructification (OUKABLI, 2005). D'après le dernier auteur cité, la période juvénile est longue. Elle dure entre 6 et 8 ans. Le pistachier fruitier ou vrai, croît naturellement dans les régions arides caractérisées par des étés chauds, secs et des hivers modérément froids (LAGHZALI, 1992). Il tolère très bien les sols pauvres et s'adapte à de nombreux type de sols, bien qu'il préfère les sols argilo- sableux relativement profonds, bien drainé légers, secs avec une teneur élevée en calcaire (CHEBOUTI, 2002). Ces faibles exigences agro écologiques font du pistachier un moyen de valorisation des espaces extensifs en voie de désertification et une espèce fruitière dont la culture connaît une grande expansion dans le monde. Le présent travail consiste à faire un suivi des différents stades phénologiques des cinq variétés de pistachier ainsi leur étude biométrique (feuilles, fruits ...).

#### **I.1. Matériel et méthodes**

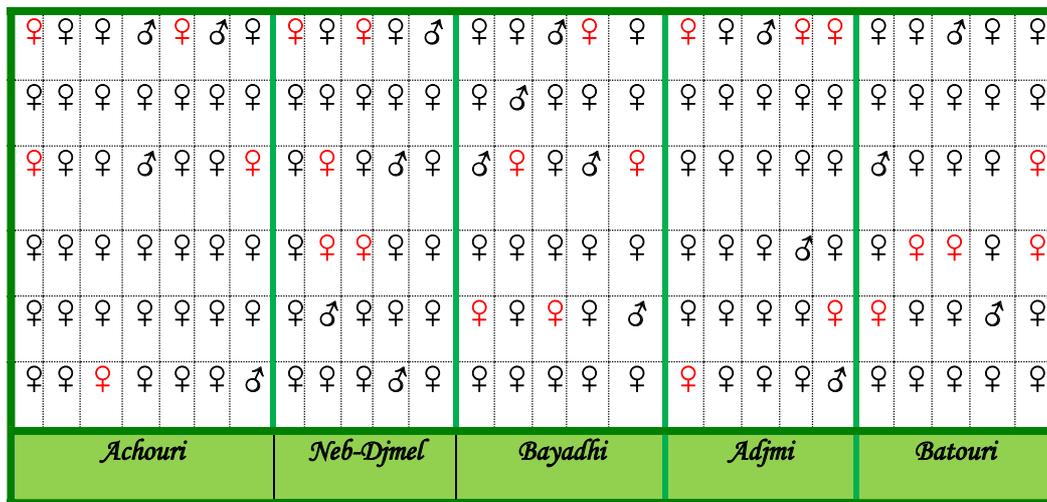
Le suivi des stades phénologiques s'est déroulé au niveau de la ferme d'expérimentation et de démonstration, qui appartient à l'Institut Technique des arbres fruitiers et de la Vigne (ITAFV) de Maoussa (W. Mascara).

Le verger de comportement du pistachier est d'une superficie de 3125m<sup>2</sup> soit environ 31 ares où les plantations ont été effectuées à base de cinq variétés syriennes plantées en 1998 dans le cadre de coopération entre l'ITAF et ACSAD sur un sol de type alluvion. Il est caractérisé par climat est du type méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais selon Emberger. Ce verger est conçu pour la production de la semence, cette dernière est destinée à la production des plants porte greffes de pistachier.

### I.1.1. Matériel végétal

Le matériel biologique est le pistachier fruitier (*Pistacia vera L.*), nous nous sommes intéressés à cette espèce en vue d'étudier son comportement phénologique et sa biométrie. Nous avons donc opté pour étudier cinq variétés existantes dans le verger à savoir Achouri, Nebdjemel, Bayadhi, Adjmi et Batouri.

Pour les arbres mâles, ils sont dispersés à travers le verger avec sexe ratio 1 pied mâle pour 8 pieds femelles (1 :8) avec une localisation du côté vent dominant de la région (Nord-Ouest).



♀. Arbre femelle, ♂. Arbre mâle

Figure 59. Plan du verger d'expérimentation de pistachier vrai



Photo 23. Le verger d'expérimentation de pistachier vrai de l'ITAFV de Maoussa (W. de Mascara)

### 1.1.2. Méthode de travail

Cinq variétés femelles (Achouri, Nebdjemel, Bayadhi, Adjmi et Batouri) avec une observation sur 5 individus de chacune sont sélectionnées pour le suivi phénologique. Pour chaque individu, quatre rameaux d'un mètre de longueur correspondants aux expositions Nord, Sud, Est, Ouest qui sont entourés d'un ruban de couleur vive et ont été suivis durant toute la durée de l'étude. Les observations ont débuté le 15/02/13 et sont achevées le 16/09/13.

## I.2. Résultats et discussion

### I.2.1. Détermination des différents stades phénologiques

- **Débourrement végétatif** : pour le pistachier vrai les différents stades de débourrement se distinguent par trois phases biologiques du cycle végétatif :

**Stade 1 : gonflement des bourgeons (S0-S1)** : Vers la mi-mars, les bourgeons végétatifs et les boutons floraux commencent à gonfler. Le gonflement se manifeste par une augmentation de volume, ceci est expliqué par la formation de nouvelles cellules liées à l'activité cambiale (Afshari et al., 2008).

**Stade 2 : débourrement des bourgeons (S2-S3) :** il survient à des époques distinctes pour les individus mâles et femelles. En effet, à partir du début du mois d’avril, les bourgeons végétatifs des individus femelles commencent à débourrer. Par contre chez les individus mâles, le débourrement des bourgeons végétatifs s’effectue après la floraison. Il est à noter que le débourrement des bourgeons végétatifs est caractérisé par leur éclatement et l’ouverture des bourgeons, qui correspondent à l’ouverture des écailles puis leur éclatement, laissant ainsi apparaître de nouvelles pousses compactes d’une couleur vert clair.

Tableau 21. Nombre de bourgeons végétatifs par variété et par mètre linéaire du rameau fructifère

Variétés	Nombre de bourgeons végétatifs / mètre linéaire du rameau fructifère
Achouri	8,35
Neb-djemel	7,89
Bayadhi	9,1
Adjmi	12,75
Batouri	9,55

Le nombre de bourgeons végétatifs est presque le même pour la plupart des variétés de pistachier sauf pour la variété Adjmi qui présente le plus grand nombre de bourgeons végétatifs.

**Stade 3 : élongation des pousses (S4) :** A ce stade et à partir de la deuxième décennie du mois d’avril, les feuilles apparaissent et elles commencent à se développer, puis elles atteignent leur taille maximale, qui est variable d’une variété à une autre. En même temps, on assiste à l’élongation de la pousse feuillée jusqu’au la deuxième décennie du mois de mai. Le tableau ci-dessous illustre l’évolution de la croissance de la pousse végétative.

Tableau 22. Evolution de l’élongation de la pousse végétative

Variétés	Longueur de la pousse végétative (cm)/ m			
	16/4/13	23/4/13	05/5/13	21/5/13
Achouri	5.94	10.47	12.09	14.13
Neb-djemel	4.96	9.8	10.83	14.57

Bayadhi	6.91	11.35	13.31	17.14
Adjmi	7.42	13	16.76	21.08
Batouri	6.63	7.98	11.14	13.33

L'élongation de la pousse végétative est la même pour les variétés Achouri, Neb-djemel et Batouri cependant les deux variétés restantes présentent un développement plus ou moins élevé de la pousse végétative avec une légère supériorité pour la variété Adjmi. Il est à noter que l'allongement de la pousse végétative s'arrête vers la fin du mois de mai qui coïncide avec la phase du grossissement des fruits.

- **Floraison :** Comme dans le cas de nombreuses espèces dioïques, les fleurs femelles apparaissent bien après les fleurs mâles indiqués par plusieurs auteurs (Grundwag, 1976 ; Cara, 1980 ; Morsli, 1992 ; et Lagha, 1993). Pour le suivi phénologique des fleurs femelles, nous avons tenu compte de l'aspect du stigmate et avons distingué quatre stades de développement des fleurs femelles à savoir :

**Stade 1 : Fleurs non apparentes (S0-S1) :** Au cours de ce stade, les ébauches sont visibles, par contre nous observons que les fleurs femelles sont invisibles car elles sont recouvertes d'écailles. Ce qui ne permet pas encore de distinguer le stigmate.

Tableau 23. Nombre de boutons floraux par variété et par mètre linéaire du rameau fructifère

Variétés	Nombre de boutons floraux/ m
Achouri	18,2
Neb-djemel	22,55
Bayadhi	24,7
Adjmi	30,75
Batouri	31,35

**Stade 2 : Début d'apparition des fleurs (S2) :** l'apparition des inflorescences femelles, provoquée par l'éclatement des écailles, qui laisse apparaître partiellement de petites fleurs de 3 à 4cm de long, de couleur jaune. C'est à ce stade que le stigmate devient apparent.

**Stade 3 : Allongement des inflorescences (S3) :** la couleur des fleurs devient rose clair, ce qui caractérise la réceptivité des fleurs femelles (c'est le stade où le stigmate peut être réceptif). La durée de réceptivité est de 08jours pour la majorité des variétés étudiées, les inflorescences deviennent plus allongées et peuvent atteindre 6 à 8 cm.

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessous montrent que la longueur de l'inflorescence est la même pour toutes les variétés étudiées.

Tableau 24. Longueur moyenne de l'inflorescence par variété étudiée

Variete	B.F/m	Variétés	Longueur (cm)
Achouri	18,2	Achouri	7,7
Neb-djemel	22,55	Neb-djemel	6,21
Bayadhi	24,7	Bayadhi	7,98
Adjmi	30,75	Adjmi	7,14
Batouri	31,35	Batouri	7,95

**Stade 4 : Fleurs fécondées (S4) :** un changement de couleur du stigmate qui devient noir, ce qui nous indique qu'à ce stade les fleurs sont pollinisées. Le stigmate n'est plus susceptible de recevoir du pollen. Ensuite de quoi l'ovule et l'ovaire croissent simultanément (Monjauze, 1965) (Photo 24).

- **Fructification :** Au stade de fructification, nous remarquons l'apparition des fruits sous forme de petits bulbes qui avec le temps vont croître et devenir des fruits mûres. Selon Grasselly, 1990, la croissance en longueur et en diamètre des fruits du pistachier vrai après fécondation, révèle trois phases distinctes ; deux cycles de croissance rapide séparés par un cycle de croissance très lent.

**1. Première phase : Nouaison :** C'est une phase de croissance rapide du péricarpe, qui va de la deuxième décennie du mois d'avril jusqu'au début du mois de juin, dans laquelle le péricarpe atteint presque le maximum de sa taille qui varie entre 2.3 à 2.6 cm de longueur selon les cinq variétés étudiées. Quant au poids du fruit, il varie entre 1.36 à 1.66 g.

**2. Deuxième phase : Développement :** pendant cette phase, qui s'étale du début de mois de juin jusqu'à la fin du mois de juillet, la période de croissance est lente et où l'augmentation des dimensions du péricarpe est insignifiante. Toujours d'après Grassely (1990), un mois après cette période, le développement de l'embryon devient visible, l'amande commence sa croissance par l'accumulation rapide des sucres puis leur conversion en matières grasses. C'est à la fin de cette période que l'amande atteint presque sa taille finale et que se produit le durcissement de l'endocarpe. Le poids du fruit varie de 2.14 à 2.39 g. Quant à la longueur, elle varie de 23.6 à 26.29 mm selon les variétés étudiées.

**3. Troisième phase : Maturation :** cette phase dure environ un mois et demi (de la fin juillet jusqu'au mois de septembre). D'après Grassely (1990), cette période correspond à une augmentation du poids frais total par suite au grossissement de l'amande. Le poids frais du

fruit des différentes variétés étudiées a atteint 2.01 g chez la variété Achouri, 2.43 g pour la variété Neb-djemel, 2.27 g pour la variété Bayadhi, 2.64 g pour la variété Adjmi et 2.73 g pour la variété Batouri. Durant ce stade, il y a une légère augmentation des dimensions du péricarpe et déhiscence du fruit. La transformation des sucres en matières grasses s'achève à la fin du mois de septembre, le fruit est devenu mûr et comestible (Grassely, 1990).



Phase de dormance (1)



Phase de débourrement (2)



Allongement de l'inflorescence (3)



Stade de floraison (4)



Stade de nouaison (5)



Stade de développement (6)



Stade de développement (7)



Stade début de maturation (8)



Stade de fin de maturation (9)

Photo 24. Les différents stades phénologiques de pistachier vrai (cas de la variété Bayadhi)

## II. Etude biométrique et biochimique

### II.1. Problématique

Le peu d'intérêt accordé à cette espèce malgré ses qualités tant écologiques qu'économiques se justifie par le manque d'intérêt manifesté par les agronomes pour la sélection de variétés adaptées aux conditions du milieu algériennes. Les principales contraintes entravant l'extension des superficies de *Pistacia vera* sont d'ordre technique :

surtout le mauvais choix des variétés et le manque de maîtrise du greffage. Pour prendre en charge la première contrainte, cinq variétés de *Pistacia vera* d'origine syriennes ont été expérimentées dans la ferme de démonstration de l'Institut Technique d'Arboriculture Fruitière et de Viticulture localisée dans la commune de Maoussa (Mascara, Algérie).

## II.2. Objectif de l'expérimentation

Pour répondre à la contrainte choix des variétés de *Pistacia vera* et en se basant sur le descripteur de cette espèce de l'institut international des ressources phyto-génétiques de Rome (IPGRI. 1997), cinq variétés de *Pistacia vera* d'origine syrienne seront caractérisées du point de vue biométrique pour les plants et biochimique pour leurs fruits. Il s'agit des variétés Achouri, Neb-djemel, Bayadhi, Adjmi et Batouri. Toutes ces variétés de pistachier ont été plantées dans la station expérimentale de l'Institut Technique d'Arboriculture Fruitière et de Viticulture située dans la commune de Maoussa (Wilaya de Mascara) en 1998. Le but de cette description étant de caractériser chaque variété afin de faciliter son identification et d'orienter le choix du greffon lors de l'opération du greffage.

## II.3. Matériel et méthodes

Les mesures relatives aux dimensions du fruit et de l'amande sont réalisées sur un échantillon de 7 fois 20 fruits pris au hasard sur les arbres. Pour les feuilles, un échantillon de 5 fois 20 feuilles a été prélevé sur cinq arbres de chaque variété. Les paramètres morphologiques des cinq variétés analysées sont au nombre de 18 ; quant à l'aspect analyse biochimique des fruits, 8 paramètres ont été retenus et tous récapitulés dans l'annexe 1 avec la taille des échantillons observés et analysés.

Concernant les analyses biochimiques, les sucres totaux sont dosés par la méthode Dubois, les cendres et la matière organique par incinération à 750 °C, l'humidité par séchage à 105 °C, les protéines par la méthode de kjeldahl et les lipides par la méthode de Soxlet.

Les résultats obtenus ont subi une analyse axée sur l'étude de la variance avec une comparaison des moyennes avec le test de Newman-Keuls (test de Fisher) à un seuil de probabilité de 5 % à l'aide du programme de XLSTAT version 2015 et par l'analyse des moyennes par l'analyse des composantes principales des différents caractères étudiés par le logiciel Statistica.

## II.4. Résultats et discussion

#### II.4.1. Le port de l'arbre

Le port renseigne sur la distribution naturelle des branches et des ramifications principales, secondaires et tertiaires, il peut être : érigé (1), semi érigé (2), étalé (3) ou retombant (4) (Figure 1) (Zribi. F et al., 2013). Le tableau 25 classe les cinq variétés de pistachier selon les différents types de port de l'arbre.

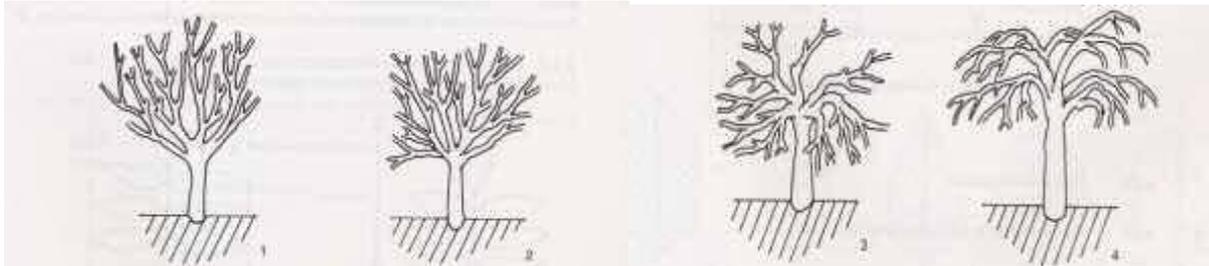


Figure 60. Port de l'arbre (IPGRI, 1997)

Tableau 25. Le port de l'arbre des cinq variétés de pistachier

Variétés	Port de l'arbre
Achouri	Erigé
Neb-djemel	Etalé
Bayadhi	Erigé
Adjmi	Semi-érigé
Batouri	Etalé

Il en résulte que les variétés Achouri et Bayadhi ont un port érigé, celui de Neb-djemel et Batouri est étalé alors que celui de Adjmi est semi-érigé. Les ports de ces variétés introduites en Algérie sont assez ressemblants aux autres variétés Mateur, Kerman, Uzum, Kirmizi et Meknassy (Ak B.E., Agackesen, 2005) par contre les variétés Lybie rouge et Ohadi ont un port retombant (Zribi et al. 2013), variété non utilisée en Algérie. Les ports érigés et semi-érigés semblent le plus intéressants puisqu'ils conviennent à la pratique de l'agroforesterie.

#### II.4.2. La vigueur

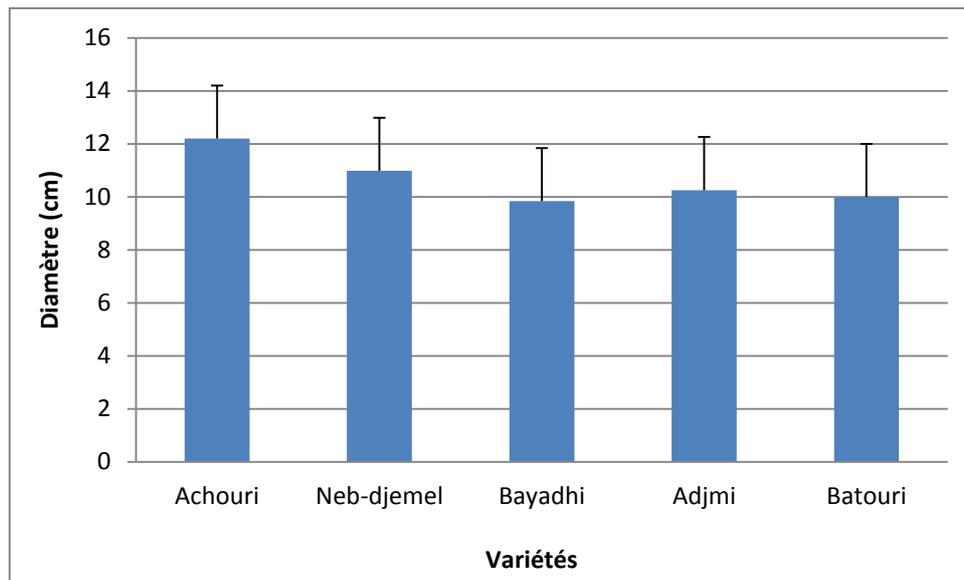


Figure 61. Variation du diamètre des troncs des cinq variétés de pistachier

Les meilleurs résultats en matière de diamètre sont enregistrés pour les variétés Achouri et Neb-djemel respectivement 12,19 et 10,54 cm. Le diamètre des trois autres variétés restent sensiblement le même avec seulement 10 cm comme le montre la figure 61. L'analyse de la variance fait ressortir une différence significative entre les variétés.

Tableau 26. Comparaison des moyennes du diamètre du tronc selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Bayadhi	9,841	A	
Batouri	10,000	A	
Adjmi	10,255	A	B
Neb-djemel	10,987	A	B
Achouri	12,197		B

#### II.4.3. La feuille

En matière de longueur des feuilles c'est la variété Neb-djemel qui a la plus grande valeur soit 19.95 cm, alors que la variété Bayadhi n'enregistre que 16.02 cm ; la plus faible valeur. Quant à la largeur de la feuille, c'est la variété Batouri qui obtient la plus grande valeur avec 18.46 cm ; tandis que la variété Bayadhi a connu la plus petite valeur avec seulement 16.98 cm (Figure 62).

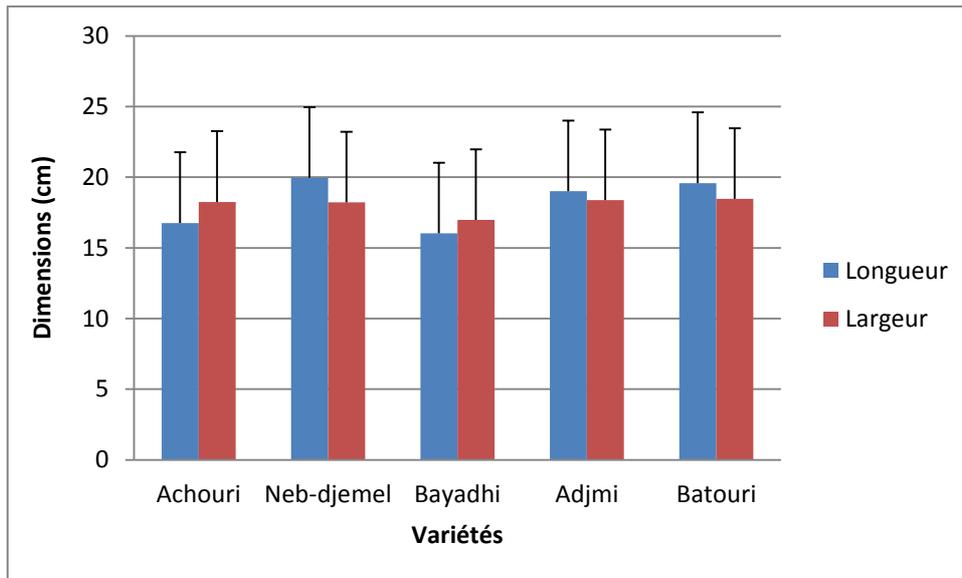


Figure 62. Variation de la longueur et la largeur de la feuille des cinq variétés de pistachier

L'analyse de la variance de la longueur et de la largeur des feuilles fait ressortir une différence hautement significative.

Tableau 27. Comparaison des moyennes de la longueur des feuilles selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Bayadhi	16,023	A	
Achouri	16,770	A	
Adjmi	19,013		B
Batouri	19,581		B
Neb-djemel	19,952		B

Tableau 28. Comparaison des moyennes de la largeur des feuilles selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Batouri	5,723	A	
Adjmi	5,926	A	
Bayadhi	6,099	A	
Neb-djemel	18,222		B
Achouri	18,259		B

#### II.4.4. La foliole terminale

La foliole terminale constitue un paramètre intéressant de différenciation entre les cinq variétés et les résultats obtenus et récapitulés par la figure 63 le confirment.

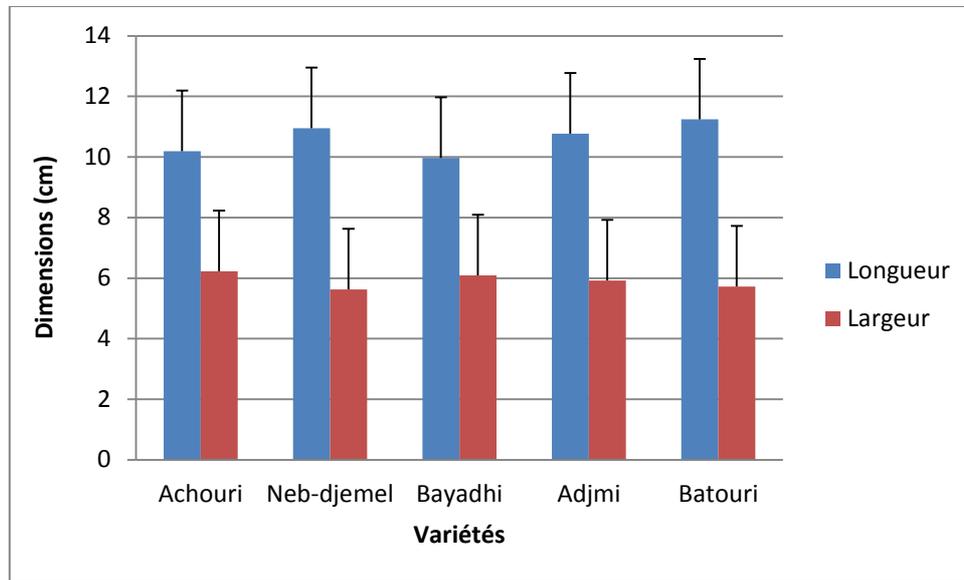


Figure 63. Variation de la longueur et de la largeur de la foliole terminale des cinq variétés de pistachier

C'est la variété Batouri qui enregistre la plus grande valeur de longueur avec 11.24 cm, alors que la variété Bayadhi a enregistré la plus faible valeur soit 9.97 cm. Concernant la largeur, c'est la variété Achouri qui présente la plus grande valeur avec 6.23 cm ; tandis que la variété Neb-djemel a connu la plus petite valeur de l'ordre de 5.63 cm. Les résultats obtenus soulignent une différence très hautement significative entre les variétés au niveau de la longueur et la largeur de la foliole terminale.

Tableau 29. Comparaison des moyennes de la longueur des folioles selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes		
Bayadhi	9,973	A		
Achouri	10,197	A	B	
Adjmi	10,772	A	B	C
Neb-djemel	10,955		B	C
Batouri	11,243			C

#### II.4.5. Le fruit

C'est un paramètre déterminant dans le choix des variétés au regard du poids économique qu'il joue comme le montre la figure 64 qui suit.

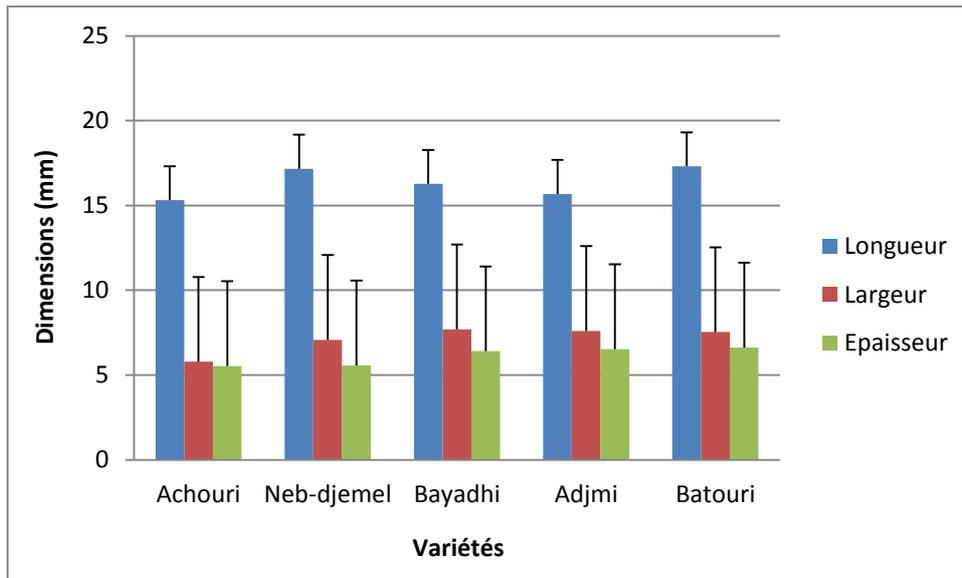


Figure 64. Variation de la longueur, la largeur et l'épaisseur du fruit des cinq variétés de pistachier

Le fruit de la variété Achouri enregistre les dimensions les plus faibles et c'est la variété Batouri qui obtient les valeurs les plus grandes en longueur avec 17.31mm et en épaisseur avec 6.63mm. Ces résultats sont proches de ceux de Mendes et al, en 1997 où ils montrent la supériorité de cette variété en longueur et en épaisseur dans un verger installé en Portugal par rapport aux autres variétés comparées. La variété Bayadhi donne des fruits les plus larges avec 7.7mm. L'analyse de la variance des trois dimensions fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés.

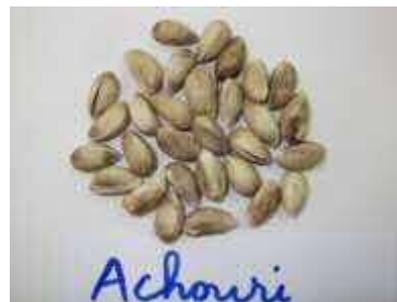




Photo 25. Les fruits des cinq variétés de pistachier (photos à gauche avec téguments, photos à droite sans téguments)

Tableau 30. Comparaison des moyennes de la longueur des fruits selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes		
Achouri	15,329	A		
Adjmi	15,689	A		
Bayadhi	16,271		B	
Neb-djemel	17,177			C
Batouri	17,313			C

Tableau 31. Comparaison des moyennes de la largeur des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent quatre groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes			
Achouri	5,793	A			
Batouri	6,637		B		
Neb-djemel	7,083			C	
Adjmi	7,603				D
Bayadhi	7,707				D

Tableau 32. Comparaison des moyennes de l'épaisseur des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Achouri	5,539	A	
Neb-djemel	5,576	A	
Bayadhi	6,419		B
Adjmi	6,539		B
Batouri	6,637		B

#### II.4.5.1. Rapport épaisseur/longueur du fruit

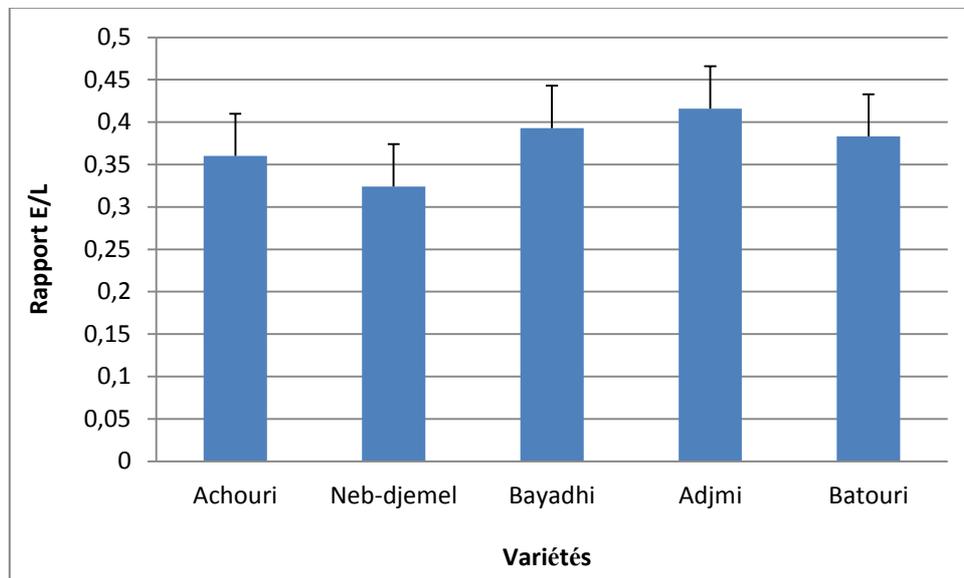


Figure 65. Rapport épaisseur /longueur du fruit des cinq variétés de pistachier vrai

Le rapport épaisseur/longueur du fruit constitue un indicateur intéressant de sélection économique ; c'est la variété Adjmi qui présente le rapport E/L le plus élevé avec 0.41 tandis

que celui de la variété Neb-djemel est le plus bas avec seulement 0.32 (Figure 65). Mendes et al, en 1997 ont obtenus des résultats similaires avec un rapport de 0,60 pour la variété Adjmi et 0,58 pour la variété Batouri.

L'analyse de la variance fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés.

Tableau 33. Comparaison des moyennes du rapport E/L des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent quatre groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes			
Neb-djemel	0,324	A			
Achouri	0,361		B		
Batouri	0,383			C	
Bayadhi	0,394			C	
Adjmi	0,416				D

#### II.4.6. L'amande

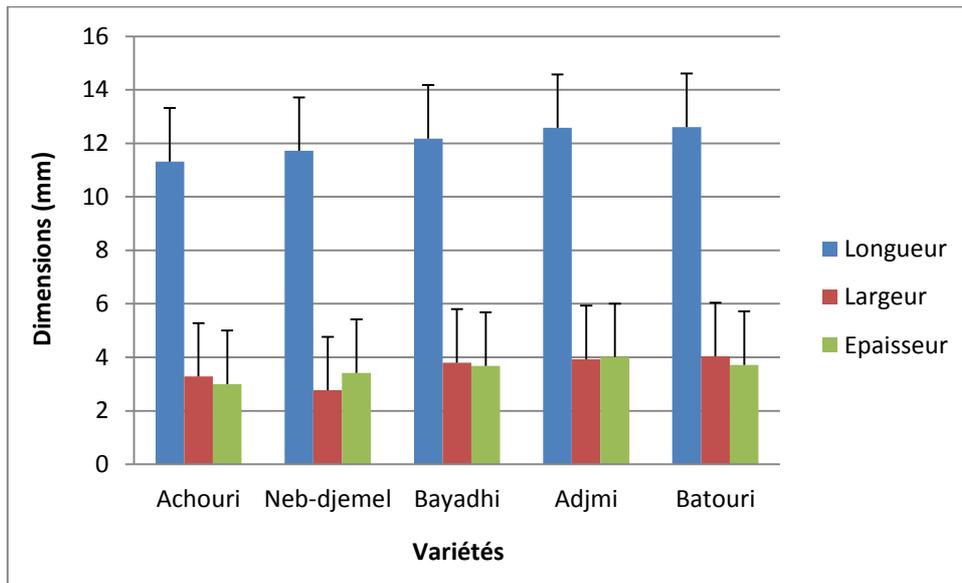


Figure 66. Variation de la longueur, la largeur et l'épaisseur de l'amande des cinq variétés de pistachier

Les résultats obtenus soulignent que c'est la variété Batouri qui obtient les dimensions les plus élevées pour la longueur et la largeur avec respectivement 12.61 mm et 4.04mm. L'amande du fruit de la variété Adjmi présente la plus grande valeur en épaisseur avec 4.01 mm. Celle de la variété Achourienregistre les valeurs les plus faibles en longueur avec 11.32

mm et en épaisseur avec 3 mm ; celle de la variété Neb-djemel n'atteint que 2.77 mm. Les résultats obtenus par Mendes et al (1997) sur la longueur de l'amande pour les variétés Batouri, Adjmi et Achouri sont de 16.82, 16.24 et 15.59 mm. Chiffres supérieurs de 25% en moyenne par rapport à nos résultats. Concernant l'épaisseur, elle est de 8.4 mm pour la variété Adjmi, 8.38 mm pour la variété Batouri et 7.7 mm pour la variété Achouri. Nos résultats sont également inférieurs de 50% en moyenne. Ces différences de dimensions peuvent être expliquées soit par l'âge des arbres ou les conditions édapho-climatiques de la zone de plantation. L'analyse de la variance des trois dimensions de l'amande des cinq variétés (longueur, largeur et épaisseur) fait ressortir une différence hautement significative et permet de retenir ce paramètre comme critère de choix de variétés.

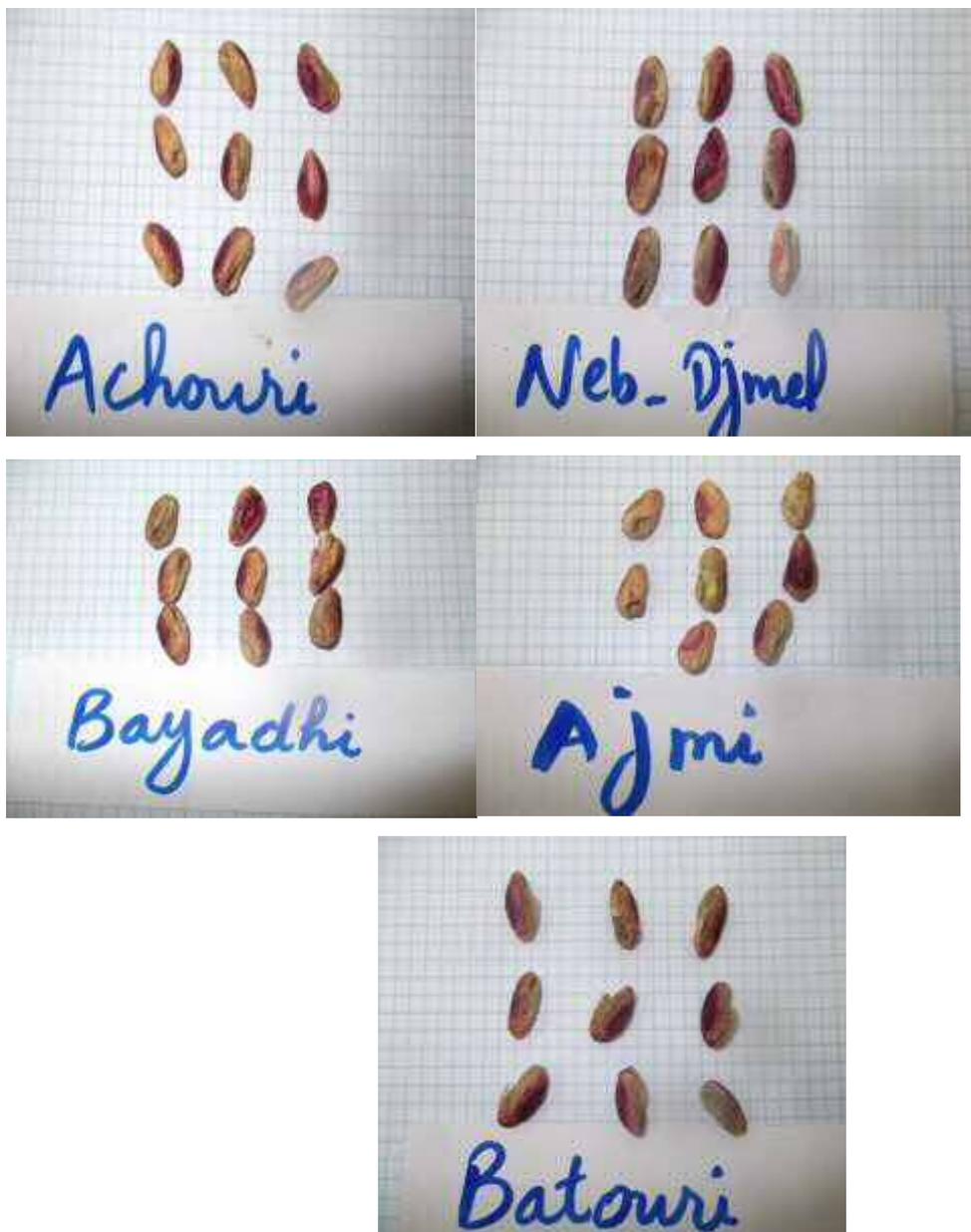


Photo 26. L'amande du fruit des cinq variétés de pistachier

Tableau 34. Comparaison des moyennes de la longueur des amandes selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Achouri	11,320	A	
Neb-djemel	11,723	A	
Bayadhi	12,187		B
Adjmi	12,587		B
Batouri	12,619		B

Tableau 35. Comparaison des moyennes de la largeur des amandes selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes		
Neb-djemel	2,777	A		
Achouri	3,237		B	
Bayadhi	3,801			C
Adjmi	3,927			C
Batouri	4,041			C

Tableau 36. Comparaison des moyennes de l'épaisseur des amandes selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes		
Achouri	3,007	A		
Neb-djemel	3,427		B	
Bayadhi	3,680		B	
Batouri	3,724		B	C
Adjmi	4,010			C

#### II.4.6.1. Rapport épaisseur/longueur de l'amande

L'exploitation des mesures effectuées et consignées dans la figure 67 met en première position la variété Adjmi avec un rapport E/L le plus élevé de 0.31. Par contre c'est la variété Achouri qui présente le rapport le plus bas avec 0.26.

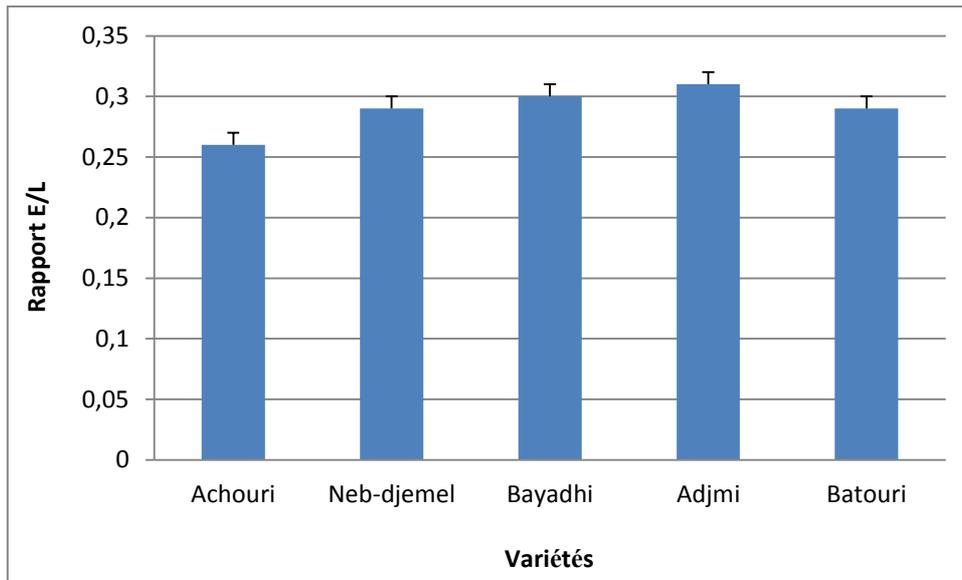


Figure 67. Rapport épaisseur /longueur de l'amande des cinq variétés de pistachier

Les mêmes résultats ont été obtenus par les travaux de Mendes et al (1997) dont la variété Adjmi présentait le plus haut rapport E/L (0.52) contre Achouri (0.49). L'analyse de la variance fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés.

Tableau 37. Comparaison des moyennes du rapport E/L des amandes selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Achouri	0,265	A	
Neb-djemel	0,292	A	B
Batouri	0,296		B
Bayadhi	0,300		B
Adjmi	0,318		B

#### II.4.7. Poids sec de 100 fruits et de 100 amandes

Un autre paramètre de comparaison intéressant, le poids sec de 100 amandes où la variété Batouri enregistre 131.2 g, le poids sec le plus élevé. Par contre la variété Achouri n'enregistre que 105.83 g, la variété Adjmi 68.36 g et la variété Achouri seulement 50.97 g.

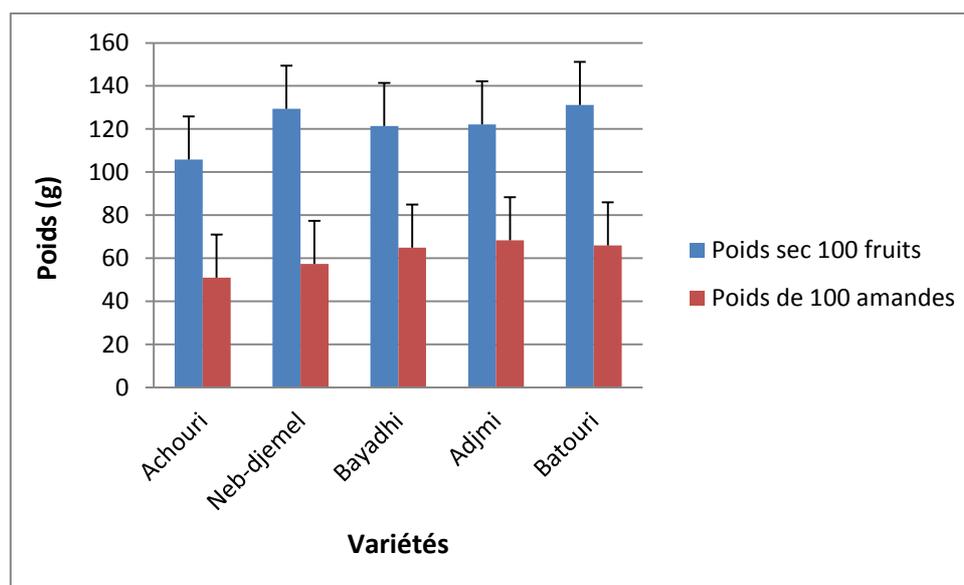


Figure 68. Poids sec de 100 fruits et 100 amandes des cinq variétés de pistachier

L'analyse de la variance des deux paramètres fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés et permet de retenir ce critère de comparaison entre les cinq variétés.

Tableau 38. Comparaison des moyennes du poids sec de 100 fruits selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes		
Achouri	105,830	A		
Bayadhi	121,363		B	
Adjmi	122,169		B	
Neb-djemel	129,211		B	C
Batouri	131,203			C

Tableau 39. Comparaison des moyennes du poids sec de 100 amandes selon les variétés. A, B et C représentent trois groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes		
Achouri	51,361	A		
Neb-djemel	57,181		B	
Bayadhi	63,494			C
Batouri	65,985			C
Adjmi	67,401			C

#### II.4.8. Nombre de fruits dans 100g

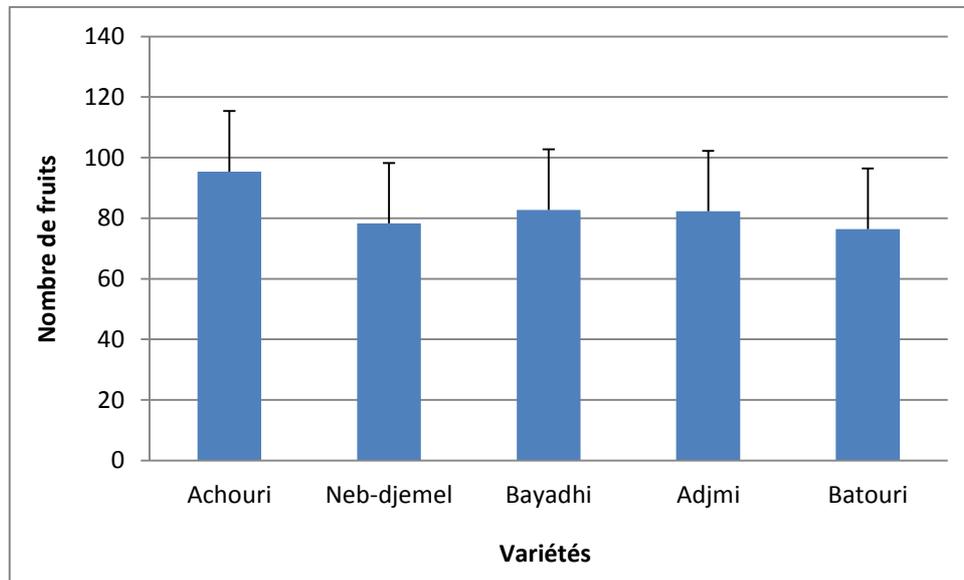


Figure 69. Nombre de fruits dans 100 g des cinq variétés de pistachier

En matière de rendement, le nombre de fruit par 100 g constitue un paramètre intéressant et les résultats obtenus récapitulés dans la figure 69 permettent de faire une comparaison entre les cinq variétés. La variété Achouri présente 95 graines dans 100 g ; la variété Batouri enregistre le plus faible nombre de graine dans 100g de fruits avec 76. Ces valeurs sont en rapport étroitement avec les dimensions décrites précédemment à savoir la longueur, la largeur et le diamètre du fruit. Les variétés Bayadhi et Adjmi ont respectivement 83 et 82 graines puisqu'elles ont enregistré le même poids sec de 100 fruits. L'analyse de la variance de ce paramètre fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés.

Tableau 40. Comparaison des moyennes du nombre de fruits dans 100g selon les variétés. A et B représentent deux groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes	
Batouri	76,375	A	
Neb-djemel	78,250	A	
Adjmi	82,250	A	
Bayadhi	82,750	A	
Achouri	95,375		B

#### II.4.9. Taux de déhiscence des fruits

Le pourcentage de fruits déhiscents, caractéristique très importante chez le pistachier, peut varier selon les variétés et selon les échantillons pour une même variété (influence de facteurs génétiques et de milieu).

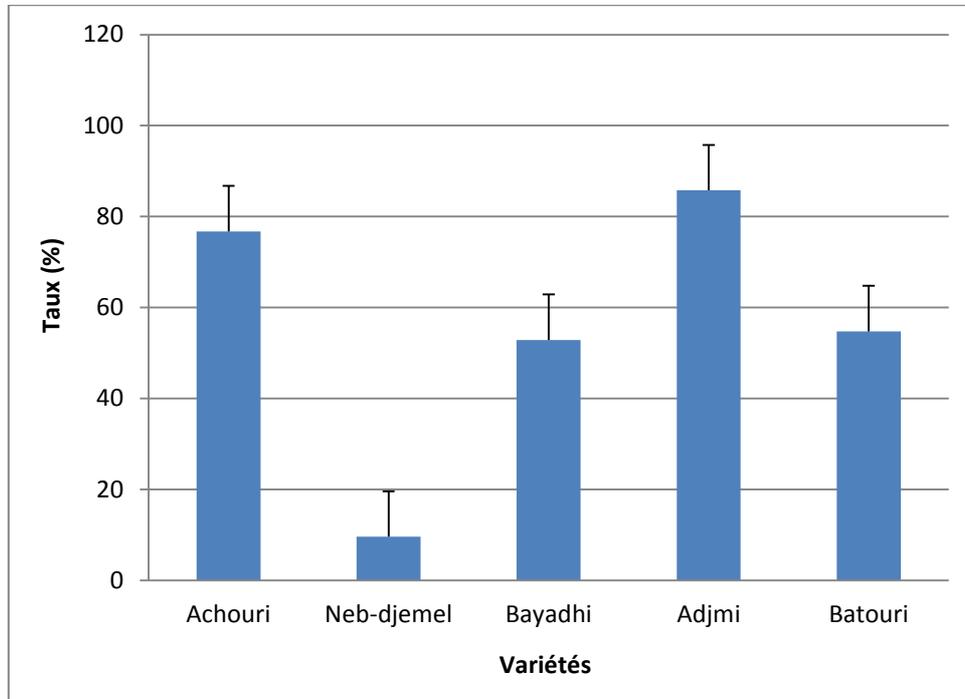


Figure 70. Taux de déhiscence des fruits des cinq variétés de pistachier

C'est la variété Adjmi qui enregistre le plus grand taux de déhiscence des fruits soit 85.75% suivi par la variété Achouri avec 76.75%. Les variétés Bayadhi et Batouri enregistrent presque le même taux avec respectivement 52.88 et 54.77%. La variété Neb-djemel vient en dernière position avec un taux de déhiscence de 9.62% (Figure 61). Les résultats obtenus par Oukabli (1998) pendant trois années consécutives montre que les taux de déhiscence des variétés Achouri, Batouri et Bayadhi sont respectivement 68% ,60% et 57%.

Cependant Mendes et al, en 1997 au Portugal enregistrent un taux de déhiscence pour la variété Batouri de 43%. Des différences significatives mais qui confirment le même classement de ces variétés. Ce facteur joue un rôle important dans la commercialisation des pistaches, en effet les consommateurs apprécient bien les fruits à coques ouvertes par rapport à ceux fermés. L'analyse de la variance de ce paramètre fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés.

Tableau 41. Comparaison des moyennes du taux de déhiscence des fruits selon les variétés. A, B, C et D représentent quatre groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes			
Neb-djemel	44,258	A			
Batouri	50,319		B		
Bayadhi	52,288		B	C	
Adjmi	55,190			C	
Achouri	76,750				D

#### II.4.10. Productivité

La productivité renseigne sur le rendement par arbre et constitue un paramètre de comparaison utile pour le choix de variété à planter.

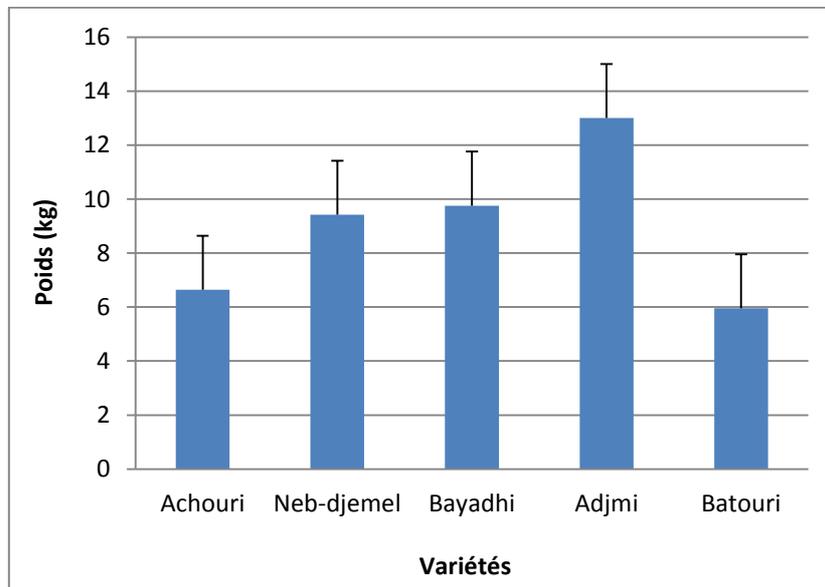


Figure 71. Productivité en fruits par les cinq variétés de pistachier

Les résultats obtenus montrent clairement que la variété Adjmi est la plus productive avec 13kg/arbre. Les variétés les moins productives sont Achouri et Batouri avec une production moyenne de 6 kg/arbre. Les variétés Neb-djemel et Bayadhi ont une production de 9 kg/arbre (Figure 71). L'analyse de la variance de ce paramètre a montré que le test est non significatif.

#### II.4.11. Poids sec amandes/poids sec fruits x100

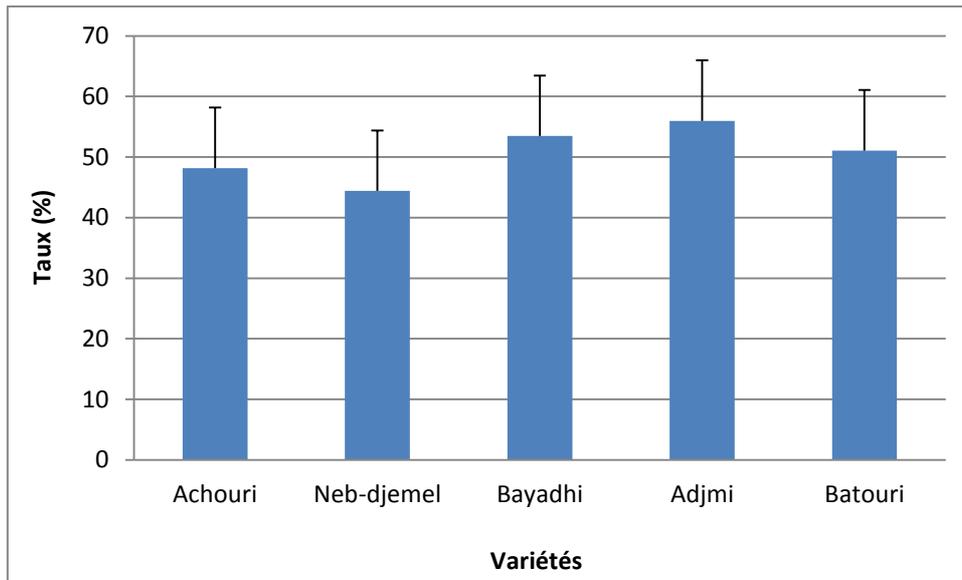


Figure 72. Rapport poids sec amandes/poids sec fruits x100 des cinq variétés de pistachier

Le rapport poids sec des amandes et poids sec des fruits permet de renseigner sur la rentabilité économique des cinq variétés. Les mesures obtenues et récapitulées dans la figure 72 classent la variété Neb-djemel en tête avec un épicarpe le plus léger par rapport aux autres variétés. En effet environ 44% du poids des fruits sera perdu lorsque sa commercialisation se fait sans épicarpe.

A l'opposé, la variété Adjmi présente l'épicarpe le plus lourd avec 56% du poids des fruits qui sera perdu lorsqu'on la débarrasse de ses épicarpes. Mendes et al (1997) soulignent pour la variété Batouri un taux de 47.82% d'épicarpe contre 51% dans notre cas ; résultats assez proches. L'analyse de la variance de ce paramètre fait ressortir une différence hautement significative entre les variétés et permet de retenir de critère de classement.

Tableau 42. Comparaison des moyennes du poids sec amandes/poids sec fruits x100 selon les variétés. A, B, C, D et E représentent cinq groupes différents à 5 %.

Variétés	Moyenne	Groupes homogènes				
Neb-djemel	44,255	A				
Achouri	48,518		B			
Batouri	50,319			C		
Bayadhi	52,288				D	
Adjmi	55,190					E

## II.5. Analyse biochimique

Pour affiner les paramètres de comparaison, une analyse biochimique des cinq variétés est indispensable. Le tableau 43 résume les résultats de l'analyse biochimique des fruits des cinq variétés étudiées.

Tableau 43. Résultats de l'analyse biochimique du fruit des cinq variétés de pistachier

Variétés	Humidité %	M.O %	Cendres %	Acidité %	Sels minéraux %	Protéines %	Lipides %	Sucres totaux %
Achouri	3.65	97.82	2.18	1.48	0.39	5.61	32.51	10.91
Neb-djemel	5.10	96.57	3.43	0.68	0.46	8.50	22.50	8.66
Bayadhi	3.94	98.41	1.59	1.56	0.44	4.93	26.13	9.12
Adjmi	5.43	97.52	2.48	1.04	0.45	6.12	31.78	6.65
Batouri	4.19	97.60	2.40	1.40	0.53	12.41	33.11	8.13

L'analyse biochimique des graines des cinq variétés de pistachier montre une teneur élevée en lipides avec plus de 30% pour les variétés Achouri, Adjmi et Batouri alors que les variétés Neb-djemel et Bayadhi ont enregistré des taux de 22.5 et 26%. Les travaux de Ghalem et Benhassaini (2007), montrent que le taux de lipides pour l'espèce *Pistacia vera* était d'environ 40% et selon USDA National NutrientDatabase (2012), le taux des lipides est de 45%. Alors que Agar.I.T et al (1998) montrent que la teneur en matières grasses des variétés turques variait de 48,55% à 58,50% et variétés iraniennes variait de 47,65 à 63,31%. Concernant les protéines, la variété Batouri a enregistré le taux le plus élevé de 12.41%, les variétés Achouri et Bayadhi ont enregistré les taux les plus faibles avec respectivement 5,61 et 4,93%.

La variété turque Uzun contient 27.7% de protéines (Seferoglu. S et al., 2006) et les variétés iraniennes Ohadi et Kerman 20.5% (Kashaninejad et Tabil, 2011). Selon USDA National NutrientDatabase (2012), le taux des protéines des pistaches est de 20 %. Pour la matière organique, les sels minéraux et les sucres totaux, les résultats sont assez proches et constituent pas des paramètres de différenciation.

Le taux d'humidité des variétés d'origine syrienne et iranienne ont presque les mêmes valeurs (4.5% contre 3.5%) de même pour les cendres 2.41% contre 2.81%. Pour les éléments minéraux, les variétés iraniennes, la quantité en potassium est cinq fois plus que les variétés syriennes. Par contre pour le sodium, les variétés syriennes ont une quantité sept plus par rapport à celles iraniennes. Concernant l'élément calcium, les deux origines de variétés ont presque la même proportion (Kashaninejad et Tabil, 2011).

## II.6. L'analyse des moyennes par l'ACP des différents caractères étudiés

L'analyse des moyennes par l'ACP des différents caractères étudiés permet de considérer que les variétés Bayadhi et Batouri forment un groupe homogène dont la distance euclidienne entre eux est plus proche par rapport au second groupe homogène formé par les variétés Adjmi et Achouri dont la distance euclidienne est un peu plus longue que le premier groupe. Concernant la variété Neb-djemel, elle se trouve toute seule loin des deux groupes avec un taux d'information de 97% sur le premier axe et de 3% sur le second axe, soit au total 100% d'information conservée (Figure 73).

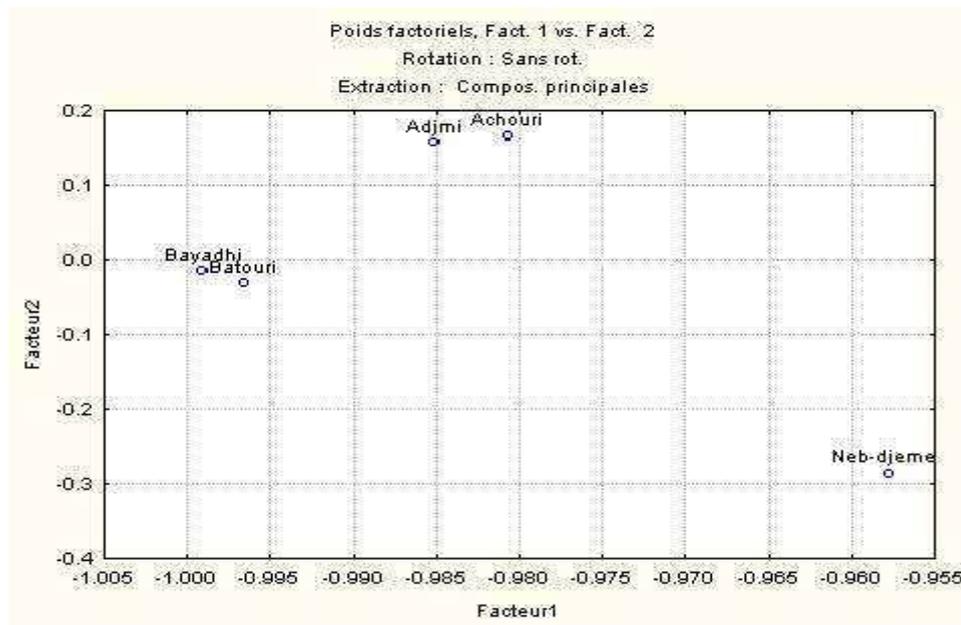


Figure 73.Représentation des cinq variétés de pistachier par l'ACP

Le dendrogramme a confirmé ce résultat en mesurant la distance entre les caractéristiques des cinq variétés pour donner naissance aux trois groupes différents. Le groupe (Adjmi-Achouri) est plus distant par rapport au groupe (Bayadhi et Batouri). Le premier avec une distance d'agrégation de 31 alors que le second avec une distance d'agrégation de 17. Quant à la variété Neb-djemel, elle se démarque des deux groupes précédents avec une distance d'agrégation de 46.

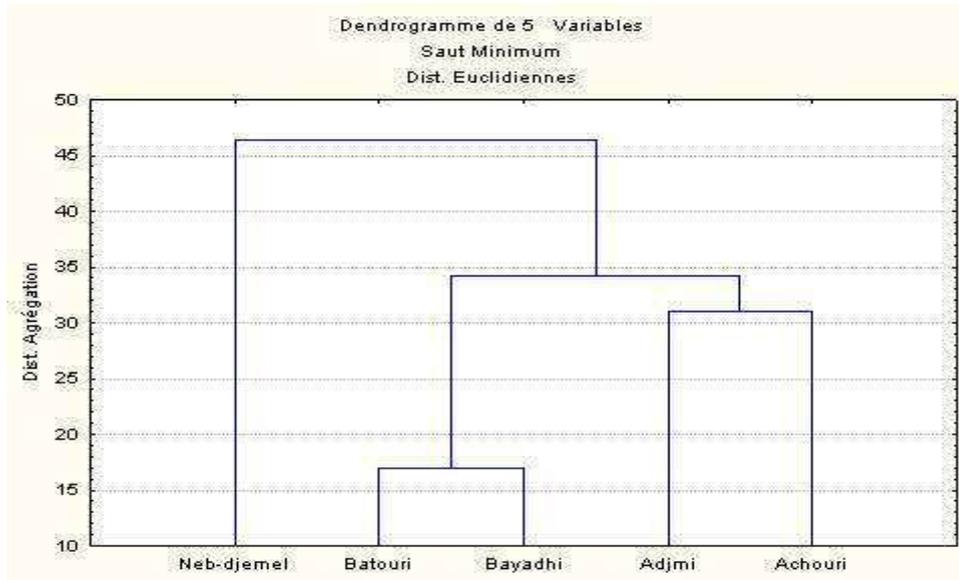


Figure 74. Dendrogramme des cinq variétés de pistachier

## II.7. Synthèse des résultats obtenus

L'exploitation des résultats obtenus permet de tirer quelques enseignements basés sur les caractères les plus pertinents pour faciliter le choix de variétés.

- La variété Achouri est la plus vigoureuse avec un diamètre du tronc de 12 cm
- Le fruit de la variété Batouri est le plus long et a le plus grand diamètre
- Le fruit le plus large appartient à la variété Bayadhi
- L'amande de la variété Batouri est la plus longue et large
- La variété Adjmi a connu le fruit le plus gros
- La variété Batouri a enregistré le poids de 100 fruits le plus élevé
- La variété Adjmi a enregistré le plus grand taux de déhiscence
- La variété Adjmi est la plus productive et la variété Batouri la moins productive.
- La variété Adjmi a enregistré le plus grand rendement et la variété Neb-djemel le plus faible.

La matrice (annexe 2) récapitule toutes les données biométriques et permet un classement des cinq variétés selon leurs qualités. Concernant la composition biochimique du fruit, toutes les variétés étudiées ont connu presque les mêmes taux sauf pour certains paramètres lipides, protéines et sels minéraux.

Le classement est fait sur la base du nombre de fois où la variété a été classée première dans les critères de comparaison. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 44. Matrice de comparaison

Caractères	Variétés	Achouri	Adjmi	Batouri	Bayadhi	Neb-djemel
1 <sup>ère</sup> place		4	7	6	3	2
2 <sup>ème</sup> place		4	3	2	6	6
3 <sup>ème</sup> place		0	6	9	4	4
4 <sup>ème</sup> place		7	3	2	4	4
5 <sup>ème</sup> place		6	2	2	4	5
Classement		3	1	2	4	5

## II.8. Conclusion

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence des différences assez significatives entre les cinq variétés étudiées en ce qui concerne leurs caractéristiques agronomiques et commerciales comme la vigueur, le port de l'arbre, la productivité et les caractères du fruit et de l'amande.

Le choix des variétés de pistachier vari les plus adaptées et performantes en matière de vigueur et de production dans la région d'étude se présente comme suit : la première est la variété Adjmi, suivi de Batouri puis arrivent Achouri, Bayadhi et en dernier Neb-djemel.

## Conclusion générale

Le pistachier vrai est un arbre d'avenir dans notre pays, il est d'un intérêt écologique certain pouvant croître dans des endroits très secs, ne dépassant pas 200 mm de pluie (CHEBOUTI, 2002).

Les différents travaux que nous avons réalisés au cours de notre étude, nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Les différents traitements utilisés n'ont pas agi positivement sur le taux et la vitesse de germination des graines des deux espèces ;
- ❖ La stratification des graines de pistachier vrai dans du sable humide à 4°C pendant un mois puis leur trempage dans de l'eau bouillante et dans la solution d'acide sulfurique provoque la destruction de l'embryon de ces graines ;
- ❖ La stratification des graines de pistachier vrai dans du sable humide à 4°C pendant un mois a permis un taux de germination le plus grand de 68%, même constat pour les graines de pistachier de l'Atlas avec un taux de 40% ;
- ❖ La vitesse de germination pour le traitement (FH) des graines de pistachier de l'Atlas est un peu supérieure (3.5 graines/j) à celle des graines de pistachier vrai (2.44 graines/j) ;
- ❖ Les différents traitements utilisés ont agi positivement sur les deux paramètres de croissance (hauteur des tiges, longueur des racines) des graines de pistachier de l'Atlas ;
- ❖ Pour ce qui est de caractères de croissance en longueur, les graines de pistachier vrai se révèlent aussi plus intéressantes puisqu'elles ont donné naissance à des tiges plus hautes (23cm) et des racines plus longues (330cm), pour les graines de l'Atlas ont donné des tiges d'une hauteur de (10cm) et des racines plus longues (400cm).
- ❖ En matière de levée, la stratification au froid humide de la semence n'est pas indispensable pour la germination, par contre le traitement au froid humide puisque le traitement T a connu le plus grand taux de levée ;
- ❖ Le traitement F.H a connu le plus grand nombre de plantules émergées par jour (9.58 plantules/jour), le traitement (E.T) quant à lui a enregistré le plus bas nombre de plantules émergées par jour (3.2 plantules/jour) ; la stratification favorise la vitesse de levée et s'avère intéressante ;
- ❖ La durée d'émergence de plantules était de 21 jours seulement pour le traitement F.H contre 36 jours pour le traitement E.T ;

- ❖ Concernant la croissance en hauteur des plantules, c'est le traitement E.N qui a enregistré la plus grande valeur (8.51 cm) ;
- ❖ Le traitement F.H a enregistré la plus grande valeur de la longueur de la racine (16.95cm) ;
- ❖ Pour le diamètre de la tige, c'est le traitement E.N qui a permis la plus grande valeur (2.68 mm) ;
- ❖ Le traitement E.T a enregistré les plus faibles valeurs pour tous les facteurs étudiés.

Pour la réussite de la préparation des graines de *Pistacia vera* à la levée, il est utile de combiner les traitements avec stratification au froid et trempage en eau courante (EN) et une stratification à froid à 4°C.

L'étude du greffage de pistachier nous a permis de tirer les constatations suivantes :

Cette étude nous a permis de relever les constatations suivantes:

- ❖ L'inexistante d'effet positif de la forme de T de greffage sur le taux de reprise.
- ❖ L'impossibilité de la réussite du greffage par écusson poussant durant les deux premières périodes (période 1 "15/05/10 et période 2 " 30/05/10").
- ❖ Le faible taux de reprise au greffage toujours par écusson poussant pour la période 3 ( 15/06/2010) et la période 5 (15/07/10).
- ❖ Le plus grand taux de reprise au greffage par écusson poussant qu'il soit pour T normal et T renversé est obtenu dans la période 4 (30/06/10).

A partir de ces constatations, on peut en tirer des recommandations ou des suggestions aux pépiniéristes, aux arboriculteurs que le meilleur moment de greffage par œil poussant et selon les mêmes conditions climatiques de la zone d'étude, doit se faire la fin du mois de juin.

En effet, durant cette période qu'on a des bourgeons bien fertiles ou matures. Par contre durant les premières périodes les bourgeons de la pousse de l'année n'ont encore atteint le stade de maturité complet. Pour la troisième période, les bourgeons commencent à devenir mature alors pour la dernière période, les bourgeons commencent à se lignifier pour le greffage par écusson dormant (greffage automnal).

L'étude de la caractérisation des variétés syriennes introduites dans le cadre de la coopération entre l'ITAFV et l'ACSAD a permis de les classer selon l'ordre décroissant : la

première est la variété Adjimi, suivi de Batouri puis arrivent Achouri, Bayadhi et en dernier Neb-djemel.

L'exploitation des résultats obtenus permet de tirer quelques enseignements basés sur les caractères les plus pertinents pour faciliter le choix de variétés.

- La variété Achouri est la plus vigoureuse avec un diamètre du tronc de 12 cm ;
- Le fruit de la variété Batouri est le plus long et a le plus grand diamètre ;
- Le fruit le plus large appartient à la variété Bayadhi ;
- L'amande de la variété Batouri est la plus longue et large ;
- La variété Adjmi a connu le fruit le plus gros ;
- La variété Batouri a enregistré le poids de 100 fruits le plus élevé ;
- La variété Adjmi a enregistré le plus grand taux de déhiscence ;
- La variété Adjmi est la plus productive et la variété Batouri la moins productive ;
- La variété Adjmi a enregistré le plus grand rendement et la variété Neb-djemel le plus faible.

Références bibliographiques

ABOUSALIM A., KALI M., 1992 - Délimitation des zones à vocation Pistachier au Maroc. Revue amélior. Prod. Milieux arides, 5 : pp 35-42.

ACSAD (Centre Arabe des études des zones arides). : pp2-60

AGAR, I.T., KAFKAS, S. and KASKA, N. 1998. Lipid characteristics of Turkish and Iranian pistachio kernels. II International Symposium on Pistachios and Almonds Acta Hort. (ISHS) 470. Pp.378-386

AKB.E. et AGACKESEN N. 2005. Effects of soil type and irrigation on yield and quality of 'Kirmizi' pistachio cultivar. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n°. 63. Pp. 239- 245

ALDHOUS, J.R. (1972): Nursery practice. Forestry Comm. Bull. N° 43, London.

ALVAREZ-RACELIS, E. and BAGALOYOS, A.P. (1977): Germination of *Leucaena leucocephala* seeds under varying temperatures and length of soaking in water. Sylvatrop 2, 1: 65-66.

ANONYME, 1985 : Contribution à l'étude de la biologie florale du Pistachier fruitier.

ANONYME, 1997 - IPGRI. Descripteurs du pistachier (*Pistacia Vera* L.). Institut international des ressources phytogénétiques, Rome, Italie. p33.

AYFER. M, 1967- Culture du Pistachier en Turquie, Fruit, Vol 22 n°8 pp.35 I-367

BAGNOULS F et GAUSSEN H ; 1953- saison sèche et indice xérothermiques. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 88 :pp193-239.

BAGNOULS F et GAUSSEN H ;1953- saison sèche et indice xérothermiques. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 88 :pp193-239.

BEHBOODI.Sh., 2003, Ecological distribution study of wild pistachios for selection of root stock. XIII Grempa Meeting on pistachios and almonds, p 14.

BELHADJ S., 1999 – Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. Cahiers options méditerranéennes. XI<sup>ème</sup> Colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 1- 4 septembre 1999, Cent. Intern. h. ét. Agro. Médit. (C.I.H.E.A.M.), Zaragoza, Vol. 56, pp: 107 - 109.

BELHADJ S., 1999 – Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. Cahiers options méditerranéennes. XI<sup>ème</sup> Colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 1- 4 septembre 1999, Cent. Intern. h. ét. Agro. Médit. (C.I.H.E.A.M.), Zaragoza, Vol. 56, pp: 107 - 109.

BENABDELI K. 2012- Rétrospectives sur quelques espèces forestières et pré-forestières intéressantes des zones arides mais ignorées en Algérie. Séminaire International sur la préservation et le développement des espèces ligneuses des zones arides. Université de Mascara 29 et 30 mai 2012.

- BENETAYEB. Z, 1993 – Biologie et écologie des arbres fruitiers, p: 22.
- BINNET et BRUNNEL (1968) : Physiologie végétale, tome I, édition Dion, Paris.
- BOALER, S.B. 1966. The ecology of Pterocarpus angolensis D.C. in Tanzania. Overseas Res. Pub., Min. of Overseas Dev., London N° 12.
- BONNER, F.T. 1974. Seed testing. In Seeds of Woody Plants in the United States, Agriculture Handbook N° 450. For. Service, USDA, Washington D.C.
- BOUALEM. S. - 2004- Bilan Agro-écologique de l'olivier (*Olea europea L.*), dans la wilaya de Mascara (Algérie), thèse de magister-pp55-57
- BOUAFIA, A et MESLEM, M. 2009. Etude des différents traitements thermiques sur la germination et la croissance de jeunes plants de pistachier, thèse d'ingénieur, pp 51-55
- BOUDY P. 1952 – Guide du forestier. Ed. La Maison rustique, Paris, 505 p
- BOUTBOUL H, 1986 : La relance de la culture du Pistachier fruitier dans le midi Méditerranéen. Rev. Hort., n° -264, pp : 25-29.
- BOWEN, M.R. and EUSEBIO, T.V. ,1981 b. Acacia mangium. Updated information on seed collection, handling and germination testing. Occasional Tech. and Scientific Notes, Seed Series N° 5, Forest Research Centre, Sepilok, Sabah.
- BRAHIM H. B., .1993: Le Pistachier vrai, Revue en Arabe, centre arabe des études des zone arides et semi arides (ACSAD), Damas (Syrie), p47.
- BROOKMAN-AMISSAH, J. (1973): Seed problems as they affect forestry practice in Ghana. In "Seed Processing", Proc. Symposium IUFRO Wkg. Group on Seed Problems, Bergen. Vol. II, Paper 6.
- BRYNDUM, K. (1966): The germination of teak. Natural History Bull. Siam Society 21, 75–86.
- CHAUMENT. M, 1971 - les influences des régimes climatiques en France, en Espagne, et en Afrique du nord et leurs conséquences hydrologiques. Ed Mangin
- CHEBOUTI. Y., 2002 – Note technique sur la culture du pistachier fruitier. Rev. La forêt Algérienne. N° 4, pp. 32 – 36
- CÔME D. ,1967. L'inhibition de germination des graines de Pommier (*Pyrus malus L.*) non dormantes. Rôle possible des phénols tégumentaires, Ann. Sci. Nat. Bot., VIII, pp 371-478.
- CÔME D. (1970) : Les obstacles à la germination, Edition Masson et Cie, 162 p.
- CÔME D. ,1975. Rôle de l'eau, de l'oxygène, et de la température dans la germination. Paris, p 27- 44.
- CÔME D., 1982, Germination (Chapitre 2), dans Croissance et développement - Physiologie Végétale II, Mazliak P., Collection Méthodes, Herman, Paris, pp 129-225.
- CÔME D. (1993) : Apports de la recherche à l'amélioration de la qualité germinative des semences, C.R. Acad. Agric. Fr., 79, n°2, pp 35-46.
- CUISANCE P. (1987) : Multiplication des végétations et périmètre, France, p158.
- CORNET, A ; 1952- Elément de technologie des barrages algériens XIX congrès géologiques international France du nord et leurs conséquences hydrologiques. Ed Mangin

- CROSSA. R., GERMAIN. E, 1982- Avenir de la culture des arbres fruitiers à fruits secs dans les pays méditerranéens : Amandier, Noyer, Pistachier. Revue fruits, Vol. 7, n° 10, pp: 617-626.
- DAJOZ R., 1985 – Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505 p.
- DEFILA C., CLOS B. 2000. Tendances révélées par l'étude phénologique des arbres en Suisse. Quelle sylviculture pour les climats à venir ? Actes de la Journée thématique de l'Antenne romande du WSL du 28 novembre 2000 à l'EPF-Lausanne / Martine Rebetez et Jean Combe Eds.
- DELPLACE. E. 1952 -Le Chasseur Français N°666 Août. P482
- DJERAH A, 1991: Contribution à l'étude de la multiplication végétative du Pistachier vrai (*Pistacia vera* L ) dans la pépinière de Timgad (Batna). Th. Ing. Agronomie. p61.
- DUVAL. H., 1997: L'amandier edit grasselly, ctif, pp: 165
- ELAMIN, H.M. ,1975. Germination and development of the Sudan acacias. Sudan Sylva III 20: 23–33.
- EMBERGER. L ; 1955- Une classification biogéographique des climats. Nature .Monsp. ,Sér. Bot., 7, 3-42.
- EVENARI M. ,1957. Les problèmes physiologiques de la germination. Soc. France, Physiologie végétale. vol.3.
- EVREINOFF. V.A., 1948- Le Pistachier, Fruits d'outre-mer, Vol 3, n°2, pp.45- 51.
- EVREINOFF. V.A., 1964- Notes sur le Pistachier. Pomologie Française, Revue, Vol, pp. 115- 123.
- FAO ( Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture)- Service des statistiques.
- FAIRLAMB, J. and DAVIDSON, J. (1976): Germination of teak seed - preliminary evidence of a chemical germination inhibitor. In "Seed Problems", Proc.Second International Symposium on Physiology of Seed Germination. IUFRO, Fuji, Japan, Oct. 1976.
- FASIIHARANDI.O.,et GHAFARI. M., 2001. Chromosome studies on pistachios (*Pistacia vera*L.) from Iran, pp : 35- 39 cité dans Cahiers options méditerranéennes. XIème colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 1- 4 septembre 1999, Zaragoza, Vol. 56, 415 p.
- FERGUSON, 1993 - Pistacia – CRCh and book of flowing V- IVCRC press pp: 88-93.
- FORREST, W.G. (1964): The effect of pretreatment on germination of slash pine seed. Res. Note N° 14, Forestry Commission of New South Wales.
- FOSSAT P. ,1957. Revue de l'arbre en Oranie, Les amis de l'arbre de l'Oranie, 1957, n°20, 88p.
- GAUCHER, G., 1968 : Traité de pédologie, le sol et ses caractéristiques. Ed, Ducrod, 578p.
- GAUTIER. M, 1993 – L'arbre fruitier, Vol 1, pp: 19-20.
- GHALEM. B et BENHASSAINI.H., 2007. Etude des phytostérols et des acides gras de *Pistacia atlantica*. Afrique science, Vol. 3, n°3, 408p.

- GUPTA, B.N., PATTANATH, P.G., ADARSH KUMAR, THAPLIYAL, R.C. and RATURI, A.S. (1975): Rules for germination test of tree seeds for certification. *Ind. Forester* 101(6), 320–327.
- GOOR, A.Y. and BARNEY, C.W. (1976): *Forest tree planting in arid zones* (2nd Ed.). Ronald Press, New York.
- GUESSOUM A : Etude phréologique du Pistachier cultivé (*Pistacia vera* L.) dans la station de Beni-tamou Wilaya de Blida. Th. ingAgro.INA, Alger, p 43.
- HEIT, C.E. ,1967 b. Propagation from seed. Part 10: Storage methods for conifer seeds. *Am. Nurseryman* 126 (8).
- HELLER R. et al. (1995) : *Physiologie végétale, Développement Tome 2*, Edition MASSON, Paris, 315 p.
- HYDE E.O.C., 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa, *Ann. Bot. N.S.*, 18, pp 241-256.
- ISTAMBOULI A. (1976) : Etude expérimentale sur la nature des périodes de repos des semences et des bourgeons de l'Olivier (*Olea europea* L), Mise au point d'une technique de production rapide de jeunes plants, Thèse d'état, Univ. Aix-Marseille.
- IPGRI, 1997. Descripteurs du pistachier (*Pistacia vera* L.). Institut international des ressources phylogénétiques, Rome - Italie, 53p.
- Jacqy, P., 1973. La culture du pistachier en Tunisie. AGP.TUN/72/003, Tunis, 97 p.
- JAQUY P 1972. La création d'un verger de pistachier. Rapport AGS SF/TUN. 17, INRA Tunis/PNUD.
- JANSEN I 2008. *Physiologie Végétale : Développement*, Cours de biologie et géologie en ligne (L<sub>1</sub> a Maîtrise).
- POIRIER J, 2006. La multiplication des arbres remarquables, jardin botanique de Montréal, pp9-16.
- KASHANINEJAD.M. and L.G. TABIL, 2011. Pistachio (*Pistacia vera* L.). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Volume 4*: pp.218-246.
- KASKA. N., 2002. Pistachio nut growing in the Mediterranean basin. *Acta Hortic.*, 591, 443-455.
- KELLAL, 1979. Essai de détermination des zones à vocation pistachier en Algérie. Th. Ing. INA, Alger. P106.
- KEMP, R.H. ,1975 c. Seed pretreatment and principles of nursery handling. In Report on FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Vol. II.FAO, Rome.
- KERDOUCHE.M, 1998- Le pistachier fruitier et ses différentes techniques, édit. ACSAD, p102.

- KHELIL A., KELLAL A., 1980: Possibilités de culture et délimitation des zones à vocation Pistachier en Algérie, *Fruit*, Vol 35, n°3, PP: 177-185.
- KINNET P., 1983. Bibliothèque de la nature, Les arbres, Edition française, 155p.
- KISOU, J. KHAZRAJI, S. and BÄCK, G. ,1983. Ten exercises in testing of forest tree seeds. Institutionenförskogsskötsel, Sveriges Lantbruks universitet, Umeå, Sweden.
- LAGHA L., 1993. Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction chez l'espèce *Pistacia atlantica*.th. Ing. INA, Alger, P96.
- LAGHZALI M. et OUKABLI A., 1992. Etude des exigences thermiques d'une série de variétés de pistachier cultivées au Maroc (*Pistaciavera*L.). Pp. 295 – 298 cité dans Amélioration génétique de deux espèces de fruits secs méditerranéens : L'amandier et le pistachier. 8eme colloque, 26 - 27 juin 1990, France, 372 p.
- LARUE M, 1960. Le Pistachier en Iran. *Fruit*. Vol. 15, n°3 : PP 139-142.
- LARSEN, E. (1964): Germination response of Acacia seeds to boiling. *Austral. For. Res.* 1 (1).
- LAURIE, M.V. ,1974. Méthodes de plantation forestière dans les savanes africaines. Collection FAO: Mise en valeur des forêts, Cahier N° 19. FAO, Rome.
- LEBRUN C. (1966). Prétraitement des graines de Robinier (*Robinia pseudoacacia* L.). — *Revue forestière française*, vol. XVIII, n° 7, pp. 515-517.
- LEMAISTRE. J, 2000 – Etude bibliographique du pistachier: PP12-15.
- MAARUF. A, 1997 – Principe de l'écologie des arbres fruitiers, revue: *Ingénieur Agronome Arabe*, pp: 18-44
- MAGGS D.H, 1973- The pistachio as an Australian crop. *J. Aust. Inst.Agric. Sci.* pp: 10- 7.
- MALAISSSE F., 1967. Contribution à l'étude des hêtraies d'Europe occidentale. Note 6 : aperçu climatologique et phénologique relatif aux hêtraies situées sur l'axe Ardennes belges - Provence. 14e Congrès IUFRO, Munich, 1967, II, section 21, 1967, pp. 325-334.
- MATIAS, A.R., BETANCOURT, A., ZAYAS, A., PENA, A. and RIVERO, R. (1973): Forest seed in Cuba. In "Seed Processing", Proc. Symposium IUFRO Wkg. Group on Seed Problems, Bergen. Vol. II, P 31.
- MENDES GASPAR A., MONASTRA F., ROMERO M.A., ROUSKAS D., VARGAS F.J., 1997. Sélection de variétés de pistachier adaptées à l'aire nord méditerranéenne In : Germain E. (ed.). Amélioration d'espèces à fruits à coque : noyer, amandier, pistachier. Zaragoza : CIHEAM, 1 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n° 1 6). Pp. 12-28
- MAZLIAK P. ,1982. Physiologie végétale, croissance et développement, Nouvelle Edition Paris, 459 p.
- MEYER et al. ,2004. Botanique, biologie et physiologie végétale, Edition Maloine, Paris, Collection des sciences fondamentales, 461 p.

- MLIKA M., 1990. Germination et conservation du pollen de Pistachier (*Pistacia vera*) in progr. De recher. Agrimed, arnéli. Génét. De deux espèces de fruits secs médit. : L'amandier et le Pistachier, édit. Grasselly, INRA. France: PP 333-340.
- MLIKA M., BEL FELAH Z., JRAÏDI B., 1992. Observation des tubes polliniques dans les pistils du Pistachier (*Pistacia vera* L.) in progr. De recherche et d'étude méditerranéenne pour le Pistachier et l'Amandier édit. Grasselly. INRA. France: PP 343-355
- MLIKA M., 1987: Anatomies des fleurs et évolution des bourgeons floraux en inflorescences du Pistachier (*Pistacia vera* L) in programme de recherche et d'étude médit. Pour le Pistachier et l'Amandier, édit. Grasselly, INRA, France: PP 343-355.
- MUTIN G., 1977 – La Mitidja – Décolonisation et espace géographique. Ed. Office publ. Univ., Alger, 607 p.
- NAHLAOUI N, 1983 – Greffage par greffon des porte greffe âgés des pistachiers et leurs transformations en arbres productifs, PP: 05-19.
- NISA, S.H. and QADIR, S.A. (1969): Seed germination of common cultivated trees, shrubs and some wild grasses. Pakistan J. of Forestry Vol. 19, N° 2, 195–220.
- NOKES J., 1986. How to grow native plants of Texas and the Southwest, Texas Monthly Press, Austin, Texas.
- OUKABLI A., 1995 Phénologie et caractérisation pomologique de quelques variétés du Pistachier Rev. Res 4.Prod Prod Agr Milieu aride, n° 7, PP 11-18
- OUKABLI A., 1998. Impact of some factors on dehiscence and production of empty fruits in the pistachio (*Pistacia vera* L.).Zaragoza : CIHEAM, (*Cahiers Options Méditerranéennes*° 33). Pp. 67- 73
- OUKABLI A., 2001 Caractérisation de la dormance des bourgeons floraux et estimation des besoins en froid de quelques variétés du Pistachier (*Pistacia vera* L) Revue Alawania, Maroc sous presse. PP
- OUKABLI A., 2005. Le pistachier – Un arbre fruitier et forestier. Transfert de technologie en agriculture N° 125, pp.1- 4
- PADULOSI, S., CARUSO T. and BARONE E. (eds.) 1996. Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistaciagenetic* resources. Report of a workshop, 29-30 June 1995. Palermo, Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italia, 69p.
- PANAHI. B., TALAIE, A., 2002. Survey and characterization of pistachio germplasm in iran. ActaHortic., 591, pp.263-264.
- PATTANATH, P.G. (1982): Personal communication.
- PECH. H, 1948-Le Pistachier en Syrie, Fruits, Vol 8, n° 10, pp. 39-43.
- QUEZEL P. et SANTA S., 1963 – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, T. II, pp : 571 – 1170.
- RAMADE F., 1984 – Eléments d'écologie – écologie fondamentale. Ed. McGraw- Hill, Paris, 397 p.

ROBBINS, A.M.J. (1982 b): Personal communication.

S. SEFEROGLUA, H.G. SEFEROGLUA, F.E. TEKINTASA, F. BALTA, 2006. Biochemical composition influenced by different locations in Uzun pistachio cv. (*Pistaciavera* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, pp. 461–465

SEEBER, G. and AGPAOA, A. (1976): Forest Tree Seeds. *In* Manual of Reforestation and Erosion Control for the Philippines, 473–535. German Agency for Technical Co-operation, Eschborn.

SCHEIDECKER, D, 1961 – La greffe, ses conditions anatomiques, et ses résultats génétiques éventuels, pp 6-7.

SELTZER P., 1946 – Climat de l'Algérie. Ed. Inst. Météo. Phys., Globe de l'Algérie, Alger, 219 p.

SOME (L.M.) et SARY (H), 1987, VON MAYDELL (H.J.), 1983 " Comment choisir les prétraitements à appliquer aux semences forestières" Séminaire national sur les semences forestières, 22-24 Octobre 1987 Ouagadougou (C.N.S.F).

SPINA P, PENNISI F(1957). La culture du pistachier en Sicile. *Riv. Ortoflorofrutticult. Ital.* 19 pp:533-557.

SUSZKA, B. (1978 b): Secondary dormancy of seeds of Prunus species. 2nd ann. report. Polish Academy of Science, Arboretum Kornickie.

TURNBULL, J.W. and MARTENSZ, P.N. (1983): Aspects of seed collection, storage and germination in Casuarinaceae. Australian Forest Research.

United States Department of Agriculture Agricultural Research Service USDA National Nutrient Database, 2012

VALENCIA, A.R. (1973): Germination of Moluccan Sav (Albizia falcata) seeds soaked in hot water. *Occ. Pap. Bur. of For., Philippines*, N° 50.

VORA R.S. (1989) : Seed germination characteristics of selected native plants of the lower Rio Grande Valley, Texas, *Journal of range management*, 42(1), pp 36-40.

WHITEHOUSE W.E (1957).The pistachio nut, a new crop for the Western United States.*Econ. Bot.*, 11:281-321.

WOODROOF J.G (1979) - The nuts, production processing products. Vol. III, 2nd Edition, The AVI Publishing comp., Inc., Westport Connecticut.

WOOD, P.J. (1967): Teak planting in Tanzania. *Proc. World Symposium on Manmade Forests and their Industrial Importance*, Vol. 3, 1631–1644. FAO, Rome.

WUNDER, W.G. (1966): The handling of seed in Sudan forestry. Pamphlet N° 19, Sudan Forests Dept. and UNDP Forestry Research and Education Project. Forest Res. Inst., Soba, Khartoum.

ZBIRI, F., GHRAB, M., BENMIMOUM.M., BENSALAH, M., 2013. Inventaire des variétés de pistachier en Tunisie. Institut de l'olivier, Tunisie, p7

ZOHARY M., 1952 - A monographical study of the genus *Pistacia*. Palestine Journal Bot. J. Séries, 5 pp:187-228.

ZUANG H., BARRET P, BEAU C., 1988 : Nouvelles espèces fruitières, ed. Ctifl geysler, conservatoire botanique des porquerolles, pp : 142-147

## Annexe 1. Variables observées et taille de l'échantillon

	Paramètres	Nombre d'échantillons
1.	Port de l'arbre	25 arbres
2.	Vigueur	25 arbres
3.	Longueur de la feuille	100 feuilles
4.	Largeur de la feuille	100 feuilles
5.	Longueur de la foliole terminale	100 feuilles
6.	Largeur de la foliole terminale	100 feuilles
7.	Largeur du fruit	140 fruits
8.	Longueur du fruit	140 fruits
9.	Diamètre du fruit	140 fruits
10.	Rapport diamètre/longueur du fruit	140 fruits
11.	Largeur de l'amande	140 fruits
12.	Longueur de l'amande	140 fruits
13.	Diamètre de l'amande	140 fruits
14.	Rapport diamètre/longueur de l'amande	140 fruits
15.	Poids sec de 100 fruits	7 fois 100 fruits
16.	Poids de 100 amandes	7 fois 100 amandes
17.	Nombre de fruits 100 g	7 fois 100g
18.	% de déhiscence	7 fois 100 fruits
19.	Productivité	25 arbres
20.	Poids sec amandes/poids sec fruits x100	
21.	<b>Analyse biochimique</b>	
22.	Humidité	
23.	Matière organique	
24.	Cendres	
25.	Sels minéraux (Na, Ca, K)	
26.	Acidité	
27.	Protéines	
28.	Sucres totaux	
29.	Lipides	

## Annexe 2 : Matrice de comparaison

Variétés	Achouri	Adjmi	Batouri	Bayadhi	Neb-djemel
Caractères					
Port	1	2	3	1	3
Feuilles	4	3	2	5	1
Vigueur	1	3	4	5	2
Fruit	5	4	1	3	2
Diamètre/longueur du fruit	4	1	3	2	5
Amande	5	2	1	3	4
Diamètre/longueur amande	4	1	3	2	3
Poids sec des fruits	5	3	1	4	2
Poids sec des amandes	5	1	2	3	4
Production	4	1	5	2	3
Nombre de fruits dans 100g	1	3	5	2	4
Taux de déhiscence des fruits	2	1	3	4	5
Poids sec amandes/poids sec fruits x100	4	1	3	2	5
Humidité %	5	1	3	4	2
Matière organique %	2	4	3	1	5
Cendres %	4	2	3	5	1
Acidité %	2	4	3	1	5
Sels minéraux%	5	3	1	4	2
Protéines %	4	3	1	5	2
Lipides %	2	5	1	3	4
Sucres totaux %	1	5	4	2	3
Total	70	53	55	63	67



## Biochemical and biometrics characterization of five varieties of *Pistacia vera* L. grown in Maoussa experimental station (northwest of Algeria)

Sid Ahmed Boualem, Khéloufi Benabdeli and Abdelkader Elouissi

University of Mascara, Faculty of Nature and Life, Geo-Environment Laboratory, Mascara, Algeria

### ABSTRACT

Both biometric behavior study and fruit biochemical analysis of five varieties of Syrian *Pistacia vera* introduced in Algeria in 1998 and raised in semi-arid bioclimatic stage (common Maoussa, Mascara, Algeria) led to a qualitative comparison. Based on the pistachio descriptor criteria established by the International Plant Genetic Resources Institute in 1997, characterization and descriptor of female varieties of pistachio were performed. The obtained results allow the better choice of species breeding in semi-arid zone of sandy clay soil structure under an average annual rainfall of 385 mm. The best fruit biometric and biochemical characteristics increase as follows: Achouri, Neb-djemel, Bayadhi, Batouri and Adjmi.

**Keywords:** *Pistacia vera* L.; biometrics; fruit; kernel; varieties

### INTRODUCTION

Pistachio (*Pistacia vera* L.) the only edible crop among the 11 species of the genus *Pistacia* [1] is a dioecious tree belonging to the family *Anacardiaceae* (cashew family), order Sapindales [2, 3].

It's difficult to determine the original center of Pistachio. The majority of *Pistacia* stands and crops are found in a region between 30 ° and 40 ° parallel north, the Mediterranean and the Himalayan foothills [4, 5, 6, 7, 8]. According to Fasihi Harandi and Ghaffari, [9], the *Pistacia veraspecies* is native to Central Asia.

Pistachio trees grow naturally in arid regions of Asia (Middle East) and Africa (Maghreb) which characterized by hot, dry summers and moderately cold winters. They are present in Australia, few countries in America (United States and Mexico) and the Mediterranean Europe [10]. This tree is more tolerant of poor soils and does best on those that are sandy, clay, relatively deep, well drained and calcareous [11]. Iran and the USA are the leading countries in pistachio production in the world (approximately 65% of the world production) followed by Turkey, Syria and China [12].

The pistachio (*Pistacia vera* L.) is an interesting species by its ecological characteristics. It was introduced to Algeria in 1970 in the semi-arid bioclimatic stage for nut production and to engaging in agroforestry. The few successful plantations cover only 400 hectares.

The limited interest to this species in spite to its ecological and economic properties is justified by the lack of agronomists' interest in the selection of varieties adapted to the environmental Algerian conditions. The main constraints to the expansion of *Pistacia vera* area are technical, mostly bad choice of varieties and a lack mastery of grafting.

The purpose of this work is to characterize each variety in order to facilitate its identification and to orient the choice of the graft during the grafting operation.

## EXPERIMENTAL SECTION

The description was conducted on plants of the experimental farm of TIFTV in the pistachio orchard where five Syrian varieties (Achouri, Neb-djemel, Bayadhi, Adjmi and Batouri) were planted in 1998 with a planting density of 400 plants per hectare on alluvial soil type and which were tested based to the descriptor of this species from the International Institute of Genetic Plant Resources of Rome [13]. This orchard characterized climate is Mediterranean type belonging to the semi-arid bioclimatic stage according to fresh winter Emberger, he was designed for the production of seed for the development of plants rootstocks. The measures relating to dimensions of the fruit and almond are carried out on a sample of 7 times 20 fruits taken at random from trees. For leaves, a sample of 5 x 20 sheets was taken from five trees of each variety. The number of the five varieties analyzed for their morphological and biometric parameters are 20; and about the biochemical analysis of fruit aspect, 8 parameters have been retained and all recapitulated in Appendix 1 with the observed and analyzed sample sizes.

Concerning the biochemical analyzes, the total sugars were determined by the Dubois method, ash and organic matter by burning at 750 °C, the moisture by drying at 105 °C, the protein by the Kjeldahl method and the lipids by the method of Soxhlet.

The results have been analyzed focused on the study of the variance with comparison of means with the Newman-Keuls test (Fisher test) at a probability level of 5% using XLSTAT version 2015 program and the analysis of the average by principal components analysis of the various characters studied by the Statistica software.

## RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. The tree habit

The habit provides information on the natural distribution of branches and main ramifications, secondary and tertiary, it can be: erected (1), semi erected (2), spread (3) or falling (4) (Figure 1) [14]. Based on the figure below of pistachio descriptor.

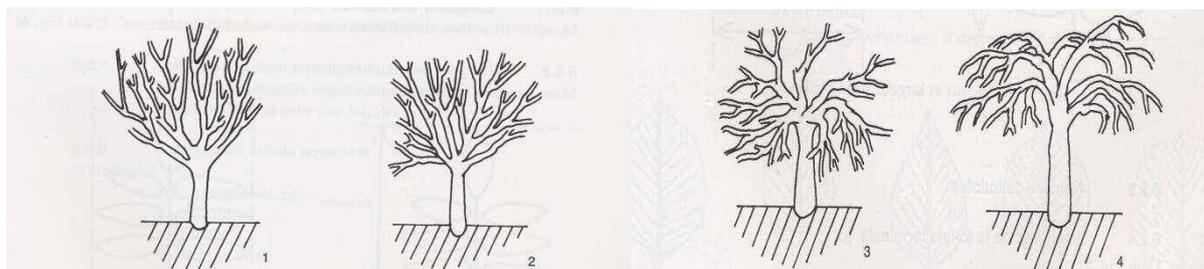


Figure 1. Habit of the tree (IPGRI, 1997)

From the result, Achouri and Bayadhi varieties have erect habit; Neb-Djemel and Batouri port are spread, while Adjmi is semi-erect. Habits of these varieties introduced in Algeria are quite similar to other varieties like Mateur, Kerman, Uzum, Kirmizi and Mknassy [15] and different to Lybie rouge and Ohadi, uncultivated varieties in Algeria which have falling habit [14]. Erected and semi erected habits seems the most interesting because they are suitable to the agroforestry practice.

### 3.2. The vigor

The best results in terms of diameter were recorded for Achouri and Neb-Djemel varieties 12.19 and 10.54 cm respectively. The diameters of the other three varieties remain substantially the same with only 10 cm as shown in Figure 2. The analysis of variance revealed no significant difference between varieties.

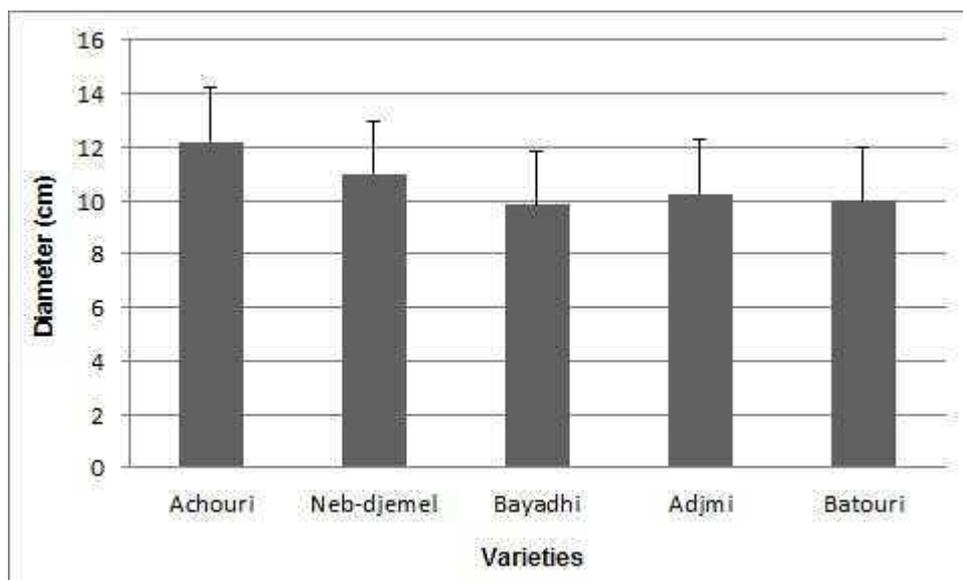


Figure 2. The trunks diameter variation in of five varieties of pistachio

### 3.3. The leaf

The leaf Neb-Djemel variety has the largest value of length (19.95 cm), while the Bayadhi variety records the lowest (16.02 cm). For the width of the leaf, the Batouri variety obtains the largest value, 18.46 cm; while Bayadhi variety had the lowest, 16.98 cm (Figure 3).

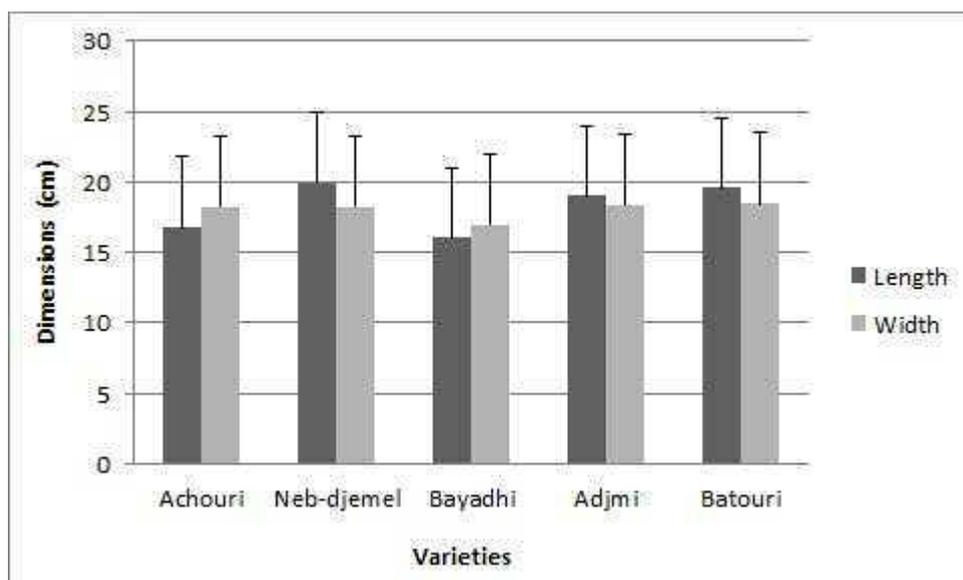


Figure 3. Length and width of the leaves of five varieties of pistachio

The analysis of variance revealed that there were statistically an important significant differences between the leaf length of different varieties of  $F_{cal} = 33.27$ . The varieties differ significantly in the length of their leaves while ANOVA showed significant differences between the leaf width of different varieties of  $2.30 = F_{cal}$ .

### 3.4. The terminal leaflet

The terminal leaflet is an interesting parameter to differentiate between the five varieties, which are confirmed by the results obtained and summarized in Figure 4.

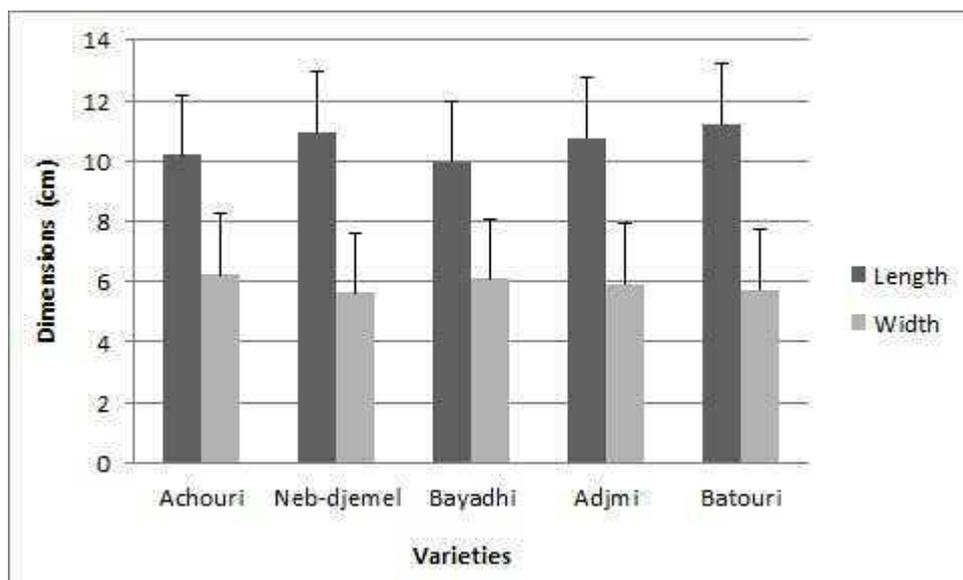


Figure 4. Length and width of the terminal leaflet variation of five varieties of pistachio

The Batouri variety has the highest length value (11.24 cm), while Bayadhi variety recorded the lowest (9.97 cm). Regarding to the width, the Achouri variety has the largest value (6.23 cm); while Neb-Djemel variety revealed the lowest (5.63 cm). The obtained Data show a significant difference between the length and width of the terminal leaflet of different varieties.

### 3.5. The fruit

This is a decisive parameter in the selection of varieties in terms of economic importance as shown in Figure 5 below.

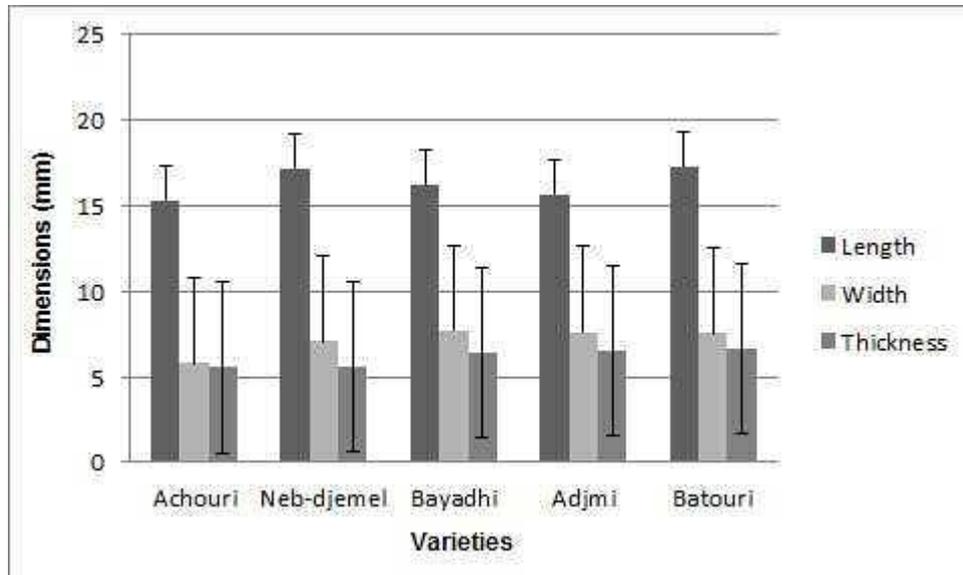


Figure 5. Fruit length, width and thickness of five of five varieties of pistachio

The smaller dimensions were showed in the fruit of Achouri variety, when Batouri variety gets the greatest values 17.31 mm in length and 6.63 mm in thick. These results are similar to those of Mendes *et al.* [16]. Who showed that this variety which in grown a Portuguese orchard has a very important length and thickness compared to other studied varieties. The Bayadhi variety gives wider fruits (7.7mm). The analysis of variance of the three-dimensions revealed a highly significant difference between varieties.

### 3.5.1. Thickness / length ratio of the fruit (T/L)

The ratio thickness / length of the fruit is an interesting indicator for economic selection. The Adjmi variety presents the highest ratio E / L (0.41) while Neb-Djemel variety showed the lowest (0.32) (Figure 6). Mendes *et al.* [16] have obtained similar results with a ratio of 0.60 for Adjmi variety and 0.58 for Batouri variety.

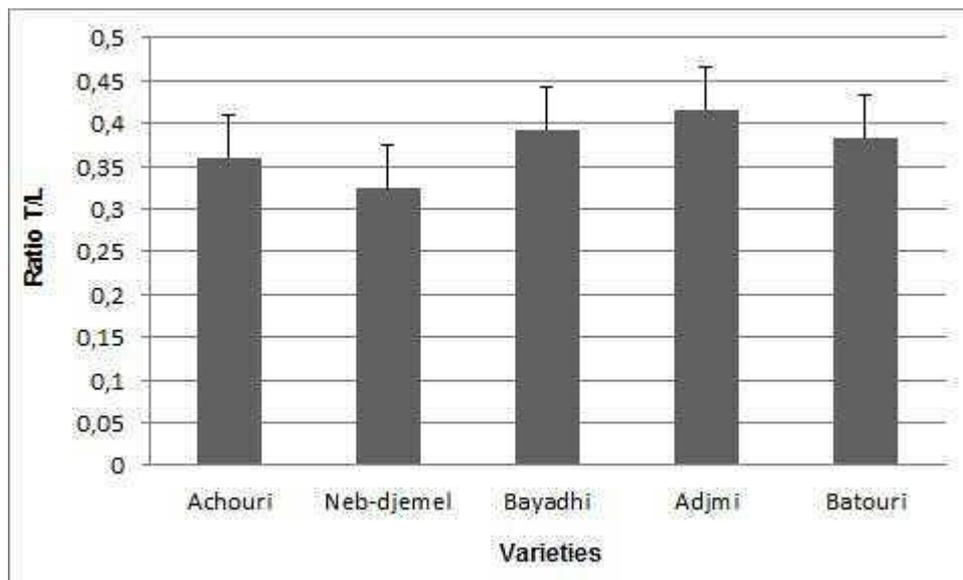


Figure 6. Thickness / fruit length ratio of five of five varieties of pistachio

### 3.6. Kernel

The obtained results (Figure 7) revealed that Batouri variety gets the highest dimensions, 12.61 mm for length and 4.04mm for width. The kernel of Adjmi variety has the greatest thickness, 4.01mm, that Achouri variety records the lowest length values 15.32 mm and thickness 3 mm; while the kernel of Neb-Djemel variety reaches only 2.77mm. The results obtained by Mendes *et al.* [16] on the length of the kernel for Batouri, Adjmi and Achouri varieties are respectively 16.82, 16.24 and 15.59 mm, superior to our results.

Regarding the thickness, it was 8.4 mm for Adjmi variety, 8.38 mm for Batouri variety and 7.7 mm for Achouri variety, higher to our results. These dimension differences can be explained either by the age of the trees or the soil and climatic conditions of the planting zone. The analysis of variance of the three dimensions of the kernel of the five varieties (length, width and thickness) shows a highly significant difference and can retain this parameter as criteria for selection of varieties.

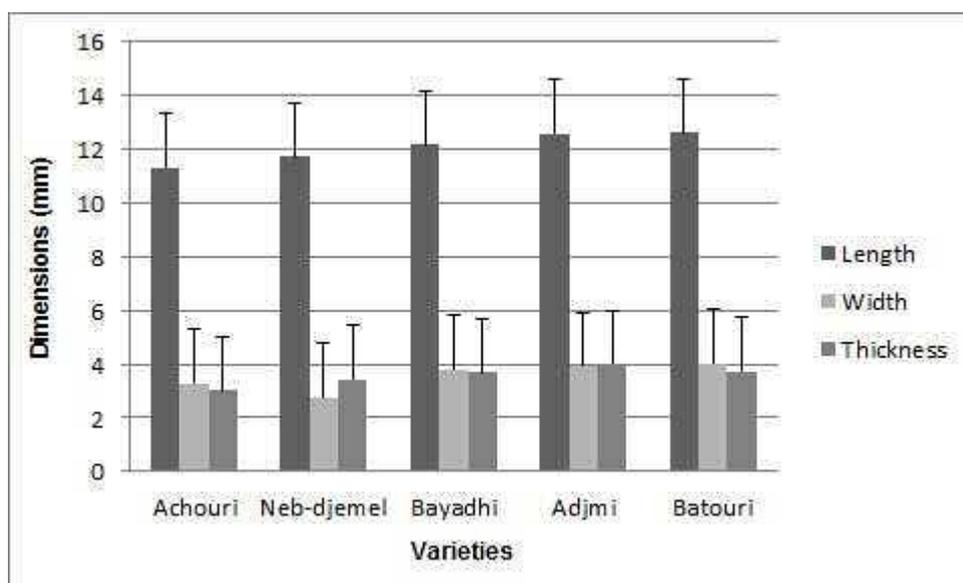


Figure 7. Kernel length, width and thickness of five varieties of pistachio

### 3.6.1. Thickness/length ratio of kernels

The exploitation of measurements carried out and returnable in Figure 8 puts Adjmi variety in the first position with a higher T/L ratio, 0.31. In contrary, the Achouri variety presents the lowest ratio, 0.26. Our results confirm the results of Mendes [16], which found that the Adjmi variety had the highest T/L ratio (0.52) and Achouri the lowest (0.49).

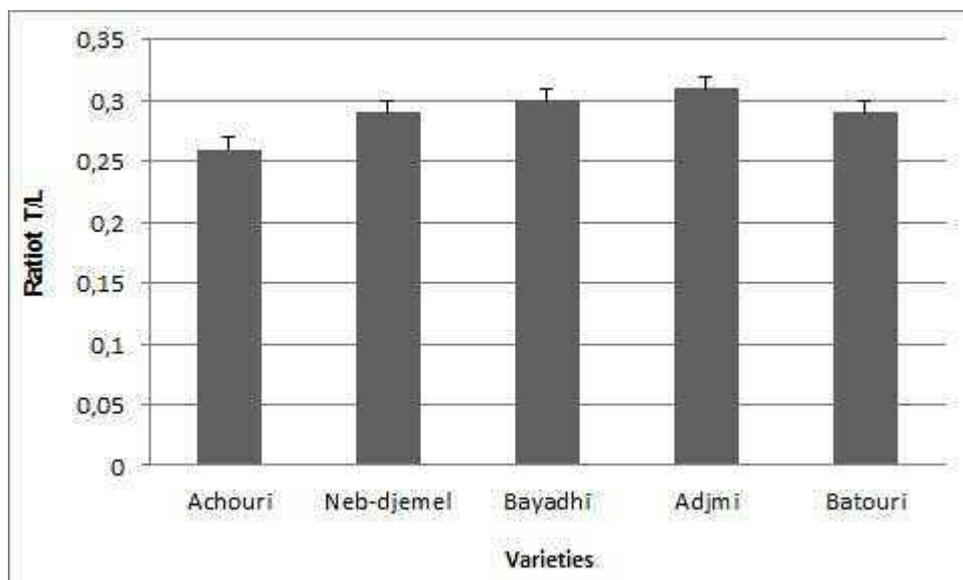


Figure 8. Thickness / kernel length ratio of the five varieties of pistachio

### 3.7. Dry weight of 100 fruits and 100 kernels

The dry weight of 100 almonds is another interesting parameter for comparison between varieties which Batouri variety gives the greater, 131.2 g, followed by Achouri variety (105.83 g), Adjmi variety (68.36 g) and Achouri variety only 50.97 g (Figure 9).

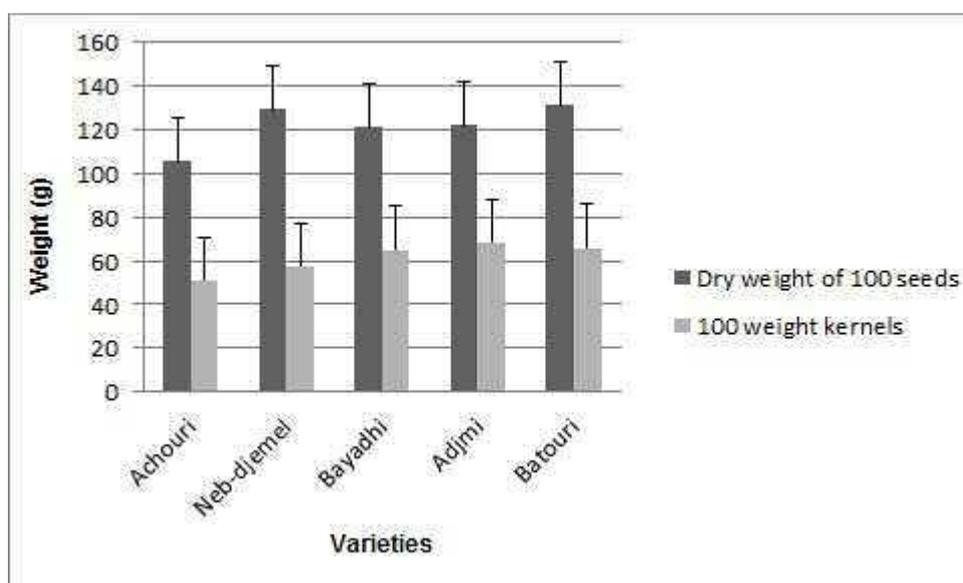


Figure 9. Dry weight of 100 fruits and 100 kernels of five varieties of pistachio

The analysis of variance of the two parameters revealed a highly significant difference between the samples which can use as criteria for comparing the five varieties.

### 3.8. Number of fruits in 100g

In terms of yield, the number of fruit per 100g is an interesting parameter and the results recapitulated in Figure 10 permit a comparison between the five varieties. The Achouri variety presents 95 fruits in 100g as highest value;

while Batouri variety gives the lowest number, 76. These values are closely related to the dimensions previously described namely length, width and diameter of the fruit. Bayadhi and Adjmi Varieties have respectively 83 and 82 seeds since they recorded the same dry weight of 100 fruits. The analysis of variance of three-dimension revealed a highly significant difference between varieties.

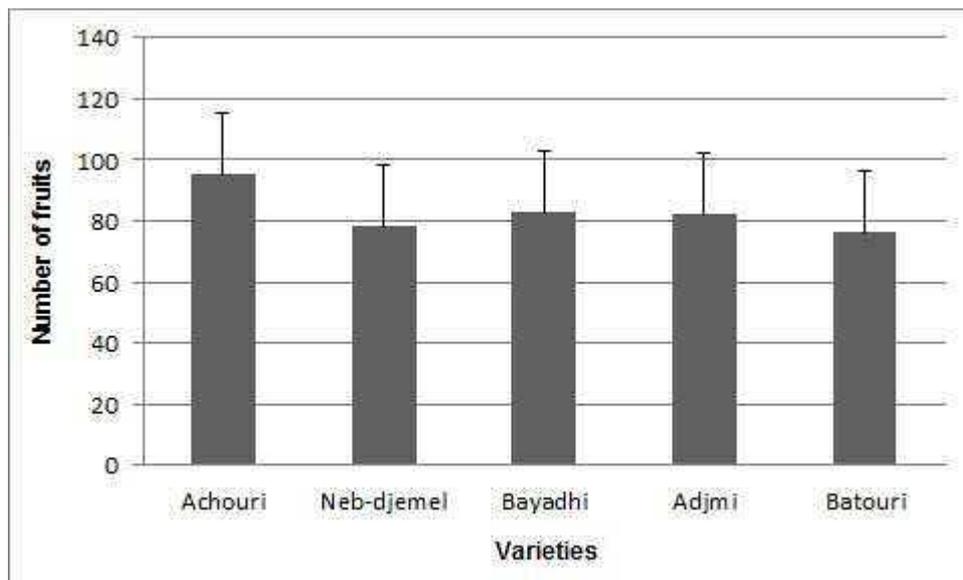


Figure 10. Fruit number in 100 g of five varieties of pistachio

### 3.9. Fruits dehiscence rate

The percentage of dehiscent fruits is a very important characteristic in the pistachio. It can vary depending on the varieties and among samples from the same variety (influence of genetic and environment factors) (Figure 11).

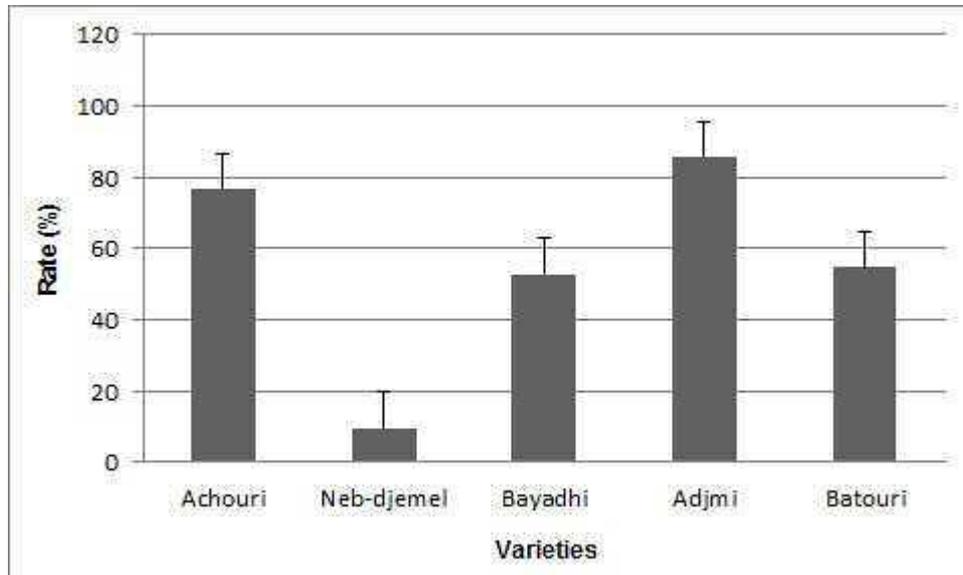


Figure 11. Rate of fruit dehiscence of five varieties of pistachio

Adjmi variety records the highest rate of fruit dehiscence 85.75%, followed by Achouri variety 76.75%. The Bayadhi and Batouri varieties register nearly the same rate 52.88 and 54.77% respectively. The Neb-Djemel variety comes in last place with a dehiscence rate of 9.62%. The results obtained by Oukabli [17] for three consecutive years show that the rate of dehiscence of Achouri, Batouri and Bayadhi varieties are respectively 68%, 60% and 57%. However in Portugal, Mendes *et al.* [16] register 43% in the rate of dehiscence for Batouri variety. Significant differences but confirm the same classification of these varieties. The results obtained by Oukabli [17] for three consecutive years show that the rate of dehiscence varieties Achouri, Batouri and Bayadhi are respectively 68%,

60% and 57%. This factor plays an important role in the marketing of pistachios; in fact many consumers appreciate the benefits of open pistachio nuts to those with closed shells.

The analysis of variance of this parameter shows a highly significant difference between varieties.

### 3.9. Productivity

Productivity gives information on yield per tree and is a useful parameter for the choice of the plant variety (Figure 12).

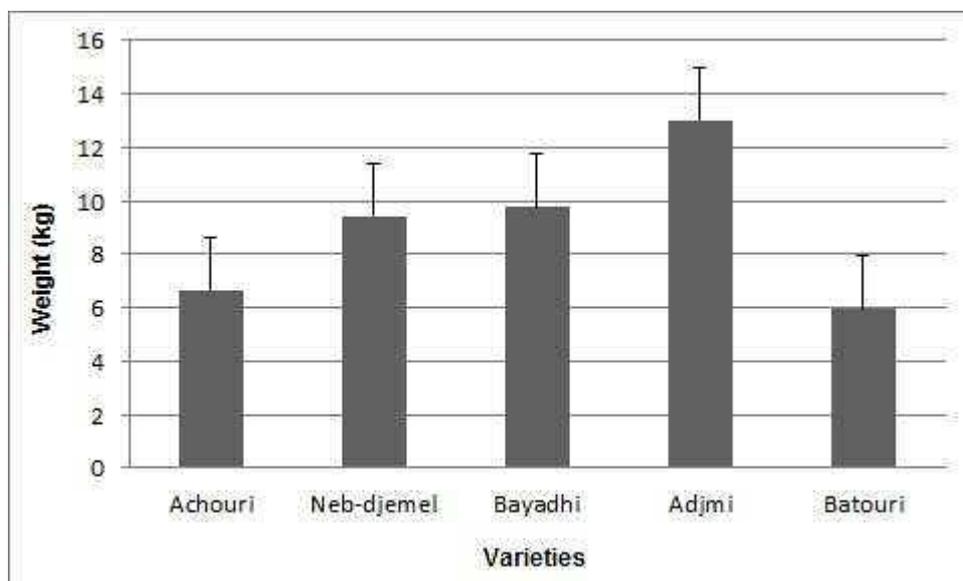


Figure 12. Fruit productivity by tree of five varieties of pistachio

The results show clearly that Adjmi variety is the most productive variety with 13 kg / tree. The least productive varieties are Achouri and Batouri with average of 6 kg / tree. Neb-Djemel and Bayadhi varieties produce 9 kg / tree.

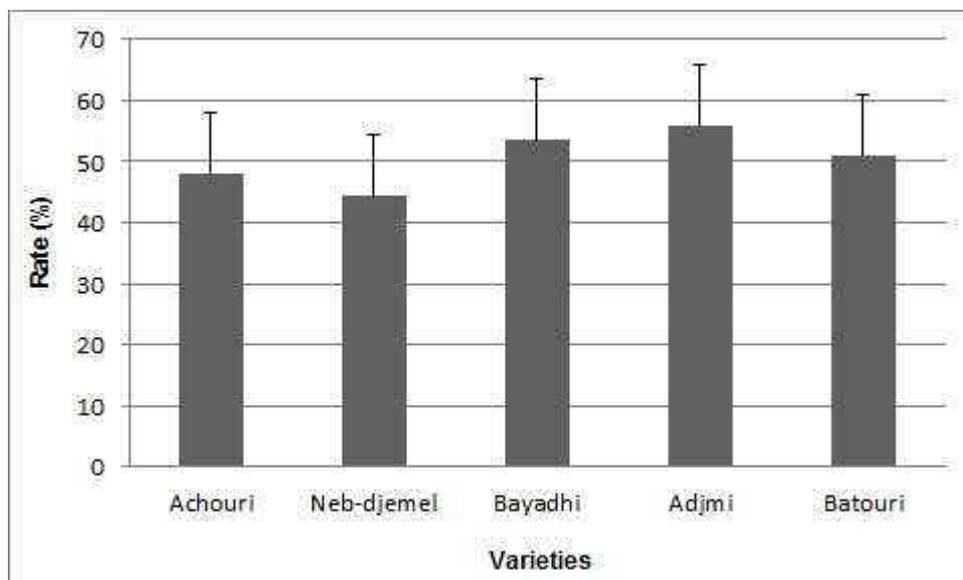


Figure 13. Ratio of Dry weight of kernels / Dry weight of fruits x100 of five varieties of pistachio

### 3.10. Kernels dry weight / dry weight x100 fruits

Almonds dry weight and dry weight fruit ratio gives idea on the economic profitability of the five varieties. The obtained and recapitulated measurements in Figure 13 show that Neb-Djemel variety has the lightest epicarp compared to other varieties. Indeed about 44% of the fruit weight is lost when it is commercialized without epicarp, in contrast to the Adjmi variety which has the heaviest epicarp (56% of the fruit weight). Mendes *et al.* [16]

emphasize 47.82% of epicarp rate of Batouri variety, fairly similar to our result (51%). The analysis of variance of this parameter shows a highly significant difference between the varieties, which can take it as classification criteria.

#### 4. Biochemical Analysis

To refine comparison parameters, biochemical analysis of five varieties is essential. Table 2 summarizes the results of the biochemical analysis of fruits of the five studied varieties.

**Table 2. Biochemical analysis results of the fruit of five varieties of pistachio**

Varieties	Humidity %	O. M %	Ash %	Acidity %	Minerals %	Proteins %	Lipids %	Total sugars %
Achouri	3.65	97.82	2.18	1.48	0.39	5.61	32.51	10.91
Neb-djemel	5.10	96.57	3.43	0.68	0.46	8.50	22.50	8.66
Bayadhi	3.94	98.41	1.59	1.56	0.44	4.93	26.13	9.12
Adjmi	5.43	97.52	2.48	1.04	0.45	6.12	31.78	6.65
Batouri	4.19	97.60	2.40	1.40	0.53	12.41	33.11	8.13

The pistachio seeds of five varieties shows high lipid content with over 30% for Achouri Adjmi and Batouri varieties while Neb-Djemel and Bayadhi varieties have rates of 22.5 and 26% respectively. Our results are lower to those found by Ghalem and Behassaini [18] and those indicate by USDA National Nutrient Database [19] in which are respectively 40% and 45%. While Agar *et al* [20] showed that the fat content of the Turkish varieties ranged from 48.55% to 58.50% and from 47.65 to 63.31% for Iranian varieties.

Regarding protein, Batouri variety had the highest rate of 12.41%, Achouri and Bayadhi varieties recorded the lowest rate with 5.61 and 4.93% respectively. Turkish Uzun variety contains 27.7% of protein [21] and 20.5% for Idaho and Kerman, Iranian varieties [22]. According to USDA National Nutrient Database [19], the protein rate is 20%. For organic matter, minerals and total sugars, the results are rather close and are not parameters of differentiation. The humidity rates of Syrian and Iranian varieties were respectively 4.5% and 3.5%, while the ash content are 2.41% and 2.81%. For minerals, the amount of potassium of the Iranian varieties is five times more than the Syrian varieties. In contrast the sodium content of the Syrian varieties is seven times more than the Iranian varieties. But about the calcium, the varieties of the two different origins present nearly the same proportion [22].

#### 5. Synthesis of the obtained results

The exploitation of the obtained results permits to retain some important information which facilitates the selection of varieties:

- The Achouri variety is the strongest with a trunk diameter of 12 cm;
- The fruit of Batouri variety has the longest and largest diameter;
- The fruit of Bayadhi variety is the widest;
- The almond of Batouri variety is the longest and widest;
- The fruit of Adjmi variety is the largest;
- The variety Batouri has recorded the highest weight of 100 fruits;
- The Adjmi variety showed the highest rate dehiscence;
- The Adjmi variety was the most productive, while Batouri variety was the least;
- The Adjmi variety scored the highest yield, while Neb-Djemel variety gives the lowest.

The matrix (Appendix 2) recapitulates all the biometric data and permit a ranking of the five varieties according to their qualities. Concerning the biochemical composition of the fruit, all studied varieties showed almost the same rate except fats, proteins and minerals contents.

The classification is done on the basis of the number of times that the variety has been ranked the first in the criteria comparison. The obtained results are summarized in Table 3.

**Table 3. Comparison Matrix**

VarietiesCharacters	Achouri	Adjmi	Batouri	Bayadhi	Neb-djemel
1 <sup>st</sup> place	4	7	6	3	2
2 <sup>nd</sup> place	4	3	2	6	6
3 <sup>rd</sup> place	0	6	9	4	4
4 <sup>th</sup> place	7	3	2	4	4
5 <sup>th</sup> place	6	2	2	4	5
Ranking	5	1	2	3	4

## CONCLUSION

The obtained results permit to show significant differences between the five studied varieties in regard to their agronomic and commercial characteristics such as the vigor, the tree habit, productivity and fruit and almond characters.

The choice of the most adapted and effective pistachio varieties in terms of vigor and production in the study area are as follows: the first is the Adjimi variety followed by Batouri, Achouri, Bayadhi and the last is Neb-Djemel.

## Acknowledgements

The authors wish to thank the head of the experiment station of TIFTV Maoussa for his help in the realization of this work. Thank you also to Professor Benabdeli Kheloufi for his suggestions and manuscript preparation.

## REFERENCES

- [1] Ak, B.E. **1998**. *Acta Horticulturae*, 470: 510-515.
- [2] Stevens P. F. **2008**. "Angiosperm Phylogeny Website, Version 9," <http://www.mobot.org/MOBOT/research/Arweb/>
- [3] Hussain A. **2012**. Micro-propagation Studies in Juvenile Tissues of *Pistacia vera* L. *Biologia (Pakistan)*, 58 (1&2): 101-121.
- [4] Jacquy, P., **1973**. La culture du pistachier en Tunisie. AGP.TUN/72/003, Tunis, 97 p.
- [5] Padulosi, S., Caruso, T., Barone, E., van Mele P., Kaska, N., **1997**. *Acta Horticulturae*, 470, 138-142.
- [6] Kaska, N., **2002**. *Acta Horticulturae*, 591, 443-455.
- [7] Panahi, B., Talaie, A., **2002**. *Acta Horticulturae*, 591, 263-264.
- [8] Behboodi, Sh., **2003**, Ecological distribution study of wild pistachios for selection of root stock. *XIII Grempe Meeting on pistachios and almonds*, 13-14
- [9] FasihiHarandi O., et Ghaffari M., **2001**. Chromosome studies on pistachios (*Pistacia vera* L.) from Iran, 35- 39 cité dans *Cahiers options méditerranéennes. XIème colloque du Grempe sur le pistachier et l'amandier, 1- 4 septembre 1999, Zaragoza, Vol 56*, 415 p.
- [10] Laghzali M. et Oukabli A., **1992**. Etude des exigences thermiques d'une série de variétés de pistachier cultivées au Maroc (*Pistaciavera*L.). 295 – 298cité dans *Amélioration génétique de deux espèces de fruits secs méditerranéens : L'amandier et le pistachier. 8ème colloque, 26 - 27 juin 1990, France*, 372 p.
- [11] Chebouti Y., **2002**. Note technique sur la culture du pistachier fruitier. *La forêt Algérienne*, 4, 32 – 36
- [12] Gunver-Dalkilic G and Dayi-Dogru, O. **2011**. *Pak. J. Bot.*, 43(2): pp.841-848.
- [13] IPGRI, **1997**. *Descripteurs du pistachier (Pistacia vera* L.). Institut international des ressources phytogénétiques, Rome - Italie, 53p.
- [14] Zribi, F., Ghrab, M., Benmimoum, M., Bensaleh, M., **2013**. Inventaire des variétés de pistachier en Tunisie. Institut de l'olivier, Tunisie, p7.
- [15] Ak, B.E. et Agackesen N. **2005**. Effects of soil type and irrigation on yield and quality of 'Kirmizi' pistachio cultivar. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 63, 239- 245
- [16] Mendes Gaspar A., Monastra F., Romero M.A., Rouskas D., Vargas F.J., **1997**. Sélection de variétés de pistachier adaptées à l'aire nord méditerranéenne In : Germain E. (ed.). *Amélioration d'espèces à fruits à coque : noyer, amandier, pistachier. Zaragoza : CIHEAM, 1 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; 1 6)*. 12-28
- [17] Oukabli A., **1998**. Impact of some factors on dehiscence and production of empty fruits in the pistachio (*Pistaciavera* L.). *Zaragoza : CIHEAM, (Cahiers Options Méditerranéennes 33)*, 67- 73
- [18] Ghalem.B et Benhassaini.H., **2007**. *Afrique science*, Vol 3, 408p.
- [19] United States Department of Agriculture Agricultural Research Service USDA National Nutrient Database, **2012**
- [20] Agar, I.T., Kafkas, S. and Kaska, N. **1998**. Lipid characteristics of Turkish and Iranian pistachio kernels. II International Symposium on Pistachios and Almonds *Acta Hort. (ISHS)* 470,378-386
- [21] Seferoglua, S. Seferoglua, H.G. Tekintasa, F.E. Balta, F. **2006**. *Journal of Food Composition and Analysis* 19 (2006) 461–465
- [22] Kashaninejad, M. and L.G. Tabil. **2011**. Pistachio (*Pistacia vera* L.). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Volume 4*:.218-246.

## Annex 1

	Parameters	Sample number
1.	Tree habit	25 Trees
2.	Vigor	25 Trees
3.	Leaf length	100 Leaves
4.	Leafwidth	100 Leaves
5.	Length of the terminal leaflet	100 Leaves
6.	Width of the terminal leaflet	100 Leaves
7.	Width of fruit	140 fruits
8.	Length of fruit	140 fruits
9.	Fruit diameter	140 fruits
10.	Thickness / length ratio of the fruit	140 fruits
11.	The kernel width	140 fruits
12.	The kernellength	140 fruits
13.	The kerneldiameter	140 fruits
14.	Thickness / length ratio of the kernel	140 fruits
15.	Dry weight of 100 fruits	7 x 100 fruits
16.	Weight of 100 kernels	7 x 100 amandes
17.	Fruit number in 100 g	7 x 100g
18.	% of dehiscence	7 x 100 fruits
19.	Productivity	25 trees
20.	Dry weight of kernels / Dry weight of fruits x100	
	<b>Biochemical Analysis</b>	
21.	Humidity	
22.	Organic Matter (O.M)	
23.	Ash	
24.	Minerals (Na, Ca, K)	
25.	Acidity	
26.	Proteins	
27.	Total Sugars	
28.	Lipids	

## Annex 2

VarietiesCharacters	Achouri	Adjmi	Batouri	Bayadhi	Neb-djemel
Habit	1	2	3	1	3
Leaves	4	3	2	5	1
Vigor	1	3	4	5	2
Fruit	5	4	1	3	2
Diameter/ fruit length	4	1	3	2	5
Kernel	5	2	1	3	4
Diameter/ almond length	4	1	3	2	3
Dry weight of fruits	5	3	1	4	2
Dry weight of kernels	5	1	2	3	4
Production	4	1	5	2	3
Fruit number in 100g	1	3	5	2	4
Rate of fruit dehiscence	2	1	3	4	5
Dry weight of kernels / Dry weight of fruits x100	4	1	3	2	5
Humidity %	5	1	3	4	2
Organic Matter %	2	4	3	1	5
Ash %	4	2	3	5	1
Acidity %	2	4	3	1	5
Minerals %	5	3	1	4	2
Proteins %	4	3	1	5	2
Lipids %	2	5	1	3	4
Total Sugar %	1	5	4	2	3
Total	70	53	55	63	67