

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département :Electrotechnique et d'automatique



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :

Ecologie

Intitulé

Suivi de quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques des trois cultivars de Grenadier *Punica granatum* L, de la région d'Ain chorfa Wilaya de Mascara.

Cultivés sous trois différents sols de la région de Relizane.

Présenté par :

Mr : ECHECHIKH M'hamed

Mr : KHEDDAOUI Nourddine

Devant les membres de jury :

Président : Mme GHELLAI Malika

Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Encadreur : Mr BACHIR BOUIADJRA Mohammed el amine

Maître assistant (A) (U. Relizane)

Examineur : Mme OUIS MYRIAM

Maître de conférence (A) (U. Relizane)

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu et le tout puissant
pour la
Santé, la patience, la volonté et le courage afin d'accomplir ce
modeste
Travail.

J'adresse le grand remerciement à mon Encadreur Monsieur
Bachir Bouiadjra Mohammed Amine qui à nous aider et
soutenez pour la réalisation de ce mémoire

Pour sa gentillesse, son encagement et ses précieux conseils
Nous tenons également à remercier les membres de jury pour
L'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre
soutenance

Tous particulièrement :

Dr Ouïs Myriame : pour nous avoir fait l'honneur de présider
Le jury de ce mémoire.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Dr Ghellai
malika

Pour nous avoir fait l'honneur d'examiner et évaluer ce
mémoire.

Nous remercions nos enseignants du département de science
de nature et de la vie université de Relizane.

Nous sincère remerciements à tous ce qui nous aidé au niveau
de les

Laboratoires Monsieur Youcef et Abd El kader et tous les
ingénieurs de laboratoires

Nous remercions tous ce qui nos aidé de près ou de loin dans
la
Réalisation des travaux.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Par première classe à Mon très cher père Que Dieu ait pitié de lui et le place dans ses refuges, deuxièmes pour Icône de ma vie ma mère pour ça sacrifice et son encouragement

Toute ma vie, pour leur amour et patience qu'elle ont toujours manifestée que j'espère rembourser sa dette, même si ce n'est qu'un peu

Pour ma grand-mère Khadidja Puisse-t-elle reposer en paix et que je n'oublierai jamais

Mes très chers frères et sœurs

chères amis : Bouchra , Mhamed .

Sans oublier tous les professeurs de notre parcours SNV

Mes camarades de la promotion Master 2 Ecologie

A tous ceux que j'estime

En fin

Et si je dois partir et mourir jeune au moins je sais que je meurs en légende

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Par première classe à Mon très cher père , deuxièmes pour Icône de ma
vie ma mère pour ça sacrifice et son encouragement*

*Toute ma vie, pour leur amour et patience qu'elle ont toujours
manifestée que j'espère rembourser sa dette, même si ce n'est qu'un peu*

Et à mon très cher frère, que Dieu ait pitié de lui

je n'oublierai jamais

Mes très chers frères et sœurs

chères cousin et amis :

Et ma meilleure amie lynda

Sans oublier tous les professeurs de notre parcours SNV

Mes camarades de la promotion Master 2 Ecologie

A tous ceux que j'estime

Résumé

L'arboriculture est exposée à un large éventail de stress environnementaux, tel que la mauvaise qualité des sols. La capacité des espèces et des variétés à surmonter ces obstacles, grâce à leur capacité d'ajuster leur métabolisme représente le principal critère pour la sélection des variétés tolérantes.

L'objectif de notre étude est d'évaluer le comportement morphologique, physiologique et biochimique du grenadier, une espèce couramment cultivée en Algérie, pour son intérêt économique et nutritionnel. Le matériel végétal sélectionné pour notre expérimentation, il s'agit de trois cultivars de *Punica granatum* L. Sefri, Sid ali et Madame, des variétés locales qui se localisent au niveau de la commune d'Ain chorfa wilaya de Mascara. Trois substrats de culture ; sol rouge ; sol noir, sol sableux sont utilisés pour notre dispositif, avec un arrosage à l'eau ordinaire pour rapprocher des conditions de terrain.

Les résultats obtenus permettent de distinguer un déclenchement précoce des bourgeons pour la variété Madame, la longueur des tiges est de l'ordre de 24.7cm pour le Sefri cultivé dans le sol rouge, et Madame cultivé dans le sable. L'ensemble des traits morphologiques montre que la variété Madame est plus adaptée aux différents substrats utilisés. La chlorophylle, les caroténoïdes et la proline s'accumulent davantage pour le Madame cultivée dans le sol rouge. Cette étude montre que ces résultats que la variété de grenadier la plus tolérante à la qualité de sol est en faveur de Madame, l'approche proposée pourrait être utilisée dans la sélection des cultivars destinés à être des portes greffes, et qui présente une large plasticité d'adaptation.

Mots clés : *Punica granatum* L. Sefri, Sid Ali, Madame, cultivars, proline, chlorophylle, caroténoïdes.

الملخص

تتعرض زراعة الأشجار لمجموعة واسعة من الضغوطات البيئية، مثل سوء نوعية التربة. إن قدرة الأنواع والأصناف على التغلب على هذه العوائق، بفضل قدرتها على ضبط عملية التمثيل الغذائي فيها، تمثل المعيار الأساسي لاختيار الأصناف المتسامحة.

الهدف من دراستنا هو تقييم السلوك المورفولوجي والبيوكيميائي للرمان، وهو نوع يزرع عادة في الجزائر، من حيث المعظم و سفري و سيد *Punica granatum L.* فائدته الاقتصادية والغذائية. الأشجار المختارة لتجربتنا هي ثلاثة أصناف من الرمان علي، وهي أصناف محلية تتواجد في بلدية عين الشرفة بولاية معسكر. وتم تحديد ثلاث أنواع من التربة ؛ التربة الحمراء؛ التربة السوداء، التربة الرملية مع الري بالماء العادي لجعله أقرب إلى الظروف الميدانية

النتائج التي تم الحصول عليها تجعل من الممكن تمييز الإطلاق المبكر للبراعم لصنف معظم، ويبلغ طول الساق حوالي 24.7 سم لصنف السفري المزروع في التربة الحمراء، والمعظم المزروع في الرمال. تظهر جميع السمات المورفولوجية إن صنف المعظم أكثر تكيفاً مع الركائز المختلفة المستخدمة. يتراكم الكلوروفيل والكاروتينات والبرولين بشكل أكبر في المعظم المزروع في التربة الحمراء. تظهر الدراسات في هذه النتائج أصناف الرمان الأكثر تحملاً لنوعية التربة هو المعظم، ويمكن استخدام المنهج المقترح في اختيار الأصناف المخصصة لتكون أصولاً جذرية، والتي تقدم لنا مدى التكيف الواسع

لكلمات المفتاحية *Punica granatum L.* السفري . المعظم. سيد علي . اصناف . برولين. كلوروفيل

Abstract

Arboriculture is exposed to a wide range of environmental stresses, such as poor soil quality. The ability of species and varieties to overcome these obstacles, thanks to their ability to adjust their metabolism, represents the main criterion for the selection of tolerant varieties. The objective of our study is to evaluate the morphological, physiological and biochemical behavior of pomegranate, a species commonly cultivated in Algeria, for their economic and nutritional interest. The plant material selected for our experiment is three cultivars of *Punica granatum* L. Sefri, Sid ali and Madame, local varieties which are located in the commune of Ain chorfa wilaya of Mascara. Three growing substrates; red soil; black soil, sandy soil are used for our device, with watering with ordinary water to bring it closer to field conditions. The results obtained make it possible to distinguish an early release of buds for the Maadame variety, the length of the stems is around 24.7cm for Sefri cultivated in red soil, and Maadame cultivated in sand. All the morphological traits show that the Maadame variety is more adapted to the different substrates used. Chlorophyll, carotenoids and proline accumulate more for Maadame grown in red soil. This study shows in these results that the pomegranate variety most tolerant to soil quality is in favor of Maadame, the proposed approach could be used in the selection of cultivars intended to be rootstocks, and which presents a wide plasticity of 'adaptation.

Key words: *Punica granatum* L. Sefri, Sid Ali, Maadme, cultivars, proline, chlorophyll, carotenoids

La liste des tableaux

Tableau 1 : Production de grenade en Algérie (2018).

Tableau 2: Variétés de grenadier autorisées à commercialiser en Algérie.(INRAA,2006).

Tableau 3: Classification botanique du grenadier (Spichiger et *al.*, 2009).

Tableau 4 : Caractéristiques des principales variétés de la grenade (Cauchard, 2013).

Tableau 5 : Composition biochimique et valeur nutritionnelle de la grenade (Wald, 2009).

Tableau 6- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols la longueur de la partie aérienne des jeunes plantes de grenadier cultivés sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Tableau 7- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur le nombre de feuilles des jeunes plantes de grenadier cultivés sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Tableau 8- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse fraîche de la partie aérienne des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Tableau 9- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse fraîche de la partie racinaire des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Tableau 10- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse sèche de la partie aérienne des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Tableau 11- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse sèche de la partie racinaire des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Tableau 12- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la longueur des racines des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats. (16 semaines de culture).

Tableau 13- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en eau des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Tableau 14- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en chlorophylle a des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats. (16 semaines de culture).

Tableau 15- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en chlorophylle b des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats. (16 semaines de culture).

Tableau 16- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en caroténoïdes des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats. (16 semaines de culture).

Tableau 17- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en proline des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats.

La liste des figures

- Fig. 1-** Carte Centres d'origines et de diversité des plantes cultivées (Vavilov, 1974).
- Fig.2-** Les plus grands pays producteurs des grenades au monde (Melgarejo and Valero, 2012).
- Fig.3-** Répartition de la production mondiale de la grenade.
- Fig.4-** Aspect général d'un grenadier en période de floraison
- Fig.5-** Feuilles lancéolées de *Punicagranatum*L. (Bouras, 2019).
- Fig.6-** La fleur de grenadier (Bouras, 2019).
- Fig.7-** Fleurs et fruits du Grenadier (*Punica granatum*).
- Fig.8-** Région d'Ain chorfa Wilaya de Mascara (zone de prélèvement des boutures)
- Fig. 9-** Préparations des boutures des trois cultivars de *Punica granatum* L.
- Fig.10-** Zones de prélèvement des sols.
- Fig.11-** les boutures de grenadier.
- Fig.12-** Dispositif expérimental à la serre.
- Fig.13-** Mesure de Ph et CEC pour l'eau de robinet utilisée dans l'arrosage.
- Fig.14-** Nouvel éclatement d'un bourgeon latéral.
- Fig.15-** Croissance des boutures des trois cultivars après 16 semaines de culture.
- Fig.16-** Mesure de longueur de la partie racinaire après 16 semaines de culture.
- Fig. 17-** le poids frais de la partie aérienne
- Fig.18-** Mesure de poids frais des feuilles médianes de chaque plante pour la mesure de RWC
- Fig.19-** Le dosage de chlorophylle.
- Fig.20-** La lecture de la chlorophylle et caroténoïdes par le spectrophotomètre.
- Fig.21-**Le dosage de proline et sa lecture dans le spectrophotomètre.
- Fig.22-** Courbe d'étalonnage de la proline
- Fig.23-** Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons chez les boutures de cultivar Sefri cultivés au niveau de trois différents substrats.

Fig.24- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons chez les boutures de cultivar Sid Ali cultivés au niveau de trois différents substrats.

Fig.25- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons chez les boutures de cultivar Maadame cultivés au niveau de trois différents substrats.

Fig.26- Longueur de la partie aérienne des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Fig.27- Nombre de feuilles des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Fig.28- Taux de réussite des trois cultivars de grenadier Sefri , Sid Ali et Maadame cultivés sur différentes types de sol.

Fig.29- Biomasse fraîche de la partie aérienne et racinaire des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Fig.30- Biomasse sèche de la partie aérienne et racinaire des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaine de culture).

Fig.31- Longueur des racines des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

Fig.32- Teneur en eau de trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maadame cultivé sous différentes substrats.

Fig.33- Teneur en chlorophylle a et b des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

Fig.34- Teneur en Caroténoides des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

Fig.35- Teneur en proline des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

La liste des abréviations

Ne : nombre éclatements

Nf : nombre des feuilles

Lt : la longueur des tailles

Nr : nombre des ramifications

S : nombre des semaines

Pf : poids frais

Ps : poids sec

Sf : surface de la feuille

RWC : teneur relative en eau

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I- Partie bibliographique	3
1- Apparition et développement :	3
2- Répartition géographique :	3
3- La production mondiale.....	5
4- Production de grenade en Algérie :	6
5- Multiplication	7
5-1 Semis.....	7
5-2 Bouture	7
5-3 Marcotte	8
5-4 Drageons	8
5-5 Greffe	8
5-6 Forme	8
6- Plantation.....	8
Distance	8
7- Fructification	9
8- Taille.....	9
9- Engrais.....	10
10- Soins culturaux	10
11- Les maladies et parasites du grenadier :	10
➤ Les pucerons :	10
➤ Ectomyelois ceratoniae :	10
➤ Les zeuzères :	10
➤ Aspergillus castaneus :	10
➤ Ceratitiscapitata Wiedemann :	10
12- Etudes botanique	11
13- Classification botanique	12
14- Description botanique.....	12
Arbre grenadier.....	12
Feuilles	12

Fleurs	13
Les fruits.....	13
Graine	16
Ecorce du fruit	16
Variétés.....	16
15- Les conditions de culture (sol , climat).....	17
Exigences climatiques	17
Exigences édaphiques.....	17
16- Valeur agronomique du grenadier	18
17- Les différentes utilisations de la grenade :	18
Utilisation dans l'industrie agroalimentaire :	18
Utilisation dans l'industrie cosmétique :	19
Utilisation médicinale.....	19
Utilisation de la grenade dans des produits cosmétiques.....	20
Usage ornemental	21
Autres utilisations.....	21
Valeur nutritionnelle de la grenade	21
Chapitre II- Matériel et méthodes.....	23
I- Le matériel végétal	23
1- Prélèvement des boutures :	23
Epoque de prélèvement des boutures :	23
2- Préparation des boutures :.....	23
3- Méthodologie adopté	24
a- Préparation des pots de culture.....	24
b- Substrats de culture.....	24
4- Dispositif expérimental.....	25
L'arrosage.....	25
Ph et CEC de l'eau utilisé.....	26
5- Les paramètres mesurés.....	26
5-1 Paramètres morphologiques	26
a- Nouvel éclatement des bourgeons	26
b- Nombre de feuilles	26
c- Longueur de la partie aérienne et racinaire.....	27

d- Taux de réussite	27
e- Biomasse fraîche et sèche	28
5-2 Paramètres physiologique.....	28
a- Teneur en eau RWC	28
5-3 Paramètres biochimiques.....	29
a- Pigments chlorophylliens et caroténoïdes	29
b- La proline.....	30
c- Courbe d'étalonnage de la proline.....	31
6- Etude statistique.....	31
Chapitre III – Résultats et interprétations.....	32
I- Paramètres de croissance	32
1- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons.....	32
2- Longueur de la partie aérienne	33
3- Nombre de feuilles	34
4- Taux de réussite	35
5- Poids frais de la partie aérienne et racinaire	36
6- Poids sec de la partie aérienne et racinaire	37
7- Longueur de la partie racinaire	39
II- Paramètres physiologiques	39
1- Teneur relative en eau.....	39
III- Paramètres biochimiques.....	40
1- Teneur en chlorophylle	40
2- Teneur en caroténoïdes.....	42
3- Teneur en proline.....	43
Chapitre V- Discussion et conclusion	44
Référence bibliographiques	46

Introduction

Le grenadier, *Punica granatum* L. est parmi les arbres fruitiers les plus appréciés par les consommateurs, suite à ces intérêts nutritionnels et médicinaux de ces fruits. Cultivées dans tous le protoure méditerranéens, l'Asie centrale jusqu'au la chine. Caractérisé par une diversité génétique assez importante, des centaines de cultivars sont répertoriés partout dans le monde, suite à des caractéristiques d'adaptations à l'ensemble des stress abiotiques telles que la salinité, la sécheresse. Pour ces raisons la culture de grenadier fait attention croissante dans les régions ou la qualité du sol et les conditions climatiques sont moins favorables (Mastrogiannidou et *al.*, 2016).

La grenade (*Punica granatum* L.), de la famille des Punicaceae, est un arbuste à feuilles caduques possédant l'un des fruits comestibles les plus anciens connus (da Silva et *al.*, 2013). Bien qu'elle soit encore considérée comme une culture mineure, elle est aujourd'hui largement cultivée dans le monde entier, notamment dans la zone méditerranéenne, en Asie du Sud et dans plusieurs pays d'Amérique du Nord et du Sud. La demande croissante de fruits de grenade est due au grand nombre de composés ayant une activité biologique tels que les vitamines, les minéraux, les polyphénols et les anthocyanes (Jasuja et *al.*, 2012 ; Ghavipour et *al.*, 2017 ; Singh et *al.*, 2018). Actuellement, la grenade est considérée comme une culture prometteuse pour sa bonne adaptation à un large éventail de conditions environnementales : elle pousse bien dans les régions semi-arides, résistant aux températures élevées et à la sécheresse (da Silva et *al.*, 2013).

En Algérie la culture de grenade est largement répartie partout dans le pays, et au niveau de différents bioclimats. Cependant il existe plusieurs cultivars de qualités différentes signalés dans nos vergés. Cette espèce largement cultivée dans le pays semble être ubiquiste étant donné ses grandes potentialités adaptatives aux conditions environnementales (sols et climats).

Afin de valoriser la diversité génétique de grenadier et les différents cultivars existants en Algérie, et notamment en Oranie, il est important de bien étudier l'ensemble des réponses de quelques matériels végétal disponible face à des stress abiotiques.

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est de suivre le comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois cultivars de *Punica granatum* L. cultivés traditionnellement au niveau de la région d'Ain chorfa wilaya de Mascara. Les boutures sont réparties sur trois types de substrats ; sol rouge, noir et sable de la commune de Ami Moussa Wilaya de Relizane.

Notre document comporte quatre parties :

- Le premier chapitre ; Considération bibliographique consacré pour la présentation de l'espèce *Punica granatum* L.
- Le second chapitre matériels et méthodes ; dans lequel on explique en détail notre protocole expérimental
- Le troisième chapitre ; il destiné pour l'interprétation de nos résultats.
- Et nous clôturons ce travail par une conclusion dans laquelle on récapitulera les connaissances acquises lors de ce travail suivies par des perspectives.

A close-up photograph of a pomegranate branch. The branch features several vibrant orange-red flowers in various stages of bloom, some fully open and others as buds. A single, ripening pomegranate fruit is visible, showing a reddish-orange hue. The leaves are dark green and glossy. The background is a soft, out-of-focus green.

Chapitre I

Partie

Bibliographique

Chapitre I- Partie bibliographique

1- Apparition et développement :

La grenade est originaire de l'Iran aux vallées de l'Himalaya en Inde il y a 5000 ans. Elle fût disséminée à travers le Moyen-Orient par les migrants. En effet sa facilité de conservation et sa grande teneur en eau en fit une nourriture de voyage très adaptée. La grenade arriva en Egypte à partir de la 18ème dynastie via les échanges commerciaux entre les pays du Moyen- Orient. Les Phéniciens cultivaient ce fruit abondamment dans la ville de Carthage.

2- Répartition géographique :

Selon Vavilov (1951) le grenadier appartient au centre du Moyen-Orient IV, qui comprend l'intérieur de l'Asie, l'Iran et le Turkmenistan, puis il s'est acclimaté à la région méditerranéenne depuis des 21 temps immémoriaux en raison de la propagation et la germination facile de ses graines, qui sont dispersées par l'homme, les oiseaux ou d'autres animaux (Sanchez-Monge, 1974).

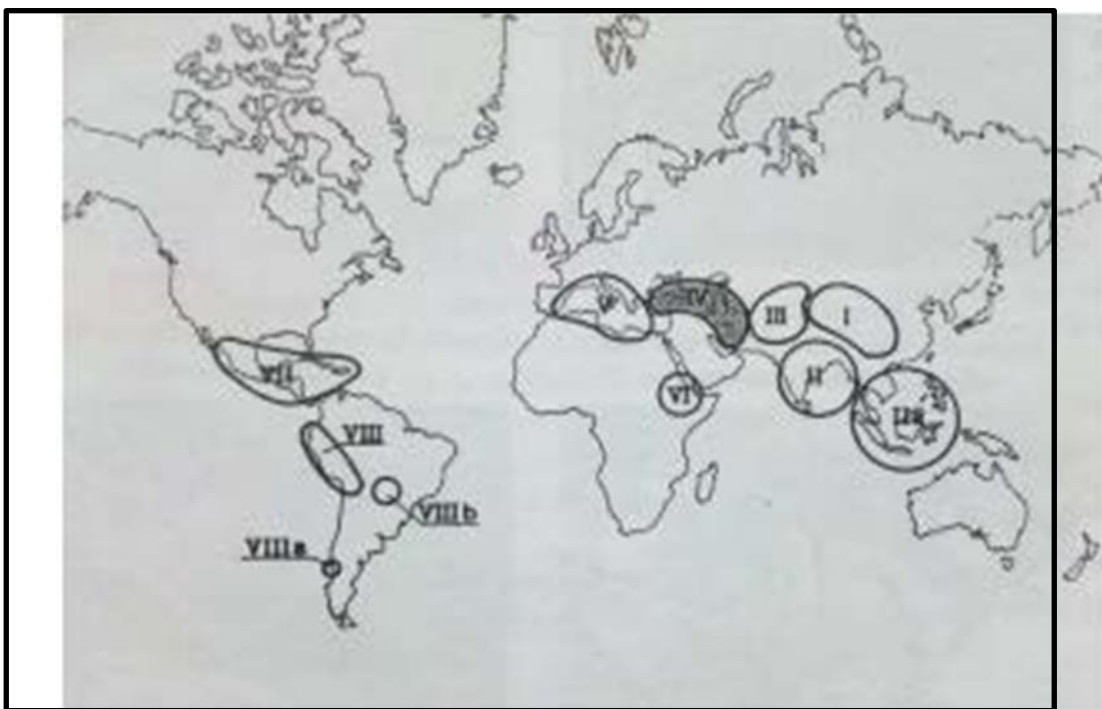


Fig. 1- Carte Centres d'origines et de diversité des plantes cultivées (Vavilov, 1974).

La grande diversité de cette espèce est évidente dans différents pays. En fait, l'Espagne abrite la banque de matériel génétique en Europe avec plus de 104 variétés. De grandes collections existent aussi dans d'autres pays comme l'Inde, le Turkménistan, l'Iran, etc... La collection indienne est

constituée de 760 variétés alors que la plus riche est celle de Turkménistan, où il y a la station expérimentale de ressources phytogénétiques, créée en 1934, avec 1 117 variétés (Mars, 1988).

Outre l'Iran, l'Inde, la Chine et la Turquie qui sont les pays les plus producteurs des grenades (Figure 1), il y a d'autres pays qui sont considérés comme de nouveaux producteurs, à l'instar du Chili, du Pérou et de l'Argentine qui exportent aux USA et en Europe et entrent ainsi en compétition avec l'Espagne qui exporte 18000 T (soit 70 % de sa production nationale). Parmi les pays exportateurs, les USA exportent 17 000 T au Japon, au Canada, au Mexique et en Angleterre, tandis que 80 % de sa production est destinée à la fabrication des jus (Simonian, 2007).

Melgarejo et Valero (2012) ont estimé la production mondiale à environ 3 086 000 tonnes tout en se basant sur les données élaborées par différents chercheurs et des associations à travers le monde. La figure montre les 22 répartitions de la production annuelle des plus grands pays producteurs des grenades au niveau mondial.

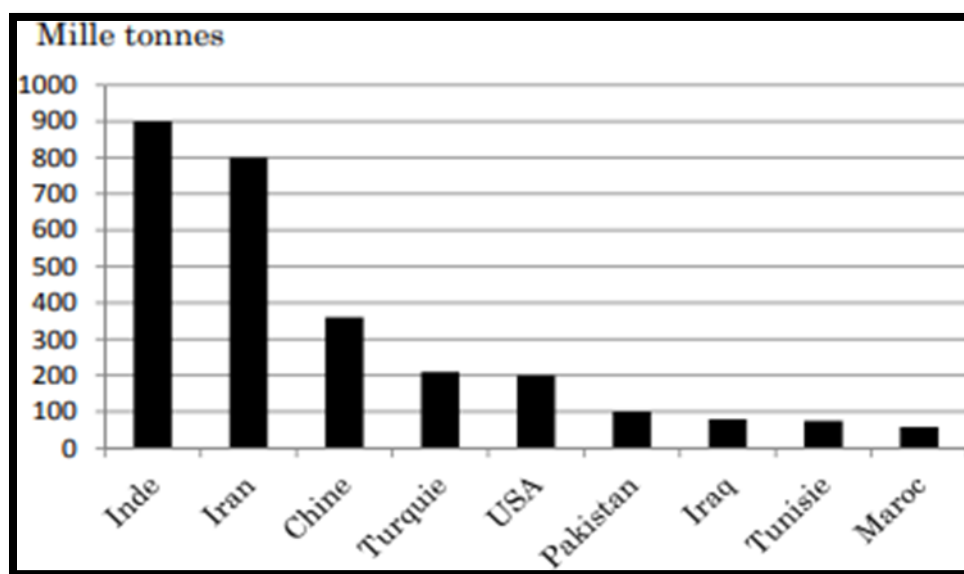


Fig.2- Les plus grands pays producteurs des grenades au monde (Melgarejo and Valero, 2012).

La surface mondiale dédiée à la culture du grenadier est de 300 000 Ha, dont plus de 76 % sont répartis sur cinq pays (Inde, Iran, Chine, Turquie et USA). Cependant, l'Espagne, l'Egypte ont une superficie comprise entre 16 000 et 2 400 ha et sont parmi les pays qui ont développé le secteur d'exportation et aussi la sélection de nouvelles variétés (Quiroz, 2009).

D'autres pays pratiquent également cette culture: Afghanistan, Pakistan, Arménie, Géorgie, Tadjikistan, Jordanie, Italie, Tunisie, Azerbaïdjan, Libye, Liban, Soudan, Myanmar, Bangladesh,

Mauritanie, Chypre et Grèce (Melgarejo and Valero, 2012). Au Maroc, la culture du grenadier s'étend sur une superficie de 8218 ha qui donne une production estimée à 76327 T, soit un rendement moyen de 12 T/ha (MAPM, 2012). Mais cette culture reste moins importante au Maroc par rapport à d'autres cultures telles que : les agrumes et l'abricotier, ayant une superficie respectivement de 44 500 ha et 16 200 ha et qui donnent une production respectivement de 1400 000 et 115 000 Tonnes/An (MAPM, 2012).

Ceci permettra d'organiser la commercialisation et réduire l'intervention des intermédiaires et augmenter de manière substantielle le revenu des producteurs. Ce complexe comportera aussi dans la future une unité d'extraction du jus des grenades et il est prévu aussi dans le cadre du Plan Maroc vert la réalisation d'un deuxième projet qui portera sur l'extension de la superficie cultivée à 400 Hectares.

3- La production mondiale

La production annuelle de grenades est estimée à environ trois millions de tonnes. Les pays les plus producteurs de ces fruits sont l'Inde, l'Iran et la Chine avec une production respectivement de 900 000, 800 000 et 250 000 Tonnes (Melgarejo et Valero, 2012).

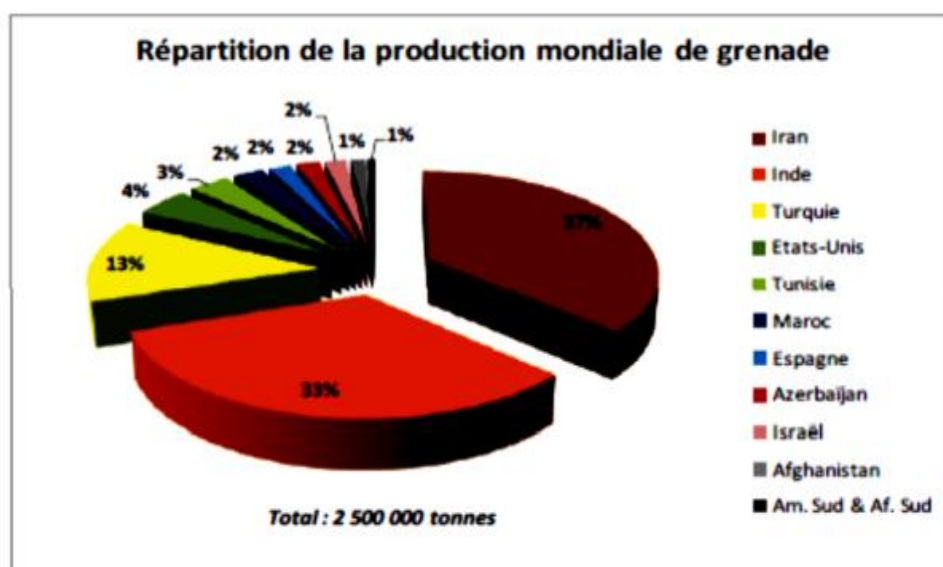


Fig.3- Répartition de la production mondiale de la grenade.

Il existe peu d'information concernant les variétés cultivées en dehors de l'Europe et des Etats Unis. Telles que « Ahmar », « Aswad » et « Holwa » cultivées en Irak, « Loufani » et « Ras el Baghl » de Palestine (Stover et Mercure, 2007).

Dans le monde, les plus importants pays producteurs de grenades sont les pays d'Orient dont l'Iran, la Turquie, la Transcaucasie et l'Inde mais aussi dans la zone méditerranéenne la Tunisie, le Maroc, l'Espagne, l'Italie et la Grèce. Aux Etats-Unis et plus particulièrement en Californie, la culture de la grenade est très développée. La production de grenade est en nette augmentation ces dernières années, montrant un regain d'intérêt pour ce fruit oublié depuis plusieurs décennies.

4- Production de grenade en Algérie :

Selon DSA (2018), la production totale de grenade en Algérie est 421 136 Qx. En remarque que la wilaya de Mostaganem enregistre une grande production avec 186 261 Qx, suivi par Djelfa 110 760 Qx. La wilaya de M'sila est classée la quatrième en terme de production de grenade soit 31 960 Qx.

Tableau 1 : Production de grenade en Algérie (2018).

	Superficie plantée (Ha)	Superficie en rapport(Ha)	Production (Qx)
Djelfa	1240	1186	110 760
Mostaganem	1140	1145	186 261
Relizane	723	705	90 565
M'sila	486	474	31 960
Tlemcen	444	205	1590

Bien que le grenadier soit peu exigeant, les plantations ne sont pas très importantes en Algérie. Il existe de nombreuses variétés de grenades, de qualités très différentes. Plusieurs sortes de grenadier sont signalées dans des petites jardins en Kabylie, on ne connaît que leur appellation locale (Lahlou, Elmouze,...). Quatorze variétés sont actuellement autorisées à la production et à la commercialisation par l'Etat (tableau 2) (INRAA, 2006).

Tableau 2: Variétés de grenadier autorisées à commercialiser en Algérie. (INRAA,2006)

Variétés de grenadier commercialisées en Algérie		
Messaad	Corda travita	Doux de Kolea
Gajin	Sefri	Zemdaautomne
Spanish duoy	Chelfi	Moller huesso
Mellisse	Sulfani	
Espagne rouge	Papers shell	

5- Multiplication

La multiplication du Grenadier se fait : par semis, par boutures, par marcottes, par drageons, et par greffes.

5-1 Semis

Le semis a lieu au printemps, en pépinière, avec la graine récoltée la même année, il faut choisir pour cette opération la graine des variétés à fruits acides et de maturité tardive. Ces variétés sont, en général, plus rustiques que celles à fruits doux. Ce mode de multiplication est peu usité et ne peut être recommandé : il est long et insuffisant en homogénéité des résultats.

5-2 Bouture

La bouture est le seul mode de multiplication pratique des Grenadiers. Le bouturage est simple et donne ordinairement de bons résultats. Le procédé est le suivant : en février-mars on taille les boutures de 20 cm à 25 cm de longueur et de 0,5 cm d'épaisseur. Elles sont mises en pépinière de telle façon qu'un œil seulement reste au-dessus du sol, tous les autres sont enterrés. Les boutures s'enracinent facilement et rapidement et dès le printemps suivant elles peuvent être mises en place. Cependant, il est plus prudent de les laisser en pépinière pendant deux saisons, ce que l'on fait couramment. Parfois les boutures sont taillées en automne ; on les conserve alors pendant l'hiver dans le sable. Au printemps, on

les met en pépinière. Ce procédé de bouturage favorise une repousse plus vigoureuse et plus rapide du jeune arbre, cependant les racines restent moins développées.

5-3 Marcotte

Le marcottage est employé plus rarement quoiqu'il réussisse parfaitement, aussi bien par marcottage simple que par marcottage "chinois" ou en cepée.

5-4 Drageons

La multiplication par drageons est assez facile à obtenir, car le Grenadier en produit parfois abondamment. Du reste ce procédé est souvent employé dans la région méditerranéenne.

5-5 Greffe

La greffe est rarement employée. Elle est effectuée le plus couramment soit en écusson, soit à l'anglaise sur les Grenadiers obtenus par semis ou par drageons.

5-6 Forme

La culture du Grenadier doit se faire en formes libres, en plein vent. Le Grenadier peut être conduit en demi-tige, basse-tige ou buisson. Cette dernière forme est préférable, elle est la plus naturelle pour cette espèce. En demi-tige la hauteur de la tige est de 0 m 40 à 0 m 50. La culture du Grenadier en formes palissés et artificielles doit être totalement délaissée. Son rendement en espalier devient tout à fait défectueux et sa vie brève, car le Grenadier, en général, supporte mal la taille.

6- Plantation

Distance

Le Grenadier est planté soit à 5 m sur 5 m dans un terrain aride et pauvre, soit à 6 m sur 6 m dans un terrain profond et fertile.

Il est imprudent de planter les Grenadiers trop serrés à cause de la charpente buissonnante de l'arbre qui serait trop gênée. Il y a donc tout avantage à lui donner de l'espace. Parfois le Grenadier est planté le long des murs et des haies. Dans ce cas on le plante tous les 4 mètres.

Le Grenadier peut être planté : 1° en verger homogène ou plantation isolé, 2° le long des murs et des haies.

La meilleur époque de plantation est le printemps, notamment en février-mars, à l'état de scion de

deux ans. Les Grenadiers doivent être plantés le plus tôt possible au printemps, dès le moment où le terrain peut être travaillé et pourvu qu'il ne soit pas trop humide. La meilleure époque pour la plantation est le mois de février.

7- Fructification

Le Grenadier, bien soigné, commence à fructifier dans sa quatrième année : à ce moment, la croissance jusque-là vigoureuse, devient plus lente et plus réduite. Dès le commencement de la fructification et jusqu'à 20 ans, le Grenadier pousse lentement, augmentant petit à petit le rendement.

Le rendement de l'arbre dépend beaucoup des conditions du terrain, de la taille, ainsi que de la variété. Dans les terrains sablonneux, légers ou pauvres, les récoltes sont médiocres et irrégulières. Il en est de même si l'arbre est négligé ou si la taille est défectueuse, par exemple trop courte.

C'est pourquoi la taille mal faite diminue la récolte, tandis que, faite attentivement elle peut favoriser la régularité de la fructification et le volume des fruits.

8- Taille

Les principes suivants doivent être suivis pour la taille rationnelle du Grenadier : On doit bien connaître le mode de végétation de l'arbre et les conditions particulières de la fructification du Grenadier.

Le Grenadier est un arbrisseau vigoureux, qui donne chaque année beaucoup de repousses au pied et de drageons.

Ces derniers lui donnent un aspect de touffe, si on laisse la plante sans taille.

Cette forme naturelle le fait ressembler (en grand) à une touffe de Groseiller ou de Cassis.

Bien souvent il est justement conduit en touffe ou en buisson.

La fructification chez le Grenadier a lieu sur une bourse à l'extrémité d'une coursonne.

C'est le vieux bois qui produit les fruits sur les branches exposées en dehors de la charpente.

Les branches qui poussent au dedans de la charpente sont ordinairement sans fruits.

Vu cette propriété de fructification, la taille courte du Grenadier lui est contraire.

En taillant court et surtout le bois vieux on supprime la récolte pour deux ou trois ans au moins.

Le Grenadier étant planté comme scion, il faut le tailler à 25-30 cm du sol.

9- Engrais

Autant l'irrigation est nécessaire dans la culture du Grenadier, autant on doit être prudent avec les engrais. L'excès des engrais azotés fait souvent éclater les fruits sur l'arbre, alors qu'ils sont en train de mûrir. Les mêmes engrais azotés favorisent le développement exagéré des brindilles, des gourmands et des drageons. Il faut donc être prudent avec les engrais azotés et les employer uniquement quand l'arbre est chétif, et manque vraiment de vigueur.

10- Soins culturaux

Il faut procéder annuellement à un ameublissement du sol, et à la destruction des mauvaises herbes. Un bêchage autour de l'arbre, s'il n'y a que quelques pieds isolés, ou un labour peu profond, si la plantation est consé- quente, sont nécessaires. Au cours de l'été plusieurs sarclages s'imposent.

11- Les maladies et parasites du grenadier :

➤ Les pucerons :

Les pucerons sont assez nuisibles dans les zones littorales. Ces insectes dévorent les jeunes pousses. Leur destruction nécessite l'emploi de produits chimiques.

➤ Ectomyelois ceratoniae :

Est un lépidoptère considéré comme le plus grand ennemi des grenades, pouvant causer des dégâts considérables en affectant 90% des fruits d'une récolte. Les traitements chimiques n'ont pas donné grande satisfaction.

➤ Les zeuzères :

Ces insectes, à l'état de larve, creusent des galeries sur le tronc et les grosses branches, pouvant provoquer leur cassure.

➤ Aspergillus castaneus :

Aspergillus castaneus est un champignon capable de décolorer les fruits et les graines du fruit qui en est infesté.

➤ Ceratitiscapitata Wiedemann :

La mouche méditerranéenne des fruits, *C. capitata* (Diptère, Tephritidae) a été signalé comme ravageur de grenade en Turquie, en Espagne et dans d'autres régions de la Méditerranée (OZTURK et al., 2005; ÖZTURK et ULUSOY, 2009, JUAN et al. , 2000; DELRIO et COCCO, 2012).



Fig.4- Aspect général d'un grenadier en période de floraison

Rustique dans le bassin méditerranéen, le grenadier séduit autant par ses fleurs en trompette au coloris éclatant que par sa production de fruits. Son mode de multiplication le plus usuel est le bouturage, qui permet de reproduire à l'identique toutes les caractéristiques de l'arbre, de ses fleurs et de ses fruits.

Voici comment procéder pour réussir une bouture de grenadier à bois sec, en hiver, ce qui est la méthode la plus facile. Il est cependant possible de bouturer également le grenadier au printemps.

12- Etudes botanique

En Algérie et en pays arabes : الرمان

En France: Arosse, Balaustier, Granatier, Grenadier, Migranier

En Allemagne: Balluster, Echter, Gemeinegrante, Granatbaum, Margaretenblum.

En Angleterre: Carthaginian-apple, DwarfPomegranate, Pomegranat ,Pomegranate.

En Espagne: Granado, Mangrano

En Flamand: Granaatboom.

En Italie: Granata, Granato, Melograno, Me Pagrana.

Au Japon: Zakuro.

Au Portugal: Granatbaum, Româ, Romanzeiro, Romazeira

13- Classification botanique

D'après Spichiger et *al.* , (2009) la nomenclature de grenadier est :

Tableau 3:Classification botanique du grenadier (Spichiger *et al.*, 2009)

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones vraies
Sous Classe :	Rosidées
Ordre :	Myrtales
Famille :	Punicaceae (Lythracées)
Genre :	<i>Punica</i>
Espèce :	<i>Punica granatum</i>

14- Description botanique

Arbre grenadier

Le grenadier se présente comme un petit arbre de 1.5 à 2 m de hauteur, donnant denombreux rejets, on le trouve plus souvent sous forme de cépée, qu'avec une tige unique.

D'après Evreinoffv (1957) les rameaux sont grêles,parfoi épineux.Il croît majoritairement dans toute la région méditerranéenne, de façon spontanée ou cultivée,(Garnier et Benzager-Beauquesne(1961)

Feuilles

Les feuilles du grenadier sont caduques, opposées, et disposées sur les rejets comme ilspeuvent être en touffes sur les pousses courtes, glabres sur les deux faces. Caractérisées par la couleur verte foncé de la face supérieure et à nervure médiane nettement déprimée. La face inférieure, vert clair, montre une nervure médiane très saillante,(Godet.1991).

Ces feuilles entières, brillantes, lancéolées, assez coriaces, présentent un limbe elliptique allongé, de 3 à 8 cm de long de sommet obtus ou allongé, munies d'un court pétiole rougeâtre (Godet.1991).



Fig.5- Feuilles lancéolées de *Punicagranatum*L. (Bouras, 2019).

Fleurs

Les fleurs axillaires, solitaires ou parfois disposées par deux, présentent un calice épais, coriace, tubuleux et turbiné à 6 lobes triangulaires. La corolle d'un rouge éclatant est formée de 5 à 7 pétales obovales. Elles sont appelées aussi balaustes (quand elles sont sous forme de boutons) fleurs sans odeur sont sèches de saveur astringente et âpre et donnent à la salive une teinte violacée (Planchon et collin, 1875).



Fig.6- La fleur de grenadier (Bouras, 2019).

Les fruits

Le fruit du grenadier, la grenade, est un balauste, baie complexe (Chakass *et al.*, 2007) presque ronde et charnue de la taille d'une pomme ou d'une orange (Figure 02 b). Elle mesure entre 6 et 12 cm de large alors que le poids varie entre 200 et 650 grammes (Holland *et al.*, 2009; Pande et Akoh, 2016).

Le péricarpe du fruit est une coque épaisse, de consistance dure, de saveur amère et astringente qui varie selon les cultivars poussant dans différentes régions du monde. La baie renferme de

nombreuses graines angulaires ou arilles. Le fruit contient en moyenne 600 graines pulpeuses, contenues dans des loges, séparées par des cloisons ténues et nombreuses (Evreinoff, 1957). ces graines de couleur rouge et de teinte variable possèdent un mésocarpe charnu et gélatineux, acidulé et sucré, représentant la partie comestible du fruit. Ces graines peuvent être classées d'après leurs qualités gustatives en trois groupes : Acide (acidité supérieur à 2%), sucré-acide (acidité entre 1 et 2%) et sucré (acidité inférieure à 1%), ce dernier présentant parfois des graines à téguments entièrement charnus.

Communément ces caractères sont considérés comme définissant trois variétés de la même espèce. Toutefois, les arilles varient par la taille alors que les graines varient par leur dureté entre les différentes variétés. Les variétés connues sans pépins contiennent réellement des graines tendres (Holland *et al.*, 2009).

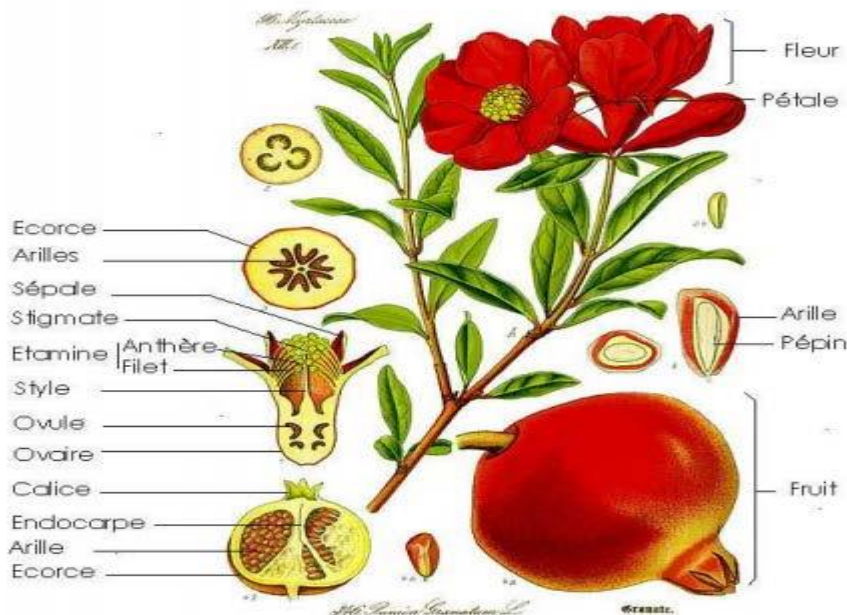
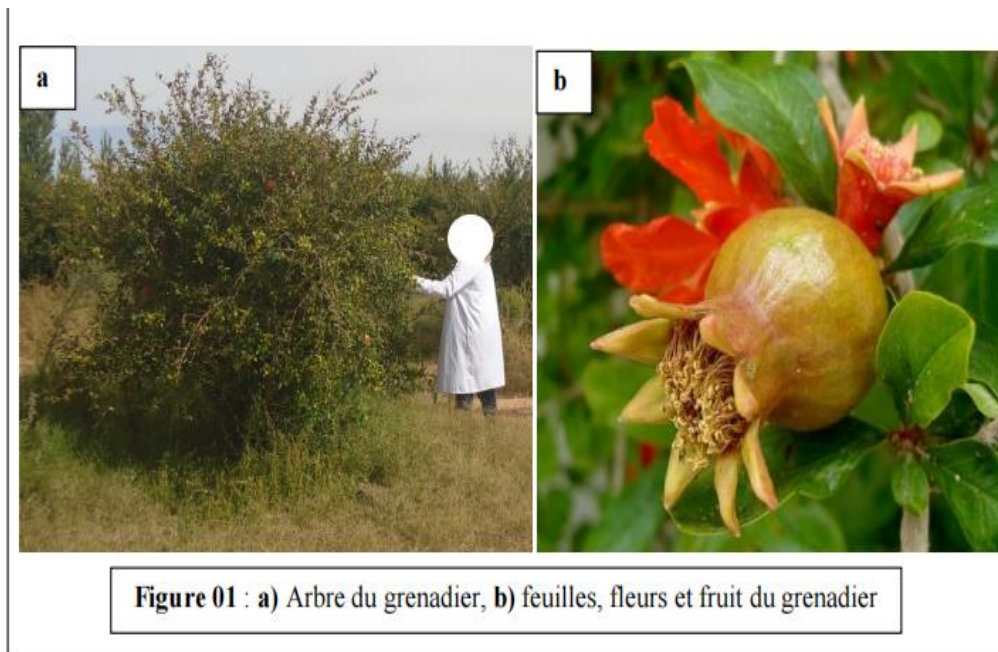


Fig.7- Fleurs et fruits du Grenadier (*Punica granatum*).

Graine

Toutes ces graines possèdent un mésocarpe charnu et gélatineux, acidulé et sucré. Composé d'un tégument externe pulpeux et très succulent, et un tégument interne dur et coriace, courtement funiculées, deviennent plus ou moins anguleuses par compression réciproque.

Ecorce du fruit

L'écorce du fruit du grenadier ou autrement appelé malicorium, il s'agit de la partie externe et dure du fruit. La couleur de la face extérieure dépend de la variété, brillants, la face intérieure généralement jaunâtre, concave, portant l'empreinte des graines qui y étaient appliquées, de saveur amère et astringente.

Variétés

Il existe un grand nombre de variétés de grenades qui ne se différencient pas seulement par leur morphologie, mais aussi par leur composition physicochimique, en particulier par leur teneur en sucre, en acide, en vitamine C, en polyphénols et leur rendement en jus. Selon cette composition en sucre et en acide, les variétés sont souvent réparties en grenades aigres, aigres-douces et douces (Cemeroglu et *al.*, 1992 ; Melgarejo et *al.*, 2000).

Il faut noter que face à cette multitude de variétés, sauf quelques-unes ont un rôle dans le commerce international. Pour le moment, aucune différence entre les variétés au niveau de la taille du fruit ou de caractéristiques agronomiques n'a été mise en évidence (Cauchard, 2013). La différence visuelle entre chaque variété se situe au niveau :

- Couleur de peau : du rouge foncé au jaune pâle rosé
- Couleur des arilles : du rouge très foncé au rose transparent (peu commercialisé)

.Goût des arilles : acide ou doux

Tableau 4 : Caractéristiques des principales variétés de la grenade (Cauchard, 2013).

Variété	Couleur externe	Couleur des arilles	Gout des arilles
Wonderful	Rouge foncé	Rouge	Doux/Acide
Mollar d'Elche	Rose/jaune	Rouge clair	Doux
Herskowitz/Hershkovitz	Rouge foncé	Rouge clair	Acide
Acco	Rouge	Rouge foncé	Doux
Emek	Rouge foncé	Rouge	Doux/Léger Acide
Baghwa	Rouge clair	Rouge clair	Doux
Hicaz	Rouge	Rouge clair	Doux/acidé
Shani	Rouge	Rouge foncé	Doux
Early Foothill	Rouge foncé	Rouge	Acide

15- Les conditions de culture (sol , climat)

Exigences climatiques

Le grenadier s'adapte à de nombreux climats, des tropiques aux régions tempérées chaudes. Cependant, c'est le climat austral subtropical, voire tropical, qui lui convient le mieux. Les meilleurs fruits sont obtenus dans les régions subtropicales, où la période des températures élevées concorde avec la maturité des grenades. L'espèce exige une petite dose de froid en période hivernale pour son évocation florale, mais il craint les conditions généralement froides des hautes altitudes (Melgarejo, 1993). Il supporte très bien la sécheresse, mais cela compromet la qualité de ses fruits. Un climat chaud et sec sera bon pour le grenadier à condition que ses ne manquent pas d'eau (Afaq *et al.*, 2005). Il est très intéressant pour les régions arides et semi-arides (Melgarejo et Salazar, 2003).

Exigences édaphiques

Le grenadier est une espèce connue pour sa tolérance au calcaire (Megarejo and Salazar, 2003). Il donne un bon rendement dans les sols salins, et classé dans le groupe des espèces les plus résistantes à la salinité (4^{ème} groupe) (Sanchez - Capuchino, 1986) .Sa tolérance à la sécheresse est relative et se fait au détriment de sa croissance végétative et de sa fructification. Les meilleurs résultats d'installation de plantations sont obtenus en sols d'alluvions profondes

avec des disponibilités satisfaisantes en eau (bords des courants d'eau). Les sols argilo limoneux irrigués conviennent aussi à la culture du grenadier (Hmid, 2014).

16- Valeur agronomique du grenadier

Le grenadier est une espèce fruitière pérenne tolérante à la sécheresse et capable de valoriser les sols pauvres et salins. Il jouit de grandes capacités d'adaptation aux conditions de milieu caractérisé par une aridité climatique marquée (Melgarejo and Salazar, 2003). Sur le plan environnemental, il joue un rôle très important dans la protection, la restauration et la fixation des sols. Ses plantations ont connu une grande extension dans de différentes régions du monde et ont conduit à une augmentation de la production. Cette dernière a stimulé le développement des industries de transformation de jus de grenades et la prolifération des compagnies pharmaceutiques qui opèrent dans l'extraction des composés bénéfiques des fruits (Seeram *et al.*, 2006).

Depuis ces dernières années, une grande attention est accordée aux bienfaits de la consommation régulière des fruits et légumes sur la santé humaine. Cette valeur nutritive réside dans la grande variété de molécules biologiquement actives (fibres, caroténoïdes, composés phénoliques, vitamines...) (Tomas-Barberan and Gil, 2008). La grenade est l'un des produits les plus riches en antioxydants notamment les polyphénols solubles, les tanins et les anthocyanes (Gil *et al.*, 2000). Ces constituants présentent diverses activités biologiques telles que l'élimination des radicaux libres, l'inhibition de la croissance microbienne et la diminution des risques de maladies

cardiovasculaires, cérébro-vasculaires et certains cancers (Mena *et al.*, 2011). Les extraits du grenadier peuvent être utilisés aussi pour la prévention ou la guérison de l'athérosclérose, des diarrhées, des ulcères gastriques et des maladies liées à l'œstrogène telle que la maladie de Paget du mamelon (Holland *et al.*, 2009).

17- Les différentes utilisations de la grenade :

Utilisation dans l'industrie agroalimentaire :

L'industrie agro-alimentaire et en particulier l'industrie des boissons s'intéressent de près à la grenade, avant tout pour son côté exotique et son goût nouveau. Le jus Pomegreat commercialisé depuis quelques années en Grande-Bretagne (mélange de grenade, aronie et autres fruits rouges) s'est ainsi imposé avant grâce à son goût agréable. (kawaii *et al.*, 2004)

Utilisation dans l'industrie cosmétique :

Les puissantes propriétés antioxydantes de la grenade en font un ingrédient de choix pour la cosmétique, en particulier dans les produits dermatologiques visant à protéger la peau du cancer. (Afaq et *al.*, 2005) ont en effet montré une action inhibitrice de l'extrait de grenade sur le cancer de la peau chez la souris. Par ailleurs, l'extrait de grenade est déjà incorporé dans plusieurs lignes de produits cosmétiques qui exploitent son parfum, ses propriétés hydratantes et adoucissantes ainsi que ses effets raffermissant (crèmes anti-cellulite).

Utilisation médicinale

Le grenadier a été largement utilisé en médecine traditionnelle dans de nombreuses cultures (Lansky et *al.*, 2000). L'ancienne science médicinale indienne l'a identifiée comme une plante médicinale, (Kulkarni et *al.*, 2004).

Dans le monde, la plus célèbre utilisation a été celle d'un vermifuge, tueur et expulseur des vers intestinaux. Les alcaloïdes contenus dans les racines, l'écorce de l'arbre et l'écorce du fruit induisent le relâchement du ténia et de son emprise sur la paroi intestinale, ce qui facilite son expulsion (Lansky et *al.*, 2000)

L'écorce de grenade, les racines et les feuilles ont été utilisées en décoction pour traiter les diarrhées, les troubles digestifs et stopper les hémorragies. Les fleurs séchées sont utilisées pour guérir les bronchites et les inflammations buccales (Stover et Mercure, 2007).

D'autres utilisations ont été mentionnées dans la littérature : empêcher la fécondation et avorter, traitement des morsures de serpent, du diabète, de la lèpre et de brûlures (Lansky et *al.*, 2000).

- Selon les maux à traiter, Hippocrate conseillera, associés à d'autres produits, le jus de grenade, l'écorce, la racine ou les feuilles du grenadier, parfois en boisson, en injection ou en lavement dans les parties génitales, ou encore en application locale.

Dans le même ouvrage, il conseille le jus de grenade pour arrêter les vomissements et pour « l'œil douloureux qui pleure ». Aussi, il recommande l'usage de l'écorce sèche de grenade comme lavement pour la dysenterie (Aviram et Dornfeld, 2001).

- Aussi, dans la partie de son œuvre *Des maladies des femmes*, il fait régulièrement référence au grenadier, par exemple, pour des maux liés à la maternité comme pour favoriser la conception, pour « la purgation lochiale après l'accouchement », pour traiter des diarrhées ou des «

souffrances de l'utérus » après un accouchement...D'autres problèmes féminins semblent nécessiter l'emploi du grenadier, comme le traitement de la leucorrhée ou l'emploi de boissons à base de jus de grenade pour « favoriser l'écoulement rouge ».

□ Un peu plus tard, Dioscoride, médecin grec né vers 40 après JC, écrit, dans son célèbre *De materia medica*, que les fleurs de grenadier « passent pour protéger les yeux ». En effet, selon cet auteur, l'ingestion de trois fleurs de grenadier, même de petite taille, permet d'éviter toutes souffrances oculaires durant l'année. (Ducourthial G.; 2003).

□ La peau (*malicorium*) séchée de la grenade, *Shi Liu Pi*, est reconnue pour ses propriétés astringentes pour l'intestin, pour « arrêter le sang » et pour « chasser les parasites ». Le *malicorium* est ainsi indiqué en cas de diarrhée chronique, dysenterie chronique, présence de sang dans les selles, prolapsus rectal, spermatorrhée,

□ hyperménorrhée, pertes blanches, accumulation de parasites, douleurs

abdominales et dermatophytie. La peau séchée de la grenade est alors utilisée en décoction, à raison de 2,8 à 5g par jour, ou en usage externe, en lavage local avec la décoction ou par application de poudre de peau de grenade séchée.

□ L'usage de la racine de grenadier, *Shi Liu Gen*, est également retenu. A raison de 7 à 14g par jour de décoction de racines, on traite le ténia, les diarrhées chroniques, les dysenteries chroniques et les pertes blanches ou hémorragiques.

Enfin, la pharmacopée chinoise référence aussi la fleur du grenadier, *Shi Liu Hua*, pour soulager les épistaxis, otites et hémorragies. Il est alors conseillé, en usage interne, de consommer de 3,5 à 7g par jour de décoction de fleurs. Ces fleurs peuvent aussi être employées en application locale (Guillaume G., 1987).

Utilisation de la grenade dans des produits cosmétiques

Plusieurs tests démontrent la capacité des polyphénols et particulièrement de l'acide ellagique et de ses dérivés, composés présents dans le jus et la peau des grenades, à lutter contre la pollution urbaine (Juliano et Magrini, 2017).

Il a ainsi été démontré que l'acide ellagique et ses dérivés, utilisés en application topique, protègent la peau et les matières kératinisées de façon à prévenir, atténuer et/ou supprimer les effets délétères des gaz toxiques tels que l'ozone, des métaux et des composés organiques présents dans la pollution

urbaine. C'est pourquoi le groupe cosmétique l'Oréal a demandé le dépôt d'un brevet afin de développer une gamme cosmétique, contenant entre autre de l'acide ellagique, afin de réaliser des agents cosmétiques « anti-pollution » (Duchet *al.*, 2004).

Une étude a permis de montrer que l'application d'un extrait d'écorce de grenade, suite à une coloration capillaire, tend à optimiser son maintien au cours de lavages successifs. Il semble que la richesse de l'écorce de grenade en tanins, environ 60% de l'extrait, soit responsable de cette capacité à préserver les couleurs et ainsi d'éviter l'usage trop fréquent de colorants sur les cheveux (Wald, 2009).

Une autre étude, réalisée par une équipe de chercheurs indiens, a étudié les effets d'extraits méthanoliques de peau de grenades sur la cicatrisation de plaies cutanées chez des rats de la variété Wistar. Cette étude a montré que la peau de grenade permet d'aider à la cicatrisation de blessures cutanées. Des examens plus complets, utilisant la technique de chromatographie liquide haute performance, CLHP, ont montré que ces extraits de grenade, aux propriétés cicatrisantes, sont riches en catéchine et acide gallique, molécules qui pourraient donc avoir un intérêt dermatologique (Murthy et *al.*, 2004).

Usage ornemental

Utilisés pour décorer les jardins ou former des haies. En effet, le grenadier possède de très belles fleurs colorées d'une grande valeur ornementale.

Autres utilisations

Au Japon, un insecticide est dérivé de l'écorce de l'arbre. Le bois de couleur jaune pâle est très dur. Cependant, étant disponible uniquement en petits morceaux, il est utilisé pour la confection de cannes. Les études récentes ont démontrées l'effet thérapeutique de quelques-unes de ces utilisations (Stover et Mercure, 2007).

Valeur nutritionnelle de la grenade

Les valeurs nutritionnelles de grenadier sont portées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Composition biochimique et valeur nutritionnelle de la grenade (Wald, 2009).

composants	Quantité
Energie	68 Kcal soit 284 KJ
Eau	80,97 g
Protéines	0,95 g
Lipides	0,30 g
Acides gras saturés	0,12 g
Glucides	17,17 g
Fibres alimentaires	0,6 g
calcium	3 mg
Fer	0,30 mg
Magnésium	3 mg
Phosphore	8 mg
Potassium	259 mg
Sodium	3 mg

Matériel et méthodes

Chapitre II- Matériel et méthodes

I- Le matériel végétal

Le Matériel végétal utilisé pour cette étude c'est des boutures de trois cultivars locales de grenadier, dans l'échantillonnage est effectué au niveau de la commune de Ain chorfa wilaya de Mascara.

- ✓ Sefri : (variété juteuse) Gros fruit jaune (500g), graine demi-tendre rose clair, juteuse et sucrée. Maturité début octobre, vigueur moyenne.
- ✓ Sid Ali une variété locale de la région caractérisée par des fruits de grand taille.
- ✓ Maadam (à semence dure et goût acide, utilisé comme porte greffe).

1- Prélèvement des boutures :

Les boutures doivent être prélevées sur des arbres pieds mère préalablement testés pour leurs qualités variétales, leurs performances et leurs indemnités vis-à-vis des maladies virales.

Epoque de prélèvement des boutures :

Il est préférable de prélever les boutures en plein période hivernal, ou les plantes mère sont en repos végétatif et pour assurer un maximum de réussite, dans notre cas le bouturage est effectué le 12 janvier 2024.



Fig.8- Région d'Ain chorfa Wilaya de Mascara (zone de prélèvement des boutures)

Cordonnées ; 35°25'39"N, 0°14'25"W . Altitude 201m

2- Préparation des boutures :

Le bouturage est effectué sur dans arbres de grenadier bien sélectionné, pour assuré une bonne reproduction des pieds identique à la souche. La tailles des rameaux est de l'ordre de 30 cm en moyenne, et on procède à marquer l'extrémité pour garder le sens d'orientation de xylème et phloème.



Fig. 9- Préparations des boutures des trois cultivars de *Punica granatum* L.

3- Méthodologie adopté

a- Préparation des pots de culture

La culture est réalisée dans des sacs en plastique noir, avec une capacité de 4 Kg, chaque sac est perforé en bas et mettre une couche fine de gravier pour assurer un bon drainage.

Par la suite les sacs en plastique sont remplis en substrats sélectionné pour ce travail.

b- Substrats de culture

Le substrat de culture pour notre expérimentation, est trois types de sol ; le premier est un sable grossier qui a subi plusieurs étapes de rinçage à l'esprit de sel pour éliminer tous les traces de sel, par la suite des lavages répétés à l'eau de robinet pour bien préparer ce substrat.

Le sable est mélangé avec une tourbe commerciale avec un rapport de 2v de sable pour 1v de tourbe.

Les deux autres substrats sont deux types de sols prélevés des terrains agricoles de la commune d'Ammi-mousa wilaya de Relizane, les coordonnées 35° 52' 00" nord, 1° 07' 00" est ,Altitude 168m. Un sol de couleur rouge d'une texture argileuse et le second d'un aspect noir moins argileux.



Fig.10- Zones de prélèvement des sols

Le sol récupéré à une profondeur de 30cm, a subi une opération de tamisage pour éliminer les grands cailloux.

4- Dispositif expérimental

L'expérimentation est réalisée dans une serre semi-contrôlée localisée au niveau de la faculté des sciences et technologie, université de Relizane.

Le protocole expérimental réparti sur trois blocs, chaque cultivar contient 48 pots sur trois types de sol avec une fréquence de 15 répétitions pour chaque type de sol.



Fig.11- les boutures de grenadier

Le repiquage des boutures est effectué le 15/01/2024, d'une fréquence de une seule bouture dans chaque sac. La plantation a été faite en procédant à placer le trois quarts de la bouture dans le sol pour garantir un maximum d'enracinement.



Fig.12- Dispositif expérimental à la serre

L'arrosage

Les plantes reçoivent une quantité suffisante d'eau ordinaire de robinet, avec une fréquence de deux fois par semaine.

Ph et CEC de l'eau utilisé

Pour éliminer ou bien confirmé la qualité de l'eau utilisée au niveau de la partie expérimental, des mesures de pH et la conductivité électrique CEC ont été effectuée au niveau de laboratoire par un pH-mètre et un conductimètres.



Fig.13- Mesure de Ph et CEC pour l'eau de robinet utilisée dans l'arrosage.

5- Les paramètres mesurés

5-1 Paramètres morphologiques

a- Nouvel éclatement des bourgeons

Dès la première semaine, le suivi de l'évolution de la croissance des boutures des trois cultivars de grenadier est se déroule chaque semaine, les premiers observations visent à quantifier les nouveaux bourgeons éclatés.



Fig.14- Nouvel éclatement d'un bourgeon latéral.

b- Nombre de feuilles

On procède à compter le nombre des feuilles nouvellement formé chaque semaine, et suivi même le nombre des feuilles chuté par la suite.



Fig. 15- Croissance des boutures des trois cultivars après 16 semaines de culture.

c- Longueur de la partie aérienne et racinaire

A l'aide d'une règle graduée on a mesuré la croissance des tiges, du collet jusqu'au le dernier point de la plus longue ramification. Pour la partie souterraine la mesure elle été prise à la seizième semaine sur seulement 5 plantes sélectionnées, avant de passé au laboratoire pour le reste des analyses.



Fig.16- Mesure de longueur de la partie racinaire après 16 semaines de culture.

d- Taux de réussite

Après 16 semaines d'expérimentation on a calculé le nombre des boutures réussie des trois cultivars de *Punica granatum* L. par rapport aux nombre total lancé la première fois pour chaque combinaison Cultivar*sol.

e- Biomasse fraîche et sèche

Des mesures de poids frais des deux parties aérienne et racinaire par l'utilisation d'une balance analytique de précision. Par la suite ces même organes sont placés à l'étude pendant 48h à 80°C pour entamé la mesure du pois sec.



Fig. 17- le poids frais de la partie aérienne

5-2 Paramètres physiologique

a- Teneur en eau RWC

La teneur relative en eau représente un bon indicateur physiologique, la méthode de mesure de RWC est mentionnée par Scippa et *al.*, 2004.

Les feuilles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF). Ensuite, elles sont mises dans de l'eau distillée à l'obscurité à 4 °C pendant 24 heures puis pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PPT). Enfin, les échantillons sont séchés à l'étuve à 80 °C pendant 48 heures et pesées pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau des feuilles est déduite par la formule suivante.

$$\text{TRE \%} = [(\text{PF}-\text{PS}) / (\text{PPT}-\text{PS})] \times 100$$

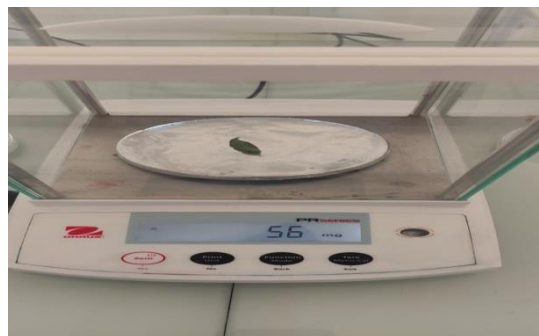


Fig.18- Mesure de poids frais des feuilles médianes de chaque plante pour la mesure de RWC

5-3 Paramètres biochimiques

a- Pigments chlorophylliens et caroténoïdes

L'extraction et le dosage des pigments photosynthétiques se font selon le protocole d'Arnon (1949). L'extraction de la chlorophylle consiste à peser 0.1g de matériel végétal frais auquel sont ajoutés 10 ml d'acétone à 80%. Le mélange est agité puis mis à l'obscurité à 4°C pendant 48h. La lecture est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à UV-Visible à deux longueurs d'onde, 645 et 663 nm.

Les calculs de la teneur en chlorophylles a, b et totale sont :

$$\text{Chl a} = 12.7 \times \text{DO (663)} - 2.69 \times \text{DO (645)}$$

$$\text{Chl b} = 22.9 \times \text{DO (645)} - 4.68 \times \text{DO (663)}$$

$$\text{Chl tot} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

Pour les caroténoïdes la lecture se fait à 470

$$\text{Car } (\mu\text{g.ml}^{-1}) = (1000. \text{DO (470)} - 1.82. \text{Chl a} - 85.02 \text{ Chl b}) / 198$$

La teneur des chlorophylles est exprimée en mg.ml⁻¹



Fig.19- Le dosage de chlorophylle



Fig.20- La lecture de la chlorophylle et caroténoïdes par le spectrophotomètre

b- La proline

La méthode d'extraction à l'éthanol a été préconisée par l'A.O.A.C (1955) et modifiée par Nguyen et Paquin (1971). Elle consiste à mettre environ 400 mg de matériel végétal dans un mortier, puis de le broyer dans 5 mL d'éthanol à 95% suivi de trois rinçages et lavages avec 5 mL d'éthanol à 70%. La solution finale est recueillie dans un tube à essai afin qu'elle soit décantée pendant 60 min. 5 mL de la phase supérieure sont prélevés auxquels sont ajoutés 2 mL de chloroforme et 3 mL d'eau distillée. Après agitation, la solution est maintenue au repos pendant 24 heures au froid pour une bonne séparation. Deux phases se distinguent.

Le dosage de la proline libre est réalisé selon la technique de Bergman et Loxley (1970). Dans un tube à essai, 1 mL de la partie de la phase supérieure du milieu d'extraction est recueilli en prenant la précaution de ne pas toucher à la phase inférieure. Sont ajoutés 2 mL de chlorure de sodium à une concentration 5M et 5 mL d'eau distillée, après agitation sont récupérés 2 mL auxquels sont ajoutés 2 mL de solution tampon phosphate et 4 mL de ninhydrine.

Après agitation et chauffage au bain marie à 100°C pendant 60 min, les tubes à essai sont laissés à température ambiante pour refroidir durant 30 min à l'obscurité.

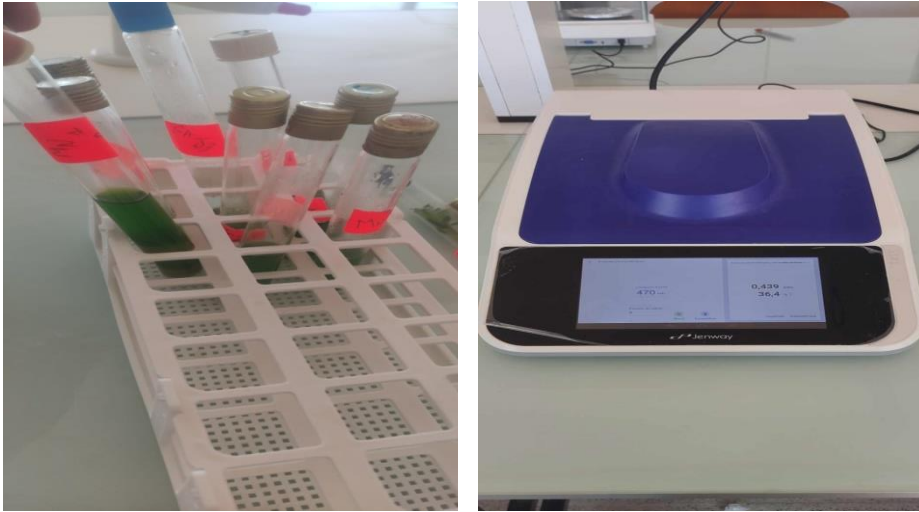


Fig.21-Le dosage de proline et sa lecture dans le spectrophotomètre

c- Courbe d'étalonnage de la proline

Les résultats sont obtenus par le biais d'une courbe d'étalonnage de proline pour des concentrations allant de 0 à 100 $\mu\text{g.ml}^{-1}$.

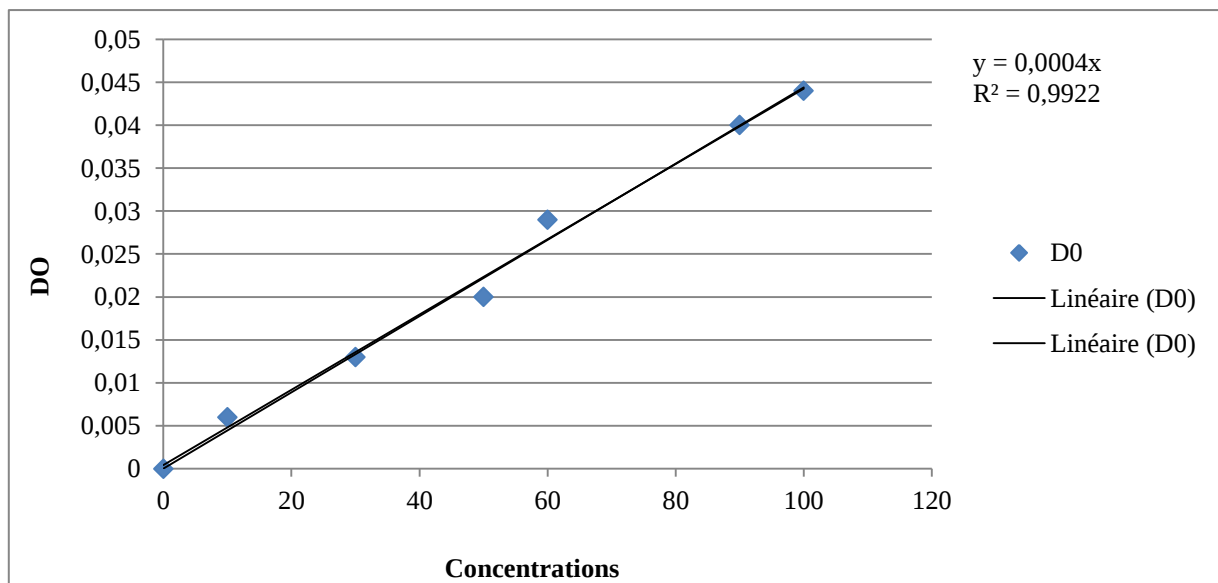


Fig.22- Courbe d'étalonnage de la proline

6- Etude statistique

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique par logiciel STATISTICA , la première étape c'est de calculé le test de Fisher, et faire sortir les groupes homogènes présenté sur nos graphes par des petites lettres, et les moyennes qui présentent des lettres identiques sont des différences non significatives. Puis l'analyse de la variance Anova de l'effet de deux facteurs cultivars, types de sol sur l'ensemble des paramètres étudiés.

Résultats et Interprétations

Chapitre III – Résultats et interprétations

I- Paramètres de croissance

1- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons

Le suivi d'apparition des nouveaux bourgeons axillaires pendant 16 semaines d'expérimentation est effectué par des observations régulières, les résultats sont présentés sous forme de courbe pour permettre de voir la cinétique d'éclatement. Au niveau du cultivar Sefri la naissance des nouveaux bourgeons est enregistrée dès la 4^{ème} semaine au niveau du substrat sableux et noir, et un retard jusqu'à la 6^{ème} semaine pour le substrat rouge. Il est très important de noter que l'activité d'éclatement est fortement supérieure au niveau du sable, et atteint un chiffre de 156 à la fin de l'expérience.

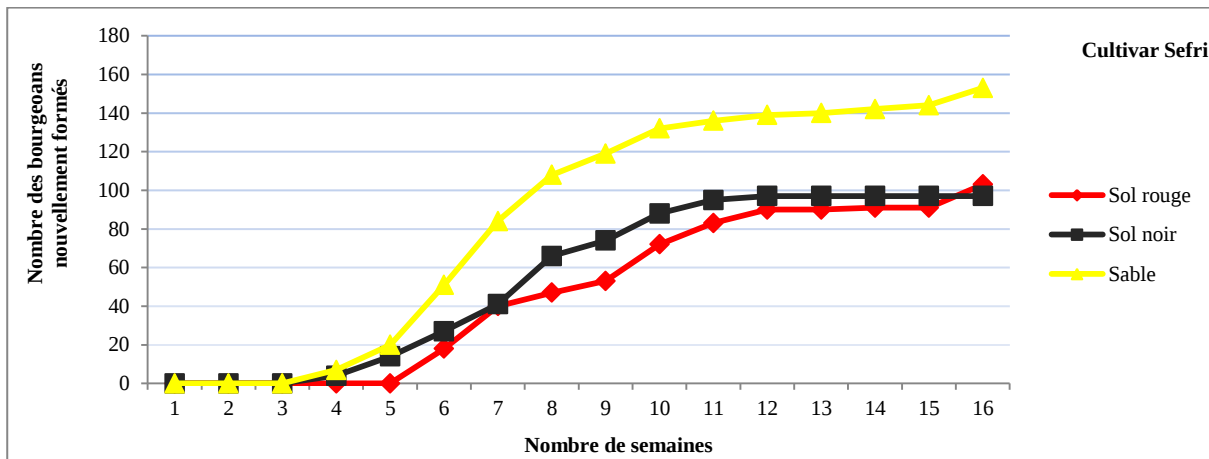


Fig.23- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons chez les boutures de cultivar Sefri cultivées au niveau de trois différents substrats.

Pour la variété Sid Ali, on remarque toujours un retard d'éclatement des bourgeons sous substrat rouge, un maximum de 116 et 117 sont signalés respectivement pour le sol rouge et noir, ce chiffre se stabilise à partir de la 12^{ème} semaine. Pour le substrat sableux la courbe indique des faibles taux de réponse de bourgeons, qui ne dépassent pas 79 dans la 14^{ème} semaine.

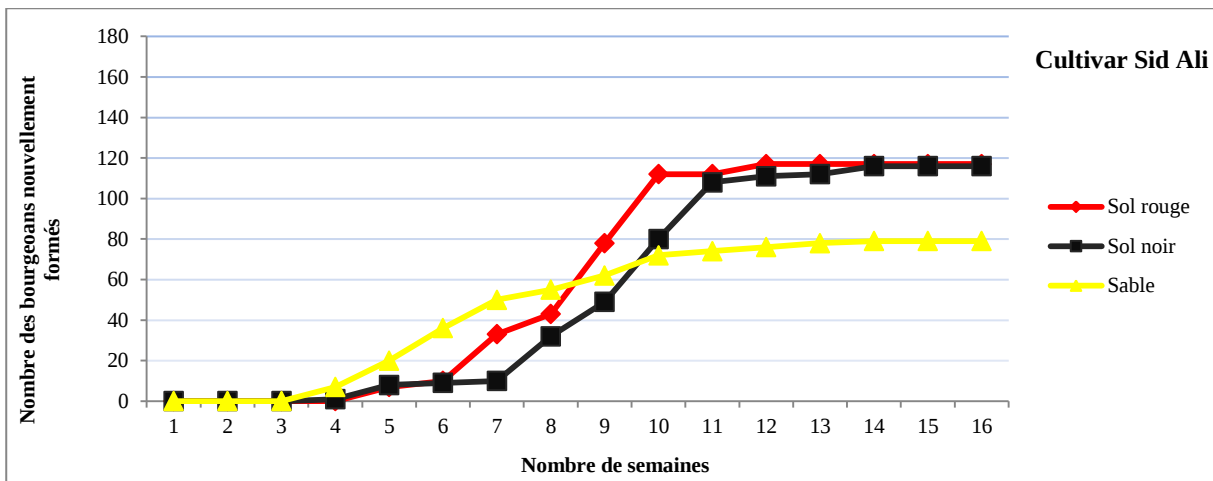


Fig.24- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons chez les boutures de cultivar Sid Ali cultivés au niveau de trois différents substrats.

Cinétique d'éclatement chez le cultivar Maadame commence dès la 3^{ème} semaine, pour les trois sols utilisés, l'activité de la division elle se stabilise à un seuil de 70 à la 11^{ème} semaine, et atteint un chiffre de 108 pour le sol rouge au niveau de la 10^{ème} semaine.

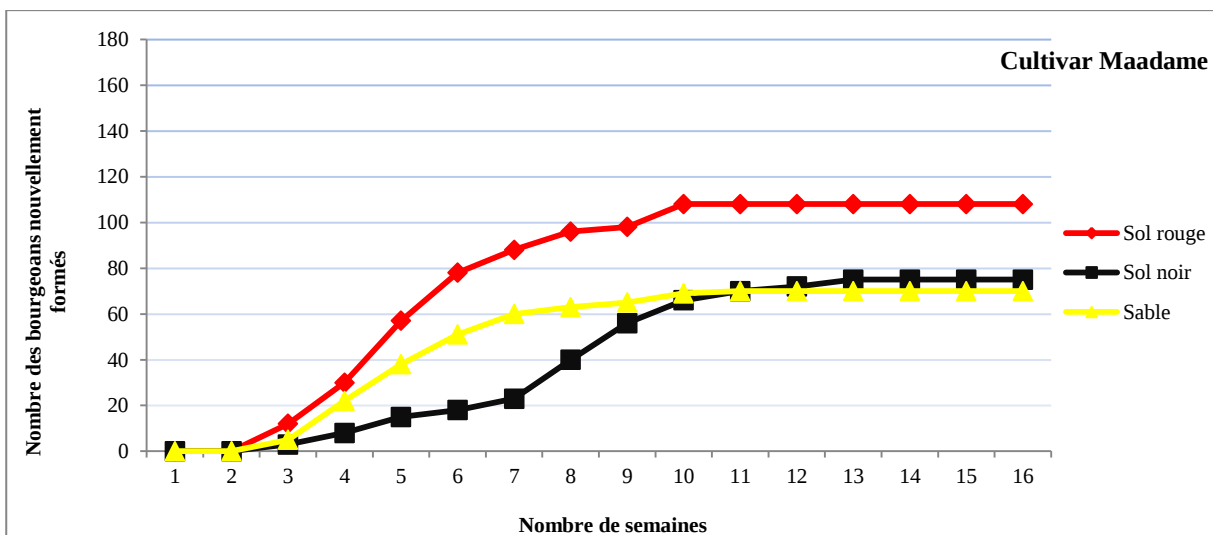


Fig.25- Cinétique d'éclatement des nouveaux bourgeons chez les boutures de cultivar Maadame cultivés au niveau de trois différents substrats.

2- Longueur de la partie aérienne

La figure 4 montre que lorsque, les tiges des jeunes plantes de Sefri et Maadame affichent une longueur de 25cm dans le sol rouge pour le premier cultivar, et le sable pour le second. Par contre le cultivar Sid Ali se développe mieux dans le substrat noir avec une longueur de 20 cm. Un arrêt de croissance de l'ordre de 11.5cm est enregistré pour Sid Ali cultivé sous sable. L'application de test statistique de Fisher, montre un groupe bien différencié celui de Sefri*rouge qui présente des différences significatifs avec les autres combinaisons.

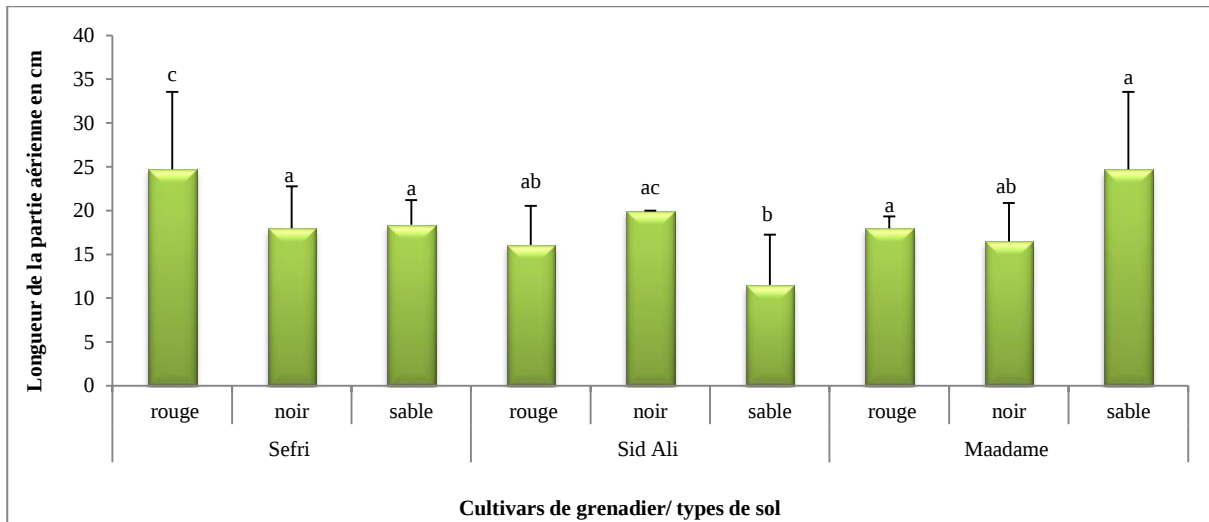


Fig.26- Longueur de la partie aérienne des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

L'étude statistique présente un effet hautement significatif des variables cultivars et sol séparément, et aucun effet est signalé pour la combinaison Cultivar*Sol.

Tableau 6- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols la longueur de la partie aérienne des jeunes plantes de grenadier cultivés sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	17949,88	1	17949,88	685,5124	0,000000
Cultivars	224,78	2	112,39	4,2921	0,017749
Sol	206,33	2	103,17	3,9400	0,024261
Cultivars*Sol	209,77	4	52,44	2,0028	0,104485
Error	1702,00	65	26,18		

3-Nombre de feuilles

Le dénombrement des feuilles au niveau de la 16eme semaine indique des moyennes plus élevés pour le Sefri*rouge et Sid Ali *noir avec 48.5 et 59 respectivement pour les deux combinaisons. Ce qui concerne le cultivar Maadame, les chiffres sont moins prononcés avec 21.6 pour le sol noir et 25.1 pour le sable.

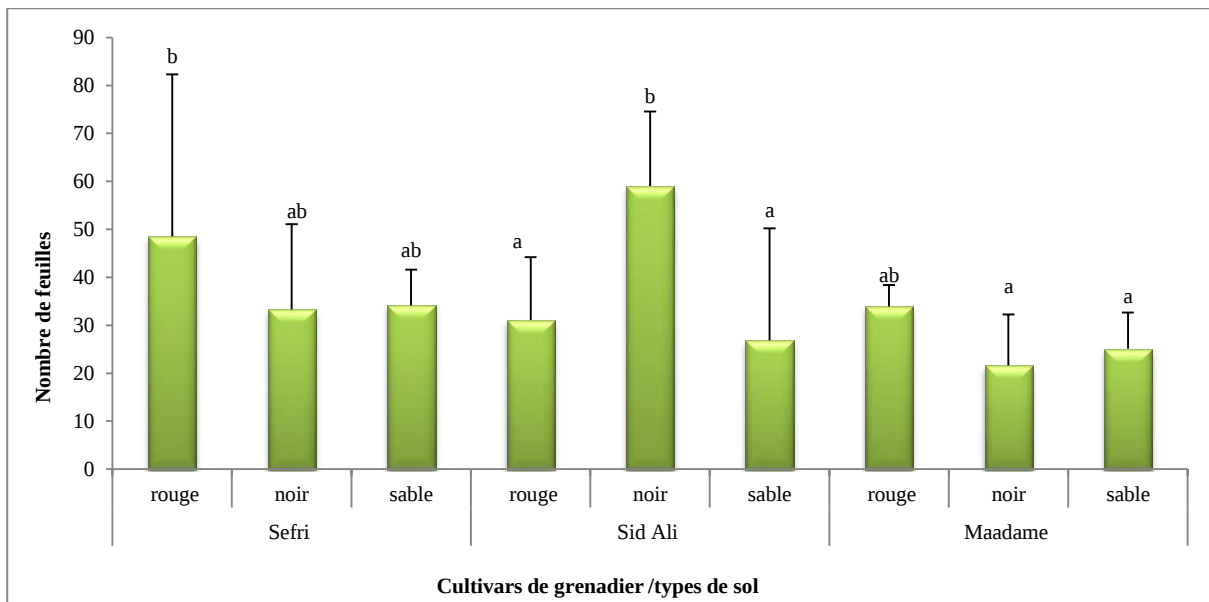


Fig.27- Nombre de feuilles des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

L'analyse de la variance ANNOVA, montre un effet significatif de cultivars sur le nombre de feuilles.

Tableau 7- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur le nombre de feuilles des jeunes plantes de grenadier cultivés sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	68569,01	1	68569,01	229,6425	0,000000
Cultivars	2168,22	2	1084,11	3,6308	0,032004
Sol	1308,22	2	654,11	2,1907	0,120034
Cultivars*Sol	2513,17	4	628,29	2,1042	0,090328
Error	19408,37	65	298,59		

4- Taux de réussite

Il est remarquable dans nos résultats que la réussite des boutures lancée a en faveur de cultivar Maadame, avec des taux de 93% au niveau du substrat rouge et noir, et elle arrive à un taux de 86% pour le sable. Le taux d'échec est plus important pour le cultivar Sid Ali au niveau des pots remplis par le sable (53% de réussite). Notre troisième cultivar Sefri affiche des moyennes de 66% au niveau des substrats rouge et noir et un taux de 86% au niveau du sable.

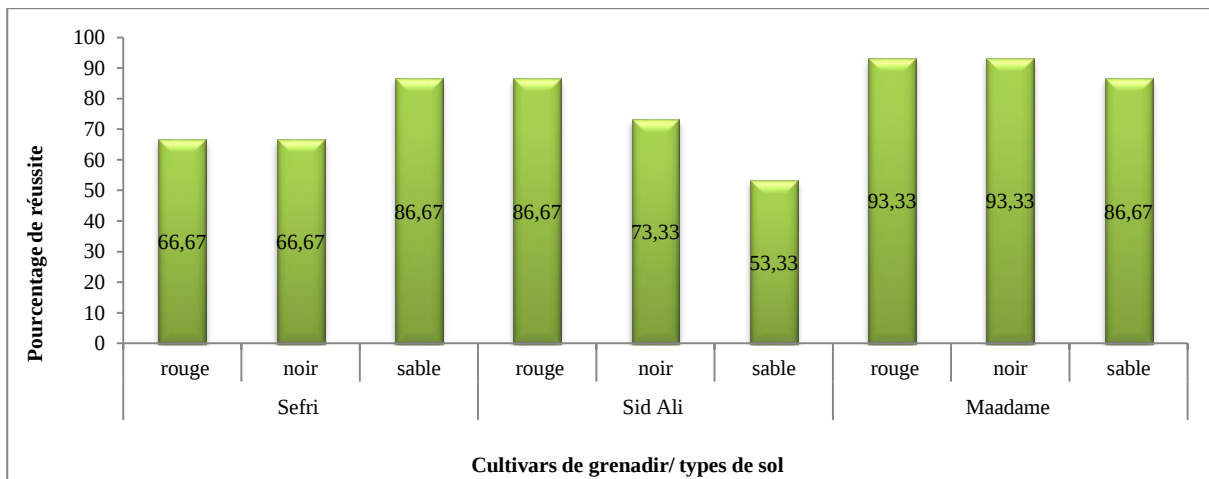


Fig.28- Taux de réussite des trois cultivars de grenadier Sefri , Sid Ali et Maadame cultivés sur différents types de sol.

5- Poids frais de la partie aérienne et racinaire

L'examen de la figure 7, indique une différence au niveau de poids frais entre le cultivar Sefri cultivé sous substrat rouge et noir par rapport aux autres combinaisons un maximum de 9.85g et 9.71g. La biomasse fraîche aérienne diminue considérablement pour le cultivar Sid Ali et Maadame. Il est important de noter que le substrat sable affiche des faibles poids pour le Sefri 5.03g et 4.81g pour le Maadame.

La partie racinaire nous informe que les meilleurs moyens sont signalés pour Sid Ali sous-sol noir. Le développement des racines est moins important pour le Maadame en présence de sol rouge.

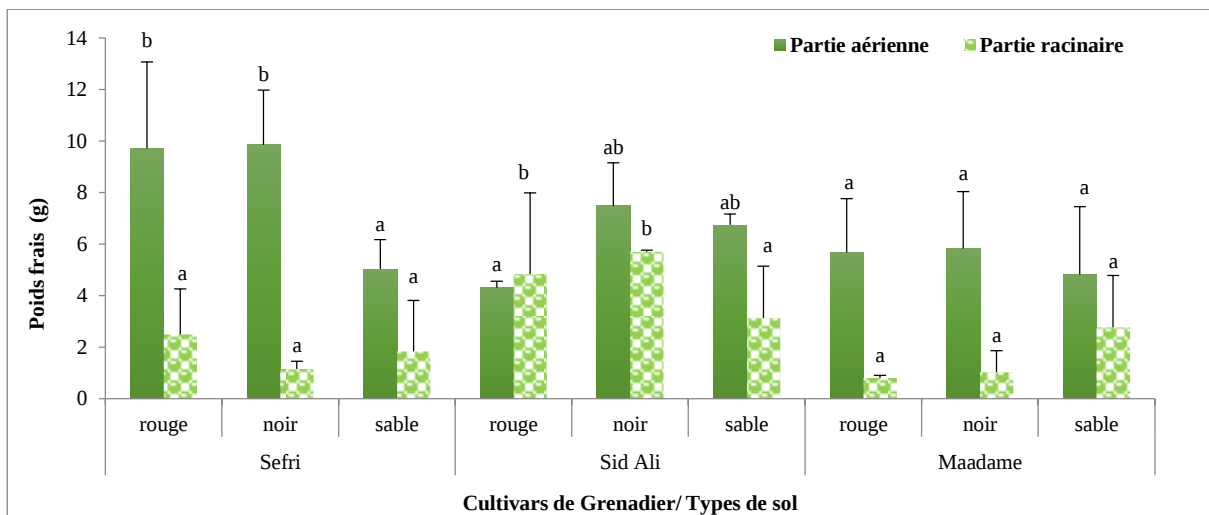


Fig.29- Biomasse fraîche de la partie aérienne et racinaire des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé sous trois différents substrats après 16 semaines de culture.

L'étude statistique montre un effet hautement significatif de l'effet cultivars sur le poids frais des tiges et des feuilles. Aucun effet est signalé pour l'effet sol et de même pour la

combinaison sol*cultivars. le test de Fisher explique l'existence d'une différence hautement significative entre le Sefri*rouge , Sefri*noir et Maadame*rouge et Maadame noir.

Tableau 8- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse fraîche de la partie aérienne des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	1177,969	1	1177,969	302,8909	0,000000
Cultivars	36,912	2	18,456	4,7456	0,022116
Sol	21,622	2	10,811	2,7798	0,088700
Cultivars*Sol	41,949	4	10,487	2,6966	0,063898
Error	70,004	18	3,889		

La même tendance des résultats statistiques est enregistrés pour la partie sous-terrine avec un effet hautement significatif de variable cultivars. Tandis que les groupes homogènes présentes une différence entre Sid Ali* rouge, Sid Ali Noir et le reste des combinaison.

Tableau 9- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse fraîche de la partie racinaire des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	204,3305	1	204,3305	100,1288	0,000000
Cultivars	62,1492	2	31,0746	15,2276	0,000135
Sol	1,1783	2	0,5892	0,2887	0,752633
Cultivars*Sol	22,3837	4	5,5959	2,7422	0,060856
Error	36,7322	18	2,0407		

6- Poids sec de la partie aérienne et racinaire

Le substrat sable a influencé négativement la biomasse sèche des parties aériennes au niveau de cultivar Sefri, des réductions de 50% entre le sol rouge et noir contre le sol sableux. Ces résultats sont prouvés statiquement avec des différences significatives. Pour la partie sous-terrine le cultivar Sid Ali s'annonce bien comporté au niveau du sol noir par rapport aux autres cultivars (2.68g), le grenadier Maadame cultivé dans le sable, présente des résultats intéressante dans la partie racinaire avec 1.16g.

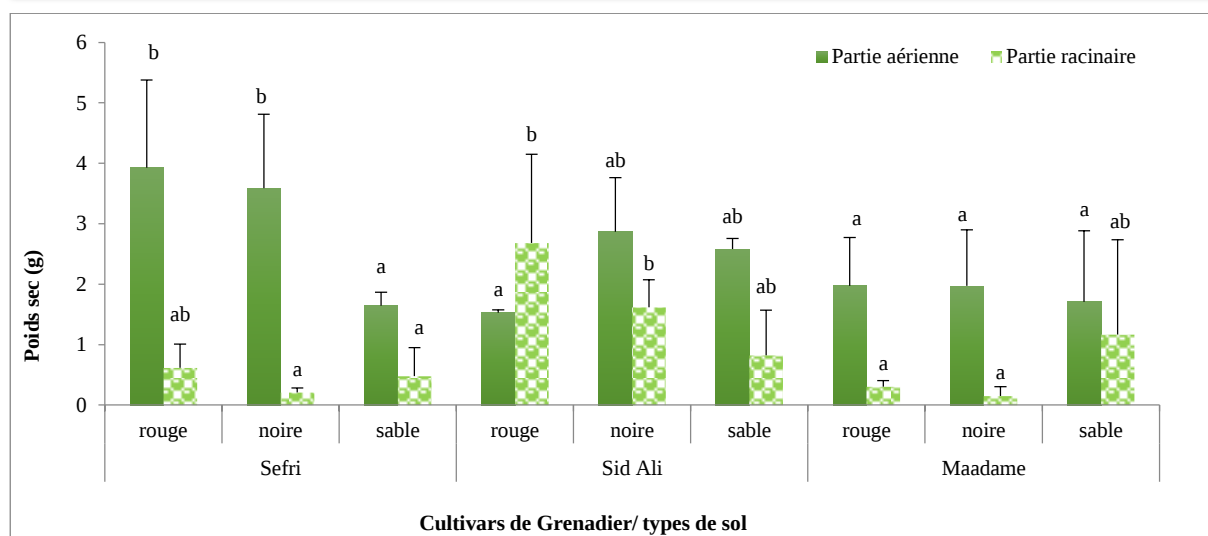


Fig.30- Biomasse sèche de la partie aérienne et racinaire des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaine de culture).

L'étude statistique présente un effet hautement significatif de l'effet Cultivar*sol sur le poids sec des tiges et feuilles, le même résultat est obtenu pour l'effet cultivars contre aucun effet significatif pour le variable sol.

Tableau 10- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse sèche de la partie aérienne des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	158,2535	1	158,2535	204,2553	0,000000
Cultivars	6,2632	2	3,1316	4,0419	0,035491
Sol	3,1421	2	1,5710	2,0277	0,160627
Cultivars*Sol	9,0685	4	2,2671	2,9261	0,050085
Error	13,9461	18	0,7748		

Le résultat statistique mentionné au niveau tableau ci-dessous, révèle un effet hautement significatif de variable cultivars sur le poids sec des racines.

Tableau 11- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la biomasse sèche de la partie racinaire des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	16,61453	1	16,61453	39,63735	0,000006
Cultivars	4,80380	2	2,40190	5,73022	0,011866
Sol	0,21986	2	0,10993	0,26226	0,772203
Cultivars*Sol	3,24670	4	0,81167	1,93641	0,147985
Error	7,54494	18	0,41916		

7- Longueur de la partie racinaire

La figure 9 affiche des longueurs de l'ordre de 30 cm chez le Sefri* rouge, ces résultats diminuent considérablement pour le même cultivar cultivé en présence de substrat noir et sable avec respectivement 21 et 23cm. La croissance de grenadier Sid Ali reste moins importante pour le substrat sable (17cm).

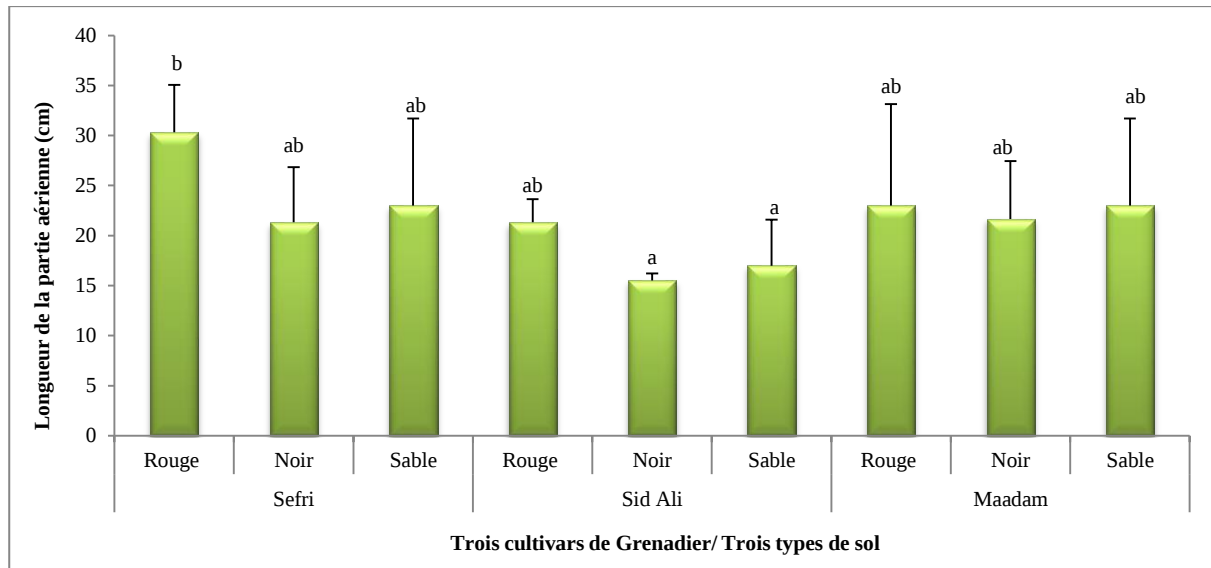


Fig.31- Longueur des racines des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

Aucun effet significatif est signalé pour les variables ; cultivars, sol et la combinaison entre eux sur la hauteur des tiges de trois cultivars de *Punica granatum* L.

Tableau 12- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la longueur des racines des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats. (16 semaines de culture).

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	12827,12	1	12827,12	314,0623	0,000000
Cultivars	224,80	2	112,40	2,7520	0,090611
Sol	139,24	2	69,62	1,7046	0,209917
Cultivars*Sol	56,93	4	14,23	0,3484	0,841651
Error	735,17	18	40,84		

II- Paramètres physiologiques

1- Teneur relative en eau

Le graphe représente les variations de RWC des différentes cultivars de grenadiers, cultivés sur trois différents substrats. La tendance générale des résultats montre que le substrat rouge permet aux feuilles de stocker le plus d'eau dans les tissus, 80% et 86% respectivement pour le sefri et Maadame. Le sol noir permet une bonne alimentation en eau pour le cultivar Sid Ali (83%).

Néanmoins le substrat sable ne permet pas une bonne alimentation en eau pour Sid Ali, 59%. Ce qui été prouvé statiquement avec le test de Fisher, ou Sid Ali*sable présente des différences significatives avec toutes les combinaisons.

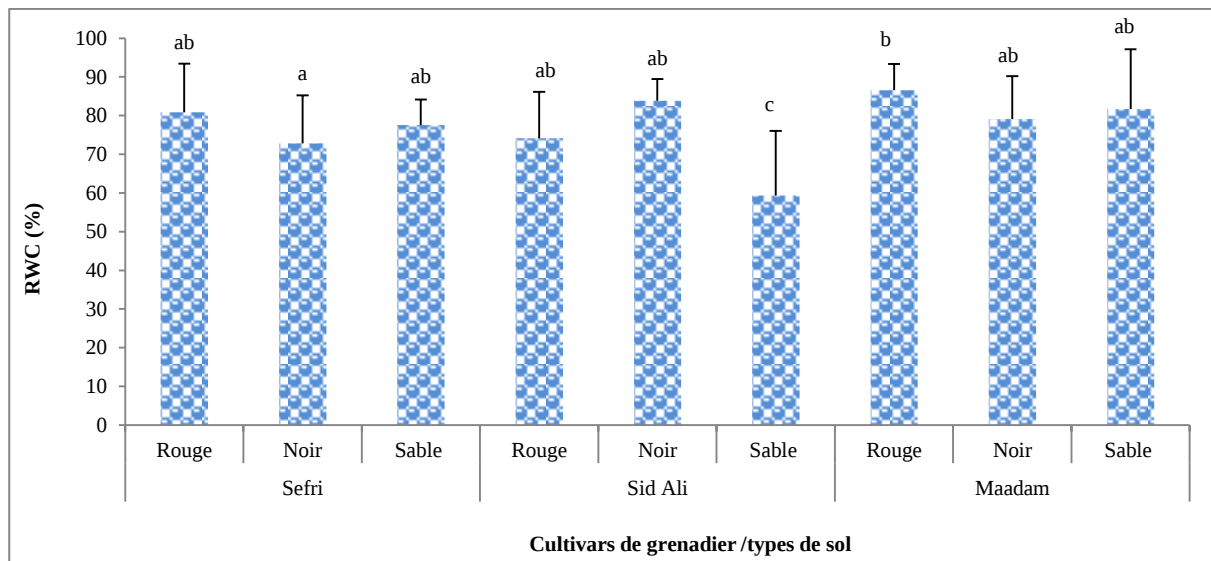


Fig.32- Teneur en eau de trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maadame cultivé sous différents substrats.

L'enquête statistique révèle un effet hautement significatif de variable cultivars sur la teneur en eau, ce même résultat est présenté pour la combinaison cultivars*sol.

Tableau 13- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en eau des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	P
Intercept	376551,854	1	376551,854	2770,91682	0,000000000
Cultivars	1060,63104	2	530,315519	3,90241125	0,0261232798
Sol	673,670608	2	336,835304	2,47865626	0,0933499721
Cultivars*Sol	1891,14956	4	472,78739	3,47908135	0,0133783302
Error	7338,29322	54	135,894319		

III- Paramètres biochimiques

1- Teneur en chlorophylle

D'après la figure 11, on remarque que le cultivar Maadame possède les teneurs de la chlorophylle a les plus élevés quelques soit le substrat utilisé 17.58mg.ml^{-1} , 6.63 mg.ml^{-1} , et 7.11 mg.ml^{-1} respectivement pour les sols rouge, noir et sable. Des fluctuations de valeurs de la chlorophylle b est enregistrés pour les trois cultivars, la plus importante elle synthétisé au niveau de la combinaison Maadame*Noir (17.07 mg.ml^{-1}), et la plus faible chez Sid Ali* Sable (2.06 mg.ml^{-1}).

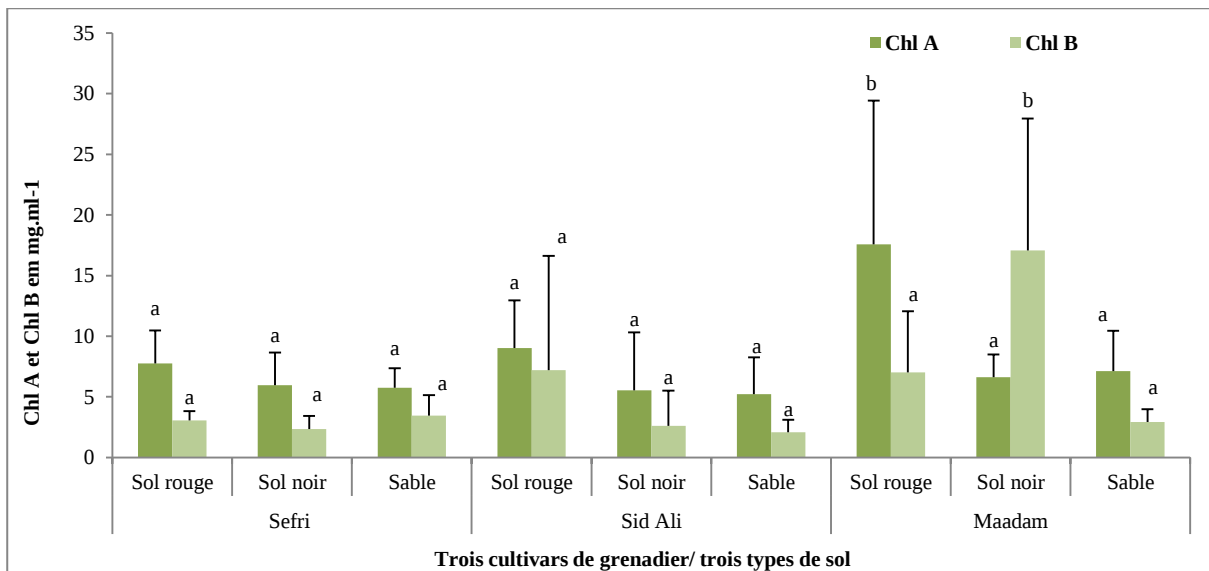


Fig.33- Teneur en chlorophylle a et b des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

Nos résultats statistique au niveau de tableau 14 montre un effet significatif du sol la teneur en chlorophylle a, et aucun effet pour le reste des variables (cultivars et cultivars*sol).

Tableau 14- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en chlorophylle a des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats. (16 semaines de culture).

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	2229,461	1	2229,461	64,15357	0,000000
Cultivars	140,971	2	70,486	2,02825	0,148660
Sol	253,505	2	126,752	3,64735	0,037797
Cultivars*Sol	143,249	4	35,812	1,03051	0,407131
Error	1077,310	31	34,752		

Contrairement au premier pigment chlorophyllien, la chlorophylle b est nettement influencé par l'effet cultivars et la combinaison cultivars*sol avec un effet hautement significatif. Et le variable sol ne présente aucun effet significatif.

Tableau 15- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en chlorophylle b des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats. (16 semaines de culture).

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	1021,867	1	1021,867	39,16366	0,000001
Cultivars	300,375	2	150,187	5,75602	0,007485
Sol	129,390	2	64,695	2,47948	0,100253
Cultivars*Sol	376,698	4	94,175	3,60930	0,015809

Error	808,859	31	26,092		
-------	---------	----	--------	--	--

2- Teneur en caroténoïdes

Selon les résultats de la figure 12, la quantité de caroténoïdes est plus remarquable au niveau de Sid ali*rouge 4.91 mg.ml⁻¹, chez le cultivars Madaame les teneurs de ce paramètres s'accroît significativement on passant de sol rouge vers le noir et sable (1.46, 2.38 et 3.51 mg.ml⁻¹). Ce résultats s'inverse proportionnellement pour le grenadier Sefri.

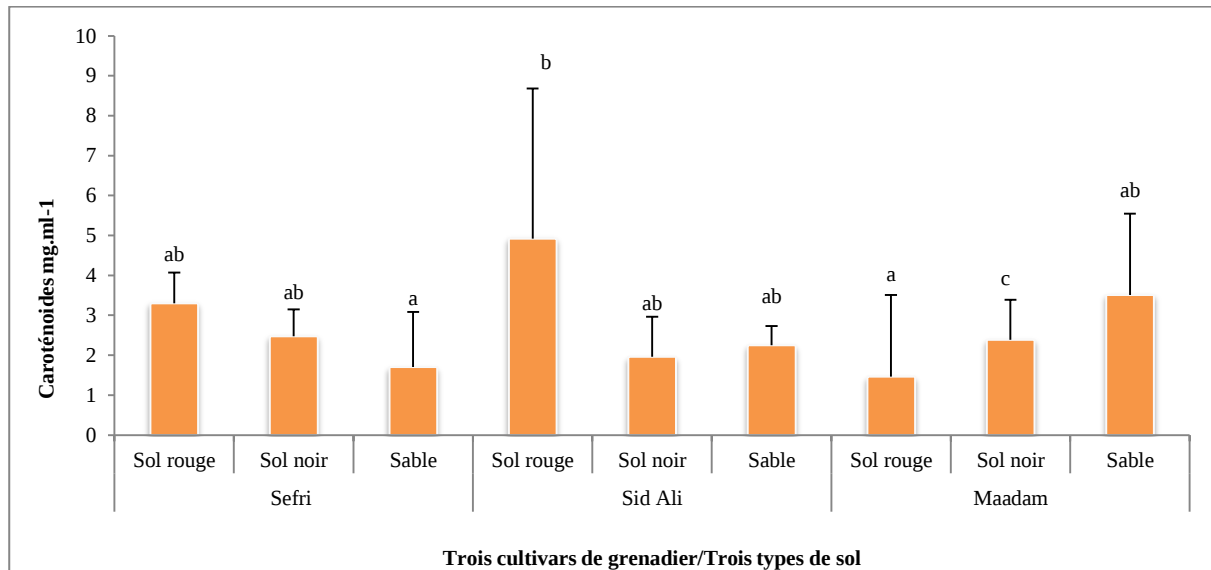


Fig.34-Teneur en Caroténoïdes des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

L'analyse statistique indique un effet hautement significatif des variables testés soit séparé (Sol, Cultivars) ou bien combinée (Cultivars*Sol).

Tableau 16- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en caroténoïdes des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différentes substrats. (16 semaines de culture).

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	143,7570	1	143,7570	26,10055	0,000016
Cultivars	49,2483	2	24,6241	4,47076	0,019680
Sol	51,2012	2	25,6006	4,64805	0,017160
Cultivars*Sol	93,2244	4	23,3061	4,23146	0,007559
Error	170,7423	31	5,5078		

3- Teneur en proline

La proline s'accumule à un taux de 268ug/100mg.ms, au niveau de grenadier Maadame cultivé dans le sol rouge. Ce taux diminue respectivement et significativement avec le changement de substrat noir et sable (192.5 et 126.6 ug/100mg.ms). Pour le Sefri les teneurs passe de 170.83ug.83 sous substrat rouge vers 116 ug.mg/100mg.ms de substrat sableux.

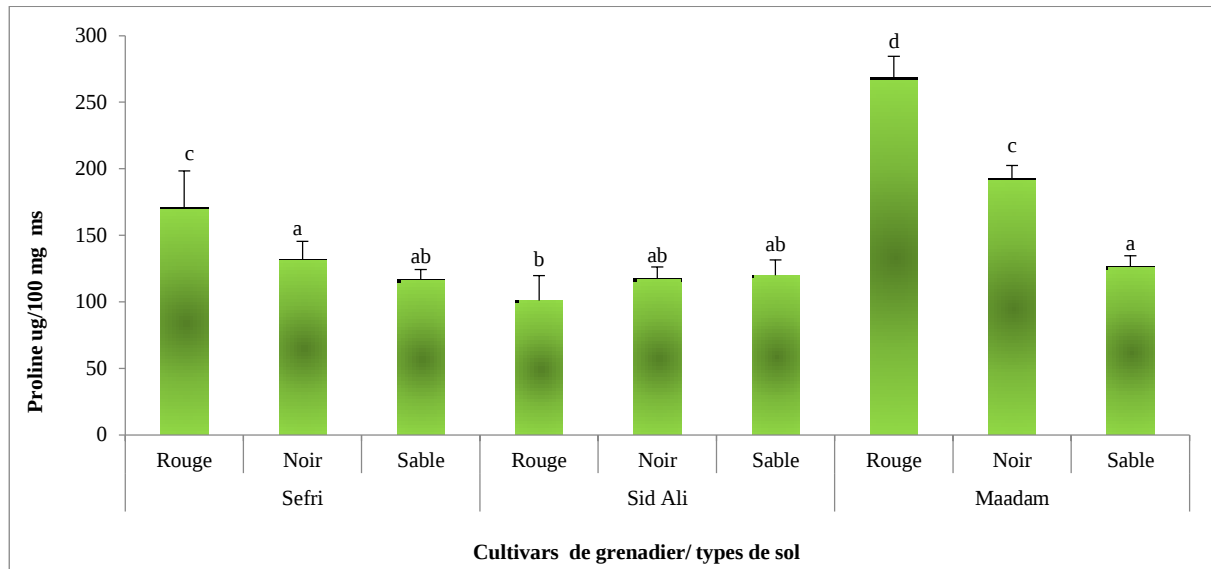


Fig.35- Teneur en proline des trois cultivars de grenadier Sefri, Sid Ali et Maddam cultivé dans trois différents substrats. (16 semaines de culture).

L'analyse de la variance à $\alpha=5\%$ montre un effet hautement significatif de variable cultivar et sol sur les teneurs en proline. A son tour la combinaison cultivars*sol présente un effet hautement significatif sur l'accumulation de notre acide aminé.

Tableau 17- Analyse de variance de la combinaison cultivars / types de sols sur la teneur en proline des jeunes plantes de grenadier cultivés dans différents substrats.

Effet	SC	Degr.de Liberté	MC	F	p
Intercept	603008,3	1	603008,3	2722,044	0,000000
Cultivars	32318,1	2	16159,0	72,944	0,000000
Sol	15672,2	2	7836,1	35,373	0,000001
Cultivars*Sol	19826,4	4	4956,6	22,375	0,000001
Error	3987,5	18	221,5		

Discussion et conclusion

Chapitre V- Discussion et conclusion

A la lumière des résultats obtenus au niveau de la partie expérimentale, nous pouvons tirer un ensemble d'informations qui expliquent les réponses morphologiques, physiologiques et biochimiques de trois cultivars de grenadier.

Le suivi de d'éclatement des nouveaux bourgeons axillaires, révèle que le cultivar Maadame se manifeste rapidement par rapport aux deux autres variétés, l'apparition des nouveaux bourgeons se démarre dès la troisième semaine pour le Maadame cultivé sous substrat rouge, pour les cultivars Sefri et Sid Ali l'éclatement commence à partir de la sixième et la septième semaine respectivement pour les deux cultivars. Ce qui concerne le sol sableux le démarrage physiologique de lance satisfaisant pour les trois cultivars de *Punica granatum* L.

Le débourrement physiologiquement n'est lié qu'aux réserves emmagasinées par les boutures, mais l'effet de la qualité de substrat peut influencer fortement la naissance des bourgeons. La qualité des sols présente un effet remarquable sur la croissance et le développement de grenadier.

Les paramètres morphologiques restent un très bon indicateur physiologique de l'état des plantes faces à l'ensemble des conditions défavorables. Après 16 semaines de suivi, le nombre des feuilles affirme que Sefri développe un maximum de feuilles sur le substrat rouge, la deuxième variété de Sid Ali affiche un maximum sur le sol noir. Le point en commun entre les trois cultivars c'est que le nombre des organes chlorophylliens est fortement influencé négativement par le substrat sableux.

La croissance de la partie aérienne des plantes est liée aux conditions de cultures, et reflète la santé des végétaux, dans notre cas les meilleurs résultats pour le Sefri sous le substrat rouge, la longueur et les ramifications des tiges traduit une bonne alimentation en nutriment et bon indice de réussite lors la replantation. La biomasse fraîche et sèche elle en faveur des feuilles par rapport aux racines pour les trois cultivars ce qui explique que l'enracinement chez les boutures est un phénomène très lent chez les boutures. Nos résultats confirment que la rhizogenèse est réussie même d'une façon différente pour les trois cultivars et les trois substrats.

Les résultats que nous avons obtenu et décrits montrent une diminution de la teneur en eau pour la variété Sefri et Maadame lorsque le substrat est noir, et l'état hydrique des deux variétés s'améliore en changeant le substrat vers le rouge ou le sable.

La chlorophylle est l'un des nombreux paramètres biochimiques, disposant de propriétés

essentielles reflétant l'état de santé des plantes, elle est liée à la disponibilité en eau et à la teneur en nutriments, pour le cas grenadier le Maadame affiche des teneurs importantes quel que soit le substrat utilisé, ces résultats sont confirmés par les teneurs en proline testées dans ce travail et qui traduisent une forte accumulation chez la variété Maadame contre les variétés Sefri et Sid Ali.

La synthèse de ces principaux résultats de notre expérimentation, et qui porte un objectif de mieux comprendre la réaction des trois cultivars de grenadier cultivés d'une manière traditionnelle au niveau de la région d'Ain Chorfa Wilaya de Mascara, cette synthèse a permis de constater que la qualité des substrats utilisés dans ce travail influence fortement l'ensemble des caractères étudiés, il est important de noter que chaque cultivar présente des particularités qui peuvent eux aussi influencer les résultats. Le cultivar Maadame semble être le mieux placé face à ces types de sol et qui peut être utilisé comme porte-greffe pour d'autres variétés les plus demandées par le consommateur local à l'occurrence Sefri et Sid Ali.

Les recherches de la sélection des cultivars les plus tolérantes aux conditions de milieu, et à l'ensemble des perturbations climatiques et édaphiques représentent un axe de recherche très important pour l'amélioration de la filière arboriculture en Algérie. Il est primordial de lancer dans le futur proche des recherches qui visent à sélectionner et bien identifier les cultivars locaux de grenadier les plus résistants aux différents stress abiotiques et qui aident par la suite à mettre en place une banque d'informations qui concerne notre biodiversité culturelles.

Références bibliographiques

Référence bibliographiques

Mémoire de fin d'études Master en AGRONOMIE Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Mastrogiannidou, E., Chatzissavvidis, C., Antonopoulou, C., Tsabardoukas, V., Giannakoula, A., Therios, I., 2016. Response of pomegranate cv. Wonderful plants to salinity. J. Soil Sci. Plant Nutr. 16, 621–636. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000032>.

da Silva, J.A.T., Rana, T.S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D.T., Ranade, S.A., 2013d. Pomegranate biology and biotechnology: a review. Sci. Hortic. 160, 85–107. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.017>

Jasuja, N.D., Saxena, R., Chandra, S., Sharma, R., 2012. Pharmacological characterization and beneficial uses of Punica granatum. Asian J. Plant Sci. 11, 251–267. <https://doi.org/10.3923/ajps.2012.251.267>.

Ghavipour, M., Sotoudeh, G., Tavakoli, E., Mowla, K., Hasanzadeh, J., Mazloom, Z., 2017. Pomegranate extract alleviates disease activity and some blood biomarkers of inflammation and oxidative stress in rheumatoid arthritis patients. Eur. J. Clin. Nutr. 71, 92–96. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.151>.

Singh, B., Singh, J.P., Kaur, A., Singh, N., 2018. Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (Punica granatum L.) peel: a review. Food Chem. 261, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.039>.

INRAA, (2006). Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

Steven Brady, multiplier, greffer, bouturer. Outils. Techniques. Calendrier. Hachette pratique. Collection carrée verte. Bibliothèque Abd EL Hamid Ibn Badis

SEERAM N Et SCHULMAN R. (2006). Pomegranates. Ancient roots to modern medicine. Editions Taylor & Francis. 244 pages.

Seeram N. P., Risa N. S. Et Heber D. (2006). Pomegranates Ancient Roots to Modern Medicine CRC Press Taylor & Francis Group Medicinal and aromatic plants–industrial profiles, 263p, ISBN : 0-8493-9812-6.

Wald, E. (2009). Le grenadier (Punica granatum L.): plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Thèse. doc. Fac. Phar., Univ. Henri Poincaré-Nancy, 147 p.

Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master Filière : sciences biologiques
Spécialité : Microbiologie Appliquée UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FRUITS ET GRAINES D'OUTRE-MER utilisés en Thérapeutique par M. MASCRE et R. PARIS (Fruits d'Outre-Mer - Vol. 1, n° 8, 19)

Arun, N., Singh, D.P., 2012. Punica granatum: a review on pharmacological and therapeutic properties. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 3, 1240–1245.

Carvalho, P.D.M., Mancini, J., 2014. Pomegranate Seed Oil (Punica Granatum L.): A Source of Punicic Acid (Conjugated α -Linolenic Acid) Application of Non-thermal Processing Technologies for Obtaining High Quality Fruit Products and Characterization of Bioactive and Aroma Compounds in Develop. *J Hum. Nutr. Food Sci* 2, 1–11.

Ajal E. et al., 2014. Exploration des marqueurs ISSR pour l'étude du polymorphisme moléculaire du grenadier *Punica granatum* L.) au Maroc. *Rev. Reg. Arides*, **35**, 393-398.

Al-Yahyai R., Al-Said F. & Opara L., 2009. Fruit growth characteristics of four pomegranate cultivars from northern Oman. *Fruits*, **64**(6), 335-341, doi.org/10.1051/ fruits/2009029

Aseri G.K. et al., 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Sci. Hortic.*, **117**, 130-135, doi. org/10.1016/j.scienta.2008.03.014

Bot., **115**, 170-178, doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.016 Chandra R. et al., 2010. Origin, history and domestication of pomegranate. *Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol.*, **4**, 1- 6.

Singh D.B., 2004. Screening of pomegranate (*Punica granatum*) cultivars for arid ecosystem. *Indian J. Agric. Sci.*, **74**, 604-606.

Anonyme .2010. Plants profile : Punica granatum. Natural Resource Conservation Service.

Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., Saura, D., & Martí, N. (2011). Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **91**(10), 1893-1906.

Newman, R. A., Lansky, E. P., & Block, M. L. (2007). Pomegranate: The most medicinal fruit. Basic Health Publications, Inc..

Calin SA et Carboneli BA. (2005). La grenade cultivée en Espagne punicalogine anti-oxydante du jus de grenade et de l'extrait de grenade dans les l'aliment fonctionnelle du fruit. Livre. Natural ontioxydant granatum et université Miguel Hernandez (EDS). *Murcia Espagne*. p.77.

(Melgarejo and Valero,2012).Des chercheurs sur La production mondiale annuelle de grenades

,**(Sarigand Galili, 2012)** Aspects of Health (in « Les sols sodiques en Afrique du Nord par G.AUBERT »)

Centres d'origines et de diversité des plantes cultivées selon le chercheur Vavilov (Sanchez-Monge, 1974). (Sanchez-Monge, 1974).(Mars, 1988).