

Dynamique de floraison et régime de reproduction chez le grenadier (*Punica granatum* L.) en Tunisie

Messaoud MARS^{a*}, Mohamed MARRAKCHI^b

^a École supérieure d'horticulture, 4042 Chott-Mariem, Sousse, Tunisie
messaoud.mars@laposte.net

^b Faculté des sciences de Tunis, campus universitaire, 2092 El Manar, Tunisie

Flowering dynamics and reproductive system of the pomegranate (*Punica granatum* L.) in Tunisia.

Abstract — Introduction. In Tunisia, although there are problems involved in the pomegranate's (*Punica granatum* L.) flowering and fruiting, no study has yet been undertaken on this species concerning these topics. Our work thus sought to study these important stages of the reproductive cycle for certain local varieties of *P. granatum* cultivated under the Tunisian conditions. **Materials and methods.** The flowering dynamics was studied by a regular counting of the flowers formed on branches of three local cultivars: Gabsi, Kalaii and Garoussi. The floral bud, flower or young recently retained fruit fall was entered for the whole tree. A follow-up of the flower fertility and tests of self-pollination by various lengths of branch bagging were carried out on the cultivar Gabsi alone. **Results and discussion.** Flowering was approximately 8 weeks long for Gabsi and 10 weeks for Garoussi and Kalaii. The maximum number of flowers was obtained between the third and the fifth week after the beginning of flowering. The major proportion of the flowers appeared on branches which were 1-year-old or more. The highest retention rate (8.4%) was recorded with the cultivar Gabsi. Fruits were especially obtained starting from the hermaphrodite flowers. The fruit size at harvest decreased progressively as the flowering date of the flowers of which the fruit were formed had been late. The bagged short branches did not retain fruits; those with average lengths allowed a fruiting rate of 2.3% compared with the total branch flowers; the longest branches had a fruiting rate of 4.8%. **Conclusions.** The flowering of pomegranate is very spread out. The studied cultivars differed according to the date of the beginning of flowering, and the flowering duration and intensity. The preferential reproductive system proved to be allogamy. The spreading out of the flowering and the flowers' morpho-physiological characteristics would appear to support cross-pollination.

Tunisia / *Punica granatum* / plant propagation / sexual reproduction / flowering / fruiting

Dynamique de floraison et régime de reproduction chez le grenadier (*Punica granatum* L.) en Tunisie.

Résumé — Introduction. En Tunisie, bien que des problèmes liés à la floraison et à la fructification se posent chez le grenadier (*Punica granatum* L.), aucune étude n'avait encore été menée sur cette espèce. Nos travaux ont donc cherché à étudier ces importantes étapes du cycle de reproduction de la plante chez certaines variétés locales de *P. granatum* exploitées dans les conditions tunisiennes. **Matériel et méthodes.** La dynamique de la floraison a été étudiée par le comptage régulier des fleurs formées sur branches des trois cultivars locaux : Gabsi, Kalaii et Garoussi. La chute des boutons floraux, des fleurs épanouies ou des jeunes fruits récemment noués a été comptabilisée pour l'arbre entier. Un suivi de la fertilité des fleurs et des essais d'autopollinisation par ensachage de rameaux de différentes longueurs ont été conduits sur le seul cultivar Gabsi. **Résultats et discussion.** La durée de la floraison a été de 8 semaines environ pour Gabsi et de 10 semaines pour Garoussi et Kalaii. Le maximum des fleurs a été obtenu entre la troisième et la cinquième semaine après le début de floraison. La majeure partie des fleurs est apparue sur du bois âgé d'un an ou plus. Le taux de rétention le plus élevé (8,4 %) a été enregistré chez le cultivar Gabsi. Les fruits ont surtout été obtenus à partir des fleurs hermaphrodites. Le calibre des fruits à la récolte a diminué au fur et à mesure que la date d'apparition des fleurs dont ils provenaient avait été tardive. Les rameaux courts ensachés n'ont pas retenu de fruits ; ceux de longueur moyenne ont permis un taux de nouaison de 2,3 % par rapport à la totalité des fleurs du rameau ; les rameaux de plus grande taille ont présenté un taux de 4,8 %. **Conclusions.** La floraison du grenadier est très échelonnée. Les cultivars étudiés ont différé en fonction de la date du début de floraison, de sa durée et de son intensité. Le régime de reproduction s'est révélé être l'allogamie préférentielle. L'étalement de la floraison et les particularités morpho-physiologiques des fleurs favoriseraient plutôt la pollinisation croisée.

Tunisia / *Punica granatum* / multiplication des plantes / reproduction sexuée / floraison / fructification

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 15 janvier 2003
Accepté le 16 juin 2003

Fruits, 2004, vol. 59, p. 39–48
© 2004 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits:2004005

RESUMEN ESPAÑOL, p. 48

1. Introduction

Contrairement à plusieurs autres espèces fruitières [1, 2], chez le grenadier, les études relatives à la floraison et aux organes de fructification ont été éparses jusqu'à ces dernières années. Toutefois, il a été montré que cette espèce présentait une floraison très échelonnée pouvant se prolonger sur plusieurs semaines et se dérouler sur trois ou quatre vagues distinctes [3–5].

Chez cette espèce, certains auteurs ont distingué trois catégories de fleurs :

- les fleurs femelles à style et anthères bien développés,
- les fleurs intermédiaires,
- les fleurs mâles à style atrophié et anthères bien développées [6, 7].

D'autres auteurs, en revanche, ont classé les fleurs de grenadier en deux types :

- hermaphrodites ou complètes et donc fertiles, dites de « type vase »,
- mâles et donc stériles, dites de « type cloche » [8].

Par ailleurs, en Inde, il a été montré que le stigmate devient réceptif 1 j avant l'ouverture des fleurs et demeure ainsi jusqu'au troisième jour après anthèse [9]. En Espagne, la réceptivité du stigmate chez trois cultivars locaux a été détectée 2 j avant l'anthèse et s'est maintenue pendant environ 6 j [10]. Le rôle des différents agents pollinisateurs reste assez controversé. D'après Nath *et al.*, le vent et quelques insectes, dont, en particulier, des lépidoptères et des hyménoptères, ne joueraient qu'un rôle très limité dans ce domaine [10]. En revanche, Melgarejo *et al.* ont attribué respectivement (14,3 et 26,3) % de la pollinisation à ces deux agents, vent et insectes [10]. Par ailleurs, les phénomènes de protogynie et d'hétérostylie seraient assez fréquents chez certaines variétés de grenadiers [11].

Selon les auteurs, le régime de reproduction du grenadier serait aussi divers : la plante pourrait être autogame, auto- et allogame, allogame préférentielle, etc. Ainsi, l'utilisation d'un gène-marqueur contrôlant la coloration de la base du pétiole et du bouton floral a permis de montrer que les cultivars indiens Ganesh et Kabul Yellow

étaient préférentiellement autogames [12]. Karale *et al.*, en revanche, considèreraient le grenadier comme une espèce allogame pouvant retenir quelques fruits en autopolinisation [13].

En Tunisie cependant, aucune étude concernant ces problèmes de floraison et de régime de reproduction n'avait été menée jusqu'à présent sur le grenadier, espèce pourtant très présente localement et présentant de réels problèmes de production liés à la floraison et à la fructification. Nos travaux ont donc cherché à étudier le mode de floraison et de fructification ainsi que le régime de reproduction de certaines variétés locales de *Punica granatum* exploitées dans les conditions tunisiennes.

2. Matériel et méthodes

Une étude de la dynamique de la floraison du grenadier a été réalisée en Tunisie sur les cultivars locaux Gabsi, Kalaii et Garoussi. Pour chacun de ces cultivars, deux arbres adultes et en bon état sanitaire ont été choisis au milieu d'une même parcelle située à Sousse (centre de la Tunisie) et conduite selon les techniques habituelles dans le pays.

Pour chacun des arbres étudiés, l'apparition des fleurs a été suivie par observations régulières, effectuées tous les (3 à 4) j, d'une branche choisie dans la même orientation (sud-est) de façon à éviter tout effet éventuel de ce facteur orientation. En revanche, la chute des boutons floraux, des fleurs épanouies ou des jeunes fruits récemment noués a été comptabilisée tous les 7 j pour l'arbre entier. Les observations ont débuté juste avant la floraison et se sont poursuivies jusqu'à la fin de la chute des fleurs ou des jeunes fruits, soit après la nouaison.

L'étude de la fertilité des fleurs durant la période de floraison et les tests d'autofertilité ont porté sur des arbres du cultivar Gabsi cultivé à Médenine (sud de la Tunisie). L'échantillonnage a concerné 20 fleurs prélevées à quatre dates successives sur deux grenadiers adultes choisis au milieu du verger. En même temps, des jeunes fruits ont été marqués aux mêmes quatre dates sur

quelques arbres du même cultivar dans le même verger. À maturation, les fruits maintenus sur l'arbre ont été récoltés pour observation et comptage des graines.

Des essais d'autopollinisation ont été réalisés sur des arbres bien répartis au milieu du verger, par ensachage des fleurs dès le début de floraison : des rameaux fructifères de longueur variable ont été choisis sur différentes orientations :

- douze rameaux de (25 à 30) cm portant chacun deux à trois boutons floraux bien développés,
- douze rameaux de (40–50) cm présentant une à deux bifurcations,
- huit rameaux de (60 à 70) cm présentant deux à trois bifurcations et portant plusieurs boutons floraux.

Après élimination des fleurs déjà épanouies, l'ensachage de ces rameaux a été assuré à l'aide de papier sulfurisé pour une protection des fleurs contre l'entrée de tout pollen de l'extérieur. Le dénombrement des fleurs chutées et des fruits restés sur les rameaux a eu lieu au moment de l'enlèvement des sachets, soit environ 1 mois plus tard. En même temps que cet ensachage, six rameaux d'environ 1 m de long ont été marqués pour suivre l'apparition des fleurs et la nouaison des fruits en pollinisation libre (sans ensachage).

3. Résultats

3.1. Dynamique de la floraison et de la rétention des fruits

Le suivi de la floraison des trois cultivars étudiés a eu lieu de fin avril à fin juillet. Pour faciliter et homogénéiser les calculs, les comptages des fleurs épanouies ont été regroupés par périodes de 7 j.

La durée de la floraison a été d'environ 8 semaines pour les arbres du cultivar Gabsi et d'environ 10 semaines pour ceux de Garoussi et Kalaii (*figure 1*). Les premières fleurs épanouies ont été observées sur les grenadiers Gabsi pendant la dernière semaine du mois d'avril. Trois à quatre

jours plus tard, les premières fleurs des grenadiers du cultivar Garoussi sont apparues, alors que des premières fleurs des arbres Kalaii ne se sont épanouies qu'environ une semaine après. Quel que soit le cultivar considéré, le nombre des fleurs ouvertes a été très limité en début de la période de floraison. Ce n'est qu'à partir de la deuxième semaine que le rythme d'apparition des fleurs s'est accéléré (*figure 1*). En général, le maximum des fleurs a été obtenu entre la troisième et la cinquième semaine ; c'est alors la période de pleine floraison pendant laquelle plus des trois quarts des fleurs du cultivar Gabsi et respectivement (66 et 59) % des fleurs de Kalaii et Garoussi se sont ouvertes (*figure 1*).

La majeure partie des fleurs est apparue sur du bois âgé d'un an ou plus (*tableau 1*). Les fleurs portées par le bois de l'année (bois jeune) ont été observées tardivement, soit (3 à 5) semaines après le début de la floraison. Elles ne représentent que 2,56 % du total des fleurs comptées chez le cultivar Gabsi et respectivement (18,36 et 16,20) % des fleurs comptées sur les arbres des cultivars Kalaii et Garoussi.

La chute des boutons floraux ou des fleurs épanouies a commencé quelques jours après le début de floraison et s'est poursuivie jusqu'à (1 à 2) semaines après l'épanouissement des dernières fleurs. Les chutes, au départ peu importantes, sont devenues par la suite intenses, avec des pertes optimales (plus des trois quarts des

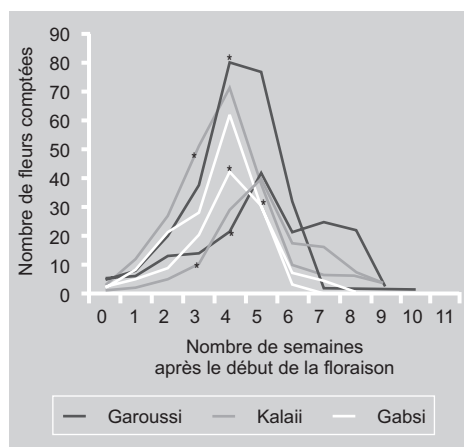


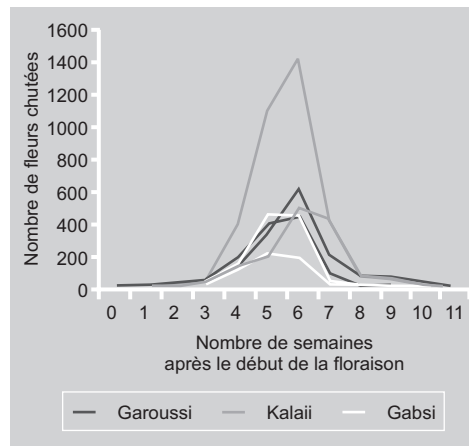
Figure 1. Évolution comparée de l'apparition des fleurs sur des branches de grenadiers appartenant à trois cultivars tunisiens (deux arbres observés par cultivar). Les « * » indiquent la date d'apparition des fleurs sur le bois de l'année.

Tableau I.

Répartition des fleurs formées en fonction de l'âge du rameau chez trois cultivars de grenadier observés en Tunisie.

Cultivar de grenadier	Nombre de fleurs formées sur bois âgé	Nombre de fleurs formées sur bois jeune	Nombre total de fleurs formées sur les rameaux observés
Gabsi			
Arbre 1	106	5	111
Arbre 2	160	2	162
Garoussi			
Arbre 1	248	14	262
Arbre 2	114	56	170
Kalائي			
Arbre 1	187	38	225
Arbre 2	102	27	129

Figure 2. Évolution comparée de la chute des fleurs sous des grenadiers appartenant à trois cultivars tunisiens (deux arbres observés par cultivar).



fleurs perdus) entre la quatrième et la septième semaine après le début de floraison (figure 2).

Les organes chutés ont été séparés en quatre catégories : boutons floraux, fleurs de « type cloche », fleurs de « type vase » et jeunes fruits noués. Plus de 75 % des organes chutés ont été constitués par des fleurs de « type cloche », alors que les fleurs de « type vase » n'ont représenté qu'environ 10 % des pertes. La chute des boutons floraux non ouverts (4,1 %) et les jeunes fruits au stade juste après nouaison (5,3 %) a été réduite (tableau II).

Les fruits non tombés à la fin de la période de floraison ont été comptés sur les branches marquées au préalable et sur les arbres entiers. Le nombre de fruits retenus se révèle très faible lorsque comparé à celui des fleurs apparues sur l'arbre (tableau III). Les taux de rétention les plus élevés ont été enregistrés sur les arbres du cultivar Gabsi. Les valeurs obtenues à l'échelle de la branche ont été légèrement supérieures à celles qui ont été mesurées sur les arbres entiers (tableau III).

3.2. Évolution de la fertilité des fleurs

La qualité des fleurs a été suivie en effectuant des observations sur des échantillons de fleurs de « type vase » prélevés à quatre dates différentes comprises dans la période de floraison du cultivar Gabsi. La taille des fleurs, estimée par le diamètre mesuré au niveau de l'ovaire, est restée sensiblement la même durant toute l'époque de floraison (tableau IV). Le nombre moyen d'étamines est passé d'environ 380 par fleur durant la première moitié de la période de floraison à environ 300 ensuite. Leur aspect a été normal durant toute la floraison. Les ovules ont été nombreux et de taille petite à moyenne au début de la période. Par la suite, ils ont grossi et leur nombre est resté très élevé

Tableau II.

Répartition des organes chutés après floraison pour trois cultivars de grenadier observés en Tunisie (moyenne des comptage de deux arbres par cultivar, exprimée en % du total).

Cultivar observé	Boutons floraux	Flleurs type « cloche »	Flleurs type « vase »	Jeunes fruits
Gabsi	4,5	75,5	12,5	7,5
Garoussi	3,5	81,5	9,0	6,0
Kalali	4,2	85,5	7,8	2,5

Tableau III.

Taux de rétention (en % des fleurs apparues) des fruits de trois cultivars de grenadiers, évalué soit sur branche en fonction du type de bois sur lequel se sont formées les fleurs, soit sur arbre entier.

a) % de rétention sur branche individuelle

Cultivar observé	Sur bois âgé		Sur bois jeune	
	Flleurs comptabilisées	% de rétention des fruits	Flleurs comptabilisées	% de rétention des fruits
Gabsi				
Arbre 1	106	10	5	0
Arbre 2	160	13	2	0
Garoussi				
Arbre 1	248	5	14	21
Arbre 2	114	8	56	7
Kalali				
Arbre 1	187	4	38	16
Arbre 2	102	7	27	11

b) % de rétention à l'échelle de l'arbre entier

Cultivar observé	Nombre total de fleurs comptabilisées	% de rétention des fruits
Gabsi		
Arbre 1	1134	6,8
Arbre 2	590	10,0
Garoussi		
Arbre 1	1164	4,3
Arbre 2	1495	4,9
Kalali		
Arbre 1	3526	4,7
Arbre 2	1391	5,5

pour diminuer légèrement en fin de floraison (*tableau IV*).

Le suivi des fruits noués observés à quatre dates différentes a mis en évidence des différences de qualité des fruits selon les générations de fleurs (*tableau IV*). Les fruits

noués en début de floraison (génération 1) ont été sujets à de fortes chutes qui ont affecté plus de la moitié du lot. Par la suite (générations 2 et 3), ces chutes sont devenues relativement faibles (6,6 %). En fin de la floraison, les fruits noués, peu nombreux, ont

Tableau IV.

Observation de certaines caractéristiques de fleurs et de fruits du grenadier de la variété Gabsi, en fonction de l'époque de floraison.

a) Fleurs					
Époque de floraison	Date d'observation	Diamètre de la fleur (mm)	Nombre d'étamines	Effectif et taille des ovules	
Génération 1 : 25 avril au 5 mai	1 ^{er} mai	12,7 ± 2.7	370 ± 50	> 800 taille moyenne	
Génération 2 : 6 au 20 mai	16 mai	13,1 ± 2.2	390 ± 47	> 800 petits	
Génération 3 : 21 mai au 5 juin	1 ^{er} juin	13,9 ± 1.1	310 ± 40	> 800, bien développés	
Génération 4 : 6 au 20 juin	12 juin	11,7 ± 3.5	290 ± 35	600 à 700 bien développés	
b) Fruits					
Date de repérage des fruits	Date de récolte	Nombre de fruits comptabilisés	Taux de fruits chutés (%)	Poids moyen des fruits (g)	Observations
Génération 1 : 5 mai	10 octobre	30	53,3	355 ± 42	Graines dures
Génération 2 : 20 mai	15 octobre	31	6,5	296 ± 72	–
Génération 3 : 5 juin	25 octobre	30	6,6	294 ± 62	Graines de dureté moyenne
Génération 4 : 20 juin	30 octobre	20	35	166 ± 59	Fruits déformés

fortement chuté (taux de chute de 35 %, *tableau IV*).

Environ 5 mois plus tard, le calibre des fruits à la récolte a été d'autant plus petit que la floraison des fleurs dont ils avaient été issus avait été tardive. Les grenades issues des premières fleurs formées ont eu un poids moyen de 355 g pour 166 g mesurés pour les fruits récoltés en fin de période.

Les fleurs formées durant les deuxième et troisième générations seraient donc de meilleure qualité que celles développées en début et en fin de période de floraison. Elles sont de taille normale et leurs ovaires sont normaux. Leur pollinisation paraît avoir lieu convenablement. Le développement des fruits issus de ces fleurs est normal et le nombre de graines est très important. Les fleurs du début de l'époque de floraison sont également normales et leur pollinisation paraît avoir lieu normalement. Toute-

fois, le nombre de graines obtenues dans leurs fruits est relativement faible comparé à celui des fruits des deux générations suivantes. En outre, ces fruits sont sujets à des chutes importantes durant leur développement. Les fleurs tardives (génération 4) sont les moins fertiles. Les ovules et les étamines y sont moins nombreux que dans les fleurs des générations précédentes. Des défauts de pollinisation ont pu être notés. Les fruits obtenus sont déformés et contiennent relativement moins de graines que ceux qui sont issus des premières générations de fleurs.

3.3. Régime de reproduction

Lors des différents essais d'autopollinisation, les rameaux enséchés ont été de longueur variable et les nombres de fleurs développées et de fruits noués ont été également variables (*tableau V*). La proportion

Tableau V.

Taux de rétention des fruits à partir de fleurs de grenadier en autopollinisation (rameaux ensachés) et en pollinisation libre (rameaux non ensachés) chez le cultivar tunisien Gabsi.

a) Rameaux ensachés

Nombre et taille des rameaux ensachés	Date d'ensachage	Date d'observation	Nombre de fleurs apparues en fonction de leur type		Nombre de fruits retenus	Taux de nouaison (%)	
			« Cloche »	« Vase »		par rapport au total des fleurs	par rapport aux fleurs « vase »
12 rameaux de (25–30) cm	19 mai 1997	10 juin 1997	16	10	0	0	0
12 rameaux de (40–50) cm	22 mai 1998	24 juin 1998	70	15	2	2,3	13,3
8 rameaux de (60–70) cm	25 mai 1998	24 juin 1998	50	13	3	4,8	23,0

b) Rameaux non ensachés

Nombre et taille des rameaux ensachés	Date de marquage	Date d'arrêt des observations	Nombre de fleurs apparues en fonction de leur type		Nombre de fruits retenus	Taux de nouaison (%)	
			« Cloche »	« Vase »		par rapport au total des fleurs	par rapport aux fleurs « vase »
6 rameaux de (1,00–1,20) m	20 mai 1998	23 juin 1998	212	68	35	12,5	51,5

des fleurs mâles a toujours été plus importante que celle des fleurs hermaphrodites. L'analyse de la mesure des taux de rétention des fruits calculés soit sur le total des fleurs épanouies soit sur les seules fleurs fertiles de « type vase » a montré que :

- les rameaux courts de (25 à 30) cm ensachés ne retenaient aucun fruit,
- les rameaux de longueur moyenne de (40 à 50) cm permettaient d'observer un taux de nouaison de 2,3 % par rapport à la totalité des fleurs épanouies et de 13,3 % en considérant uniquement les fleurs fertiles,
- les rameaux les plus longs de (60 à 70) cm donnaient 4,8 % de fruits noués parmi la totalité des fleurs et un taux de 23 % sur l'ensemble des fleurs fertiles (*tableau V*).

Sur les rameaux en pollinisation libre, le taux de nouaison a été de 12,5 % par rapport à la totalité des fleurs apparues et de 51,5 % en considérant uniquement les fleurs de « type vase » (*tableau V*).

4. Discussion

Nos résultats ont montré que la floraison du grenadier Gabsi était plus regroupée que celle des cultivars Garoussi et Kalaii et qu'elle débutait plus tôt. En fait, chez le grenadier comme chez la plupart des végétaux, la date et la durée de la floraison seraient des caractéristiques variétales [1, 4, 6]. Ces particularités sont sensiblement influencées par les conditions climatiques qui peuvent avoir une influence sur l'époque, la durée et l'abondance de la floraison [1, 2, 8]. Certaines pratiques culturales peuvent également avoir des effets sur ces deux derniers critères [14].

Par ailleurs, chez les espèces à floraison échelonnée, il apparaît souvent plusieurs flux ou vagues de fleurs. Ce phénomène est d'ailleurs souvent évoqué sur le grenadier par les agriculteurs tunisiens qui parlent alors de différentes générations de fleurs et de fruits. Toutefois, nos données n'ont pas permis de distinguer ces générations de façon précise.

Le nombre de fleurs développées par arbre dépend, entre autres, de son volume et de son âge. Tout comme les proportions de fleurs fertiles et de fleurs stériles, il peut être affecté par certaines opérations culturales [5, 14]. Les valeurs que nous avons obtenues sont comparables à celles qui ont été rapportées par d'autres auteurs [15].

D'autre part, nous avons constaté que chez le cultivar Gabsi, le bois jeune ne retenait pas les fruits, alors que, chez Kalaii et Garoussi, la proportion de fruits portés par ce bois jeune était relativement importante. Ces différences pourraient être d'origine génétique puisque le mode de fructification serait une caractéristique variétale très importante [16].

Chez certaines espèces fruitières, la nature des fleurs peut varier tout au long de l'époque de floraison. Les fleurs qui apparaissent tardivement sont pour la plupart de mauvaise qualité. Elles pourraient présenter des défauts de développement dès les premiers stades de leur formation [2]. Chez le grenadier, la proportion de fleurs mâles et de fleurs hermaphrodites varie en fonction de leur date d'apparition [4, 5]. Comme ce sont essentiellement les fleurs hermaphrodites ou complètes qui donnent des fruits, cette proportion a un impact direct sur la rétention des fruits. Nos résultats confirment ceux d'autres auteurs qui avaient également montré que les chutes affectaient surtout les fleurs stériles [4, 13].

Nos essais d'autopollinisation ont montré que plus les rameaux ensachés étaient grands, plus le taux de nouaison était élevé. Trois hypothèses, au moins, pourraient expliquer ce résultat :

– Le volume du sachet utilisé pourrait affecter les processus de pollinisation et / ou de fécondation [17]. Le microclimat créé serait d'autant plus favorable que le sachet est grand.

– L'hétérostylie et la séparation par les pétales en début de floraison entre stigmates et anthères observées chez plusieurs cultivars [18], ajoutées à la protogynie rapportée par certains auteurs [11], pourraient être à l'origine d'une pollinisation défectueuse et d'une mauvaise fécondation surtout lorsque

le nombre de fleurs est limité. Dans ce cas, une pollinisation déficiente pourrait affecter la germination des grains de pollen et la croissance des tubes polliniques. Ce serait une manifestation de « l'effet masse » vérifié chez plusieurs espèces fruitières à noyaux et à pépins [19].

– L'autopollinisation au sein d'une même fleur (autogamie) pourrait être rendue très difficile par les effets simultanés du microclimat, de l'hétérostylie et de la protogynie. En effet, le stigmate serait réceptif au moins un jour avant l'épanouissement de la fleur et sa réceptivité serait maximale le jour de l'anthèse [10, 11]. Par ailleurs, la déhiscence des anthères, conditionnée par l'humidité relative de l'air ambiant, ne commence normalement qu'avec l'ouverture de la fleur ou quelques heures plus tard et ce sont les anthères insérées sur la partie inférieure du calice qui sont les premières déhiscences [9]. Ces différents facteurs seraient susceptibles d'interférer avec l'efficacité de l'autopollinisation.

Le taux de fructification que nous avons obtenu par ensachage des rameaux de grande taille est comparable aux résultats rapportés par Melgarejo *et al.* pour deux cultivars espagnols [10]. En Inde, Nath and Randhawa ont rapporté que 46 % des fleurs fertiles donneraient des fruits en autopollinisation [11] alors que Karale *et al.* [13] ont obtenu 43,3 % de nouaison en autopollinisation sans préciser si ce taux se rapportait à la totalité des fleurs ou bien aux seules fleurs fertiles.

Les taux de nouaison trouvés en pollinisation libre dans nos conditions expérimentales sont inférieurs aux résultats obtenus en Inde [11, 13]. Toutefois, ils restent comparables aux taux mesurés en Espagne [10]. Ce taux de fructification est alors plus que doublé par rapport à celui observé en autopollinisation, ce qui confirme que l'espèce *Punica granatum* a un régime allogame préférentiel. La pollinisation peut avoir lieu soit entre des fleurs différentes d'un même arbre qu'elles soient localisées sur un même rameau ou sur différents rameaux (géitonogamie), soit entre des fleurs d'arbres différents (xénogamie) [20]. Le transport du pollen peut être effectué par le vent ou par

quelques insectes visitant les fleurs de grenadier de couleur très attirante et très riches en pollen [9, 10].

5. Conclusions

La floraison du grenadier est assez échelonnée. La date, la durée, l'intensité et le mode de floraison sont des caractéristiques variétales importantes pouvant avoir des conséquences sur la fructification et sur la qualité des fruits. Ces paramètres peuvent également être une source de variabilité et servir de critères de sélection.

Toutes les variétés présentent deux catégories de fleurs : des fleurs hermaphrodites ou complètes (fertiles) et des fleurs à ovaire atrophié (stériles ou très peu fertiles). Leurs proportions varient tout au long de la période de floraison. La fertilité est maximale chez les fleurs apparaissant 2 semaines après le début de floraison jusqu'à environ 2 semaines avant sa fin.

La fleur du grenadier, comme celles d'autres espèces fruitières, ne paraît pas bien structurée pour répondre à une autogamie importante. Les résultats des tests d'autofertilité et nos différentes observations ont démontré que l'espèce suit, dans les conditions de culture tunisiennes, un régime de reproduction à allogamie préférentielle qui est favorisé par l'abondance et l'étalement de la floraison. Ce système reproductif pourrait constituer l'une des sources de la diversité génétique observée chez cette espèce.

Références

- [1] Garcia Lidon A., Ortiz Marcide J.M., Garcia Legaz M.F., Porras Castillo I., Estudio comparativo de la floracion en distintas variedades de limonero, *Fruits* 47 (6) (1992) 661–666.
- [2] Socias I., Company R., Dinámica de la floración y cuajado en el almendro "Guara", ITEA (Información Técnica Económica Agraria, AIDA, Saragosse, Spain) 88 V (3) (1992) 195–199.
- [3] Ben Arie R.N., Segal N., Guelfat-Reich S., The maturation and ripening of the Wonderful pomegranate, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 109 (6) (1984) 898–902.
- [4] El Sese A.M., Physiological studies on flowering and fruiting habits of some pomegranate cultivars under Assiut conditions, *Assiut J. Agric. Sci.* 19 (4) (1988) 320–336.
- [5] Hussein M.A., El Sese A.M., El Mahdy T.K., Abd-El-Sabour B., Physiological studies on thinning effects on the yield and fruit quality of Manfalouty pomegranate. A. Flowering behaviour and sevin, NAA and hand thinning effects on fruit thinning, yield and certain fruit characteristics, *Assiut J. Agric. Sci.* 25 (3) (1994) 27–40.
- [6] Nath N., Randhawa G.S., Studies on floral biology in the pomegranate (*Punica granatum* L.). I. Flowering habit, flowering season, bud development and sex ratio in flowers, *Indian J. Hortic.* 16 (2) (1959) 61–68.
- [7] Chaudhari S.M., Desai U.T., Effects of plant growth regulators on flower sex in pomegranate (*Punica granatum* L.), *Indian J. Agric. Sci.* 63 (1) (1993) 34–35.
- [8] Shulman Y., Fainberstein L., Lavee S., Pomegranate fruit development and maturation, *J. Hortic. Sci.* 59 (2) (1984) 265–274.
- [9] Nath N., Randhawa G.S., Studies on floral biology in the pomegranate (*Punica granatum* L.). II. Anthesis, dehiscence, pollen studies and receptivity of stigma, *Indian J. Hortic.* 16 (3) (1959) 121–135.
- [10] Melgarejo P., Legua P., Martinez M., Martinez J.J., Contribution to a better knowledge of the quality of pomegranate pollen (*Punica granatum* L.), *Options Méditerr. Série A* 42 (2000) 115–121.
- [11] Nath N., Randhawa G.S., Studies on floral biology in the pomegranate (*Punica granatum* L.). III. Pollination, fruit set and seed formation, *Indian J. Hortic.* 16 (3) (1959) 136–140.
- [12] Jalicop S.H., Sampath Kumar P., Use of a gene marker to study the mode of pollination in pomegranate (*Punica granatum* L.), *J. Hortic. Sci.* 65 (2) (1990) 221–223.
- [13] Karale A.R., Supe V.S., Kaulgud S.N., Kale P.N., Pollination and fruit set studies in pomegranate, *J. Maharashtra Agric. Univ.* 18 (3) (1993) 364–366.

- [14] El Kassas S.E., Amen K.I.A., Hussein A.A., Osman S.M., Effects of certain methods of weed control and nitrogen fertilization on the yield, fruit quality and some nutrient contents of Manfalouty pomegranate trees. I. Flowering and fruit setting, *Assiut J. Agric. Sci.* 23 (3) (1992) 183–198.
- [15] Gozlekçi S., Kaynak L., Physical and chemical changes during development and flowering in pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivar Hicaznar grown in Antalya region, *Options Méditerr. Série A 42* (2000) 79–85.
- [16] Mars M., Marrakchi M., Variabilité intra-arbre chez le grenadier (*Punica granatum* L.): application à l'échantillonnage des fruits, *Fruits* 55 (5) (2000) 347–355.
- [17] Dettori M.T., Di Gaetano R., *Feijoa sellowiana*: floral biology, *Adv. Hortic. Sci.* 5 (1991) 11–14.
- [18] Mars M., Ressources génétiques du grenadier (*Punica granatum* L.) en Tunisie : prospection, conservation et analyse de la diversité, *Fac. Sci., Univ. Tunis El Manar*, Thèse, Tunisie, 2001.
- [19] Andrés M.V., Martín R., Perales L., Durán J.M., Polinización y germinación *in vivo* del polen en variedades de manzano, peral, nectarino y melocotonero, ITEA (Información Técnica Económica Agraria), AIDA, Saragose, Spain, 96 V (1) (2000) 49–59.
- [20] Richards A.J., *Plant breeding systems*, George Allen & Unwin (Ed.), London, UK, 1986.

Dinámica de floración y régimen de reproducción en el granado (*Punica granatum* L.) en Túnez.

Resumen — Introducción. En Túnez, a pesar de los problemas vinculados a la floración y a la fructificación del granado (*Punica granatum* L.), aún no se había llevado a cabo ningún estudio sobre esta especie. Nuestro estudio consistió, pues, en intentar estudiar estas importantes etapas del ciclo de reproducción de la planta en algunas variedades locales de *P. granatum* cultivadas en las condiciones tunecinas. **Material y métodos.** Se estudió la dinámica de la floración mediante el recuento regular de las flores formadas en ramas de los tres cultivares locales: Gabsi, Kalaii y Garoussi. Se contabilizó en todo el árbol la caída de los capullos, de las flores abiertas o frutos jóvenes recientemente cuajados. En el cultivar Gabsi, se efectuó un seguimiento de la fertilidad de las flores y ensayos de autopolinización mediante el embolsado de ramos de distintas longitudes. **Resultados y discusión.** La duración de la floración fue de, aproximadamente, 8 semanas en Gabsi y de 10 semanas en Garoussi y Kalaii. El máximo de flores se obtuvo entre la tercera y la quinta semana después del inicio de la floración. La mayor parte de las flores apareció en ramas con un año o más de edad. La tasa de retención más alta (8,4%) se registró en el cultivar Gabsi. Los frutos se obtuvieron sobre todo a partir de las flores hermafroditas. El calibre de las frutas en la cosecha disminuyó a medida que la fecha de aparición de las flores de las que procedían era tardía. Las ramas cortas embolsadas no fructificaron; las de longitud media tuvieron un porcentaje de fructificación del 2,3% con respecto al conjunto de las flores de la rama; las ramas de mayor tamaño mostraron una tasa del 4,8%. **Conclusiones.** La floración del granado es muy escalonada. Los cultivares estudiados mostraron diferencias en función de la fecha del inicio de floración, de su duración y de su intensidad. El régimen de reproducción resultó ser de alogamia preferencial. El escalonamiento de la floración y las particularidades morfofisiológicas de las flores favorecerían más bien la polinización cruzada.

Túnez / *Punica granatum* / propagación de plantas / reproducción sexual / floración / fructificación