

Aspects de la phénologie fructifère du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc)

par Naoual Gharnit¹, Nouredine El Mtili², Abdeslam Ennabili³ & Fouad Sayah¹

¹ Laboratoire de Biologie appliquée, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 416, Tanger 90000, Maroc.

² Département de Biologie, Faculté des Sciences, B.P. 2121, Tétouan 93002, Maroc.

³ Département de Phytologie, INPMA, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, B.P. 8691, Fès 30100, Maroc.

Correspondance : aennabili@gmail.com

RÉSUMÉ - L'étude de la phénologie fructifère des deux catégories locales de caroubier ("dkar" productive et "lanta", *Ceratonia siliqua* L., *Leguminosae*), originaires du nord-ouest du Maroc, a révélé que les conditions stationnelles n'ont pas d'effet significatif sur les taux de fleurs et fruits avortés ni sur le pourcentage de fruits développés. Pour ces catégories de caroubier, le pourcentage des fleurs avortées est élevé (83 % et 81,8 % respectivement pour les catégories "dkar" productive et "lanta"). Le taux de fruits développés varie de 9,97 % pour la catégorie "dkar" productive à 11,5 % pour la catégorie "lanta". Le pourcentage de fruits avortés reste faible (6,58 % et 7,03 % pour les catégories "lanta" et "dkar" productive dans le même ordre). De plus, la catégorie "dkar" productive présente une production régulière de caroubes, tandis que la catégorie "lanta" est marquée par une production fructifère fluctuant d'une année à l'autre.

MOTS-CLÉS : *Ceratonia siliqua* L. - "dkar" productive - "lanta" - nord-ouest du Maroc - phénologie fructifère.

ABSTRACT - The survey of fruit-bearing phenology in two local categories of carob-tree (productive "dkar" and "lanta", *Ceratonia siliqua* L., *Leguminosae*) from the Northwest of Morocco showed that sites circumstances haven't any significant effects neither on of aborted-flowers and fruits rates nor on developed-fruits percentage. In these carob-tree categories, aborted-flowers percentage attains 83 % and 81.8 % respectively for productive "dkar" and "lanta". The developed-fruits rate varies from 9.97 % in productive "dkar" to 11.5 % in "lanta" while aborted-fruits percentage remained lower (6.58 % and 7.03 % for "lanta" and productive "dkar" in the same order). Moreover, productive "dkar" category presents a regular production of carobs whereas the "lanta" one shows an alternate fructiferous production from one year to the next.

KEYWORDS: *Ceratonia siliqua* L. - fruit-bearing phenology - "lanta" - NW of Morocco - productive "dkar".

INTRODUCTION

Depuis longtemps, l'exploitation du caroubier a été négligée dans plusieurs pays, mais l'industrialisation de son fruit (caroube) connaît un remarquable développement dû à ses diverses utilisations industrielles (Albanell *et al.*, 1993 ; Catarino, 1993). Au Maroc, on disposerait de plus de 16 unités industrielles pionnières de concassage et/ou de transformation de la caroube (Ouchkif, 1988 ; Mazzine, 1998).

Au niveau des régions du nord du Maroc, le caroubier se trouve aussi bien dans le domaine forestier qu'au sein de vergers en présence d'autres arbres fruitiers, en particulier l'olivier et le figuier, ou de cultures céréalières. Il y occupe un

rang économique de plus en plus croissant depuis les années soixante (Gharnit *et al.*, 2006a). Actuellement, la principale voie de régénération de cette espèce s'effectue par semis, et des recherches sur sa culture *in vitro* en vue de favoriser les meilleurs génotypes locaux sont en cours (Gharnit *et al.*, 2008 ; Gharnit & Ennabili, 2009).

Les études se rapportant à la phénologie florale et fructifère de cultivars de caroubier sont assez récentes (Retana *et al.*, 1994 ; Bosch *et al.*, 1996). Mis à part des travaux sur la caractérisation florale et pomologique de catégories infraspécifiques du caroubier (Gharnit *et al.*, 2004, 2006b), nous ne notons pas d'étude décrivant la phénologie fructifère chez les catégories fructifiantes de cette espèce, soient "dkar" produc-

tive et "lanta" (Gharnit *et al.*, 2001). D'où l'intérêt de ce travail qui présente quelques aspects de la fructification de ces dernières ainsi que des facteurs l'influençant durant trois années successives.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Selon Bosch *et al.* (1996), le modèle de la croissance du fruit chez le caroubier suit une courbe sigmoïde avec trois phases : une phase initiale lente (décembre - mars), une phase linéaire (avril - juin) et une phase de maturation (juin - août). La chute des fleurs et de jeunes fruits est élevée en "octobre - décembre" et faible en "janvier - février".

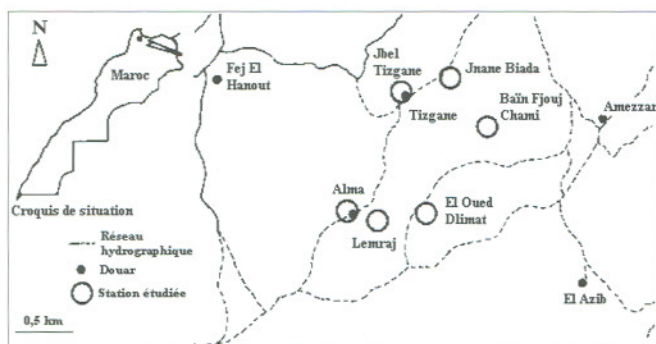


Figure 1- Localisation des stations d'échantillonnage de caroubier (D.A.T., 2000 ; carte routière du Maroc au 1/400 000).

Eu égard à ce modèle et en fonction des prospections de terrain, le suivi de la fructification du caroubier a été mené durant trois années (1999/2000 à 2001/2002) chez 45 pieds au niveau de six stations de la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc ; Figure 1). Ces stations d'échantillonnage ont des caractéristiques différentes en fonction de l'altitude (375-650 m), de l'exposition, de la pente (6-56 %), du substrat, du type du sol et de l'entretien ou non des arbres.

Pendant cette période, nous avons prospecté trois fois par année dix inflorescences marquées par pied : épanouissement

floral (septembre - octobre), début de fructification (janvier - février) et phase de fruits matures (juillet - août). Nous avons relevé le nombre de fleurs avortées par inflorescence, et le nombre de fruits avortés et celui de fruits développés par inflorescence. Les données ont été analysées en utilisant le logiciel Statistica 5.0 (Statsoft Inc. 1995).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effet des facteurs stationnels

En considérant l'effet "station", les résultats ont montré des différences très significatives pour toutes les variables (Tableau 1). Mais nous ne distinguons pas de groupes de stations homogènes en fonction des conditions du milieu pour les trois années (1999-2002).

Le pourcentage moyen total des fleurs avortées varie de $81,6 \pm 12,5 \%$ à $85,9 \pm 7,40 \%$ (Tableau 1). Selon Nettancourt (1979), les fleurs avortent probablement à cause des conditions climatiques défavorables (vent, froid, etc.), de l'échec de la fécondation (à cause du pollen physiologiquement non fonctionnel, du rejet du pollen ou du tube pollinique, de l'existence d'incompatibilité dans les différentes parties du stigmate, du style ou de l'ovaire) ou d'une pollinisation faible au niveau du pied.

Le pourcentage de fruits avortés reste faible ($2,99 \pm 3,79 \%$ à $7,09 \pm 10,2 \%$). Pour la fructification, nous constatons que d'une année à l'autre, une inflorescence peut porter un nombre moyen de $32,8 \pm 8,04$ à $35,5 \pm 8,81$ fleurs et seulement un nombre moyen faible de quatre fruits qui se développent (Tableau 1). Selon Retana *et al.* (1994), les inflorescences des pieds femelles et hermaphrodites ont une moyenne de 17 à 20 fleurs respectivement mais produisent peu de gousses et seulement une faible proportion produit plus de deux fruits par inflorescence.

Tableau 1 - Caractéristiques fructifères du caroubier provenant de six stations

Station (Fig. 1)	Fleurs avortées (%)			Fruits avortés (%)			Fruits développés (%)			Nombre total des fleurs par inflorescence		
	1999/00	2000/01	2001/02	1999/00	2000/01	2001/02	1999/00	2000/01	2001/02	1999/00	2000/01	2001/02
Lemraj	80,4±11,7 abcf	86,9±8,52 abd	84,7±5,41 be	7,64±10,3 ac	6,12±6,74 abc	2,94±3,39 abce	11,9±4,57 abf	6,94±4,83 abd	12,4±4,71 ad	30,6±5,82 ad	37,2±8,62 abc	34,6±6,18 abcd
Alma	84,2±10,2 ae	88,7±7,14 ae	89,2±6,41 acf	5,98±8,87 ad	2,62±4,55 d	3,56±5,73 adfi	9,78±5,44 acd	8,69±4,64 ace	7,25±4,37 b	34,2±7,16 b	35,8±4,94 adf	39,6±10,1 adf
El Oued Dlimat	76,8±11,9 bd	83,7±12,1 b	88,2±5,57 adg	13,1±11,8 b	8,21±9,84 a	1,62±2,47 bj	10,1±6,06 bceh	8,14±5,59 bcf	10,2±4,91 ace	36,4±10,8 c	39,1±13,7 be	33,8±5,98 ae
Jbel Tizgane	79,4±17,0 cdg	79,2±9,46 c	86,5±8,13 bcdh	11,5±14,9 b	5,12±5,46 b	3,87±3,86 cdg	9,09±5,18 de	15,7±8,10 bcf	9,65±6,77 ace	32,1±7,21 ad	31,6±5,55 ad	33,6±5,27 bfh
Jnane Biada	86,2±10,6 e	80,9±13,2 c	80,5±9,20 e	3,21±4,42 e	6,70±6,74 c	3,85±3,37 efg	10,6±7,62 fgh	12,4±9,51 fgh	15,6±8,85 bc	35,9±7,36 bc	37,7±9,68 cde	33,9±9,99 cefi
Baïn Fjouj Chami	81,0±10,5 fg	89,2±7,83 de	86,9±5,90 efgh	4,64±6,76 cde	2,74±5,64 d	2,10±2,59 hij	14,4±9,24 def	8,05±4,72 def	11,0±4,69 def	28,9±6,28 d	34,2±6,47 f	32,8±5,78 dghi
Rapport F	11,44	27,34	7,985	26,51	16,56	2,613	13,85	33,56	9,037	26,38	15,4	4,321
P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Effet station	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***
Moyenne totale	81,6±12,5	84,4±10,9	85,9±7,40	7,09±10,2	5,06±6,84	2,99±3,79	11,3±7,44	10,6±7,50	11,0±6,42	32,8±8,04	35,5±8,81	34,7±7,74
Maximum	98,1	97,9	98,2	47,8	48,3	31,6	35,7	44,4	36,1	64,0	78,0	69,0
Minimum	39,1	43,2	61,1	0,00	0,00	0,00	1,88	0,00	1,79	14,0	18,0	17,0

Lorsque deux valeurs d'une même variable ne présentent pas une variation significative au seuil de 5 %, elles sont suivies d'une même lettre, N=240.

Il en découle que le nombre de fleurs par inflorescence n'est pas proportionnel au pourcentage des fleurs développées en fruits. La production faible de fruits n'est pas due seulement à l'incompatibilité ou à la stérilité du pollen mais aussi à l'isolement de l'individu, la fréquentation peu efficace des fleurs par les insectes, etc. De plus, chez plusieurs plantes, les fruits développés dépendent de la disponibilité en nutriments ; l'avortement sélectif et la chute des fleurs ou des fruits immatures (Stephenson, 1981) facilite le développement des fruits déjà initiés (dans Jennersten, 1991).

Effet du type de l'arbre

D'après les résultats obtenus chez les pieds de la catégorie "dkar" productive (spontanée) et "lanta" (greffée), nous notons un haut pourcentage d'avortement des fleurs chez les deux catégories (83 % et 81,8 % dans le même ordre), affectant ainsi négativement la production des gousses (Tableau 2). Le taux des fruits développés varie de 9,97 % pour la catégorie "dkar" productive à 11,5 % pour la catégorie "lanta". Le pourcentage de fruits avortés reste faible : 6,58 % pour la catégorie "lanta", 7,03 % pour la catégorie "dkar" productive (Tableau 2). Ce taux faible d'avortement des fruits pourrait être fortement lié, soit à la présence d'anomalies génétiques ou de développement, soit à l'inaptitude de la plante à fournir les ressources nécessaires pour leur croissance (Stephenson, 1981).

Le pourcentage de fruits développés chez des cultivars d'Italie et du Portugal est respectivement de 2,77 % à 5,20 % (dans Bosch *et al.*, 1996). Il varie de 1,2 % pour le cultivar "Remei II" à 11,3 % pour le cultivar "Negret" (femelle probablement greffé) (Bosch *et al.*, 1996). Ces derniers ont rapporté un pourcentage très élevé de fruits avortés de 59,5 % et 90,2 % respectivement chez les cultivars "Rojal" et "Remei II".

Le suivi de l'évolution de la phénologie fructifère durant trois années successives chez les deux types de caroubier nous a permis de montrer que les pieds de la catégorie "dkar" productive connaissent une régularité dans la production de fruits bien que le pourcentage moyen de fruits développés chez les pieds de la catégorie "lanta" soit supérieur. Toutefois, les pieds de la catégorie "lanta" sont plus caractérisés par une alternance de production fructifère d'une année à l'autre (12,5 % en 2000 et 2002 contre 9,64 % en 2001) (Tableau 2). D'ailleurs, un agriculteur souligne que les pieds de la catégorie "dkar" productive ont une production régulière et sont plus vigoureux que ceux de la catégorie "lanta". Ces derniers, greffés, recourent à ce propos l'alternance de la production fructifère citée par Bosch *et al.* (1996) chez le cultivar "Negret" femelle probablement greffé.

La régularité ou l'alternance de la fructification chez le caroubier sont plus liées aux facteurs endogènes qu'aux conditions environnementales. Toutefois, quand ces dernières sont défavorables (froid, ombre, gelée, température élevée, etc.), elles peuvent réduire significativement le taux de la fructification ainsi que la taille des fruits (dans Batlle & Tous, 1997).

CONCLUSION

L'étude de la phénologie fructifère du caroubier originaire de la province de Chefchaouen durant trois années consécutives a montré donc que les conditions stationnelles n'ont pas d'influence sur les taux de fleurs et de fruits avortés ni sur le pourcentage de fruits développés. De plus, le suivi de l'évolution de la fructification pour les deux catégories productives a permis de conclure que les pieds de la catégorie "dkar" productive connaissent une régularité dans la production des fruits, tandis que les pieds de la catégorie "lanta" sont plus caractérisés par une alternance de production.

Tableau 2 - Caractéristiques fructifères comparées des deux catégories de caroubier durant 3 années successives

Types / Année	Fleurs avortées (%)	Fruits avortés (%)	Fruits développés (%)	Nombre total des fleurs / inflorescence
"dkar" productif				
2000	80,3 ± 12,5 a	8,29 ± 10,2 a	11,4 ± 8,10 a	35,2 ± 9,92 a
2001	80,0 ± 16,3 a	10,0 ± 14,8 a	9,94 ± 6,63 ab	39,4 ± 10,9
2002	88,7 ± 6,74	2,75 ± 3,62	8,55 ± 5,34 b	36,7 ± 9,41 a
Rapport F	18,82	15,44	5,410	5,312
P	0,000	0,000	0,004	0,005
Degré de signification	***	***	**	**
Moyenne totale	83,0 ± 13,1	7,03 ± 11,0	9,97 ± 6,86	37,1 ± 10,2
Maximum	98,1	74,1	44,1	78,0
Minimum	18,5	0,00	0,00	10,0
"lanta"				
2000	78,0 ± 14,4	9,42 ± 12,5	12,5 ± 7,81 a	30,9 ± 6,65
2001	83,4 ± 11,5 a	6,92 ± 9,51	9,64 ± 6,97	34,3 ± 7,04 a
2002	84,1 ± 8,61 a	3,46 ± 4,57	12,5 ± 7,77 a	34,3 ± 6,79 a
Rapport F	26,26	33,11	15,91	27,1
P	0,000	0,000	0,000	0,000
Degré de signification	***	***	***	***
Moyenne totale	81,8 ± 12,0	6,58 ± 9,72	11,5 ± 7,63	33,2 ± 7,01
Maximum	100	73,1	55,0	69,0
Minimum	7,69	0,00	0,00	14,0

Lorsque deux valeurs d'une même variable ne présentent pas une variation significative au seuil de 5 %, elles sont suivies d'une même lettre, N=360 ("dkar" productif) ou N=990 ("lanta").

BIBLIOGRAPHIE

- Albanell E., Plaixats J. & Caja G., 1993 - Determination of chemical composition of carob pods by Near-Infrared reflectance spectroscopy. *J. Sc. Food Agric.* **63**: 309-312.
- Battle I. & Tous J., 1997 - *Carob tree. Ceratonia siliqua L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.17. Institute of Plant Genetics and Crop plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Ressources Institute, Rome, 92 p.
- Bosch J., Garcia Del Pino F., Ramoneda J. & Retana J., 1996 - Fruiting phenology and fruit set of carob, *Ceratonia siliqua L. (Cesalpiniaceae)*. *Israel Journal of Plant Sciences* **44**: 359-368.
- Catarino F., 1993 - Le caroubier. Une plante exemplaire. *Naturopa* **73** : 14-15.
- D.A.T. (Direction de l'Aménagement du Territoire, Maroc), 2000 - *Débat national sur l'aménagement du territoire, Région de Tanger-Tétouan*. Éditions Okad, Rabat, 57 p.
- Gharnit N. & Ennabili A., 2009 - Essais préliminaires de culture *in vitro* du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) originaire du nord-ouest du Maroc. *Biomatec Écho* **3** (6) : 18-25.
- Gharnit N., El Mtili N., Ennabili A. & Sayah F., 2004 - Floral characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) from the Province of Chefchaouen (NW of Morocco). *Moroccan J. Biol.* **1**: 41-51.
- Gharnit N., El Mtili N., Ennabili A. & Sayah F., 2006a - Importance socio-économique du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) dans la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc). *J. Bot. Soc. Bot. France* **33** : 43-48.
- Gharnit N., El Mtili N., Ennabili A. & Sayah F., 2006b - Pomological characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) from the Province of Chefchaouen (NW of Morocco). *Moroccan J. Biol.* **2-3**: 1-11.
- Gharnit N., El Mtili N., Ennabili A. & Sayah F., 2008 - Essais de culture *in vivo* du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) originaire du nord-ouest du Maroc. *Revue AFN Maroc* **2-3** : 107-115.
- Gharnit N., El Mtili N., Toubi Ennabili A. & Ennabili A., 2001 - Social characterisation and exploitation of carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) from Mokrisset and Bab Taza (NW of Morocco). *Science Letters* **3** (2): 10 p.
- Jennersten O., 1991 - Cost of reproduction in *Viscaria vulgaris (Caryophyllaceae)*: a field experiment. *Oikos* **61**: 197-204.
- Mazzine M., 1998 - *Le caroubier. Arbre plein de promesses*. Ministère de l'Agriculture, Maroc, 20 p.
- Nettancourt D de., 1979 - Systèmes d'incompatibilité. *Bull. Soc. Bot. Fr. Actual. Bot.* **126** (2): 97-104.
- Ouchkif M., 1988 - *Étude sur le caroubier*. Projet Oued Srou, Appendice n° 8, Direction Provinciale d'Agriculture de Khénifra, Maroc, 42 p. & annexes.
- Retana J., Ramoneda J., Garcia Del Pino F., Bosch J., 1994 - Flowering phenology of Carob, *Ceratonia siliqua L. (Cesalpiniaceae)*. *Journal of Horticultural Science* **69** (1): 97-103.
- Stephenson A.G., 1981 - Flower and fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **12**: 253-279.