Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

MANUEL DE CULTURE
POUR LA PLANTATION ET LA GESTION
DE LA PRODUCTION DE

FIGUE DE BARBARIE

OPUNTIA FICUS-INDICA

FAO-TCP/ALG/3702

ELABORATION D'UNE STRATÉGIE DE DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE FIGUE DE BARBARIE (OPUNTIA) EN ALGÉRIE

MANUEL DE CULTURE
POUR LA PLANTATION ET LA GESTION
DE LA PRODUCTION DE

FIGUE DE BARBARIE

OPUNTIA FICUS-INDICA

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Alger, 2022

Citer comme suit:
FAO. 2022. Manuel de culture pour la plantation et la gestion de la production de figue de Barbarie Opuntia ficus-indica. Alger. https://doi.org/10.4060/cc0013fr

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-136175-7
© FAO, 2022

Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BY NC SA 3.0 IGO; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale [langue] est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (http://www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules) et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

SOMMAIRE

Liste des figures **6**

1. Caractéristiques génétiques (origine, classification, ressources génétiques) **7**
a) Spécificités du métabolisme CAM et de la succulence 8
b) Réaction à la température 9

2. Choix du site **10**
3. Le sol **11**
a) Préparation du sol 11
b) Gestion du sol 11

4. Besoins en eau et en nutriments **12**

5. Gestion des cladodes avant la plantation **13**

6. Matériel de multiplication et de plantation **13**

7. Disposition et espacement des plantes **15**

8. Recommandations de taille **16**

9. Éclaircissage des fruits et «scozzolatura» **17**
a) Recommandations d'éclaircissage 17
b) Scozzolatura 17

10. Récolte de fruits et normes de qualité **18**
a) Recommandations de récolte 18
b) Paramètres de qualité des fruits : 18

11. Gestion des problèmes post-récolte et des maladies des figuiers de barbarie **19**
a) Facteurs abiotiques 20
b) Altération microbiologique 22

12. Manipulation post-récolte **24**

Bibliographie **27**

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Variabilité de l'*Opuntia ficus-indica* au Mexique 7

Figure 2 : Réaction de l'*Opuntia ficus-indica* à la lumière et à la température 9

Figure 3 : Établissement avec un seul cladode avec des « épis » (à gauche) ou deux cladodes (en bas à droite) et trois cladodes (en haut à droite) quelques semaines après la plantation. 14

Figure 4 : Systèmes de vergers en Tunisie (à gauche) et en Sicile (à droite). 15

Figure 5 : Taille des nouveaux cladodes en développement, ne laissant pas plus de deux sur les cladodes mères. 16

Figure 6 : Paramètres qualitatifs du fruit de l'*Opuntia ficus-indica* 19

Figure 7 : Temps de récolte des fruits à travers le monde, au niveau commercial 19

Figure 8 : Eclaircissement des fruits dans un cladode de fructification 20

Figure 9 : De minuscules piqûres dues aux glochides (à gauche) peuvent augmenter en taille pendantle stockage (à droite) car une transpiration élevée se produit dans la zone piquée, en particulier lorsque l'humidité de l'environnement est assez faible. 20

Figure 10 : La dégradation des tissus parenchymateux (à gauche) se produit dans les fruits trop mûrs où les tissus sous effondrement entraînent des zones enfoncées à la surface du fruit. Un flétrissement et un assèchement (à droite) apparaissent à la surface du fruit en raison d'une perte d'eau excessive. 21

Figure 11 : Un déséquilibre de l'eau entrainant une pression hydrostatique élevée peut provoquer l'éclatement des fruits dans le champ (à gauche) et pendant le stockage (à droite). 21

Figure 12 : Blessures dues au froid sous forme de taches brunâtres enfoncées des cellules épidermiques (à gauche) ou de piqûres ou de taches flétries-noirâtres coriaces et enfoncées, aggravées par une perte de poids sévère (à droite). 22

Figure 13 : Incidence de la pourriture molle induite par le *Penicillium* spp. (à gauche) ou d'autres micro-organismes (à droite) peuvent être considérablement réduites en minimisant les dommages mécaniques pendant la manipulation 22

Figure 14 : La pourriture sèche causée par l'*Alternaria* spp, commence généralement par les glochides (à gauche) sous forme de trous noires nécrotiques enfoncées qui fusionnent progressivement et augmentent de taille pendant le stockage (à droite). 23

Figure 15 : Fruit endommagé par la mouche méditerranéenne des fruits dans le champ (à gauche). Lorsque la ponte précède la récolte de quelques jours, les fruits sont apparemment sains, mais les larves continuent de croître et les fruits finissent par se décomposer 24

Figure 16 : Table de tri au bout d'une petite et simple ligne d'emballage (à gauche). Fréquemment, dans les grandes usines d'emballage, les lignes de transformation utilisées pour les agrumes sont adaptées pour traiter également les figues de barbarie (à droite). 25

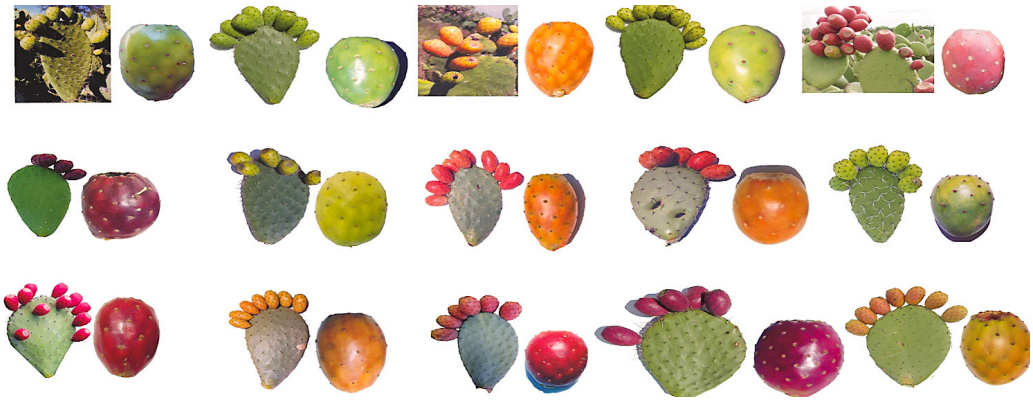
Figure 17 : Figues de barbarie dans des barquettes prêtes à être commercialisées en Italie. 25

1. Caractéristiques génétiques (origine, classification, ressources génétiques)

La figue de barb
arie (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.), Cactaceae, est une espèce originaire du plateau central du Mexique. Avec le maïs, l'agave et quelques légumineuses, elle a constitué pendant des siècles l'aliment de base des populations locales. Au cours du 16ème siècle, elle fut introduite en Europe par les conquistadores espagnols. Depuis, elle s'est répandue dans les deux hémisphères et sur tous les continents.

Elle est présente dans l'alimentation du bétail et des humains chez les populations d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et du sud de l'Europe, notamment en Sicile, en Grèce et au sud de l'Espagne. Dans chacune de ces régions, des produits dérivés sont élaborés à partir de la transformation des fruits et des cladodes et sont destinés à la consommation humaine ou à des usages non alimentaires.

Les *Opuntias* jouent un rôle stratégiquement important dans l'alimentation et donc dans l'agriculture vivrière des régions semi-arides où leur culture est répandue. Récemment, à partir du 19ème siècle en Italie et du 20ème siècle dans le reste du monde, ils sont également cultivés à grande échelle à des fins commerciales.
Pour la production de fruits, l'*Opuntia ficus-indica* est cultivé, dans des plantations spécialisées, au Mexique - dans la région centre-nord (Zacatecas, Saltillo, Durango, Saint Luis Potosi, Aguascalientes et Guanajuato) et dans la région centre-sud (Puebla, Mexico, Tlaxcala et Hidalgo) - sur plus de 70 000 hectares.



© **FAO/**Paolo Inglese

Figure 1 : Variabilité de l'Opuntia ficus-indica au Mexique

Au Chili, on le trouve dans la région Metropolitana sur un peu plus de mille hectares ; en Argentine, il existe des plantations spécialisées dans les régions de Santiago del Estero, Tucuman et Catamarca, couvrant un peu moins de mille hectares ; en Afrique du Sud encore mille hectares de figues de barbarie dans le Cap occidental, la province du Nord et la région du Ciskei. Aux Etats-Unis, l'*Opuntia ficus-indica* est cultivé en Californie, dans la plaine de Salinas sur plus de 300 hectares de culture spécialisée.
Les centres les plus importants de diversification génétique sont le Mexique, l'Amérique centrale, l'Afrique du Sud et le bassin méditerranéen. Les cultivars diffèrent en termes de caractéristiques du fruit, à savoir la couleur de la chair, la taille du fruit, le temps de mûrissement du fruit et la teneur en graines.
La forme et la taille des cladodes ainsi que la présence d'un tronc principal et des glochides sont également des caractéristiques de différenciation génétique.

a) Spécificités du métabolisme CAM et de la succulence

- L'absorption de CO2 se produit pendant la nuit.
- L'ouverture stomatique nocturne réduit la transpiration et les organes contiennent 90 à 95 pour cent d'eau contre 40 à 70 pour cent pour le bois non succulent.
- Les plantes CAM perdent 20 à 30 pour cent plus d'eau pour le même degré d'ouverture stomatique que les plantes C3 o C4 pendant l'absorption diurne du CO2.
- Racine faible : taux de pousse et croissance rapide des racines dans des conditions humides.
- Recyclage interne de l'eau du parenchyme par le chlorenchyme qui maintient la turgescence du tissu photosynthétique sur une large gamme de teneur en eau.
- 10-30 stomates/mm² chez les plantes CAM par rapport à 100-300 /mm² chez les plantes C3.
- Les racines ne représentent que 10 à 20 pour cent de la matière sèche de la plante.
- La couche de cire dans l'épiderme est de 10 à 50 µm par rapport à 0,2 à 2 µm dans les feuilles des plantes C3 ou C4.
- Le chlorenchyme de l'*Opuntia ficus-indica* peut perdre de manière réversible 70 pour cent de sa teneur en eau à pleine turgescence et le parenchyme peut en perdre 82 pour cent, les deux étant toujours capables de récupérer complètement.
- Après une période de sécheresse de 15 semaines, le parenchyme perd 60 pour cent de sa teneur en eau et le chlorenchyme en perd 25 pour cent.

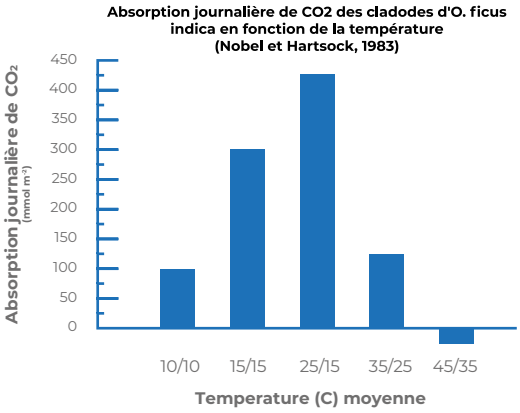
b) Réaction à la température

Dans ses terres natales, au Mexique, la figue de barbarie est cultivée dans des zones semi-arides, où les précipitations annuelles sont concentrées en été pendant la période de développement des fruits.

Dans le bassin méditerranéen, au Moyen-Orient, en Afrique du Nord et de l'Est, la saison sèche coïncide avec l'été long et chaud, où la croissance végétative et reproductive a lieu.
Dans la zone de plus grande biodiversité, le plateau central du Mexique (1800 à 2200 m d'altitude), les précipitations annuelles sont inférieures à 500 mm, les températures annuelles moyennes varient entre 16 °C et 18 °C et les températures maximales quotidiennes à long terme pour le mois le plus chaud ne dépassent pas 35 °C.

La plage optimale d'absorption nocturne de CO2 pour l'*Opuntia ficus-indica* est de 25 à 15 °C jour / nuit. Des plages de températures jour / nuit plus élevées ou plus basses résultent en une forte diminution de l'assimilation du carbone, entraînant une croissance et une production médiocres des plantes et par conséquent, une faible valeur des cultures.

Les températures élevées (> 30 °C) pendant la période de développement du fruit affectent la forme du fruit si elles se produisent pendant les stades initiaux du développement des bourgeons et raccourcissent le troisième stade de croissance du fruit, lorsque la majeure partie de la croissance de la chair comestible se produit, entraînant un murissement avancé et précoce, avec de petits fruits, une faible fermeté et une faible teneur en sucre.



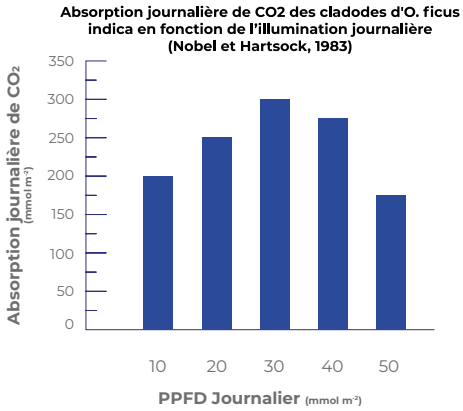


Figure 2 : Réaction de l'*Opuntia ficus-indica* à la lumière et à la température

Les températures élevées pendant le développement des fruits augmentent la sensibilité des fruits aux températures basses (<8 °C) pendant le stockage après récolte, réduisant ainsi le stockage après récolte et la durée de conservation des fruits.

En revanche, des températures quotidiennes inférieures à 15 °C retardent le temps de murissement des fruits et donnent lieu à une peau plus épaisse et une teneur en solides solubles et une couleur de peau plus faibles. Les températures élevées sont, en effet, l'une des contraintes majeures pour une production de fruits de haute qualité dans les régions caractérisées par un été chaud et sec.

En fait, la température quotidienne optimale pour l'absorption de CO2 passe de 17 °C dans des conditions humides à 14 °C après sept semaines de sécheresse.

2. Choix du site

Les *Opuntias* colonisent des environnements caractérisés par :

- Des hivers doux (température annuelle moyenne > 10 °C) ;
- Une saison sèche prolongée coïncidant avec des journées courtes ;
- Des pluies d'été.

Ces conditions sont celles des milieux où l'espèce est indigène, tandis que dans le bassin méditerranéen et en Afrique du Nord, la saison sèche coïncide avec de longues journées et la croissance des fruits.

Les plantes de figue de barbarie peuvent tolérer des températures très élevées sans conséquences négatives, mais le métabolisme CAM permet à la plante d'atteindre une productivité photosynthétique maximale avec des températures diurnes de 25 °C et des températures nocturnes de 15 °C; des températures supérieures à 30 °C entraînent des réductions allant jusqu'à 70 pour cent de l'activité photosynthétique.

Les températures inférieures à 0 °C, même pendant 4 heures, provoquent des dommages irréversibles au tissu du cladode et au fruit. L'espèce ne se développe pas de manière optimale dans les zones très chaudes et réduit sa capacité à produire des fruits dans les zones où les températures hivernales ne descendent pas en dessous de 20 °C.

Dans ces régions, la plante est cultivée de manière rentable pour la production de fourrage. Dans certaines régions, elle peut devenir une mauvaise herbe, notamment là où la germination des graines peut se produire peu de temps après la chute des fruits sur le sol.

3. Le sol

La figue de barbarie peut être cultivée dans un large éventail de types de sols. Elle s'adapte facilement même aux sols contenant des roches dures continues dans les 25 premiers cm, ou qui reposent sur des matériaux à teneur en carbonate de calcium supérieure à 40 pour cent ou qui contiennent moins de 10 pour cent en poids de sol fin. Les sols à texture sableuse à limoneuse sableuse conviennent parfaitement à la culture de la figue de barbarie bien qu'elle puisse pousser aussi sur des sols plus lourds.

La figue de barbarie est très sensible au manque d'oxygène dans le sol, mais dans les sols très sableux, une faible capacité de rétention d'eau et un lessivage excessif des nutriments peuvent se produire. La plante préfère un pH du sol neutre à légèrement alcalin. Le sol choisi pour la plantation doit avoir au moins 30 cm de profondeur. La croissance des plantes est réduite de 40 pour cent à une concentration de sel de 30 mol m^{-3} (1,76 g L^{-1} NaCl) tandis qu'une concentration de 100 mol m^{-3} (5,85 g L^{-1} NaCl) réduit la croissance de 93 pour cent.

Le sol doit être labouré à une profondeur de 60-80 cm, afin d'assurer un bon drainage, en alternative le sol doit être sillonné avec un déchaumeur pour améliorer le drainage et éviter l'altération du profil du sol. Dans les sols sableux et qui ne contiennent aucune mauvaise herbe, les opérations de pré-plantation pourraient être limitées à des trous uniques dans les sillons.

a) Préparation du sol

La préparation du sol avant la plantation est un facteur essentiel pour une production réussie de figue de barbarie :
Les recommandations incluent :

1. Enlever les mauvaises herbes vivaces avant la culture, car elles concurrencent fortement la figue de barbarie, notamment pendant les premiers stades de croissance de la plante, quand elle est faiblement compétitive.
2. Utiliser une plantation à trou unique dans des sols sableux sans mauvaises herbes.
3. Vérifier la capacité de drainage du sol.
4. L'analyse du sol est recommandée pour mesurer la salinité et la texture du sol.
5. Éviter les sols qui ont un excès d'eau ou d'argile.

b) Gestion du sol

1. La culture du sol devrait être limitée au minimum, afin d'éviter d'endommager le système racinaire superficiel du figuier de barbarie et de préserver la structure du sol ;
2. Les mauvaises herbes peuvent être tondues et laissées sous forme de paillis dans la couverture du sol. Cette méthode réduit la croissance des mauvaises herbes et retient l'humidité du sol.
3. La lutte chimique peut être effectuée avec du paraquat et du glyphosate (20 g / l) ; il faut veiller à éviter les projections involontaires, car les cladodes sont extrêmement sensibles aux désherbants.

4. Besoins en eau et en nutriments

1. L'*Opuntia ficus-indica* est une culture connue pour sa résistante à la sécheresse, cependant, elle nécessite une irrigation pour obtenir une taille de fruit optimale. Cela est particulièrement vrai dans les régions sans pluies estivales et où les précipitations annuelles sont inférieures à 300 mm, et lorsque les fruits mûrissent pendant la saison estivale ou en l'absence de pluies.
2. L'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) du figuier de barbarie est assez élevée, allant de 3,0 à 4,0 mg de matière sèche par gramme d'eau, contre environ 1,3 pour le blé et 1,4 pour l'orge 0,5.
3. Les besoins totaux en eau pour la culture du figuier de barbarie sont satisfaits par 500 à 600 mm par an.
4. Le manque d'eau avant la floraison réduit l'induction des bourgeons floraux et la taille des fruits.
5. L'irrigation peut être complémentaire et nécessaire pour obtenir une taille de fruit acceptable (> 120 g fw) en l'absence de pluie (moins de 30 à 50 mm) de précipitations pendant la période de développement du fruit.
6. La valeur économique de la culture (taille des fruits) peut être diminuée largement avant que la plante ne présente un symptôme apparent de stress hydrique.
7. L'irrigation seule ne permet pas d'obtenir une bonne taille lorsqu'il y a un nombre élevé (> 9) de fruits par cladode.
8. L'irrigation ne peut pas contrecarrer l'effet des températures très élevées car elles affectent le taux d'échange du carbone plus que la transpiration et entraînent toujours une croissance réduite des fruits et un murissement avancé, même sous irrigation.

Recommandations d'irrigation

L'irrigation est nécessaire :

- Au moment de la plantation

- Au cours des premiers stades du développement des fruits (2-3 irrigations après la floraison jusqu'à 4-5 semaines après la nouaison).

- Arrosage modéré dans les derniers stades de développement des fruits.

L'irrigation goutte à goutte (deux lignes par rangée) ou les micro-asperseurs localisés, qui couvrent une surface de sol relativement grande avec de petits volumes, répondent aux caractéristiques du système racinaire peu profond de l'*Opuntia*.

5. Gestion des cladodes avant la plantation

La plantation de la figue de barbarie est réalisée à l'aide de boutures.
Les recommandations incluent :

1. La sélection minutieuse du matériel de plantation, en termes d'âge de la bouture, de la surface du cladode laissée au-dessus du sol (nombre et taille des cladodes joints utilisés comme matériel de plantation), de la profondeur de plantation et du temps de plantation.
2. Sécher les cladodes à mi-ombre pour sécher la section de la bouture avant de planter les cladodes.
3. Désinfestation avant plantation, à l'aide de pâte de bordeaux ou d'oxychlorure de cuivre (1g l^{-1}).

6. Matériel de multiplication et de plantation

Des boutures de cladodes simples ou multiples sont utilisées commercialement pour l'établissement de verger.

Raisonnement :
La surface et la masse sèche du cladode de plantation ont une influence significative sur le succès de l'enracinement et du bourgeonnement dans le champ.
Les boutures sont constituées de :

1. Des cladodes simples de 1 an ou 2 ans ;
2. Plusieurs cladodes constitués d'un cladode basal de 2 ans placé sous terre et portant deux cladodes d'un an,

L'utilisation de cladodes uniques présente des avantages liés à la réduction des coûts de transport et facilite de manipulation pendant le processus de plantation.

Les cladodes multiples permettent un développement plus rapide de la plante et une fructification plus précoce que les cladodes uniques après la plantation.

Les recommandations incluent :

1. Utiliser un cladode d'apparence uniforme, visuellement sans aucun défaut, insectes ou maladies.

2. Utiliser un cladode d'une surface de 50 cm² ou plus, ou d'une masse sèche de 70 à 100 g qui permet une bonne croissance des plantes.

3. Laver le cladode individuellement dans le mélange insecticide avec une brosse douce pour détruire tout éventuel insecte.

4. Prendre les boutures à la fin du printemps pour les planter peu après les pluies. Cela se traduira par un développement racinaire rapide et intense. La plantation à la fin de l'été ralentit le développement du système racinaire et de la canopée, et augmente le risque de pourriture du cladode, en raison des basses températures hivernales et de la lumière du jour réduite.

5. Planter les cladodes droits (verticalement) avec l'extrémité coupée vers le bas dans le sol et au moins 1/3 jusqu'à la moitié de la bouture plantée verticalement sous la surface du sol.

6. Considérer une profondeur du trou de 50 cm ; finalement il faut remplir le trou avec du fumier de vache ou du sol frais une poignée avec 30 g de N.

7. Procéder à une ou deux irrigations légères (10 l par plante), juste après la plantation pour favoriser le développement des racines, mais il faut éviter de trop irriguer les jeunes plantes.

Figure 3 : Établissement avec un seul cladode avec des « épis » (à gauche) ou deux cladodes (en bas à droite) et trois cladodes (en haut à droite) quelques semaines après la plantation.

7. Disposition et espacement des plantes

Ils dépendent de la forme et de la taille du champ, des conditions environnementales, de la croissance des cultivars et de l'utilisation du verger. Les systèmes de plantation incluent :

1. Systèmes de haies avec des plantes placées étroitement dans la rangée (1,5 m - 2,5 m) et des rangées espacées de 4 à 5 m. Ce système est courant dans les zones vallonnées en suivant les courbes de niveau.
2. Les systèmes de plantation les plus courants sont ceux disposés en carré ou en rectangle avec des plantes formées en globe et bien séparées les unes des autres ; ils varient de 290 plantes/ha (plantes espacées de 5 x 7 m) ; 333 plantes/ha (plantes espacées de 5 x 6 m); et 416 plantes/ha (plantes espacés de 4 x 6 m).

Un espacement rapproché augmente le nombre de cladodes fertiles sur une base d'hectare, dans les premiers stades de la vie du verger et entraîne des canopées continues qui nécessitent une taille élevée, ils sont généralement laissés au sol dans l'allée et finalement coupés mécaniquement.

Figure 4 : Systèmes de vergers en Tunisie (à gauche) et en Sicile (à droite).

La plupart des bourgeons reproducteurs sont situés sur des cladodes âgés d'un an, une production adéquate de ces cladodes est nécessaire chaque année. Une distance de plantation inférieure nécessite une intensité et une fréquence de taille élevées. La densité réduite facilite les pratiques culturales (éclaircissage des fruits, pulvérisation pour cactoblastis et récolte) et contribue à améliorer la qualité des fruits.

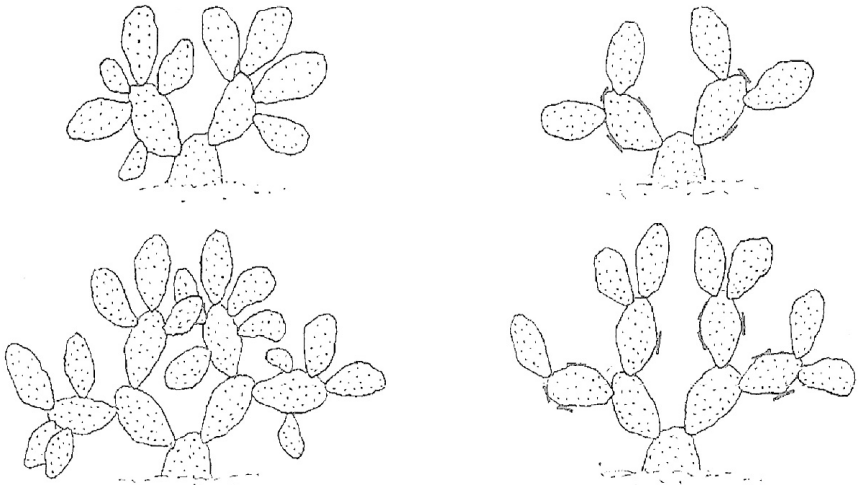


Figure 5 : Taille des nouveaux cladodes en développement, ne laissant pas plus de deux sur les cladodes mères.

8. Recommandations de taille

1. Ne pas laisser plus de 2 petits cladodes sur un grand cladode (mère).
2. Dans les plantes productives, 80 à 90 pour cent des cladodes d'un an devraient produire des fruits une année après leur formation.
3. Les cladodes de 2 ans peuvent être fructueux, mais leur contribution à la fertilité de la plante est limitée.
4. La plupart des plantes réduisent leur potentiel de production 20 à 25 ans après la plantation. Le rajeunissement de ces plantes peut être considéré comme une alternative. Cela peut être fait en réduisant les cladodes à des cladodes âgés de 5 à 6 ans. Les plantes taillées pourraient produire deux ans après la taille en fonction de son intensité.

9. Éclaircissage des fruits et «scozzolatura»

L'éclaircissage du fruit est nécessaire pour obtenir une taille uniforme et maximale (supérieure à 120 g).

a) Recommandations d'éclaircissage

1. Indépendamment du nombre initial de fleurs sur les cladodes, pas plus de 6 fruits doivent être laissés sur chacun des cladodes fertiles âgé d'un an, car une plus grande charge de récolte entraîne une forte réduction de la taille des fruits, même si les plantes sont irriguées.
2. Toutes les fleurs nées sur la surface plane doivent être éliminées.
3. L'éclaircissage est effectué manuellement, pas au-delà de la deuxième semaine après la floraison, sinon aucun effet ne sera visible à la récolte.

b) Scozzolatura

La «Scozzolatura» ou castration consiste en l'élimination de toutes les fleurs et des nouveaux cladodes en développement pour induire une seconde floraison qui survient habituellement un mois plus tard que la première. Cette pratique permet la production de fruits hors saison, pendant les mois de septembre-octobre.

Recommandations pour la Scozzolatura

1. Les fleurs doivent être entièrement enlevées.
2. Pas moins de 80 pour cent des nouveaux cladodes en développement doivent être éliminés.
3. L'élimination de la poussée printanière des fleurs et des cladodes doit avoir lieu au plus tard à la fin de la nouaison. La meilleure période s'étale du début de la floraison (5 pour cent des fleurs épanouies) à la floraison complète (50 pour cent des fleurs épanouies).
4. Plus l'élimination de la poussée printanière est précoce, plus tôt sera la nouvelle poussée.
5. Ne pas effectuer d'élimination si les températures diurnes sont supérieures à 25 °C. Sinon, la plante ne produira pas de fleurs mais uniquement des cladodes.

10. Récolte de fruits et normes de qualité

a) Recommandations de récolte

- La récolte des fruits devrait avoir lieu lorsque la couleur extérieure passe du vert au jaune ou au rouge ; à ce stade, la couleur de la pulpe est déjà formée et la teneur en solides solubles est proche du maximum, et la fermeté est encore suffisante pour permettre la manipulation et le stockage après récolte.
- Les fruits doivent être récoltés tôt le matin afin d'éviter la température excessive des fruits et réduire la gêne des glochides qui sortent de l'épicarpe.
- Le murissement est généralement graduel et donc la récolte se déroule en 2-3 étapes et peut être assez différenciée.
- La vitesse de murissement est basée sur des conditions thermiques, si celles-ci sont caractérisées par des températures élevées, elles induisent un murissement très rapide et précoce. Si, au contraire, elles sont inférieures aux 18-25 °C nécessaires, le murissement sera retardé et des changements substantiels de la forme et des caractéristiques du fruit seront induits (rendement en pulpe plus réduit, moins de teneur en sucre et moins de coloration de l'épicarpe).

b) Paramètres de qualité des fruits :

- Un poids de fruit non inférieur à 120 grammes ;

- Une teneur en solides solubles non inférieure à 13 ° Brix mesurée avec le réfractomètre ;

- Une fermeté du fruit non inférieure à 8 kg/cm² mesurée avec le pénétromètre (pointe de 8 millimètres) ;

- Un pourcentage de chair de fruit non inférieur à 55 pour cent ;

- Une acidité du fruit variant de 0,03 à 0,12 pour cent, exprimée en acide malique ;

- Une valeur nutritionnelle égale à 15 kJ/kg de fraction digestible fraîche.

Paramètre	Gamme	Paramètre	Gamme	Paramètre	Gamme
Sucres solubles (% Brix)	12-16	Biotolo (mg/100g)	4.17-8.82	Calcium (mg/100g)	12.4-12.8
pH	5.4-6.5	Taurine (mg/100g)	7-11.7	Potassium (mg/100g)	90-199
Acidité (% acide citrique)	0.06-0.15	Vitamine E (µg/100g)	111-115	Sodium	0.6-1.09
Poids frais	100-250	Caroténoïdes (µg/100g)	1.45-3.47	Magnésium (mg/100g)	16.8-18.8
% de pulpe	55-65	Proportion pulpe/graine	3-4.5	Glucose (%)	29
Nombre de graines	150-300	Vitamine C (mg/100g)	20-40	Fructose (%)	24
				Saccharose (%)	0.2

Figure 6 : Paramètres qualitatifs du fruit de l'Opuntia ficus-indica

11. Gestion des problèmes post-récolte et des maladies des figuiers de barbarie

Les figues de barbarie sont très périssables, sensibles au stress physique et mécanique ainsi qu'à l'altération microbiologique due à divers agents pathogènes.
Comme pour les autres espèces fruitières, les pertes post-récolte peuvent varier considérablement selon les zones de production, les pratiques culturales et les installations post-récolte disponibles, mais, en raison de leur succulence élevée et de la présence de glochides, la vulnérabilité des figues de barbarie aux dommages mécaniques, aux meurtrissures et à l'altération microbiologique peut être considérablement plus élevé que les autres espèces en fréquence et intensité.

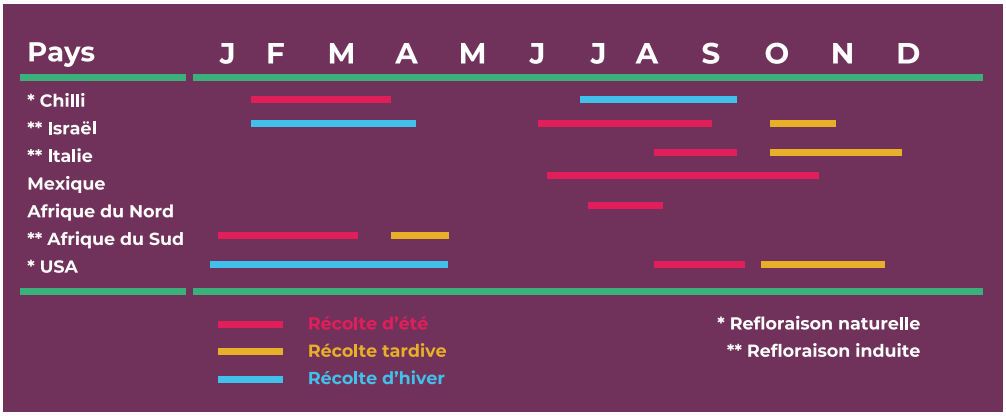


Figure 7 : Disponibilité des fruits sur le marché à travers le monde

Les conditions pré-récolte et le degré de murissement à la récolte affectent considérablement la qualité des fruits après la récolte. Les opérations de récolte doivent faire l'objet d'une attention particulière pour réduire les meurtrissures et les blessures, ce qui peut augmenter considérablement la vulnérabilité à l'altération microbiologique.

La durée de vie potentielle post-récolte des figues de barbarie est nettement affectée par la respiration des fruits ; plus l'activité est élevée, plus la durée de vie après récolte est courte. Néanmoins, des facteurs autres que la respiration, à la fois biotiques et abiotiques, peuvent nettement anticiper la fin de la vie post-récolte.

Figure 8 : Eclaircissement des fruits dans un cladode de fructification

a) Facteurs abiotiques

Les glochides et les épines causent des dommages fréquents sous forme de piqûres. La vulnérabilité des fruits augmente avec le murissement et la plupart des dommages sont infligés pendant la récolte, le transport et la manutention dans la station d'emballage.

Figure 9 : De minuscules piqûres dues aux glochides (à gauche) peuvent augmenter en taille pendant le stockage (à droite) car une transpiration élevée se produit dans la zone piquée, en particulier lorsque l'humidité de l'environnement est assez faible.

Les dommages superficiels ne modifient que l'apparence des fruits, tandis que les blessures plus profondes peuvent augmenter considérablement la vulnérabilité des fruits aux agents pathogènes des plaies, comme les ***Penicillium*** spp., notamment sur les fruits récoltés dans des conditions humides. La perte de poids et la vulnérabilité aux dommages dus au froid peuvent augmenter considérablement pour les fruits gravement atteints pendant le stockage.

Les fruits mûrs sont également sensibles aux meurtrissures, qui impliquent généralement les cellules parenchymateuses sous la cuticule et l'épiderme.
Les zones blessées semblent enfoncées en raison de la libération de matière cytoplasmique des cellules déchirées dans l'espace intercellulaire, mais la surface du fruit ne présente aucun dommage.

La dégradation des tissus parenchymateux est un autre trouble physiologique consistant en une subérification du tissu parenchymateux sous les glochides et se produit dans les fruits à un stade avancé de murissement dans le champ ainsi que pendant le stockage.

Figure 10 : La dégradation des tissus parenchymateux (à gauche) se produit dans les fruits trop mûrs où les tissus sous effondrement entraînent des zones enfoncées à la surface du fruit. Un flétrissement et un assèchement (à droite) apparaissent à la surface du fruit en raison d'une perte d'eau excessive.

Un déséquilibre hydrique ou des fluctuations importante dans l'humidité et la température du sol peuvent provoquer l'éclatement des fruits.

Figure 11 : Un déséquilibre de l'eau entrainant une pression hydrostatique élevée peut provoquer l'éclatement des fruits dans le champ (à gauche) et pendant le stockage (à droite).

Lorsque l'éclatement est important et visible, les fruits sont laissés dans le champ ou jetés dans la station d'emballage.

Les dommages causés par le froid, qui surviennent lorsque les fruits sont conservés à des températures inférieures à 10-12 °C pendant de longues périodes, représentent le trouble physiologique le plus important pour la figue de barbarie. Les symptômes visibles de dommages dus au froid qui affectent l'apparence des fruits se développent sous la forme d'une zone échaudée, des trous noirs et de taches brunes-noires enfoncées sur la peau.

Figure 12 : Blessures dues au froid sous forme de taches brunâtres enfoncées des cellules épidermiques (à gauche) ou de piqûres ou de taches flétries-noirâtres coriaces et enfoncées, aggravées par une perte de poids sévère (à droite)

b) Altération microbiologique

La succulence des tissus des figues de barbarie ainsi que le pH relativement élevé du jus, qui peut se rapprocher de la neutralité chez les fruits mûrs, rendent le fruit vulnérable à un grand nombre d'agents pathogènes, y compris les champignons, les bactéries et les levures. La pratique de cueillir les fruits le matin lorsque la rosée est présente sur la peau et que l'humidité de l'air est élevée, empêche, d'une part, la libération de glochides qui représente un risque sérieux pour les cueilleurs, et d'autre part favorise les micro-plaies et les dommages mécaniques propices aux infections des plaies pathogènes. L'incidence de la pourriture provoquée par différentes espèces de *Penicillium* est nettement réduite par des soins précis apportés afin d'éviter tout dommage mécanique au fruit.

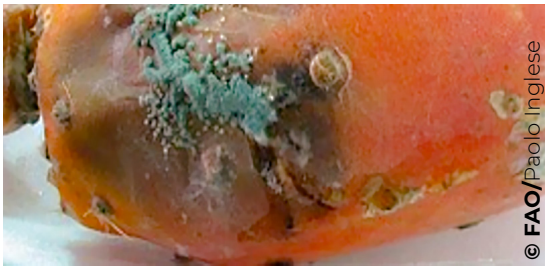


Figure 13 : Incidence de la pourriture molle induite par le *Penicillium* spp. (à gauche) ou d'autres micro-organismes (à droite) peuvent être considérablement réduites en minimisant les dommages mécaniques pendant la manipulation.

La pourriture sèche sous forme de taches nécrotiques noires se développe sous forme de zones trouées qui se chevauchent finalement pour former des plaques nécrotiques et coriaces étendues, parfois enfoncées, noires et profondes, affectant généralement les premières couches de cellules de la peau. Cette altération est probablement provoquée par des infections latentes d'*Alternaria* spp, à partir des glochides ou de la cicatrice du calice, mais aussi par les conidies présentes à la surface du fruit qui initient l'infection à partir des parties blessées lors du stockage.

Figure 14 : La pourriture sèche causée par l'*Alternaria* spp, commence généralement par les glochides (à gauche) sous forme de trous noires nécrotiques enfoncées qui fusionnent progressivement et augmentent de taille pendant le stockage (à droite).

Les pertes post-récolte peuvent augmenter considérablement si les invasions de la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata* Wideman) ne sont pas contrôlées de manière adéquate. Lorsque la ponte précède la récolte de quelques jours, les fruits sont apparemment sains, mais les œufs éclosent en quelques jours et les larves peuvent se développer pendant le stockage ou la distribution. Même dans les cas où les larves ne survivent pas à un stockage à basse température, les blessures dues à la ponte augmenteront les infections des agents pathogènes.

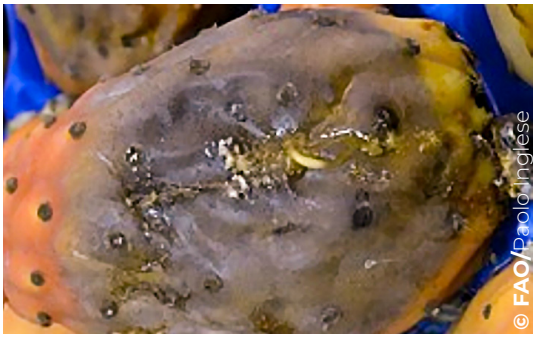


Figure 15 : Fruit endommagé par la mouche méditerranéenne des fruits dans le champ (à gauche). Lorsque la ponte précède la récolte de quelques jours, les fruits sont apparemment sains, mais les larves continuent de croître et les fruits finissent par se décomposer

12. Manipulation post-récolte

La conception la plus simple de la ligne d'emballage consiste en une rampe inclinée sur laquelle les fruits sont déposés à sec, suivie de bandes transporteuses mobiles le long desquelles les travailleurs effectuent une présélection. Les fruits passent ensuite à travers une série de brosses pour éliminer les glochides et augmenter la brillance de la peau et sont ensuite transportés dans une table de tri rotative où les travailleurs effectuent le tri et le calibrage avant d'emballer les fruits dans des unités de vente au détail ou dans des caisses en plastique placées dans des plateaux en plastique ou en carton pertinents.

Les fruits ne sont généralement pas lavés ou traités avec des agents désinfectants ou des fongicides. Ils sont destinés à la consommation directe et la réfrigération est limitée uniquement au transport ou à de courtes périodes entre le traitement et l'expédition. Dans ces conditions, le développement de désordres physiologiques ou de pourritures est rare. Cependant, la demande croissante du marché en produits frais et la nécessité de prolonger la période de commercialisation bien au-delà de la période de récolte nécessitent un entreposage frigorifique.

En effet, l'exportation de fruits dans les pays où la mouche méditerranéenne de fruits n'est pas présente implique des traitements de quarantaine par le froid. Pour prolonger la durée de vie post-récolte de 1 à 2 mois, les fruits doivent être conservés à 6-8 °C et une humidité relative de 95 pour cent, tandis que pour atteindre les exigences de quarantaine froide, les fruits doivent être conservés à 0-2 °C pendant 2-3 semaines. Malgré le fait que l'humidité puisse stimuler la croissance des agents pathogènes, une humidité relative de 90 à 95 pour cent est fortement recommandée pendant le stockage pour minimiser les pertes de poids, préserver l'apparence

visuelle et réduire les meurtrissures causées par les températures basses, qui peuvent être plus sévères lorsque ces températures basses sont associées à des conditions sèches.

Il faut faire très attention lors du déchargement des fruits dans la chaîne de transformation. L'entreposage à sec, qui est le plus populaire, peut provoquer des dommages mécaniques tels que des meurtrissures et des micro-blessures qui peuvent facilement guérir dans la peau des fruits destinés au marché frais, étant généralement des fruits conservés dans des conditions ambiantes pendant un certain temps avant d'être livrés.

En revanche, dans les fruits conservés au froid pendant une longue période, les meurtrissures ne guérissent pas facilement et peuvent être la voie d'entrée pour les agents pathogènes responsables de la pourriture.

Figure 16 : Table de tri au bout d'une petite et simple ligne d'emballage (à gauche). Fréquemment, dans les grandes usines d'emballage, les lignes de transformation utilisées pour les agrumes sont adaptées pour traiter également les figues de barbarie (à droite).

Figure 17 : Figues de barbarie dans des barquettes prêtes à être commercialisées en Italie.

Pour réduire le risque de meurtrissures, les bords et les rails de la ligne doivent être rembourrés, tandis que les rideaux de toile doivent être montés le long de la ligne pour réduire la vitesse des fruits ou pour interrompre la chute lorsque les fruits tombent dans un plan inférieur.

Indice de maturité	**Variation de couleur du vert vers le orange ou le rouge, la cavité florale s'aplatit**
Indice de qualité	**Solides solubles totaux entre 13 et 17%,Ph 6.0-6.5, acidité titrable 0.03-0.12%, fermeté 10-12kg.cm-¹, pourcentage de pulpe 50-60%, taille du fruit 120-240g**
Température optimale de stockage	**6 à 8°C pour une durée de 2 à 6 semaines, dépendant du cultivar, du stage de maturité et des conditions environnementales avant la récolte**
Humidité relative optimale	**90 à 95 %**
Taux de respiration du fruit	**Fruit non climactérique, respiration faible (15-20ml de CO2.kg-¹.h-¹ à 20°C)**
Troubles physiologiques	**Dommages causés par le froid quand exposé à moinsde 5°C pour plus de 24h (piqures et tâches noire sur la peau)**
Troubles pathologiques	**Le pourrissement du fruit peut résulté de blessures ou de choc sur la peau ou le pédoncule lors de la récolte, le stockage ou l'élimination des glochides, les principaux agents sont *Alternaria* spp, *Dothiorella ribis* et *Penicillium* spp**
Traitement à la chaleur post récolte	**Le conditionnement des fruits à 37/38°C durant 24 à 48h réduits les dommages du froid, le trempage dans l'eau à 50/55°C durant 3 à 5 minutes avant le stockage réduit le pourrissement**

Bibliographie

Barbera, G., Carimi, F., Inglese P. 1991. La floraison de figue de Barbarie *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller : influence du temps d'élimination et de la charge de cladode sur le rendement et le murissement des fruits. Progrès des sciences horticoles, 2 : 77-80.

Barbera G., Carimi, F., Inglese, P. et Panno, M. 1992. Changements physiques, morphologiques et chimiques au cours du développement et du murissement des fruits dans trois cultivars de figue de Barbarie, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. Revue des sciences horticoles, 67 (3): 307-312.

Barbera, G., Carimi, F. et Inglese P. 1993. Effets du GA3 et de l'ombrage sur le retour de la floraison de la figue de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). Revue de la Société sud-africaine des sciences horticoles, 3 : 9-10.

Gugliuzza, G., Inglese, P., Farina, V. 2002. Relation entre l'éclaircissage des fruits et l'irrigation sur la détermination de la qualité des fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*). Acta Horticulturae, 581 : 205-210.

Inglese, P., Israël, A.I. et Nobel, P.S. 1994. Croissance et absorption de CO2 pour les cladodes et les fruits de l'espèce à métabolisme acide crassulacée *Opuntia ficus-indica* pendant le développement des fruits. Physiologia Plantarum, 91 : 708-714.

Inglese, P., Barbera, G., La Mantia, T., Portolano, S. 1995. Production des cultures, croissance et taille finale de la figue de barbarie après l'éclaircissage des fruits. HortScience, 30 : 227-230.

Inglese, P., Mondragon, C. Nefzaoui, A., Saenza, C. 2017. Écologie des cultures, culture et utilisations de la figue de barbarie. FAO-Icarda, 217 p. Http://www.fao.org/3/a-i7012e.pdf

Le Houerou, H.N. 2002. Cactus (*Opuntia* spp) comme culture fourragère pour les terres marginales du bassin méditerranéen. Acta Horticulturae, 581: 21-46.

Nobel, P.S. 2006. Mouvement de l'eau parenchyme-chlorenchyme pendant la sécheresse pour le cactus hémiépiphyte *Hylocereus undatus*. Annales de botanique, 97: 469-474.

Nobel, P.S. et Hartsock, T.L., 1983. Relations entre le rayonnement photosynthétiquement actif, l'accumulation d'acide nocturne et l'absorption de CO2 pour une plante de métabolisme acide crassulacé, *Opuntia ficus-indica*. Physiologie végétale, 71 : 71-75.

Représentation de la FAO en Algérie
FAO-DZ@fao.org
@FAOAlgérie
Food and Agriculture Organization of the United Nations
Alger, Algérie

CC0013FR/1/07.22