



Colloques et séminaires

# Biotechnologies du palmier dattier

Éditrice scientifique  
Frédérique Aberlenc-Bertossi

**IRD**  
Éditions

# Biotechnologies du palmier dattier



Actes du 3<sup>e</sup> Séminaire du réseau AUF-BIOVEG  
« Biotechnologies du palmier dattier »  
Montpellier (France), 18-20 novembre 2008

# Biotechnologies du palmier dattier

---

Éditrice scientifique  
Frédérique Aberlenc-Bertossi

**IRD Éditions**  
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

collection Colloques et séminaires

Paris, 2010

**Préparation des textes**

Sylvie Doulbeau

**Mise en page**

Bill Production

**Fabrication**

Catherine Plasse

**Maquette de couverture**

Michelle Saint-Léger

**Maquette intérieure**

Catherine Plasse

*Photo de couverture*

IRD/F. Aberlenc-Bertossi : « *Palmeraies, Tozeur (Tunisie).* »

La loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2010

ISSN : 0767-2896

ISBN : 978-2-7099-1691-2

# Remerciements

---

Ce séminaire été réalisé grâce aux contributions de nos institutions respectives et de nos partenaires engagés à nos côtés :

- l'Institut de recherche pour le développement (IRD), la Délégation à l'information et à la communication (DIC), l'UMR DIAPC et l'UR Développement des palmiers ;
- Agropolis International.

# Comité d'organisation

---

- Frédérique **Aberlenc-Bertossi** (IRD), France
- Abdourahman **Daher** (Cerd), Djibouti
- Jean-Christophe **Pintaud** (IRD), France
- Florent **Engelmann** (IRD), France
- Mohamed **Nabil** (Cerd), Djibouti
- Djibril **Sané** (Université de Dakar, Ucad), Sénégal
- Sylvie **Doulbeau** (IRD), France
- Virginie **Champion** (IRD), France



# Sommaire

---

Avant-propos .....	11
F. Aberlenc-Bertossi	

## Partie 1

### **État des lieux de la culture du palmier dattier**

Le palmier dattier en Algérie.

Situation, contraintes et apports de la recherche .....	15
N. Bouguedoura, M. Bennaceur, A. Benkhalifa	

Les ressources génétiques du palmier dattier en Tunisie.

État actuel et perspectives de recherche développement .....	23
M. Trifi, S. Zehdi, S. Rhouma, S. Dkhil-Dakhlaoui, A. O. B. Ould Mohamed Salem, E. Cherif, A. Othmani, M. Marrakchi	

Synthèse des résultats de travaux de recherche

sur le palmier dattier au mali .....	33
A. S. MAIGA	

Problématique de la phœniciculture au Maroc.

Présentation des acquis et des perspectives de recherche sur la maladie fatale du palmier dattier, le bayoud .....	45
El F. Abouraïcha, F. Jaiti, I. El Hadrami	

Le développement du palmier dattier

en république de Djibouti .....	55
M. A. Nabil	

Le palmier dattier en Mauritanie .....

M. KNEYTA, S. DOULBEAU

Note sur l'origine et le développement

de la palmeraie de l'Adrar mauritanien .....	73
P. Bonte	

Présentation du projet Phœnix

et des recherches en cours .....	79
R. Castellana, C. Littardi, J.-C. Pintaud	

La palmeraie historique d'Elche .....

S. Gómez Vives, M. Ferry



## Partie 2

**Diversité et conservation  
des ressources génétiques du palmier dattier**

Modèle de domestication et structure de l'agrobiodiversité  
du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) ..... 107  
J.-C. Pintaud

Génotypage d'une collection tunisienne de palmier dattier  
par les marqueurs microsatellites ..... 113  
S. Zehdi, S. Rhouma, E. Chérif,  
N. Billotte, M. Trifi, J.-C. Pintaud

Les glycosides flavoniques marqueurs de quelques cultivars  
algériens du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. .... 119  
S. Ouafi, N. Riveil

De la diversité actuelle aux vestiges archéologiques  
du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.).  
Développement de descripteurs géométriques  
des graines de dattes ..... 127  
J.-F. Terral, C. Newton, S. Ivorra,  
M. Tengberg, C. Tito, J.-C. Pintaud

Évaluation des différences de forme entre palmes « juives »  
et « chrétiennes » à Bordighera (Italie).  
Une approche de morphométrie géométrique ..... 139  
H. Caro-Riaño, R. Castellana, J.-C. Pintaud, C. Littardi

Le nez électronique.  
Un outil pour la caractérisation du palmier dattier ..... 151  
M. Lebrun, C. Billot, H. Harrak

Modélisation de l'architecture  
et de la croissance des Arecaceae ..... 157  
R. Lecoustre, S. Griffon, M. Jaeger, M. A. Elhoumaizi

Conservation des ressources génétiques du palmier dattier .. 161  
F. Engelmann

## Partie 3

**Intérêts et limites de la micropropagation  
du palmier dattier**

Intérêts, limites et perspectives de la multiplication *in vitro*  
du dattier pour le développement de cette culture ..... 177  
M. Ferry

Étude et maîtrise des variants somaclonaux chez le palmier à huile .....	187
E. Jaligot, P. Ilbert, A. Rival	

Production de vitroplants de palmier dattier à l'échelle pilote. Schémas de production et traitement des contraintes .....	195
L. Fki, W. Kiaa, N. Sahnoun, N. Bouaziz, R. Masmoudi, N. Drira	

#### Partie 4

### **Amélioration génétique et déterminisme du sexe du palmier dattier**

État des lieux sur l'amélioration génétique du palmier dattier .....	217
M. Ferry	

La détermination du sexe chez le palmier dattier .....	227
F. Aberlenc-Bertossi, A. Daher, N. Chabrilange	

#### Partie 5

### **Lutte contre les maladies du palmier dattier**

Développement de nouvelles stratégies de lutte contre le bayoud. La potentialisation des réactions de défense du palmier dattier au moyen de Stifénia .....	237
E. F. Abouraïcha, T. Bounnit, C. Jay-Allemand, M. Coumans, C. Martinez, I. El Hadrami	

Contribution à l'étude transcriptomique de la maladie des feuilles cassantes chez le palmier dattier en Tunisie ( <i>Phoenix dactylifera</i> L.) .....	247
S. Rhouma, S. Dakhlaoui-Dkhil, E. Cherif, A. O. B. Ould Mohamed Salem, S. Zehdi-Azouzi, M. Trifi	

Liste des auteurs .....	255
-------------------------	-----



## Avant-propos

---

Le palmier dattier est une plante d'intérêt écologique, économique et social majeur pour de nombreux pays des zones arides qui comptent parmi les plus pauvres du globe. Le développement de la phœniciculture permet de lutter durablement contre l'insécurité alimentaire dans les régions où la désertification est accélérée par les changements climatiques. En effet, le palmier dattier, en créant au milieu du désert un microclimat favorable au développement de cultures sous-jacentes, constitue l'axe principal de l'agriculture dans les régions désertiques et assure la principale ressource vivrière et financière des oasisiens.

Cependant, avec l'évolution économique et sociale des pays, les palmeraies se sont réorganisées pour satisfaire une demande croissante en dattes de qualité supérieure à l'instar des cultivars Deglet Nour et Medjool. Cette réorganisation a conduit la phœniciculture d'un système de culture traditionnelle riche et diversifiée vers un système industriel axé sur une oligoculture monovariétale. Cette situation constitue un risque potentiel d'érosion génétique du patrimoine phœnicicole local. L'appauvrissement du germplasm est aggravé par les contraintes biotiques (maladies et ravageurs) et abiotiques (sécheresse et salinisation des sols) auxquelles sont soumises les palmeraies.

Par ailleurs, dans les pays d'Afrique subsaharienne, la culture du palmier dattier est encore peu développée malgré les besoins formulés par différents États. En effet, des variétés traditionnelles, ainsi que des cultivars adaptés aux conditions du Sahel, ont été identifiés mais les plants disponibles sont insuffisants pour couvrir la demande des planteurs.

L'utilisation des biotechnologies végétales présente donc un intérêt majeur pour caractériser la diversité phœnicicole afin de recenser les ressources génétiques et organiser leur conservation et leur sauvegarde, et pour multiplier les plants sélectionnés et participer ainsi au développement d'une agriculture oasisienne dans la zone sahélienne.

Le réseau « Palmier dattier dans le Sahel » a été créé en 2006. Son objectif est de faciliter les échanges entre les scientifiques travaillant sur l'utilisation des outils biotechnologiques pour la multiplication

du palmier dattier. Il regroupe des chercheurs des universités du Sénégal, de Mauritanie et d'Algérie, du Centre d'études et de recherches de Djibouti (Cerd) et de l'IRD de Montpellier. Ce réseau est ouvert aux chercheurs intéressés par les biotechnologies du palmier dattier, notamment dans la zone sahélienne.

Dans le cadre de ce réseau, un premier séminaire a été organisé à Dakar (Sénégal) en 2006. Les échanges scientifiques ont porté essentiellement sur les améliorations méthodologiques de procédés de régénération du palmier dattier par embryogenèse somatique. En 2007, le 2<sup>e</sup> séminaire a été organisé à Atar (Mauritanie). Les thématiques abordées ont été élargies à l'évaluation, la conservation et la multiplication du patrimoine génétique du palmier dattier dans le Sahel. Les biotechnologies végétales comme l'utilisation des microsatellites pour la caractérisation génétique des cultivars, les procédés de micropropagation *in vitro* ou les marqueurs moléculaires du sexe constituent des outils d'intérêt considérable dans cette perspective.

Le 3<sup>e</sup> séminaire, qui s'est tenu en 2008 à Montpellier, a rassemblé soixante chercheurs de douze nationalités. L'objectif était de dresser un état des lieux des problématiques rencontrées dans les différents pays en termes d'évaluation, de conservation et de valorisation des ressources génétiques du palmier dattier et des solutions pouvant être apportées par les biotechnologies végétales. Des chercheurs d'Algérie, de Tunisie, du Maroc, de Mauritanie, du Sénégal, de Djibouti, du Niger, du Mali, d'Espagne et d'Italie ont présenté la problématique du palmier dattier dans leur pays. L'avenir des ressources génétiques et moléculaires du palmier dattier a été discuté. La pluridisciplinarité des recherches menées sur le palmier dattier a été présentée grâce à la présence de physiologistes, biologistes moléculaires, botanistes, biochimistes, généticiens, bio-archéologues, sociologues et anthropologues. Les communications orales ont illustré les dernières avancées scientifiques en matière de production à grande échelle, de variations somaclonales et d'amélioration génétique. Enfin, les discussions ont permis de poser les bases de projets de recherche internationaux sur la conservation des ressources génétiques du palmier dattier.

État des lieux  
de la culture  
du palmier dattier

---

partie 1



# Le palmier dattier en Algérie

Situation, contraintes et apports  
de la recherche

**Nadia BOUGUEDOURA**  
Biologiste végétal

**Abderrahmane BENKHALIFA**  
Biologiste végétal

**Malika BENNACEUR**  
Biotechnologiste

## Introduction

Dans le Sahara algérien, le palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.) est le pilier des écosystèmes oasiens où il permet de limiter les dégâts d'ensablement, joue un rôle protecteur contre le rayonnement solaire intense pour les cultures sous-jacentes (arbres fruitiers, cultures maraîchères et céréales). Par sa présence dans ces zones désertiques, les diverses formes de vies animales et végétales, indispensables pour le maintien et la survie des populations, sont possibles.

Il a de plus un rôle socioéconomique majeur pour les populations de ces régions pour lesquelles il fournit d'une part un fruit, la datte dont les qualités alimentaires sont indéniables et qui constitue une source de revenus très appréciables pour plus de 100 000 familles du Sud algérien avec 9 % des exportations agricoles, d'autre part une multitude de sous produits (culinaire, artisanal et menuiserie...).

Cette ébauche de synthèse résume la situation de la culture du palmier dattier, ses contraintes et décrit brièvement les recherches menées par les équipes algériennes depuis la prise en charge des problèmes liés au développement de cette espèce.



## Situation de la culture du palmier dattier en Algérie

L'Algérie est un pays phoenicicole classé au sixième rang mondial et au premier rang dans le Maghreb pour ses grandes étendues de culture avec 160 000 ha et plus de 2 millions de jardins et sa production annuelle moyenne de dattes de 500 000 tonnes.

Le palmier dattier en Algérie est établi en plusieurs oasis réparties sur le Sud du pays où le climat est chaud et sec (zone saharienne).

Sa culture s'étend depuis la frontière Marocaine à l'ouest jusqu'à la frontière tuniso-lybienne à l'est et depuis l'Atlas Saharien au nord jusqu'à Reggane (sud-ouest), Tamanrasset (centre) et Djanet (sud-est).

Près d'un millier de cultivars a été inventorié et les trois régions principales de culture se distinguent sur le plan de la diversité génétique (tabl. 1). A cette catégorie, il faut ajouter un grand nombre de pieds francs ou « Khalts » qui poussent au hasard dans les oasis et qui représentent une source appréciable pour de nouvelles sélections de cultivars appréciables pour leur datte et pour leur résistance au bayoud.

Région	Nombre de cultivars	Cultivars les plus courants
<b>Ouest</b>		
Atlas	70	Ghares, 'Asyan, Feggus,
Saoura	80	Feggus, Hartan, Cherka, Hmira, Deglet Talmine
Gourara	230	Hmira, Tinnaser, Taqerbuch
Touat	190	Tgazza, Aghamu, Taqerbuch
Tidikelt	60	Tgazza, Taqerbuch, Cheddakh, Aggaz
<b>Centre</b>		
El-Ménia	70	Timjuhart, Ghars, Timedwel
M'Zab	140	Azerza, Ghars, Deglet Nour, Taddela
<b>Est</b>		
Ouargla	70	Ghars, Deglet Nour, Degla Beida
Oued Righ	130	Deglet Nour, Ghars, Degla Beida
Souf	70	Deglet Nour, Ghars, Degla Beida, Mich Degla
Zibans	140	Deglet Nour, Ghars, Degla Beida, Mich Degla
Aures	220	Buzrur, 'Alig, Buhles, Mich Degla
Tassili	180	Tanghimen, Tabanist, Khadaji

Tableau 1  
Inventaire variétal (cultivar) dans les trois régions phoenicicoles d'Algérie.

La distribution des cultivars principaux montre une répartition est-ouest très marquée. Une cinquantaine de cultivars se retrouvent dans deux ou trois régions mais la majorité des cultivars reste endémique à leur région ou à leur zone d'origine.

A l'est, le cultivar Deglet Nour, dont les dattes sont destinées à l'exportation vers les pays du Nord, continue à prendre de l'ampleur et frôle aujourd'hui les 50 % de la population des palmiers dattiers plantés.

Les cultivars produisant des dattes sèches (Degla Beida, Tinnaser) sont exportés vers les pays d'Afrique subsaharienne. Parfois, les dattes comme celles du cultivar Hmira sont exportées vers la Russie ou la Chine. Parmi les cultivars émergents, Tafezwin est exportable vers les pays d'Amérique du Sud, Bentqbala, en mode congelé, est très renommé sur le marché local à Ghardaïa (est). Agaz, datte primeur produite au Tidikelt (ouest), se commercialise bien sur les marchés de Ouargla et de Ghardaïa.

Actuellement, des moyens sont mis en œuvre dans le cadre du projet RAB 98/ G31 (Gestion participative des ressources génétiques du palmier dattier dans les oasis du Maghreb) pour sauvegarder la diversité génétique en luttant contre les forces du marché.

## Passé et présent de la culture du palmier dattier en Algérie

Dans un passé lointain (début du xx<sup>e</sup> siècle), la culture du palmier dattier était une culture de subsistance mais diversifiée et basée sur l'économie de l'eau grâce au système des Foggaras. Il n'en demeure pas moins que 4 500 000 palmiers étaient exploités. Puis durant la période coloniale, les superficies augmentent (6 700 000 palmiers), les techniques culturales s'améliorent et les cultures sous jacentes en particulier d'arbres fruitiers sont introduites. La variété Deglet Nour devient la datte de table et d'exportation. Le *Fusarium oxysporum* fsp *albedinis*, champignon responsable de la maladie du bayoud, est identifié alors qu'il a été signalé pour la première fois à

Béni Ounif en 1898. La diversité génétique est ramenée à trois types de dattes : molles, demi-molles et sèches. La restructuration de la phoeniciculture débute avec les années de l'indépendance où des actions de lutte contre le bayoud sont menées avec le soutien de la FAO et la création de stations de recherche dans le Sud algérien. Mais c'est aussi la période d'un exode rural qui aboutit à la perte de savoirs et de savoir faire, les cultivateurs s'intéressant de plus en plus à des cultures plus rapidement rentables : céréaliculture, cultures maraîchères. Les palmeraies traditionnelles déclinent et les Foggaras sont moins entretenues.

Au cours des années 1980, de nouveaux périmètres de culture saharienne sont créés et des actions de plantation de palmier sont menées en particulier à Tindouf, Béchar et Tamanrasset en même temps que se développe dans ces régions un réseau électrique et que les ressources hydriques sont mobilisées. Le nombre de palmiers passe à 8 000 000.

Ce chiffre passera à 9 000 000 dans les années 1990 grâce à un soutien aux investisseurs qui permet la création de grands périmètres à Biskra, El Oued, Guerrara, El Meniaa, Adrar, In Salah. Les recherches en biotechnologie se développent et des vitroplants sont plantés à Adrar, Touggourt et El Méniaa. La maladie de la feuille cassante est signalée à Adrar, Biskra et Ghardaïa.

A partir de l'année 2000, on observe un rajeunissement de la palmeraie algérienne qui atteint d'abord 13 500 000 palmiers sur 120 830 ha en 2002 pour être aujourd'hui à 17 000 000 d'individus sur 160 000 ha. Le système goutte à goutte est généralisé, les études sur la diversité génétique et les approches biotechnologiques sont développées par les équipes de recherche de l'Inra, INPV et du LRZA. Cependant, le Bayoud qui s'était cantonné dans le sud-ouest grâce à une surveillance drastique fait une apparition à Zelfana (2002) située à 150 km de Ouargla par suite d'un relâchement du système de surveillance.

Les exportations de la Deglet Nour vers le Nord et d'autres variétés vers les pays d'Afrique reprennent. Mais la recherche reste limitée à quelques équipes éparpillées et l'usage des sous produits du palmier et de la datte ne s'est pas développé. Les premières actions pour la mise en place d'un réseau national de recherche sur le palmier dattier ne se sont pas concrétisées.

## Contraintes

Le palmier dattier étant un élément clé de l'écosystème oasien, en Algérie, cet écosystème est affecté par :

- l'érosion génétique causée la maladie du bayoud (fusariose mortelle causée par un champignon, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*) et par la généralisation du cultivar Deglet Nour pour augmenter les exportations (cultivar très sensible) ;
- la pression démographique liée à l'urbanisation : la population de la zone saharienne a quadruplé entre 1956 et 1999 (5 000 000) ;
- la désertification et l'ensablement de plus en plus importants ;
- la salinisation du sol et de l'eau due à une mauvaise prise en charge du drainage ;
- le vieillissement de beaucoup de palmeraies, près de 30% des palmiers ont dépassé l'âge de production et affichent des rendements égaux ou inférieurs à 15 kg/arbre (1996). Ce rendement reste très faible par rapport à ceux enregistrés par la Tunisie (50 kg/arbre) ou l'Égypte (60 kg/arbre). Cependant, ce problème est pris en charge par un programme de réhabilitation de la palmeraie Algérienne qui a permis la création de nouvelles surfaces de culture donc le rajeunissement du patrimoine phoenicicole ;
- les maladies cryptogamiques et parasitaires (dégénérescence des palmiers dattiers, altérations dans la qualité du fruit et baisse importante du rendement) dont le bayoud.

## Travaux de recherche développés

Les travaux de recherche sur le palmier dattier ont pris de l'importance à partir des années 1970 autour de la problématique du Bayoud soutenue par la FAO pour les trois pays du Maghreb : Maroc, Algérie et Tunisie et c'est l'approche biotechnologique qui a prévalu. Cependant, cette approche a nécessité le passage par des travaux sur la connaissance de la biologie du palmier (Bouguedoura *et al.*, 1980 ;

Bouguedoura, 1982, 1991), l'identification du *fusarium* et les relations hôte-parasite (Bounaga, 1985) ainsi que la caractérisation morphologique des cultivars qui a abouti à l'inventaire variétal (Hannachi *et al.*, 1998).

De nombreux résultats se sont accumulés sans que la maladie du bayoud ne soit éradiquée.

Les quelques variétés supposées résistantes se sont avérées de qualité commerciale peu intéressante mais elles restent importantes dans le cadre de leur utilisation dans la lutte contre le bayoud. C'est pourquoi leur multiplication par voie biotechnologique principalement par embryogenèse somatique se poursuit.

Une autre approche se développe au sein des équipes de recherche ; c'est la création de variétés alliant la résistance et la bonne qualité dattière soit par mutagenèse soit par fusion de protoplastes (Chabane *et al.*, 2007). En effet, cette création n'est pas aisée par les voies classiques de croisements dirigés, la plante étant dioïque et hétérozygote.

Les premiers individus obtenus par mutagenèse (équipe Inra) et supposés résistants, car issus de cals sélectionnés par *screening* sur un milieu contenant le champignon, sont actuellement évalués sur terrains bayoudés à Ghardaïa.

Les premières plantules obtenues par fusion de protoplastes issus du cultivar résistant Taquerbucht et du cultivar sensible Deglet Nour, ont montré un niveau de ploïdie double de celui des plants d'origine, mais la phase de fusion et la caractérisation des hybrides somatiques restent à approfondir. C'est pourquoi la caractérisation variétale par les approches biochimiques ou moléculaires demeure fondamentale.

En effet, la caractérisation morphologique la plus simple reste basée sur les caractères des fruits mais ceux-ci ne sont produits qu'après une phase végétative de plusieurs années.

Les marqueurs biochimiques, (isoenzymes et polyphénols) ont été utilisés pour l'analyse de la diversité génétique. C'est ainsi que, sur sept systèmes enzymatiques (ADH, DIA, GOT, PAC, Endo, LAP, PGM) retenus et testés sur 181 individus appartenant à 31 cultivars, les résultats montrent une grande diversité génétique et l'existence d'une variabilité intracultivar. La clé d'identification a permis d'identifier 20 cultivars. Cependant, sur un plus grand nombre de culti-

vars, la technique de marquage génétique utilisant les isoenzymes, n'est pas discriminatoire pour différencier tous les génotypes (Bennaceur *et al.*, 1991).

L'établissement de marqueurs invariables a fait l'objet de travaux à la fin des années 90.

En attendant le développement des microsattellites du palmier dattier, des marqueurs microsattellites du cocotier (*Cocos nucifera* L.) et du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) ont été testés chez le palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.). Cette étude préliminaire montre la présence d'un certain polymorphisme au sein des cultivars de palmier dattier mais le nombre de marqueurs polymorphes est insuffisant pour permettre l'identification des cultivars et étudier l'organisation et la structuration de la variabilité génétique du palmier dattier.

Après des années d'incertitude, l'établissement d'une banque de microsattellites du palmier dattier (Billote *et al.*, ...) apparaît actuellement comme le meilleur outil à utiliser par nos équipes. Vu les difficultés à maîtriser, dans la pratique, ces outils au sein des laboratoires algériens, les autres marqueurs biochimiques (enzymes et polyphénols) continuent d'être prospectés.

## Bibliographie

BELGUEDJ M., 2002 – « Les ressources génétiques du palmier dattier : caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est algérien ». Dossiers - Documents - Débats - N° 1 Inra Alger.

BENNACEUR M., LANAUD C., CHEVALLIER M. H., BOUNAGA N., 1991 – Genetic diversity of the date palm (*Phœnix dactylifera* L.) from Algeria revealed by enzyme markers. *Plant Breeding*, 107 : 56-69.

BOUGUEDOURA N., 1980 – « Morphologie et ontogenèse des productions axillaires du palmier

dattier, *Phœnix dactylifera* L. ». C.R.Acad.Sc. Paris, Série D, t. 291 : 857-860.

BOUGUEDOURA N., 1982 – « Development and distribution of axillary buds in *Phœnix dactylifera* L. ». *Proceeding of first symposium on the date palm*. El Hassa Saudi Arabia.

BOUGUEDOURA N., 1991 – *Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier: étude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatif et reproducteur*. Thèse de Doctorat d'Etat USTHB Alger.

BOUNAGA N., 1985 – *Contribution à l'étude du Fusarium oxysporum f. sp. albedinis (Killian et Maire) Gordon, agent de la fusariose du palmier dattier*. Thèse de Doctorat d'Etat. USTHB. Alger.

CHABANE D., ASSANI A.,  
BOUGUEDOURA N., HAÏCOUR R.,  
DUCREUX G., 2007 –  
« Induction of callus formation  
from difficult date palm protoplasts  
by means of nurse culture ».  
C.R.Biologies, 330 : 392-401.

HANNACHI S., KHITRI D., BENKHALIFA A.,  
BRAC DE LA PERRIÈRE R. A., 1998 –  
Inventaire variétal  
de la palmeraie algérienne.

# Les ressources génétiques du palmier dattier en Tunisie

## État actuel et perspectives de recherche développement

**Mokhtar TRIFI**

Généticien  
et biologiste moléculaire

**Ali Ould Boukhary Ould MOHAMED SALEM**

Généticien  
et biologiste moléculaire

**Salwa ZEHDİ**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Emira CHERIF**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Soumaya RHOUMA**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Ahmed OTHMANI**

Biotechnologiste

**Sonia DKHIL-DAKHLAOUİ**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Mohamed MARRAKCHI**

Généticien  
et biologiste moléculaire

## Introduction

De part sa situation géographique et ses conditions climatiques favorables, la Tunisie est réputée pour sa richesse considérable en ressources génétiques favorisant ainsi l'installation d'une agriculture très diversifiée. Cette situation est bien illustrée dans le cas du palmier dattier. En effet, cette espèce qui constitue l'ossature principale de l'agro-système oasien fragile est présente dans toutes les zones désertiques (fig.1 et photo 1), faisant que le patrimoine local de dattier est caractérisé par une richesse considérable, comme en témoigne la présence d'au moins 250 cultivars identifiés (Rhouma, 1994 ; 2005).



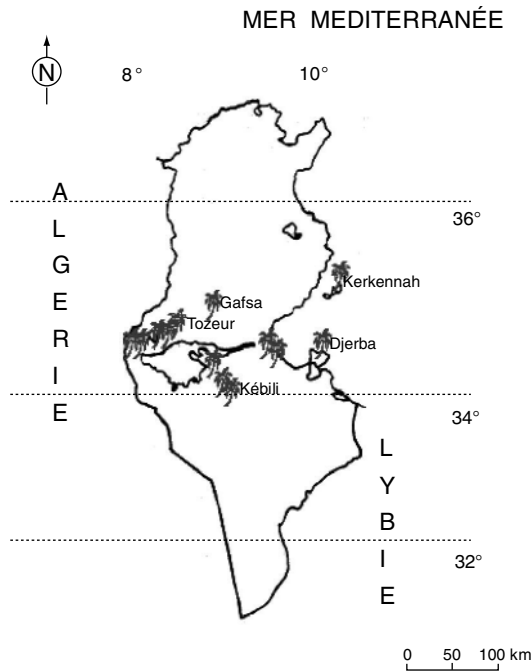


Figure 1  
Carte de la Tunisie avec les principales régions phoenicoles (Trifi, 2001).

## Érosion génétique

En dépit de cette diversité, on assiste de nos jours à une érosion génétique sévère des espèces végétales notamment celles des ressources phoenicoles, due aux changements des systèmes agraires, à l'urbanisation intensive, à la déforestation et à la destruction des écosystèmes. Ce constat alarmant de l'érosion génétique constitue l'une des caractéristiques de la situation actuelle de nos palmeraies. En effet, outre les irrégularités pluviométriques et les pratiques agricoles qui sont encore artisanales, on assiste à l'établissement d'une agriculture industrielle basée sur l'adoption rapide d'un nombre restreint de cultivars à grande valeur marchande. Il en résulte, une réduction de la base génétique et ce par une raréfaction voire une

disparition totale de nombreux cultivars qui sont certes non conformes aux exigences économiques actuelles, mais bien adaptés aux conditions locales.

## Valorisation du patrimoine

### *Étude préliminaire*

Ainsi, tenant compte de l'importance de la richesse de la diversité phoenicicole dans le maintien de l'équilibre écologique des écosystèmes, la conservation et la valorisation de cette diversité s'imposent pour entreprendre une gestion rationnelle du patrimoine phytogénétique du palmier dattier. A ce sujet, l'élaboration d'un programme de recherche visant la préservation et l'amélioration de cette espèce a constitué l'un des impératifs de plusieurs acteurs à savoir les agronomes, les chercheurs et les agriculteurs. Dans ce contexte, le patrimoine local de dattier a fait l'objet de plusieurs études basées sur des critères morphologiques et des paramètres analytiques (Reynes *et al.*, 1994 ; Rhouma 1994 ; 2005 ; Bouabidi *et al.*, 1996). Il en ressort qu'une classification des cultivars a été établie permettant de caractériser et de dresser l'inventaire des écotypes étudiés. De même, des études mettant à profit les possibilités offertes par les techniques d'analyse de la diversité des protéines enzymatiques ont été également effectuées (Ould Mohamed Salem *et al.*, 2001a ; 2001b ; Ould Mohamed Salem, 2001). Notons que si leur apport est considérable, ces études se sont avérées peu significatives pour l'analyse de la diversité génétique ainsi que pour la discrimination des cultivars chez cette espèce. En effet, ces critères sont connus pour être fortement influencés par les conditions environnementales, ainsi que par l'état physiologique de la plante. Toutefois, hormis les descripteurs du fruit, tous les autres critères morphologiques se rapportant notamment aux appareils végétatif et reproducteur se montrent sensibles aux conditions du milieu et sont délicats à recueillir. Ceci rend très difficile voire impossible une caractérisation variétale précise.

## Étude de la diversité génétique

Afin de surmonter ces difficultés, la mise à profit de l'outil moléculaire a été entreprise et a clairement montré son apport dans le domaine de la connaissance des ressources génétiques phoenicicoles. Ce qui a permis d'ores et déjà de mettre en évidence de hauts niveaux de polymorphisme dans différentes régions du génome du palmier dattier, d'explorer les relations génétiques entre les cultivars et d'établir les empreintes génétiques du patrimoine tunisien, facilitant ainsi une meilleure exploitation et une gestion rationnelle de sa conservation (Ben Abdallah *et al.*, 2000 ; Trifi *et al.*, 2000 ; Trifi, 2001 ; Zehdi *et al.*, 2002 ; Zehdi *et al.*, 2004 ; Zehdi, 2004 ; Zehdi-Azouzi, 2005 ; Rhouma *et al.*, 2007 ; Rhouma *et al.*, 2008 ; Sakka *et al.*, 2004). A ce sujet, l'établissement des empreintes génétiques des principales variétés tunisiennes de dattier constitue un outil précieux pour leur identification.



■ Photo 1

Photos illustrant l'induction de l'embryogenèse somatique et la régénération de vitroplants issus de la culture d'explants foliaires d'une variété tunisienne de palmier dattier (Othmani *et al.*, 2009).

Par ailleurs, étant conscients de l'importance de la conservation des cultivars caractérisés par leur bonne qualité fruitière et leur rareté, nous avons tenté de mettre à profit les possibilités offertes par les techniques de culture *in vitro* afin de contribuer à l'amplification de ces formes menacées d'extinction et ce aussi bien par organogénèse que par embryogénèse somatique. Les résultats qui en découlent, montrent clairement que ces techniques constituent une approche attractive pour obtenir plusieurs centaines de vitroplants susceptibles d'être utilisés pour répondre aux besoins des phoeniculteurs dans leurs actions visant la rénovation des anciennes palmeraies et/ou l'établissement de nouveaux vergers (Othmani *et al.*, 2009). En effet, ces méthodes ont été adaptées avec succès pour plusieurs cultivars dont 'Deglet Bey, Boufeggous, Gondi et Cheddakh... (photo 1).

## Maladies et ravageurs

Par ailleurs, et à l'instar des plantes cultivées, le palmier dattier est menacé par divers ravageurs dont :

- la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targ, Homoptera, Diaspididae) qui colonise toutes les parties aériennes du palmier (palmes, penes et parfois les régimes et les fruits) ;
- les *Oryctes* sp. (Coleoptera, scarabeidae), observés pour la première fois en Tunisie en 1995, dont les larves occasionnent des dégâts importants au niveau des collets des arbres et des racines en creusant des galeries larges et assez profondes exposant ainsi le palmier à l'arrachage éolien (Khoualdia *et al.*, 1997) ;
- la pyrale des dattes ou *Ectomyelois* sp. (Lepidoptera, Pyralidae) qui constitue le ravageur le plus redouté en Tunisie (Mzali *et al.*, 2002). En effet, la présence de la chenille et ses déchets rend les dattes impropres à la consommation conditionnant ainsi une mesure sévère dans les actions de commercialisation notamment à l'exportation. A ce sujet, plusieurs mesures préventives ont été efficacement prises en considération par les services compétents, afin de limiter l'attaque par ce ravageur.

En outre, le palmier est sujet à diverses maladies dont les plus importantes sont :

– le bayoud : une fusariose vasculaire due à un champignon imparfait *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, qui constitue une menace réelle pour les palmeraies tunisiennes étant donné sa progression rapide en détruisant plusieurs millions d'arbres au Maroc et dans l'ouest algérien (Djerbi, 1988 ; Haddouch, 1996). La recherche de marqueurs moléculaires précoces liés à la résistance à la fusariose a permis de mettre en évidence des « *plasmides-like* » mitochondriaux qui semblent être en relation avec le comportement du palmier vis-à-vis de la fusariose (Benslimane *et al.*, 1994; Ouenzar *et al.*, 2001) et dont la présence est fortement corrélée avec la résistance à l'agent pathogène. Notons que si les palmeraies tunisiennes sont indemnes du bayoud, le dattier tunisien est sujet à d'autres maladies menaçantes dont :

– la maladie du dessèchement apical des palmes, observée dans les palmeraies du Djérid (Takrouni *et al.*, 1988) et dont les symptômes se résument dans le fait que l'extrémité des palmes de la couronne moyenne prend une couleur vert pâle à blanc jaunâtre, les pennes de cette extrémité restent serrées et se dessèchent. Ces premiers symptômes apparaissent dans la partie interne, intermédiaire ou externe de la couronne pour s'étendre ensuite jusqu'à affecter la totalité de l'arbre. La croissance du palmier atteint est perturbée et la production des dattes est sérieusement affectée. L'agent responsable de cette maladie reste encore inconnu. Afin de contribuer à élucider l'étiologie de cette maladie, une analyse cytopathologique et une analyse protéomique comparée ont permis de mettre en évidence l'implication du chloroplaste dans la manifestation de la MFC ;

– la maladie des feuilles cassantes (MFC) qui a été observée pour la première fois en 1985 dans la corbeille de Nefta (Takrouni *et al.*, 1988) et qui, depuis, n'a cessé de prendre de l'ampleur. Elle s'est répandue vers de récents foyers dont les oasis de Dégache, Tozeur et Kébili. Touchant actuellement environ 40 000 arbres (Triki *et al.*, 2003). Cette maladie touche l'arbre indépendamment du génotype, et de son âge, y compris les rejets, les jeunes plants et les pollinisateurs et même les rejets transplantés en remplacement des palmiers décimés (Takrouni *et al.*, 1988). Elle se manifeste au premier stade par un jaunissement particulier de couleur d'huile d'olive de la



■ Photo 2  
Palmiers atteints de la maladie des feuilles cassantes : stade 1  
(Rhouma, 2008).

foliole qui devient translucide, ses cellules perdent leur turgescence ce qui la rend facilement cassable, d'où l'appellation de la maladie (Takrouni *et al.*, 1988) (photo 2). Ces premiers symptômes apparaissent dans la partie interne, intermédiaire ou externe de la couronne pour s'étendre ensuite jusqu'à affecter la totalité de l'arbre. La croissance des palmiers affectés s'arrête et leur mort survient au bout de 4 à 6 ans (Takrouni *et al.*, 1988). L'arbre continu à produire une ou deux années durant lesquelles le nombre de régimes diminue avec des dattes petites et arrondies n'arrivant jamais à leur bonne maturité habituelle (Takrouni *et al.*, 1988).

Afin de contribuer à élucider l'étiologie de cette maladie, une analyse cytopathologique et une analyse protéomique comparée ont permis de mettre en évidence l'implication du chloroplaste dans la manifestation de la MFC.

## Conclusion

Une meilleure connaissance de la variabilité chez cette plante serait d'un grand apport pour l'établissement d'une stratégie de lutte contre les différentes maladies et stress associés au palmier dattier. Quoiqu'il en soit, les travaux déjà effectués sur le dattier tunisien doivent être complétés dans le contexte global de l'établissement d'un programme répondant aux objectifs préconisés, tout en ouvrant plusieurs perspectives. Il s'agirait notamment de :

- la mise à profit des possibilités offertes par ces techniques pour l'établissement des empreintes génétiques de tout le germoplasme phoenicicole local ainsi que ceux d'autres pays afin de mieux apprécier la diversité moléculaire et d'en déduire les spécificités de chacun d'entre eux ;
- la mise à profit des possibilités offertes par les techniques de culture *in vitro* afin de contribuer à l'amplification des cultivars menacés d'extinction et ce aussi bien par organogenèse que par embryogenèse ainsi que pour la production de semences artificielles sous forme de forme d'embryons somatiques ;
- l'analyse du génome chloroplastique afin de mieux préciser son implication dans la MFC ;
- l'exploitation de toutes les données morphologiques, isoenzymatiques et moléculaires pour contribuer au moins en partie à l'établissement de la cartographie chez cette espèce.

## Bibliographie

BEN ABDALLAH A., STITI K.,  
LEPOIVRE P., DU JARDIN, P., 2000 –  
Identification de cultivars de palmier  
dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par  
l'amplification aléatoire d'ADN (RAPD).  
*Cahiers Agriculture*, 9 : 103-107.

BENSLIMANE A. A., RODE A.,  
QUÉTIER F., HARTMANN C., 1994 –  
Caractérisation of two minicircular

plasmide-like dans isolated from  
date-palm mitochondria.  
*Curr. Genet.*, 26 : 535-541.

Bouabidi H., Reynes M.,  
Roussi M. B., 1996 –  
Critères de caractérisation des fruits  
de quelques cultivars de palmier  
dattier (*Phoenix dactylifera* L.) du sud  
tunisien. *Ann. De l'Inrat*, 69 : 73-87.

- DJERBI M., 1988 –  
Les Maladies du palmier dattier,  
projet régional de lutte  
contre le Bayoud.  
*Algeria, FAO*, (RAB/88/018).
- HADDOUCH M., 1996 –  
Situation actuelle et perspectives  
de développement du palmier  
dattier au Maroc. *Options  
méditerranéennes*, 28 : 63-79.
- KHOULDIA O., RHOUMA A.,  
MARRO J. P., BRUN J., 1997 –  
Premières observations sur *Oryctes*  
*Agamemnon*, ravageur du palmier  
dattier en Tunisie.  
*Fruit vol.*, 52 : 111-115.
- MZALI M. T., LASRAM M.,  
RHOUMA A., 2002 –  
*L'arboriculture fruitière en Tunisie*.  
Les arbres à noyaux et le palmier  
dattier. T. 2 : 201-235.
- OTHMANI A., BAYOUDH C.,  
DRIRA N., MARRAKCHI M.,  
TRIFI M., 2009 –  
Somatic embryogenesis and plant  
regeneration in date palm *Phoenix*  
*dactylifera* L., cv. Boufeggous  
is significantly improved by fine  
chopping and partial desiccation of  
embryogenic callus. *Plant Cell. Tiss.*  
*Organ. Cult.*, 97 : 71-79.
- OUEZAR B., TRIFI M.,  
BOUACHRINE B., HARTMANN C.,  
MARRAKCHI M., BENSLIMANE A. A.,  
RODE A., 2001 –  
A mitochondrial molecular marker  
of resistance to bayoud disease  
in date palm. *Theor. appl. Genet.*,  
103 : 366-370.
- OULD MOHAMED SALEM A.,  
TRIFI M., SAKKA H.,  
RHOUMA A.,  
MARRAKCHI M., 2001a –  
Genetic inheritance analysis  
of four enzymes in date palm  
(*Phoenix dactylifera* L.). *Genet.*  
*Resour. Crop Evol.*, 48 : 361-368.
- OULD MOHAMED SALEM A., TRIFI M.,  
SALHI-HANNACHI A., RHOUMA A.,  
MARRAKCHI M., 2001b –  
Genetic variability analysis  
of Tunisian date palm  
(*Phoenix dactylifera* L.) cultivars.  
*J. Genet. Breed.*, 55 : 269-278.
- OULD MOHAMED SALEM A., 2001 –  
*Contribution à l'évaluation  
des ressources phylogénétiques  
du palmier dattier (Phoenix  
dactylifera L.), par l'analyse  
du polymorphisme isoenzymatique*.  
Thèse de Doctorat de Biologie.  
Faculté des Sciences de Tunis, 134 p.
- REYNES M., BOUABIDI H.,  
PIOMBO G., RISTERUCCI A. M., 1994 –  
Caractérisation des principales  
variétés de dattes cultivées dans  
la région du Djérid en Tunisie.  
*Fruits*, 49 (4) : 289-298.
- RHOUMA A., 1994 –  
*Le palmier dattier en Tunisie*.  
*Le patrimoine génétique*, Vol. I.  
Arabesques Editions et Créations,  
Tunis, Tunisie.
- RHOUMA A., 2005 –  
*Le palmier dattier en Tunisie*.  
*Le patrimoine génétique*,  
Vol. II. Ipgri, Rome, Italy.
- RHOUMA S., ZEHDİ S.,  
OULD MOHAMED SALEM A., RHOUMA A.,  
MARRAKCHI M., TRIFI M., 2007 –  
Genetic diversity in ecotypes  
of Tunisian date-palm (*Phoenix*  
*dactylifera* L.) assessed by AFLP  
markers. *Journal of horticultural  
Sciences & Biotechnology*,  
82 (6) : 929-933.
- RHOUMA S., DAKHLAOUİ-DKHİL S.,  
OULD MOHAMED SALEM A.,  
ZEHDİ-AZOUZI S., RHOUMA A.,  
MARRAKCHI M., TRIFI M., 2008 –  
Genetic diversity and phylogenic  
relationships in date-palms (*Phoenix*  
*dactylifera* L.) as assessed by  
random amplified microsatellites  
polymorphism markers (RAMPOs).  
*Scientia Horticulturae*, 117 : 53-57.



- SAKKA H.,  
ZEHDİ SOULD MOHAMED SALEM A.,  
RHOUMA A., MARRAKCHI M.,  
TRIFI M., 2004 –  
Genetic polymorphism of plastid DNA  
in Tunisian date-palm germplasm  
(*Phoenix dactylifera* L.) detected with  
PCR-RFLP. *Genetic Resources and  
Crop Evolution*, 51 : 479-487.
- TAKROUNI L., RHOUMA A.,  
KHOUALDIA O., ALLOUCHI B., 1988 –  
Observations préliminaires sur  
deux graves « maladies » d'origine  
inconnue du palmier dattier en  
Tunisie. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr  
de Tunisie*, 61 : 2-16.
- TRIFI M., RHOUMA A.,  
MARRAKCHI M., 2000 –  
Phylogenetic relationships in Tunisian  
date palm (*Poenix dactylifera* L.)  
germplasm collection using DNA  
amplification fingerprinting.  
*Agronomie*, 20 : 1-7.
- TRIFI M., 2001 –  
*Polymorphisme et typage moléculaire  
de variétés tunisiennes de palmier  
dattier (Phoenix dactylifera L.):  
relation avec la résistance au  
bayoud*. Thèse de Doctorat d'État  
Es-Sciences Naturelles. Faculté  
des Sciences de Tunis, Avril 2001.
- TRIKI M. A., ZOUBA A.,  
KHOUALDIA O., 2003 –  
Maladies des feuilles cassante  
or brittle leaf disease of date palms  
in Tunisia: biotic or abiotic disease?  
*Journal of plant pathology*,  
85 (2) : 71-79.
- ZEHDİ S., TRIFI M.,  
OULD MOHAMED SALEM A.,  
RHOUMA A., MARRAKCHI M., 2002 –  
Survey of inter simple sequence  
repeat (ISSR) in Tunisian date-palms  
(*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of  
Genetics and Breeding*. 56 : 77-83.
- ZEHDİ-AZOUZI S., 2004 –  
*Analyse du polymorphisme  
moléculaire chez le palmier dattier  
(Phoenix dactylifera L.)*.  
Thèse de Doctorat en Biologie,  
Université de Tunis El Manar,  
Faculté des Sciences de Tunis,  
179 p.
- ZEHDİ S., TRIFI M.,  
BILLOTTE N., MARRAKCHI M.,  
TRIFI M., PINTAUD J. C., 2004 –  
Genetic diversity of Tunisian  
date-palms (*Phoenix dactylifera* L.)  
revealed by nuclear Microsatellite  
polymorphism. *Hereditas*.  
141 : 278-287.

# Synthèse des résultats de travaux de recherche sur le palmier dattier au Mali

**Abba Sekou MAIGA**  
Agronome

## Introduction

Le Mali, de par sa situation géographique, constitue la plaque tournante dans le commerce de dattes entre le Maghreb et l'Afrique au Sud du Sahara. La datte a joué et joue encore un rôle primordial dans l'alimentation des populations des régions du Nord (Gao, Tombouctou, Kidal et Kayes) principalement les nomades.

Les statistiques récentes montrent que les quantités destinées à la consommation locale et celles en transit pour l'intérieur et l'extérieur du pays sont importantes et s'élèvent pour l'année 1997 à 3 743 tonnes et pour l'année 2002 à 6 115 tonnes (statistiques douanières de Gao 1997 et 2002) avec une moyenne de prix par kilogramme variant entre 700 et 1 000 FCFA (franc de la communauté financière d'Afrique). Toutes ces quantités proviennent de l'Algérie.

L'étendue des terres favorables à la production de dattes d'exportation était estimée à 10 000 ha (boucle du Niger, zone lacustre de Goundam). Actuellement ces superficies ont diminué en raison de l'aménagement de certaines plaines pour la riziculture irriguée dans la zone lacustre (Munier, 1963).

Historiquement, l'Adrar des Ifoghas est la zone où le palmier est le plus anciennement cultivé au Mali. La première mention est faite par Aboulfeda voyageur arabe du XIV<sup>e</sup> siècle qui visita le Mali en 1321 (Munier, 1963).

De nos jours, des tentatives de culture du dattier sont réalisées un peu partout au Mali.

On peut ainsi citer parmi les plus importantes réalisations : les plantations de la région de Kidal ; la plantation de Hombori (Mopti), Indélimane, Goléa et Diéfilani dans la région de Gao ; Trougounbé, Nioro dans la région de Kayes.

Le palmier dattier existe aujourd'hui sur toute la bande sahéenne soit dans les concessions, soit dans certains jardins et même sur les digues de l'office du Niger en plantation ornementale ou en pousse spontanée.

Cependant malgré l'importance socio-économique, environnementale que constitue le palmier dattier pour les régions sahariennes du Mali ; les interrogations se posent.

- Quel est l'effectif de ce patrimoine saharien le plus précieux au Mali ?
- Existe-t-il une diversité variétale ?
- Existe-t-il des cultivars intéressants au Mali pouvant permettre le développement de la phœniciculture au Mali ?
- Les conditions naturelles sont-elles favorables au développement de la phœniciculture au Mali ?

Pour répondre à ces questions, le projet « amélioration des techniques de production du palmier dattier » a été mis en œuvre. Le présent rapport fait la synthèse des résultats obtenus pendant l'exécution du projet.

## Objectifs

### *Objectif global*

L'objectif global du projet est de promouvoir la culture du palmier dattier au Mali.

### *Objectifs spécifiques*

Les objectifs spécifiques sont de :

- déterminer le patrimoine phœnicicole des régions nord du Mali et la variabilité génétique des cultivars / variétés de palmier dattier des palmeraies prospectées ;

– mettre en place une collection de cultivars locaux et variétés exotiques performantes.

## Matériels et méthodes

Ce projet comporte deux activités :

- *activité I* : inventaire et caractérisation des cultivars des palmeraies existantes (nombre de pieds, structure par sexe, caractéristique morphologique des plants, caractéristiques des fruits et des graines) ;
- *activité II* : caractérisation de cultivars et variétés exotiques de palmier dattier en parcelles de collection.

### *Activité I : inventaire et caractérisation des cultivars des palmeraies existantes*

Les données secondaires et les informations collectées auprès des personnes ressources ont été mis à profit pour établir un répertoire des palmeraies existantes et le choix des sites d'étude. Les palmeraies prospectées ont été choisies sur la base de l'importance des effectifs de palmier dattier, l'ancienneté de la pratique de la phœniciculture dans la zone et l'accessibilité pendant la période de fructification du palmier dattier.

Au niveau de chaque site, il a été tenu une assemblée villageoise pour informer les autorités locales de l'objectif de la mission et identifier les phœniciculteurs. Il a été procédé à une visite de terrain avec l'ensemble des partenaires afin d'établir un chronogramme des activités.

Pour la collecte des données, une enquête a été réalisée. La méthode utilisée consistait à parcourir le terrain puis à procéder à une enquête auprès des producteurs. Les informations collectées ont porté sur les techniques culturales du dattier, les conditions hydriques, les caractères ethnobotaniques, les caractéristiques végé-

tatives, les caractéristiques des fruits et des graines, l'effectif de palmier dattier par site et leur état phytosanitaire.

Cette opération s'est déroulée en deux phases (période de maturité du plus grand nombre des cultivars ou pieds francs de la localité et période de maturité des variétés tardives). L'effectif de l'échantillon par site est fonction de la diversité génétique. Tous les cultivars d'un site sont échantillonnés si leur nombre ne dépasse pas 50 tandis que, au-delà de cet effectif, les 50 meilleurs cultivars seront échantillonnés.

Le matériel végétal est constitué de cultivars de palmier dattier.

Des sachets en plastique ont été utilisés pour la collecte des fruits, des marqueurs pour le marquage des cultivars sélectionnés, des appareils photos pour la prise des images des cultivars, des outils de sevrage et de plantation des rejets.

## ***Activité II : caractérisation de cultivars et variétés de palmier dattier en parcelles de collection***

Les travaux d'installation de la collection ont démarré en 2000 à la sous-station recherche agronomique de Gao de Bagoundié avec les cultivars et variétés sélectionnés dans les sites prospectés.

Le matériel végétal est constitué des rejets de 19 meilleurs cultivars locaux, de 4 variétés exotiques et de vitroplants de 3 variétés étrangères.

Les vitroplants issus des 3 variétés (Zaïdi, Confitera et Mejool) ont été mis en place en 2002 au niveau de la collection.

Il n'existe pas de dispositif précis dans la mesure où la disponibilité des vitroplants et des rejets transplantables était le facteur limitant.

Les observations et mesures ont porté sur :

- les mesures des paramètres biophysiques (hauteur, circonférence du tronc) ;
- la notation de la date de floraison ;
- le comptage du nombre de spathe (inflorescence) ;
- les mesures de la longueur et du diamètre des spathes ;
- le comptage du nombre de spadicules / inflorescence.

## Résultats attendus

- Le patrimoine phœnicicole et la variabilité génétique des cultivars / variétés connues de palmiers dattiers du Mali.
- Une collection de matériel végétal performant de palmier dattier est mise en place.

## Résultats obtenus et discussions

### *Activité I : inventaire et caractérisation des cultivars des palmeraies existantes*

Au cours des prospections des palmeraies de Gossi, Hombori, Kobokiré, Drawal, Ebanguemalangué, Iimbossotane et Gao, il a été recensé un effectif de 3 139 pieds dont 42 % de pieds femelles, 25 % de pieds mâles et 32 % des individus à sexe non différencié (tabl. 1). Cette structure indique un début d'amélioration des pratiques culturales dans ces zones en comparaison avec celle de la région de Kidal où on dénote 47 % de femelle et 41 % de mâle (Togo, 1997). Le ratio normal recommandé dans une plantation moderne de palmier dattier la répartition par sexe est de 80 % femelles pour 20 % mâles. Dans les localités prospectées, il a été recensé 1 311 pieds productifs avec une production annuelle moyenne d'environ 39 tonnes.

Les sites prospectés renferment une grande diversité variétale ; cependant les paysans des localités ne donnent pas de nom aux dattes.

Pour ces paysans, le caractère végétatif n'est pas discriminant, car tous les pieds d'un même âge se ressemblent. Cette thèse confirme les études de Hannachi (1992) ; Bellala et Behaz (1997).

Les critères de différenciation des cultivars sont basés sur la morphologie, le goût et la valeur marchande des fruits. Les noms attribués aux cultivars par l'équipe de recherche sont en relation avec la localité (ex. Cultivar : Seno, cultivar : Hombori - Tondo), le propriétaire du jardin (cultivar : Hawa-Garba) ou le goût (cultivar : Sukar, Adagla).

Sites	Nb Femelles	Nb rejets	Nb Mâles	Nb sexes Indifférenciés	Nb Hermaphrodites	Total de pieds
Gossi, Ebamalague Imbossotane	82	57 *	125	175	0	382
Kobokiré	357	256 *	178	199	9	743
Hondomyo	219	134 *	70	104	5	398
Hombori	76	43 *	40	57	0	173
Drawal	88	21 *	51	61	0	200
Douentza	15	16 *	18	27	0	60
Tombouctou	46	24 *	47	78	0	171
Diré- Tonka	28	5 *	15	5	0	48
Ansongo	117	27 *	11	148	0	276
Indelimane	27	62 *	8	27	1	63
Goléa	14	10 *	9	50	0	73
Gao	242	25 *	208	102	0	552
<b>Total</b>	<b>1 311</b>	<b>680 *</b>	<b>780</b>	<b>1 033</b>	<b>15</b>	<b>3 139</b>

\* = chiffre non comptabilisé dans le total des effectifs

Tableau 1

Effectifs des pieds recensés par site et par sexe.

Les cultivars comme Hombori - Tondo, Hombori Hondo, Hawa-Garba, Sukar peuvent être comparés aux variétés internationales comme : le Barhee, le Mejool ou la Deglet-Nour du point de vue calibre, goût et consistance.

Une soixantaine de cultivars a été répertoriée et caractérisée pendant l'étude. Les caractéristiques de quelques cultivars sont présentées en annexe.

Cette prospection a également révélé :

- la disparition de la palmeraie de Bamba introduite au XIII<sup>e</sup> siècle par les Marocains après la chute de l'empire Songhoi, le vieillissement et la forte densité des plants de dattiers dans les palmeraies de Hombori Kobokiré, Hondomyo et Drawal qui sont pour la plupart des pieds francs (plants issus de semis de noyau) ;
- la faible maîtrise des techniques culturales du palmier dattier (sevrage, pollinisation, taille, technique d'irrigation et de fertilisation) au niveau de toutes les palmeraies ;
- la présence de la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ sur toutes les palmeraies prospectées excepté celles de Hombori Kobokiré, Hondomyo et Drawal.

## *Activité II : Caractérisation des cultivars locaux et variétés exotiques de palmier dattier en parcelle de collection*

### **Comportement des rejets issus des variétés exotiques**

Les paramètres de comparaison des variétés sont consignés dans le tableau 2. Par rapport à l'accroissement moyen annuel de la hauteur, les variétés Boufeggous et Zaidi sont les plus performantes. Pour l'accroissement moyen annuel de la circonférence du tronc (2003/2004), les variétés Mejool et Tori ont donné les meilleurs résultats.

Ce niveau d'accroissement de la hauteur et de la circonférence explique leur bon comportement.

Toutes les variétés ont produit des fruits en 2003 et 2004 sauf Mejool.

La fructification des plants pourrait s'expliquer par leur âge, leur poids à la plantation ou d'autres caractéristiques variétales.

Variétés	Date de plantation	Nombre d'individus	Hauteur (en cm)		Accroissement moyen annuel de la hauteur		Circonférence (en cm)		Accroissement moyen annuel de la circonférence		Stade phénologique 2003	Stade phénologique 2004
			2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004		
Zaidi	1999	11	120	190	70	70	90	20	Fructification	Fructification		
Boufeggous	1999	2	110	230	120	80	100	20	Aucun plant n'a fleuri	Fructification		
Mejool	1999	1	80	122	42	50	80	30	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri		
Tori	1999	9	150	188	38	92	120	28	Fructification	Fructification		
<b>Moyenne</b>			<b>115</b>	<b>182,5</b>	<b>67,5</b>	<b>73</b>	<b>97,5</b>	<b>24,5</b>				

■ Tableau 2

Hauteur, diamètre et stade phénologique des plants.



Cultivars	Date de plantation	Nombre d'individus	Hauteur (en cm) 2003	Hauteur (en cm) 2004	Accroissement moyen annuel de la hauteur	Circonférence (en cm) 2003	Circonférence (en cm) 2004	Accroissement moyen annuel de la circonférence	Stade phénologique 2003	Stade phénologique 2004
Hombori hondo	2001	01	117	210	93	110	140	30	Fructification : 2 plants portent des fruits	Aucun plant n'a fleuri
Hombori tondo	2001	06	155	199	44	80	90	10	Fructification : 1 plant porte des fruits	Aucun plant n'a fleuri
Goura	2002	01	100	165	65	80	92	12	Aucun plant n'a fleuri	Fructification : 1 plant porte des fruits
Bagoundié	2001	06	120	174	54	80	87	7	Fructification : 4 plants portent des fruits	Fructification : 4 plants portent des fruits
Tassak	2001	01	30	130	100	35	61	26	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Abdalla	2001	01	60	100	40	40	51	11	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Aguel hoc	2001	01	52	118	66	26	40	14	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Sukar	2002	01	50	90	40	40	70	30	Aucun plant n'a fleuri	Fructification : 1 plant porte des fruits
Ouknout	2002	02	53	90	37	20	64	44	Aucun plant n'a fleuri	Fructification : 1 plant porte des fruits
N'TALLA	2001	01	70	90	20	35	67	32	Aucun plant n'a fleuri	Fructification : 1 plant porte des fruits
Ntekoi	2001	01	37	154	117	32	70	38	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Tazgit	2001	01	70	165	95	40	52	12	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
AMI5	2002	01	40	120	80	18	32	14	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Berrah	1999	03	75	159	84	45	47	2	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Beni	2000	01	70	184	114	48	57	9	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Kowa	2001	02	27	60	33	10	37	27	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Touret	2001	01	35	115	80	26	32	6	Aucun plant n'a fleuri	Aucun plant n'a fleuri
Tigaza	2001	01	160	258	98	70	140	70	Fructification	Fructification
Tergal	2001	01	55	230	175	30	120	90	Aucun plant n'a fleuri	Fructification

Tableau 3

Évaluation des paramètres biophysiques et phœnologiques des cultivars au niveau de la collection.

### Comportement des cultivars locaux

L'accroissement moyen annuel en hauteur des plants est de 75,5 cm (tabl. 3). Les plus grandes valeurs ont été observées au niveau des cultivars Tergal, Beni, Ntekoi, Tassak, Tigaza et Hombori Hondo (175 à 93 cm/an). Par rapport à l'accroissement moyen de la circonférence, les cultivars Tergal, Tigaza, Kowa, Ntekoi, N'Talla, Ouknout, Sukar, Hombori hondo et Tassak se sont démarqués des autres (26 à 90 cm/an) en 2003/2004. En conclusion, les cultivars Tergal, Tigaza, NTekoi, Hombori hondo sont les plus performants dans l'évolution des paramètres biophysiques.

Les cultivars Hombori hondo, Hombori tondo, Bagoundié, Tigaza ont tous fructifié en 2003 (tabl. 3). Au cours de la campagne 2004, parmi les cultivars ayant fructifié en 2003, seulement Bagoundié et Tigaza ont fructifié. La non fructification des cultivars Hombori tondo et Hombori hondo en 2004 pourrait être due à une attaque de la cochenille blanche, qui n'est pas encore signalée à Hombori, ou à un phénomène d'alternance.

Les cultivars Ouknout, Sukar, N'Talla, Goura ont fructifié en 2004 pour la première fois.

### Comportement des vitroplants de palmier dattier

Les variétés Zaïdi et Confitera sont les plus performantes pour la croissance en hauteur et en circonférence du tronc (tabl. 4).

Traitement	Hauteur 2003 (en cm)	Hauteur 2004 (en cm)	Circonférence 2003 (en cm)	Circonférence 2004 (en cm)	Accroissement moyen annuel de la hauteur (en cm)	Accroissement moyen annuel de la circonférence du tronc (en cm)
Zaïdi	42	86,3	15	42	44,3	27
Confitera	38	72,5	25	48,5	34,5	23,5
Mejool	40	49,33	10	31,66	9,33	21,66

Tableau 4

Croissance moyenne des vitroplants 2003/2004.

### Évaluation des paramètres de production des variétés et des cultivars locaux

D'une manière générale la période de floraison des plants se situe entre février et mars ce qui correspond au début de la saison sèche et chaude dans la région de Gao (tabl. 5).

La variété Boufeggous et le cultivar Bagoundié, qui possèdent les plus longues spathes ont fleuri les premiers. Ce qui confirme les résultats obtenus par Péreau-Leroy (1956) selon lesquels les variétés précoces ont un pédoncule plus long que les tardives. La variété Boufeggous est reconnue par sa précocité dans plusieurs pays (Maroc, Tunisie et Algérie) ; au Mali, elle fleurit à partir de janvier.

Variétés	Période de floraison		Nombre de spathes		Longueur des spathes en cm		Largeur des spathes en cm	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Sukar	–	Mars	–	7	–	30	–	3
Tigaza	Mars	Mars	2	1	39	38	5	4
Tori	Mars	Mars	4	2	39	38	5	6
Zaidi	Mars	Mars	1	2	36	42	3,2	4
Bagoundié	Fév	Fév	4	2	58	53	4	3
Boufe ggous	–	Janv	–	2	–	61	–	4
Ouknout	–	Mars	–	2	–	52	–	3,2
Hombori tondo	Mars	–	1	–	41	–	5,5	–
Hombori hondo	Fév.	–	2	–	57	–	6	–

– = Pas de floraison

#### Tableau 5

Évaluation des paramètres de production (période de floraison ; nombre, largeur et longueur des spathes) en 2003/2004.

## Conclusion et perspectives

Les activités d'inventaire de caractérisation effectuées en 2001 ont permis de recenser 3 139 pieds dans les zones prospectées. La production annuelle moyenne est d'environ 39 tonnes pour 1 311 pieds productifs. La zone de Hombori possède les meilleures conditions pedo-climatiques pour le développement de la phœniculture. Les

sites prospectés renferment une grande diversité génétique. Environ une centaine de cultivars a été identifiée dans les régions prospectées.

Il a été constaté, au niveau des palmeraies prospectées, une forte densité des plants et une faible maîtrise des techniques culturales par les producteurs. La totalité des palmerais visités était infestée par la cochenille blanche exceptées les palmeraies de la zone de Hombori.

Les cultivars Hombori tondo, Hombori hondo, Tigaza et Bagoundié ont fructifiés, deux années après plantation au niveau de la collection. La non fructification des cultivars Hombori tondo et Hombori hondo en 2004 pourrait être due à une attaque de la cochenille blanche qui n'est pas encore signalée à Hombori ou à un phénomène d'alternance. Tous les rejets issus des variétés ont produit des fruits en 2003 et 2004 sauf Mejool. La précocité des variétés et cultivars est en relation avec la longueur des spathes. La bonne croissance en hauteur et la circonférence du tronc, des cultivars, des variétés et des vitroplants témoigne leur adaptabilité aux conditions locales.

Cette prospection a également révélé :

- la disparition de la palmeraie de Bamba introduite au XIII<sup>e</sup> siècle par les Marocains après la chute de l'empire Songhoi, le vieillissement et la forte densité des plants de dattiers dans les palmeraies de Hombori Kobokiré, Hondomyo et Drawal qui sont pour la plupart des francs (plants issus de semis de noyau) ;
- la faible maîtrise des techniques culturales du palmier dattier (sevrage, pollinisation, taille, technique d'irrigation et de fertilisation) au niveau de toutes les palmeraies ;
- la présence de la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ sur toutes les palmeraies prospectées excepté celles de Hombori Kobokiré, Hondomyo et Drawal.

Pour promouvoir la culture du palmier dattier au Mali les efforts doivent être orientés sur :

- le développement de la lutte biologique contre la cochenille blanche ;
- la production de vitroplants de palmier dattier issus des variétés de renommée internationale.

## Bibliographie

- A. ZAÏD, DE WET P. F., 1999 –  
« Date palm propagation ».  
*In: date palm cultivation* FAO, 156 p.
- BELLA A., BEHAZ Y., 1997 –  
*Évaluation de la variabilité génétique des palmeraies des piémonts des Aurès*. Thèse ingénieur d'État en agronomie saharienne de l'Institut de formation supérieure en agronomie saharienne (INFSAS) Ouargla/Algérie : 32-34.
- BOUGUEDERAN, 1991 –  
*Connaissance de la morphogénèse du palmier dattier. Etude in situ et in vitro du développement des appareils végétatifs et reproducteurs*. Thèse de Doctorat, USTHB, Alger : 7-27.
- Le palmier dattier. Méthodologie de prospection*, 1990 –  
Atelier d'El-Goléa du 6 au 10 mai 1990 ; Réseau Apama (Amélioration de la productivité agricole en milieu aride) : 87-89.
- HANNACHI S., 1992 –  
*Inventaire variétal de la palmeraie algérienne*. Recueil de communication au symposium de date de Biskra du 24 au 25 novembre 1992, 12 p.
- JAHIEL M. 1996 –  
*Phénologie d'un arbre méditerranéen acclimaté en région tropicale :*  
*Le dattier du sud du Niger et son appropriation par la société Manga*. Thèse de Doctorat Université de Montpellier II, 250 p.
- TOGO I., MAÏGA A., 2002 –  
*Rapport de campagne PAL 1*.
- BRUN J., 1990 –  
*Prospection écologique de la VII<sup>e</sup> Région du Mali*.
- MUNIER P., 1963 –  
*Le palmier dattier. Etude de faisabilité de la culture du palmier dattier au Mali*. Rapport de mission.
- MUNIER P., 1973 –  
*Prospection phœnicicole du territoire de la république du Mali*. Irfa/Paris, 43 p.
- DIARRA O., 1989 –  
*Expérience phœnicicole de Forgho Sonrhaï*.
- PÉREAU-LEROY P., 1958 –  
*Le palmier dattier au Maroc*.
- TOGO I., 1998 –  
*Inventaire des palmeraies et évaluation de la variabilité génétique des cultivars de palmiers dattiers (Phoenix dactylifera L.) dans la région de Kidal au nord du Mali*. Mémoire d'Ingénieur d'État en Agronomie.

# Problématique de la phœniciculture au Maroc

Présentation des acquis et des perspectives  
de recherche sur la maladie fatale  
du palmier dattier, le bayoud

**El Faïza ABOURAÏCHA**

Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

**Fatima JAÏTI**

Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

**Ismâïl EL HADRAMI**

Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

## Importance écologique et socio-économique du palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est « l'arbre » fruitier par excellence du désert où il constitue le pivot de l'agriculture oasienne caractérisée par une stratification et une association de plusieurs cultures sous jacentes. Aussi, le dattier présente l'immense bénéfice de lutter contre la désertification par l'interception du rayonnement solaire intense et la mise en place d'un « barrage vert et productif », l'oasis. La présence de cet « arbre » fruitier dans ces zones lui confère un rôle écologique indéniable en y limitant la progression des espaces steppiques et l'ensablement des terres agricoles.

Dans le milieu oasien, la culture du palmier dattier revêt une importance socio-économique certaine permettant la subsistance de nombreuses familles dont les moyens d'existence reposent sur les produits générés directement et indirectement par cet arbre fruitier. En effet, le palmier dattier est cultivé essentiellement pour ses dattes qui représentent la base de l'alimentation des populations oasiennes et la composante vitale dans les oasis compte tenu de leur importance nutritionnelle et économique. Les dattes sont des fruits hautement énergétiques riches en hydrate de carbone, en éléments minéraux et en vitamines en plus d'un grand pouvoir antioxydant attribué à leur richesse en composés phénoliques. Ceci permet de classer la datte parmi les fruits les plus chers au monde faisant ainsi de la phœniciculture un des secteurs les plus rémunérateurs. À titre indicatif, une plantation qui s'étend sur un hectare peut comporter 100 pieds de palmier dont chacun peut produire jusqu'à 100 kg de dattes au cours d'une seule récolte. Dans ce cas, le bénéfice du phœniculteur peut être de 1 200 000 DH annuellement pour des variétés de dattes de première qualité (Mejhoul), et de 200 000 DH pour des variétés de qualité moindre telles que la variété Bousthami noir. Ce calcul, aussi simplifié soit-il, reflète toute l'importance économique du secteur dattier en tant que principale culture de rente dans les palmeraies.

## ■ Principaux problèmes de la phœniciculture marocaine

La production nationale des dattes plaçait le Maroc, il y a plus d'un siècle, au troisième rang mondial. Cette place honorable dont jouissait le pays s'explique par l'importance accordée au palmier dattier et à sa culture qui occupait des superficies importantes avec plus de 15 millions de pieds. Actuellement, le palmier dattier occupe une superficie de 48 000 ha pour un effectif de 4 450 000 pieds (El Hadrami et El Hadrami, 2008) installés dans des cuvettes présentant une nappe phréatique affleurante ou semi affleurante où prospèrent au voisinage des cours d'eau, d'où la répartition des

principales palmeraies marocaines sous forme de longs cordons qui longent l'oued Drâa et l'oued Ziz (El Hadrami *et al.*, 1998). Ces palmeraies recèlent un patrimoine phœnicicole diversifié représenté par plus de 223 cultivars et deux millions d'hybrides. Ces génotypes sont communément multipliés par graines et par rejets.

La régression de la superficie consacrée au dattier s'est répercutée sur la diversité qualitative des dattes qui se trouve de plus en plus appauvrie. Par conséquent, le Maroc qui était exportateur de dattes est devenu un pays importateur. Par ailleurs, force est de constater que la production annuelle des dattes au Maroc est estimée en moyenne à 72 000 tonnes avec un rendement moyen de l'ordre de 20 kg/pied. En termes de comparaison, un pied de palmier dattier peut produire jusqu'à 200 kg par an dans les pays où la phœniciculture moderne est pratiquée, soit une pollinisation mécanisée ainsi qu'une irrigation localisée et fumigation intensive (El Hadrami *et al.*, 1998). Cette faible productivité nationale est non seulement attribuée à la nature traditionnelle de gestion des plantations de palmiers et au manque d'entretien des palmeraies mais également à leur mauvaise exploitation par l'introduction des cultures sous jacentes. Ce système de culture très intensif, tant pratiqué par les agriculteurs oasiens, est imposé par la rareté des terres arables et par le morcellement poussé des parcelles. Bien que cette stratégie agricole s'avère favorable à la sauvegarde du patrimoine génétique des espèces et des variétés cultivées appartenant aux strates moyennes et inférieures, elle demeure non respectueuse des pratiques culturelles indispensables à la bonne productivité de la strate supérieure, celle du palmier dattier. Le patrimoine phœnicicole marocain connaît ainsi tous les ingrédients d'une crise dont les principales causes sont essentiellement liées à (i) la sécheresse et la mauvaise gestion des ressources en eau, (ii) l'ensablement, (iii) l'absence de rajeunissement des palmeraies et la non modernisation du secteur phœnicicole et son délaissement au profit d'autres cultures et activités plus rémunératrices et (iv) la pression sélective exercée par diverses maladies notamment la maladie du bayoud. Dénommé à juste titre la maladie fatale du palmier dattier, le bayoud à lui seul, est responsable de la destruction des deux tiers des palmeraies marocaines (Djerbi, 1988 ; Fernandez *et al.*, 1995).



## Degré d'intégration des programmes de sélection des génotypes intéressants

### *Contribution des marqueurs moléculaires et biochimiques dans la réhabilitation des palmeraies*

Devant la situation alarmante de la phœniciculture, le repeuplement des palmeraies représente une démarche urgente qui rentre dans le cadre des programmes de réhabilitation et de rajeunissement de ces palmeraies transformées en de véritables clairières.

Ce repeuplement requiert la mise en place d'un programme de sélection de génotypes possédant des traits agronomiques intéressants notamment la qualité dattière et la résistance au bayoud qui constitue le caractère le plus convoité par les sélectionneurs eu égard au grand pouvoir destructeur de cette maladie. De longs travaux de sélection et de prospection sur le terrain ont abouti à la sélection de six variétés dotées d'un niveau de résistance très élevé (Saaidi, 1992 ; Sedra, 1995). Cependant, ces variétés connues pour leur résistance ne peuvent être utilisées en masse par les phœniculteurs du fait de leur faible qualité dattière. L'intégration d'un second programme de sélection des descendants issus de croisements contrôlés s'impose en vue d'obtenir des génotypes alliant résistance au bayoud et bonne qualité fruitière (Sedra, 1993). Ainsi, l'Institut national de la recherche agronomique, partie prenante dans les programmes de sélection du dattier, a pu mettre à la disposition des agriculteurs de nouvelles variétés/clones issus de croisements contrôlés tels que Bourrihane, Mabrouk, Al Faïda et Nejda.

Parallèlement à ces travaux de sélection menés sur le terrain, l'évaluation de la résistance du dattier au bayoud a été appuyée par l'utilisation de marqueurs moléculaires et biochimiques qui représentent un outil indispensable pour restructurer les protocoles de sélection entrepris, depuis plusieurs décennies, sur le palmier dattier (El Hadrami et El Hadrami, 2008).

Par ailleurs, la petite taille du génome de cet arbre fruitier, en comparaison avec d'autres monocotylédones et les plantes pérennes, a aiguillonné les chercheurs vers la recherche de marqueurs moléculaires liés à la résistance au bayoud (Ouenzar, 2003 ; Ouenzar *et al.*, 2001). Dans ce sens, la caractérisation moléculaire des génotypes de dattier a permis la sélection de quelques marqueurs candidats. Le bilan des résultats obtenus en ce qui concerne le développement d'outils moléculaires de sélection précoce de génotypes intéressants reste largement au deçà des objectifs escomptés.

Des marqueurs biochimiques de nature phénolique, relevant de l'étude de l'interaction palmier dattier-Foa (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*), ont révélé une accumulation massive des composés phénoliques constitutifs et induits chez les cultivars résistants en comparaison avec les cultivars sensibles au bayoud (Ziouti *et al.*, 1996 ; El Hadrami *et al.*, 1997 ; El Hadrami, 2002).

Une telle réponse de défense a été nettement améliorée et les plants sensibles au bayoud ont été partiellement protégés grâce au phénomène de potentialisation des réactions de défense de la plante, phénomène connu sous le nom du « *priming* ». Il s'agit bien entendu d'un état physiologique dans lequel les plantes mettent en place des réponses de défense rapides et intenses qui ne seront déclenchées qu'après la perception d'une attaque par un pathogène (Conrath *et al.*, 2006 ; Beckers et Conrath, 2007). L'état potentialisé des jeunes plants du dattier est obtenu *via* l'utilisation des agents d'origines diverses tels que (i) des microorganismes non pathogènes à savoir un isolat non agressif du Foa (AHD) (El Hassni *et al.*, 2004a), des bactéries antagonistes vis-à-vis du Foa (El Hassni *et al.*, 2007), des champignons endomycorhiziens (Jaiti *et al.*, 2008), un produit naturel dénommé le chitosane (El Hassni *et al.*, 2004b), une molécule signal, l'acide jasmonique (Jaiti *et al.*, 2004) et également *via* un produit naturel commercialisé sous le nom de Stifénia, une poudre végétale à base de graines de fenugrec (Abouraïcha *et al.*, 2008). Une application combinée de ces agents inducteurs du priming devrait également être envisagée dans une approche de lutte intégrée afin d'optimiser le comportement des variétés sensibles au sein des palmeraies infestées.

Il est important de signaler que le repeuplement urgent des palmeraies, aussi bien par les plants sélectionnés pour leur résistance que

par ceux mis en état d'alerte, nécessite un nombre élevé de plants qui ne peut être obtenu par les seules méthodes conventionnelles de multiplication.

## ■ Apport de la multiplication et de la sélection *in vitro*

### *Application au programme de repeuplement des palmeraies marocaines*

Les graines représentent le mode de dissémination le plus facile pour assurer la pérennité des plants du dattier. Toutefois, les vergers à graine sont peu utilisés à cause du caractère dioïque du palmier et des difficultés de reconnaissance des pieds mâles et femelles à un stade précoce. Néanmoins, la multiplication par graines est envisagée pour créer de nouveaux génotypes et fournir une base pour le choix d'arbres élites.

Par ailleurs, les rejets constituent un moyen de reproduction fidèle des caractéristiques variétales. Cependant, le nombre restreint de rejets produits par un plant potentiel, compris entre 0 et 3 par an et entre 10 et 40 pendant toute sa durée de vie, limite leur utilisation en tant que principale technique de multiplication du palmier dattier. A titre indicatif, les deux modes de multiplication, décrits ci-dessus, ne sont pas pratiqués sur les 223 cultivars et les 2 millions d'hybrides mais concernent principalement les meilleures variétés commerciales à savoir Mejhoul, Boufeggous, Bouskri et Jihel. Aussi, des laboratoires spécialisés dans la multiplication *in vitro* du palmier dattier, localisés entre autres en Namibie, Arabie Saoudite et aux Emirats Arabes unis, ne produisent en masse que quelques variétés du dattier en répondant à la seule demande des dattiers-culteurs et du marché international. La mise en place, à moyen et long termes, de palmeraies oligovariétales constitue ainsi un risque considérable qui mérite ici d'être signalé touchant ainsi de près la diversité qualitative des dattes qui a été déjà largement appauvrie.

Le recours donc à l'outil biotechnologique, fondé sur les techniques de culture des tissus, constitue sans doute le moyen le plus prometteur pour la réhabilitation des palmeraies marocaines dévastées *via* une multiplication à grande échelle de l'espèce. Deux méthodes de micropropagation ont été adoptées, l'organogenèse et l'embryogenèse somatique (El Hadrami, 1995 ; Loutfi et Chlyah, 1998 ; El Hadrami et El Hadrami, 2008). Ces méthodes biotechnologiques concernent les variétés commerciales les plus intéressantes (Mejhoul, Boufeggous, Bouskri et Jihel) et également celles issues de croisements contrôlés entre des génotypes sélectionnés pour leur résistance au bayoud, leur bonne qualité dattière ou encore pour leur adaptabilité aux conditions environnementales.

Actuellement, la demande nationale en plants et en vitroplants est loin d'être satisfaite. Ce déficit peut être lié à trois contraintes majeures :

- contraintes institutionnelles qui relèvent du manque d'infrastructures adéquates (laboratoires spécialisés) et de compétences humaines dans le domaine ;
- contraintes inhérentes à la plante même qui tiennent compte (i) du nombre très restreint d'explants réactifs car seuls les cœurs de rejets et les inflorescences peuvent être utilisés pour la multiplication de l'espèce, et (ii) de la lenteur de croissance du dattier : deux années et demi à cinq années sont requises pour obtenir un plant apte à être cultivé en plein champ ;
- contraintes liées à la multiplication *in vitro* : la récalcitrance relative des explants, les contaminations, le brunissement trop accusé des explants et du milieu ainsi que la vitrification (El Bellaj et El Hadrami, 2004 ; Loutfi, 1999 ; Zouine, 2007).

L'application des méthodes biotechnologiques chez le dattier, particulièrement au Maroc, se trouve encore à l'état embryonnaire et ce même si un laboratoire spécialisé (Domaines Royaux) fait de son mieux pour subvenir aux besoins du marché en vitroplants. Les coefficients de multiplication souhaités sont loin d'être atteints et tout reste à faire en ce qui concerne les stratégies de transformation et d'amélioration génétique de cet « arbre » fruitier. De nombreux projets de recherche doivent être entrepris pour l'étude à l'échelle moléculaire et génétique des mécanismes d'adaptation du palmier à la sécheresse et à la salinité, deux volets très peu abordés au Maroc.

Les travaux doivent également s'orienter vers l'étude des moyens de lutte contre l'ensablement et la désertification.

La mise en application des résultats probants obtenus à partir des travaux de recherche réalisés, en cours et à venir, nécessite une réelle coopération de l'ensemble des intervenants : agriculteurs, techniciens, chercheurs et décideurs scientifiques et politiques dont l'appui devient de plus en plus indispensable pour la sauvegarde de cette espèce de grande importance économique.

## Bibliographie

- ABOURAICHA E., BOUNNIT T., JAY-ALLEMAND C., COUMANS M., MARTINEZ M., EL HADRAMI I., 2008 – The paradox of the 'Stifenia' utilization as a potential elicitor of the date palm defence reactions against bayoud disease. *Polyphénols Comm.*, 2, 531-533.
- BECKERS G., CONRATH U., 2007 – Priming for stress resistance: from the lab to the field. *Current Opinion in Plant Biol.*, 10, 425-431.
- CONRATH U., BECKERS G. J. M., FLORS V., GARCIA-AGUSTIN P., JAKAB G., MAUCH F., NEWMAN M. A., PIETERSE C. M. J., POINSSOT B., POZO M. J., PUGIN A., SCHAFFRATH U., TON J., WENDEHENNE D., ZIMMERLI L., MAUCH-MANI B., 2006 – Priming : getting ready for battle. *Mol Plant Microbe.*, 19 : 1062–1071.
- DJERBI M., 1988 – *Les maladies du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)*. *Projet régional de lutte contre le bayoud*, Alger FAO : 127.
- EL BELLAJ M., EL HADRAMI I., 2004 – Characterization of two non constitutive hydroxycinnamic and derivatives in date palm (*Phoenix dactylifera L.*) callus in relation with tissue browning. *Biotechnology*, 3 (2) : 155-159.
- EL HADRAMI I., 1995 – *L'embryogenèse somatique chez Phoenix dactylifera L. : quelques facteurs limitants et marqueurs biochimiques*. Thèse d'Etat. Université Cadi Ayyad. Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 227 p.
- EL HADRAMI I., RAMOS T., EL BELLAJ M., EL IDRISSE TOURANE A., MACHEIX J. J., 1997 – A sinapic derivative as induced defence compound of date palm against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, the agent causing bayoud disease. *J. Phytopathol.*, 152 : 182-189.
- EL HADRAMI I., EL BELLAJ M., EL IDRISSE A., J'AITI F., EL JAAFARI S., DAAYF F., 1998 – Biotechnologies végétales et amélioration du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), pivot de l'agriculture oasisienne marocaine. *Cahiers Agricultures*, 7 : 463-468.
- EL HADRAMI I., 2002 – Infections racinaires localisées et rôle des dérivés hydroxycinnamiques dans la résistance du palmier (*Phoenix dactylifera L.*) au *Fusarium oxysporum albedinis*, agent causal du bayoud. *Polyphénols Actualités*, 22 : 19-26.

- EL HADRAMI I., EL HADRAMI A., 2008 – « Breeding date palm ». In *Breeding plantation tree crops : Tropical species*, Jain Shri Mohan ; Priyadarshan, P.M. (eds.), 2008, Approx. 660 p., Hardcover ISBN: 978-0-387-7199-7.
- EL HASSNI M., J'AITI F., DIHAZI A., AIT BARKA E., DAAYF F., EL HADRAMI I., 2004a – Enhancement of defense responses against Bayoud disease by treatment of date palm seedlings with an hypoaggressive *Fusarium oxysporum* isolate. *J. Phytopathol.*, 152 : 182-189.
- EL HASSNI M., EL HADRAMI A., DAAYF F., AIT BARKA E., EL HADRAMI I., 2004b – Chitosan, antifungal product against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* and elicitor of defence reactions in date palm roots. *Phytopathol. Mediterr.*, 43 : 195-204.
- EL HASSNI M., EL HADRAMI A., DAAYF F., CHÉRIF M., AIT BARKA E., EL HADRAMI I., 2007 – Biological control of bayoud disease in date palm: Selection of microorganisms inhibiting the causal agent and inducing defense reactions. *Environmental and Experimental Botany*, 59 : 224–234.
- FERNANDEZ D., LOURD M., OUINTEN M., TANTAOUI A., GEIGER J.-P., 1995 – Le bayoud du palmier dattier, une maladie qui menace la phœniciculture. *Phytoma*, 469 : 36-39.
- JAITI F., DIHAZI A., EL HADRAMI A., EL HASSNI M., EL HADRAMI I., 2004 – Effect of exogenous application of jasmonic acid on date palm defense reaction against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Phytopathol. Mediterr.*, 43 : 325-331.
- JAITI F., MEDDICH A., EL HADRAMI I., 2008 – Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 71 : 166-173.
- LOUTFI K., CHLYAH H., 1998 – Vegetative multiplication of date palms from *in vitro* cultured inflorescences: effect of some growth regulator combinations and organogenetic potential of various cultivars. *Agronomie*, 18 : 573-580.
- LOUTFI K., 1999 – *Organogenèse et embryogenèse somatique à partir des tissus floraux du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) cultivés in vitro. Aspects histologiques et Caryologie des vitroplants*. Thèse de Doctorat d'État. Université Cadi Ayyad. Fac. Sci. Semlalia, Marrakech. 190 p.
- OUEZAR B., TRIFI M., BOUACHRINE B., HARTMANN C., MARRAKCHI M., BENSLIMANE A. A., RODE A., 2001 – A mitochondrial molecular marker of resistance to bayoud disease in date palm. *Theo. App. Gen.*, 103 : 366-370.
- OUEZAR B., 2003 – *Contribution à l'amélioration du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) : Recherche de marqueurs moléculaires pour la détermination précoce du sexe et de la résistance au bayoud*. Thèse de doctorat. Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 219 p.
- SAIDI M., 1992 – Comportement au champ de 32 cultivars de palmier dattier vis-à-vis du bayoud. 25 années d'observations. *Agronomie*, 12 : 259-270.
- SEDRA H., 1993 – *Lutte contre le bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier causée par Fusarium oxysporum f. sp. albedinis : Sélection des cultivars et clones de qualité résistants et réceptivité des sols à la maladie*. Thèse de doctorat. Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 128 p.

- SEDRA H., 1995 –  
Triage d'une collection de génotypes  
de palmier dattier pour la résistance  
au bayoud causé par *Fusarium*  
*oxysporum* f. sp. *albedinis*.  
*Al Awamia*, 90 : 9-18.
- ZIOUTI A., EL MODAFAR C.,  
MACHEIX J. J., EL BOUSTANI E., 1996 –  
Aspects biochimiques  
de l'interaction *Phœnix*  
*dactylifera*-*Fusarium oxysporum* f. sp.  
*albedinis* : rôle des composés  
phénoliques. *Polyphenols Comm.*,  
2 : 345-346.
- ZOUINE J., 2007 –  
*Embryogenèse somatique chez*  
*Phœnix dactylifera L. : Amélioration*  
*des conditions de culture et étude de*  
*paramètres biochimiques impliqués*  
*dans la multiplication, la maturation*  
*et la germination des embryons*  
*somatiques*. Thèse de Doctorat.  
Université Cadi Ayyad, Fac. Sci.  
Semlalia, Marrakech, 152 p.

# Le développement du palmier dattier en République de Djibouti

**Mohamed Ahmed NABIL**

Biologiste

## Contexte

Avec une superficie de 23 000 km<sup>2</sup>, la République de Djibouti fait partie des régions arides avec un rapport ETP/précipitation inférieur à 3 %. Les faibles précipitations (moyenne de 150 mm/an) et la pauvreté des sols rendent difficile l'agriculture basée sur l'irrigation dans un pays où les ressources en eau sont très limitées. Les conséquences de ces conditions climatiques peu favorables font que le pays importe plus de 90 % de ses besoins alimentaires. L'économie du pays est caractérisée par une dualité extrême avec, d'une part, un secteur tertiaire moderne et, d'autre part, une économie de subsistance basée sur un pastoralisme qui a peu d'accès aux infrastructures, services et marchés. La croissance économique observée ces dix dernières années a eu peu d'impacts sur une population rurale sédentarisée auprès de villes et villages.

Devant ce constat, le pays s'est engagé dans une politique de lutte contre la pauvreté et a développé une stratégie visant sa sécurité alimentaire.

Dans cette stratégie, le palmier dattier a été retenu comme plante à développer pour tous les avantages qu'il procure de par ses productions diverses (dattes, graines, bois de feu, bois d'œuvre, palmes...) et très utiles pouvant générer des sources de revenus non négligeables pour les familles d'agriculteurs. De plus, le palmier dattier est



à la base de l'agriculture oasienne en permettant, grâce au micro-climat qu'il crée, des cultures en étages. Ainsi, sous le palmier, peuvent pousser respectivement des agrumes qui à leur tour protègent du soleil les cultures sous jacentes comme des plantes maraîchères ou fourragères.

## Le palmier dattier à Djibouti

Bien que ne pouvant être datée de façon certaine, l'introduction du palmier dattier à Djibouti se situe probablement au début du siècle et a été attribuée à l'occupation turque de la région de Tadjourah. À proximité de la ville de Djibouti, et plus particulièrement à Ambouli, ce sont les migrants yéménites qui ont installé les premières palmeraies en y développant une agriculture de type oasien.

De façon générale, en association avec d'autres cultures, les palmeraies sont installées en bordure des oueds et proches de puits et forages (fig. 1). Les plants sont essentiellement issus de graines avec des mâles souvent en surnombre. La majorité des palmeraies reste peu productives faute de maîtrise de techniques culturales performantes (irrigation, fertilisation, pollinisation...).



Figure 1  
Palmeraies en bordure d'oued (a)  
et proches de puits et forages (b).

Différentes palmeraies peuplent différentes régions du pays qu'elles soient côtières ou plus à l'intérieur du pays (région de Dikhil, Ali-Sabieh) (fig. 2).

Depuis 2004, pour renforcer la politique de développement du palmier dattier, de nouvelles palmeraies ont été mises en place avec l'aide de l'État ou sous l'initiative privée de certains propriétaires intéressés par les palmiers dattiers. Ainsi, plus de 10 000 vitro-plants (Nabut sultan, Khlass, Rzeizi, Kneizi, Berhi...) venant de l'Arabie Saoudite ont été plantés sur plus de 30 ha.

Parallèlement à l'installation de ces nouvelles palmeraies, l'État a renforcé la recherche/développement en matière de palmier dattier notamment par la création d'un laboratoire de biotechnologies végétales avec pour objectifs clairement définis :

- la sélection et la multiplication *in vitro* de palmiers dattiers de haute qualité pour approvisionner les phéoniculteurs du pays et de la sous-région ;
- l'amélioration des procédés de clonage ;

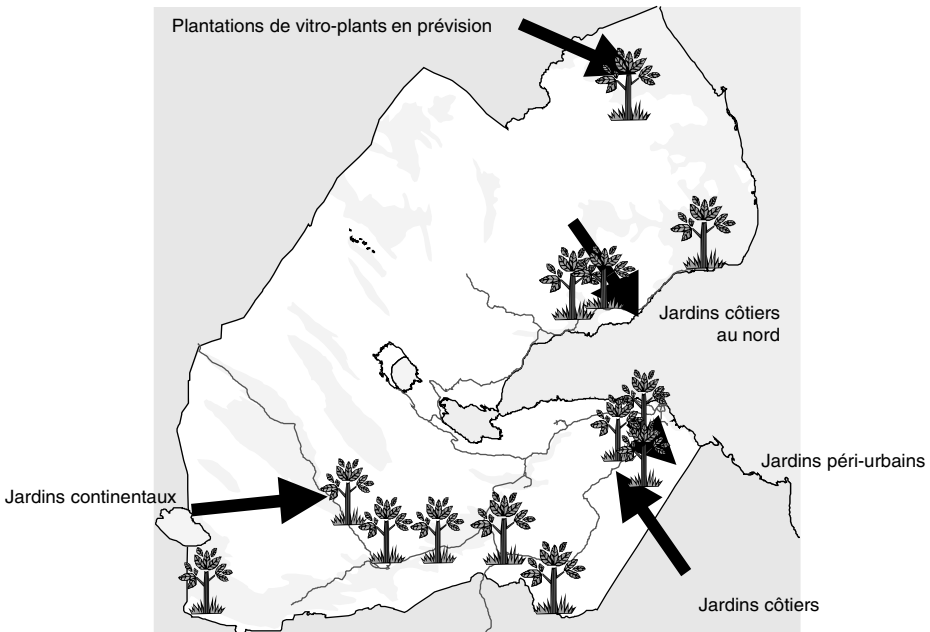


Figure 2  
Localisation des palmeraies en République de Djibouti.

- le développement de techniques et technologies visant une meilleure connaissance de la physiologie de la floraison du dattier et les mécanismes moléculaires impliqués ;
- une recherche appliquée pour le déterminisme du sexe du dattier ;
- devenir une centre d'excellence pour la sous-région en matière de recherche/développement sur le palmier dattier.

## Les activités du laboratoire de biotechnologies végétales

### *Activités portant l'amélioration des procédés de clonage*

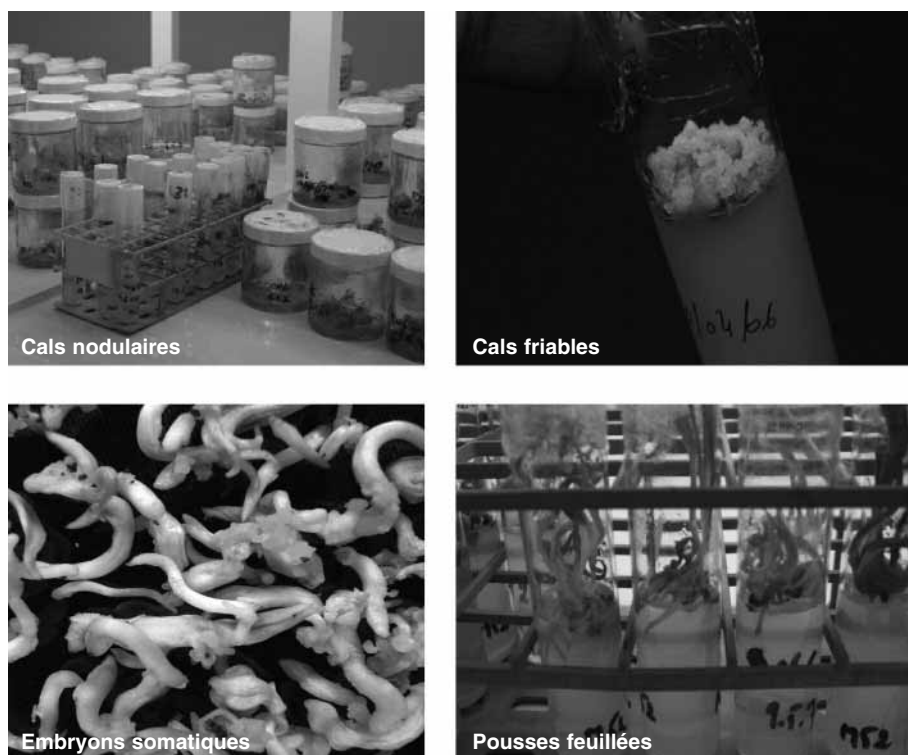
L'objectif principal de ces activités porte sur l'amélioration des procédés de clonages pour la multiplication en masse de plants de dattier. Deux méthodes de multiplications sont actuellement en cours dans le laboratoire : l'embryogenèse somatique (fig. 3) et l'organogénèse. Le matériel végétal utilisé est varié. Il provient de :

- jeunes plants issus de vitro-plants (Nabut sultan, Rezeizi, Khlas et Kheneizi) ;
- rejets prélevés sur des vitro-plants introduits dans les années 1990 (Bouffagous, Medjoul, Khadrawi).

La majorité des vitro-plants est en cours d'enracinement et d'acclimatation. Des essais de comportement répartis sur l'ensemble du pays permettront d'évaluer la qualité des plants produits et leur adaptation.

### *Les activités de recherche*

Les activités de recherche proprement dites sont principalement développées grâce à des projets en collaboration avec l'IRD. Ces activités de recherche se font essentiellement dans le cadre de thèses de doctorat et de master soutenus par des projets Corus, JEAJ ainsi que des bourses BFC (bourse de formation continue).



**I** Figure 3  
Différents stades de développement  
au cours de l'embryogenèse somatique du palmier dattier.

**E**ffets de différentes concentrations d'ANA  
chez des jeunes feuilles de palmier dattier  
(*Phoenix dactylifera* L.) cultivées *in vitro*.  
Étude histo-cytologique

Ce travail de recherche, effectué en collaboration entre : le Cerd, l'université de Lille 1 et l'IRD, a consisté à étudier l'effet de différentes concentrations d'ANA sur la callogenèse et la rhizogenèse du palmier dattier. Les résultats ont montré, étude histologique à l'appui, que de fortes concentrations d'ANA (10 mg/l) favorisaient la

callogenèse (structure trizonale), alors que des concentrations plus réduites (0,2 mg/l) favorisaient la rhizogenèse (massif méristématique à columelle) (fig. 4).

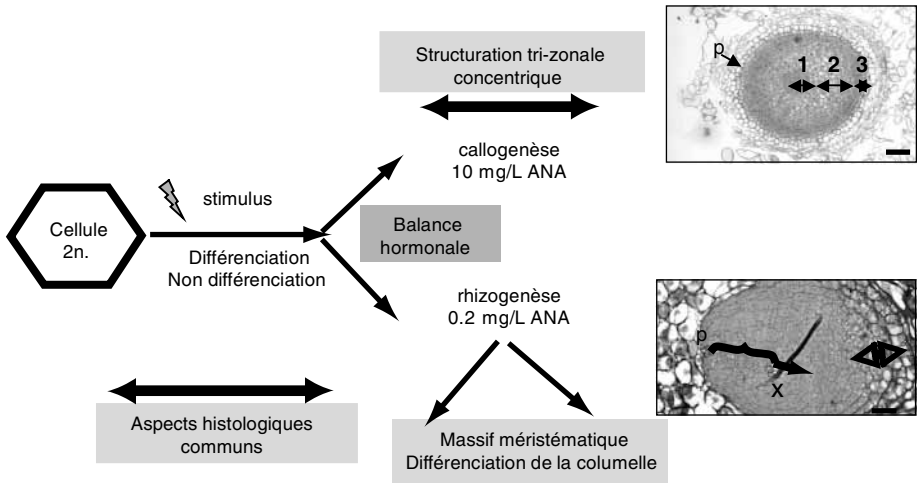


Figure 4

Effets de différentes concentrations d'ANA sur l'initiation de la callogenèse ou de la rhizogenèse chez des jeunes feuilles de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) cultivées *in vitro*.

### Étude de la diversité génétique de cultivars de palmier dattier à l'aide de marqueurs microsatellites et recherche de séquences d'ADN génomique spécifiques du sexe

L'objectif de cette étude réalisée au cours d'un master a consisté d'abord à étudier la diversité génétique d'une centaine d'individus de palmiers dattiers pour identifier des couples de palmiers mâles et femelles génétiquement proches par analyse de 16 locus microsatellites.

La seconde partie du travail consistait rechercher des séquences spécifiques du sexe chez le palmier dattier en comparant les génomes d'individus mâles et femelles génétiquement proches par la technique du polymorphisme de longueur de fragments amplifiés (AFLP).

Les travaux réalisés lors de ce master ont permis d'optimiser le protocole d'amplification des AFLP et de mettre en évidence un

polymorphisme allélique à chaque locus microsatellites. L'existence de séquences potentielles spécifiques du sexe (fig. 5) demeure incertaine et devra être confirmée.

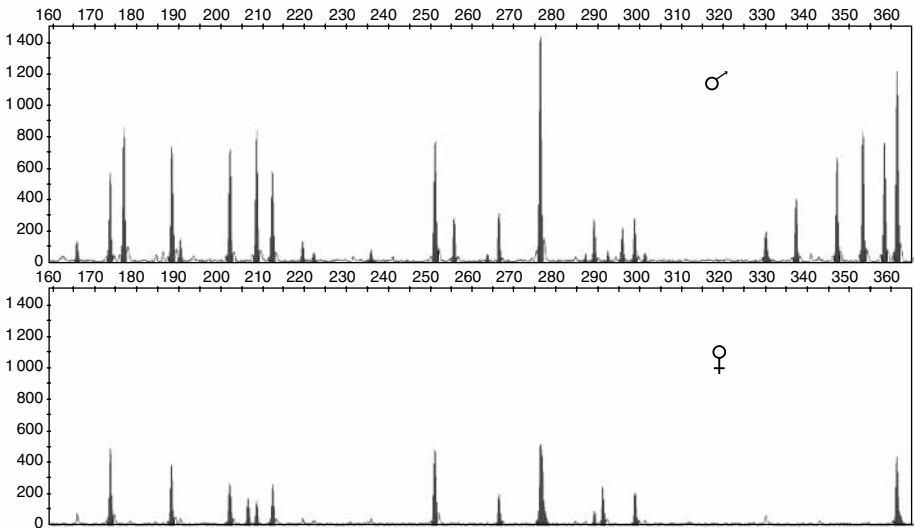


Figure 5  
Exemple de profil des fragments d'AFLP obtenus pour un locus.

### **Étude du développement reproducteur chez le palmier dattier pour la compréhension du déterminisme du sexe**

Cette étude, actuellement en cours dans le cadre d'une thèse, a pour objectif de comprendre le développement reproducteur afin de mieux comprendre les mécanismes moléculaires et cellulaires contrôlant la détermination du sexe chez le palmier. Les premiers résultats (fig. 6) ont permis de déterminer les stades clés de la morphogenèse florale. Lors des premières étapes, il y a un développement similaire des bourgeons floraux mâle et femelle. Un stade bisexuel est identifié et correspond au moment où tous les primordiums des organes floraux sont initiés. Puis progressivement, les pièces sexuelles stériles (staminodes et les pistillodes) présentent un arrêt de développement ce qui conduit à l'unisexualisation des fleurs mâles et femelles.

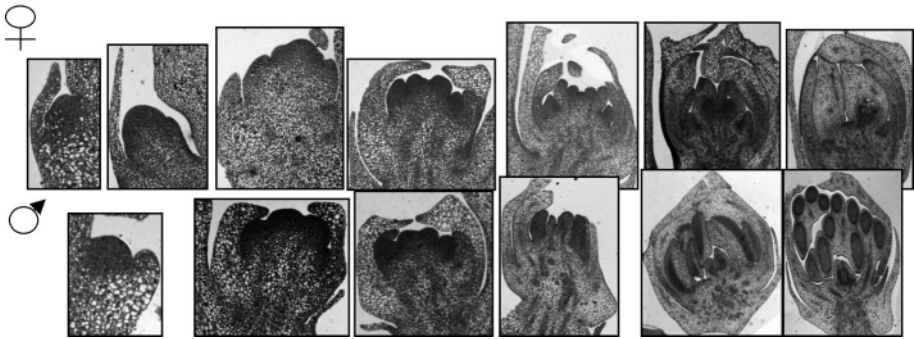


Figure 6  
Etude histologique de la morphogenèse florale  
chez le palmier dattier.

### Évaluation des besoins hydriques du palmier dattier

Dans un pays où les ressources en eau sont limitées, il est indispensable de les gérer au mieux. Dans ce cadre, des études visant l'évaluation des besoins hydriques du palmier dattier sont en cours dans la parcelle de démonstration du Cerd (fig. 7). Des tensiomètres installés à différentes distances du stipe et à différentes profondeurs ont permis de démontrer sur les plants soumis à l'expérience que l'absorption de l'eau se faisait essentiellement sur les premiers 40 à 60 cm (fig. 8). Ces expériences seront répétées sur une année en utilisant un plus grand nombre de sondes et de plants.



Figure 7  
Suivi des besoins hydriques chez le palmier dattier :  
implantation des tensiomètres.

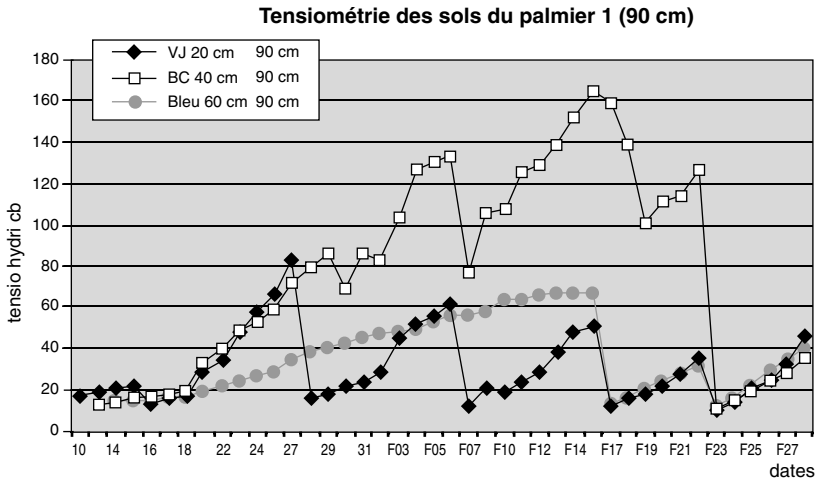


Figure 8  
Suivi des besoins hydriques chez le palmier dattier :  
relevés tensionométriques.

## Conclusions

Les actions conduites en matière de développement du palmier dattier en République de Djibouti restent promotrices pour l'avenir. Elles ont permis de conforter l'idée que toute démarche de développement doit être accompagnée par un travail de recherche appliqué en étroite liaison avec les besoins des pays. Le processus du développement de clonage a démontré, qu'outre la nécessité de disposer de moyens humains et matériel à la hauteur des ambitions, il est impératif de passer par une phase pilote de production avant d'attaquer une production à grande échelle.

Par ailleurs le choix de variétés à introduire doit tenir compte, si l'on se place dans une logique de développement local, de leur appréciation par les populations et de leur adaptabilité aux conditions environnementales. Pour Djibouti, des dattes sèches à demi-sèche devront être fortement recommandées dans l'avenir.

Pour des besoins de développement sous-régional à régional, le laboratoire de Biotechnologies végétales gagnerait à consolider les



travaux de recherche réalisés en collaboration avec l'IRD. Cette collaboration, à travers le transfert de technologies, autorise des pays en voie de développement comme Djibouti à disposer de savoirs suffisants leur permettant de combler en partie les retards cumulés en matière de biotechnologies au service du développement.

# Le palmier dattier en Mauritanie

**Mohamed Kneyta**  
Agronome

**Sylvie Doulbeau**  
Biochimiste

## Importance socio-économique du palmier dattier

L'exploitation du palmier dattier constitue une source de revenus financiers appréciable pour les habitants des oasis. Toutes les parties du palmier dattier sont utilisables :

- les dattes servent à l'alimentation de l'homme ;
- les folioles des palmes et les noyaux alimentent les animaux domestiques ;
- le bois du stipe, ainsi que la nervure principale et le pétiole des palmes, servent de matériaux de construction.

La phœniciculture favorise le développement d'un microclimat propice à la culture d'arbres fruitiers, de plantes maraîchères, fourragères ou céréalières (photos 1 et 2).



Photo 1 et 2  
Exemples de cultures maraîchères dans une oasis.

Le palmier constitue, ainsi, le pilier sur lequel repose tout le système oasien.

## ■ Palmier dattier en Mauritanie

Le palmier dattier a été introduit en Mauritanie entre le VII<sup>e</sup> et le X<sup>e</sup> siècle après J.-C.

La palmeraie est composée d'environ 1,87 millions de palmiers répartis sur les 218 oasis répertoriées. Ces oasis, qui couvrent une superficie estimée à environ 12 000 ha, sont réparties dans les régions : de l'Adrar, du Tagant, de Assaba et des deux Hodhs avec une densité respective de 171, 354, 504, et 150 palmiers par hectare.

La production de dattes s'élève en année normale à plus 23 000 tonnes, situant la Mauritanie au 13<sup>e</sup> rang des pays producteurs. Cette production est caractérisée par la prédominance de variétés de qualités moyenne à médiocre.

Par ailleurs, la production nationale fluctue énormément d'une année à l'autre en raison des conditions climatiques, du profil variétal et de la qualité des soins apportés.

## ■ Contraintes de la phœniciculture en Mauritanie

La palmeraie mauritanienne est soumise à deux types de contraintes :

- les contraintes d'ordre biotique : maladies et ravageurs ;
- les contraintes d'ordre abiotique : ensablement (photo 3), salinisation de terre (photo 4) et vieillissement de plantation.

La persistance des contraintes a entraîné la disparition de certains cultivars d'intérêt contribuant ainsi à l'appauvrissement du *pool* génétique de la zone.



Photo 3  
Les effets de l'ensablement.



Photo 4  
Les effets de la salinisation.

## Contraintes biotiques

### Principales maladies

Les principales maladies endémiques sévissant en Mauritanie sont :

- la maladie du dépérissement noir de palmes causé par *Thiovlavisparadoxa* (photo 5) ;
- la maladie de Faroun blanc dont l'agent causal n'est pas encore identifié.

En plus des ces maladies endémiques, une nouvelle maladie, appelée le Bayoud (photo 6), a été détectée. C'est une fusariose vasculaire du palmier dattier causée par un champignon microscopique habitant le sol : *fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* Bayoud.



Photo 5  
Faraoun noir.



Photo 6  
Exemple d'infestation par le Bayoud.

### Principaux ravageurs

Parmi les différents ravageurs qui s'attaquent aux palmiers dattiers et à leur production, on trouve :

- la cochenille blanche (photo 7), *Parlatoria blanchardi* TARG, qui appartient à la famille des Diaspididae (Homoptères). C'est la plus fréquemment rencontrée ;
- l'acariose de la datte (photo 8), acarien tetranyque *Oligonychus Afrisianticus* MCGregor. C'est un acarien de petite taille qui mesure environ 0,4 mm. Il est appelé : Taka.



■ Photo 7  
Cochenille blanche.



■ Photo 8  
Acariose de datte.

## Contraintes abiotiques

Plusieurs contraintes abiotiques touchent les dattiers mauritaniens.

### L'ensablement

Le vent, associé au sable, provoque parfois la coupure des oueds et, par la suite, expose les palmiers aux effets des eaux de ruissellement au moment de leur écoulement.

### Le vieillissement des plantations

Environ 50 % de la palmeraie mauritanienne ont dépassé l'âge de 70 ans.



■ Photo 9  
Ensablement.



■ Photo 10  
Vieillessement.

## Stratégie nationale du développement du secteur phœnicicole

Face à ces multiples contraintes, l'État mauritanien a procédé à l'élaboration de plusieurs programmes pour sauvegarder le patrimoine phœnicicole national. Les deux projets principaux concernent le développement durable des oasis et la protection du palmier dattier.

### *Le projet de développement durable des oasis*

Ce projet vise à atténuer l'exode rural des habitants des oasis : d'une part, en les incitant à s'organiser en associations de gestion participative des oasis (AGPOs) et, d'autre part, en leur finançant des activités génératrices de revenus (AGR). D'autres types d'aides leur sont proposés tels que l'investissement dans la construction de routes, de digues, de diguettes pour la rétention des eaux des ruisseaux à des fins d'alimentation de la nappe phréatique.

### *Le projet de protection du palmier dattier*

Les principales missions de ce projet sont :

- d'établir le diagnostic de l'état sanitaire des palmiers par l'établissement d'une carte des foyers de différentes maladies et la proposition des méthodes adéquates de lutte ;
- de mener un programme d'amélioration génétique par croisements contrôlés.

Pour ce faire, on procédera :

- à la caractérisation des variétés mauritaniennes ;
- à la sélection de variétés bonnes productrices et résistantes aux maladies ;
- au lancement d'un programme restauration et de rajeunissement de la palmeraie mauritanienne par la multiplication *in vitro* de variétés bonnes productrices et résistantes aux maladies.

Le projet palmier dattier a été initié en 2002 avec le soutien des fonds d'appui au développement de l'enseignement supérieur (Fades), permettant ainsi la mise en place des infrastructures de base pour la recherche à savoir une station de recherche équipée de laboratoires.

Ainsi, en 2007, le laboratoire phyto-biotechnologie d'Atar a commencé ses activités qui se répartissent en différents axes :

- l'établissement d'une carte des différents foyers des maladies ;
- l'amélioration génétique par croisements contrôlés ;
- la caractérisation morphologique des variétés mauritaniennes ;
- la mise en route de la culture *in vitro* (CIV).

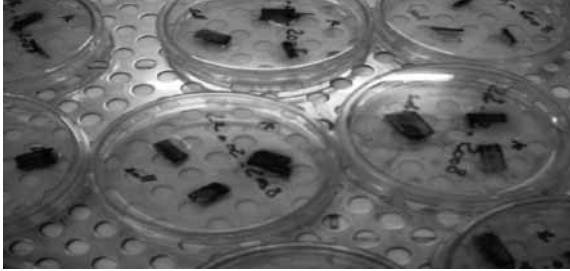
## ■ Activités réalisées par le laboratoire d'Atar

### *Axe diagnostic de l'état sanitaire de la palmeraie mauritanienne*

Plusieurs missions de prospection sur le terrain ont été effectuées par l'équipe du laboratoire. Elles avaient pour objectif le prélèvement d'échantillons de palmiers présentant des symptômes maladiques, en vue de leur analyse ultérieure au laboratoire afin d'isoler leurs agents causaux (plus 125 sites de prélèvements).



■ Photo 11  
Étude des prélèvements au laboratoire.



■ Photo 12  
Mise en culture de feuilles.

### *Axe amélioration génétique par croisements contrôlés*

Ce programme vise à identifier les bons géniteurs mâles qui agissent favorablement, à la fois sur la précocité de la maturation et sur la formation, pour un pourcentage important, de la partie charnue des fruits.

Pour cela cinq mâles dans cinq localités différentes de l'Adrar (Chinquitti, Teyarett, Tweizeguett, Seguelil, Ksair Tochane), à raison d'un mâle par localité, ainsi que neuf variétés femelles réparties sur trois localités (Teyarett, Toueiweguett, Ksair Torchane) à raison de trois variétés par localité, ont été retenus cette année.

Les épillets des inflorescences des géniteurs sont soigneusement séchés au laboratoire (photo 13) puis repérés (photo 14). C'est une étape clé de la pollinisation contrôlée (photo 15).



■ Photo 13  
Séchage du pollen au laboratoire.





Photo 14  
Numérotation des mâles avant pollinisation.



Photo 15  
Différentes étapes de la pollinisation contrôlée.

## Conclusion

Les moyens humains et matériels mis en œuvre par le gouvernement mauritanien pour développer le secteur phœnicicole en Mauritanie soulignent l'importance socio-économique que revêt le palmier dattier. Les missions sur le terrain et les analyses effectuées au laboratoire d'Atar permettent l'étude de différents axes de recherche importants en particulier le diagnostic de l'état sanitaire de la palmeraie mauritanienne ainsi que l'amélioration génétique par croisements contrôlés. Elles permettent d'aborder différents aspects des contraintes biotiques (maladies, insectes) et abiotiques (ensablement, vieillissement des plantations) tout en incluant des projets de développement durable autour de la vie oasienne (actions participatives et actions génératrices de revenus).

# Note sur l'origine et le développement de la palmeraie de l'Adrar mauritanien

**Pierre BONTE**  
Anthropologue

Les informations sur l'origine de la palmeraie de l'Adrar, la plus ancienne et la plus importante des palmeraies mauritaniennes, amènent à évoquer les légendaires Bafours, une population non musulmane dont l'histoire remonte au-delà du XI<sup>e</sup> siècle, du mouvement almoravide charte mythique de l'islamisation des territoires ouest-sahariens.

## Les palmiers bafours

Légendaires « gens d'avant », les Bafours ont néanmoins laissé des traces jusqu'à nos jours dans le peuplement de l'Adrar, où des lignées familiales et des fractions de tribu se réfèrent à cette origine, ainsi que dans celui de la Gebla (Trarza). Il pourrait s'agir d'une population berbère, « préchamelière », anciennement installée au Sahara et mélangée avec des « Noirs » sahariens héritiers des civilisations néolithiques de Tichit, peut être anciennement islamisée par les commerçants et missionnaires berbères kharidjites (Bonte, 1998). Parmi d'autres caractérisations (habitat de pierre semi-sédentaire, petite agriculture irriguée, chasse et cueillette, élevage de petit bétail...), il leur est attribué l'exploitation des premières palmeraies de la région, encore désignées comme des « palmeraies Bafours » (nekha bavûr, amendûr, insîl). Ces palmeraies « sauvages », non plantées mais

issues de noyaux, sans sélection des mâles entraînant le manque de fixation des espèces, donnent des dattes petites et peu sucrées (calaf) dont j'ai en partie répertorié la diversité. Ces palmeraies Bafours sont clairement identifiées (Munier, 1955) et sont distribuées dans l'ensemble de l'Adrar avec une prédominance dans la partie occidentale du massif. Elles ont parfois été absorbées par des palmeraies « domestiques » là où les conditions de la plantation étaient favorables.

Il s'agit d'une forme ancienne d'exploitation de la palmeraie qui correspondait à une sorte de cueillette (comme celle des baies des jujubiers qui était aussi d'une certaine ampleur), effectuée pendant la période de fructification : la getna est restée une saison d'installation des nomades dans les palmeraies et une période festive jusqu'à nos jours. Cette pratique est encore assez généralisée au XVI<sup>e</sup> siècle pour que les explorateurs portugais s'en fassent l'écho de manière très claire. « C'est la coutume chez eux, écrit Valentim Fernandes en 1506-1507, de se rendre à une certaine période de l'année dans les montagnes où poussent les palmiers sauvages. Ils recueillent autant de dattes qu'ils peuvent, les exposent au soleil, les font sécher et les gardent comme provision toute l'année. Ces dattes ne sont pas bonnes. Les cueilleurs de dattes sont des barbares plus basanés que les autres habitants qui habitent les montagnes » (Description de la Côte d'Afrique de Ceuta au Sénégal). L'auteur parle par ailleurs de l'Adra comme « la montagne des Bafours » témoignant de leur présence réelle dans le pays.

## Cueillette et/ou plantation

Ces observations soulèvent plusieurs questions intéressantes quant à l'origine et au développement de la palmeraie.

Je ne ferai qu'évoquer la première évoquée par Munier. Les palmeraies Bafours pourraient représenter les restes de palmeraies naturelles, « spontanées ». Munier note que certains de ces palmiers peuvent correspondre à la description que fait Auguste Chevalier des *Phœnix atlantica*. Il avance l'hypothèse selon laquelle le chapelet d'oasis qui s'étend de l'Égypte à la Mauritanie serait en fait l'exten-

sion d'anciens peuplements de phœnix « spontanés » bordant la zone désertique, vestige d'une flore de climat chaud et humide datant d'avant la dernière désertification du Sahara. Selon de Candolle, ces peuplements auraient survécu jusqu'à l'époque historique sur les versants sud de l'Atlas Saharien. Mon incompetence en ce domaine de l'histoire génétique m'interdit d'aller plus loin.

Une seconde question, apparentée à la première, nous est plus accessible. Y a-t-il continuité entre ces palmeraies Bafours et les plantations attestées historiquement ? A quand remontent celles-ci ? La plus ancienne indication de la présence d'une palmeraie en Adrar remonte à al Bakri qui évoque la présence de 20 000 palmiers autour d'Azûgi en 1068 (Kitab al Mansalîk wa el Mamalîk). Le chiffre est invérifiable et on ne sait s'il s'agit de palmiers plantés ou sauvages ! Les références à l'origine des plantations remontent aux xvii-xviii<sup>e</sup> siècles. De manière fort intéressante elles évoquent la constitution de cultivars à partir de palmeraies bafours particulièrement propices. Dans les récits smâsîd, la grande tribu d'Atar, les dattes rouges (lahmar) viendraient ainsi de Tûjûnîn al kabîr, une petite palmeraie nichée dans la falaise au nord d'Atar. Les dattes jaunes réputées (saqâniyya) de Wadân viendraient pour leur part d'al Malha à proximité du qsar. D'autres traditions, dont la chronologie s'estompe dans les récits d'origine des tribus et des qsûr, rapportent cependant l'origine de ces cultivars à des dattes extérieures, ramenées en particulier du pèlerinage à La Mecque : c'est le cas de la medina très appréciée pour la consommation locale immédiate, ou encore de la tingeden provenant aussi de Médine.

## Un faux archaïsme

La question de l'origine des plantations reste ouverte et le restera sans doute. Deux traits du développement de ces palmeraies plantées méritent cependant de retenir l'attention dans cette perspective. Nulle part, comme au Maghreb septentrional, les palmeraies ne s'organisent d'une part en fonction d'une gestion collective d'un réseau hydraulique ; l'eau est exploitée à partir des parcelles individuelles par des puits à balancier (*ashîlâl*). D'autre part, les plantations sous

palmiers, de céréales en particulier, largement attestées aussi au nord sont de même l'exception, de nos jours encore, du moins jusqu'à quelques décennies et les activités du projet Oasis ; elles ne sont réellement développées qu'à Wadân, Shingîti, Tungad et, sans doute plus récemment autour d'Atar où la présence coloniale était forte.

Ces deux traits apparaissent relativement anciens à travers les informations recueillies. Renonçant à une enquête historique qui reste imprécise, on peut s'interroger sur leur signification en soi. Ils pourraient être considérés comme les signes d'un certain « archaïsme » des plantations dans cette société nomade. En fait, ils correspondent à un système technique cohérent qui induit de fortes contraintes sociales et s'appuie sur les règles juridiques de l'islam malékite géré par les tribus « religieuses » *zawâya* qui détiennent une part importante des plantations.

La base de l'exploitation est la parcelle privative (*zriba*) sur laquelle est foncé un puits à balancier, à exhaure manuelle à partir duquel l'eau est stockée dans des bassins (*hawdh*) puis, par gravitation le long de rigoles régulièrement refaites, amené au pied du rejet. Les palmiers sont arrosés exclusivement pendant la période de croissance et jusqu'à ce qu'ils atteignent la nappe. On compte une année d'arrosage pour une profondeur de un mètre de la nappe (la nappe à 10 mètres correspond à dix ans d'arrosage). Le travail est temporaire mais intense. Ensuite la palmeraie demande peu de soins : nettoyage sommaire, fécondation et naturellement récolte lors de la *getna*. Souvent il n'est plus nécessaire de ce fait d'entretenir clôtures et puits. La situation convenait assez bien à des planteurs qui étaient avant tout des éleveurs nomades. Le principal goulot d'étranglement était, dans ces conditions, la disposition de la force de travail durant la période de plantation.

## ■ Faire-valoir direct et esclavage

En faire-valoir direct, ce besoin en travail limitait le développement de la palmeraie. C'est la situation que l'on observe dans les tribus *znâga*, politiquement et statutairement dominées, qui ne pratiquaient

cependant qu'un petit élevage à courte transhumance et des activités agricoles elles aussi temporaires (Bonte, 1986) permettant des investissements en travail dans la palmeraie. C'est au sein de ces tribus que sont attestées souvent des traditions Bafours. L'extension de la force de travail permettant le développement de la plantation va surtout bénéficier cependant de l'utilisation du travail esclavagiste. Ce développement concerne surtout les *zawâya* qui maîtrisent les activités d'élevage et de commerce (Bonte, 1998). La période du XVIII<sup>e</sup> et surtout du XIX<sup>e</sup> siècle, celle-ci voyant, avant la conquête coloniale et lié au commerce mondial et aux guerres africaines, un considérable essor de la production esclavagiste.

Le système fortement privatif d'exploitation en faire valoir indirect va favoriser le développement des plantations utilisant le travail des esclaves et surtout celui des *harafîn* esclaves « affranchis » par leurs maîtres qui travaillent sur les terres de ceux-ci, recevant en contrepartie une part des arbres productifs (contrats de *complant*, *mughârâsa*) (Bonte, 2001). La forte sélection des espèces cultivées correspond à l'orientation de cette production vers l'échange : les dattes « rouges » *lahmar* représentent près de 80 % de la production dans la région d'Atar et *Awjevt*, chez les *Smasîd*. Les dattes, avec le sel, représentent les principaux produits locaux qui peuvent être échangés au sud contre des céréales et d'autres produits soudanais.

La conjoncture sociale et économique favorable à la multiplication des plantations a pu être plus ancienne mais les informations disponibles laissent à penser que l'essor de la palmeraie a été particulièrement marqué à partir du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Une première approximation, en date de 1861, est celle du capitaine Vincent, premier européen à visiter l'Adrar depuis les Portugais, qui parle d'environ 60 000 palmiers. Les premiers recensements coloniaux, en 1910, juste après l'occupation de l'Adrar, parlent de plus de 100 000 palmiers. On estime à plus de 200 000 le nombre de palmiers en 1940 et à près de 400 000 aux lendemains de l'indépendance (1960). Le rôle de la colonisation a donc été considérable dans cette augmentation des espaces plantés. Elle a contribué aussi à introduire le palmier dans d'autres régions, en particulier dans l'*cAssaba*. Cette politique coloniale répondait à une volonté d'augmenter les productions locales pour le bénéfice de l'impôt et au souci de fixation des nomades, toujours potentiellement dangereux.

## Conclusion

Comme l'ensemble du secteur rural, la palmeraie a connu une grave crise à partir des années soixante dix, en partie pour des raisons climatiques, mais surtout par suite d'évolutions sociales irréversibles dont les effets sont accentués par le désintérêt de l'Etat. La cause première est le départ massif de la main d'œuvre servile. Il est compensé par l'usage massif des motopompes qui permettent en un premier temps de continuer à augmenter la superficie des espaces plantés, mais aux dépens des capacités des nappes. L'accès de plus en plus profond à l'eau, que favorise l'usage des motopompes, a comme conséquence la nécessité d'arroser durant des périodes de plus en plus longues les arbres, voire de manière définitive. Il en est résulté un déclin des plantations attesté sur le terrain tant dans des palmeraies plus anciennes (autour d'Atar) que dans des zones plus récemment exploitées (exemple de Tawaz). Le projet oasis dont j'ai procédé à l'évaluation de la première phase n'a pas, tant s'en faut, réglé tous les problèmes qui résultent de cette situation.

## Bibliographie

- BONTE P., 1985 –  
The constitution of the emirate and the transformations of systems of production in the Adrar (Mauritania). *Bulletin Production Pastorale et Société*, Paris, 16 : 33-53.
- BONTE P., 1986 –  
Une agriculture saharienne : les grayr de l'Adrar. *Revue de l'Occident Musulman et Méditerranéen*, Aix-en-Provence, 41-42 : 379-396.
- BONTE P., 1998 –  
Fortunes commerciales à Shingiti (Adrar mauritanien) au XIX<sup>e</sup> siècle, *Journal of African History*, 39 : 1-13.
- BONTE P., 1998 –  
*L'émirat de l'Adrar. Histoire et anthropologie d'une société tribale du Sahara occidental*, Thèse de doctorat d'Etat en ethnologie et anthropologie sociale, EHESS.
- BONTE P., 2000 –  
Droit musulman et pratiques foncières dans l'Adrar mauritanien, *Etudes rurales*, 155-156 : 93-106.
- MODAT lieutenant-colonel, 1919 –  
« Les populations primitives de l'Adrar mauritanien ». *In Bulletin du Comité des Etudes Historiques et Scientifiques de l'AOF* : 372-392.
- MUNIER P., 1955 –  
Le palmier-dattier en Mauritanie, *Annales IFAC*, 12.

# Présentation du projet Phoenix et des recherches en cours

**Robert Castellana** Sociologue    **Claudio Littardi** Agronome    **Jean-Christophe Pintaud** Botaniste

## Histoire du site

La palmeraie de Bordighera (Italie) est la plus septentrionale des palmeraies historiques (43° 47' N). Elle aurait compté jusqu'à quelques 15 000 arbres. Sa fondation daterait du moyen âge selon les sources historiques ; la présence de dattiers dans la région pouvant remonter aux premiers siècles du christianisme selon la tradition locale (ainsi que leur utilisation rituelle). Avec l'essor du tourisme, le site a connu récemment des développements majeurs, suite à la diffusion du palmier comme arbre d'ornement. Comme on le verra, ces évolutions sont à l'origine d'une reconversion agricole concernant l'ensemble de la région.

### *Origine et caractérisation botanique des palmiers de Bordighera*

L'origine de la palmeraie de Bordighera reste obscure. On ne sait pas d'où viennent les arbres, exclusivement des palmiers-dattiers, ni quand ils ont été introduits. Les premiers documents historiques remontent à la fondation du village, au xv<sup>e</sup> siècle. La tradition locale évoque toutefois une introduction antérieure du palmier, avec l'installation au v<sup>e</sup> siècle d'un ermite chrétien dénommé San Ampelio. Si ce saint a effectivement existé, il est par contre assuré qu'il n'a jamais quitté l'Égypte. Deux faits donnent cependant une certaine consistance à cette légende et laissent penser à une installation antique de moines égyptiens :



- San Ampelio est forgeron, or Strabon rapporte que les forgerons utilisent les noyaux de dattes pour leur forge ;
- l'existence d'un monastère portant l'intitulé de San Ampelio est bien documentée. Ce monastère est de plus indépendant de celui de Lérins, ce qui est surprenant au vu du rôle joué par celui-ci dans l'évangélisation de l'Europe occidentale.

Pour revenir aux sources historiques, c'est un acte daté de 1471 qui atteste de la fondation de l'actuelle vieille ville de Bordighera, à l'emplacement d'une ancienne « villa ». L'intégration de la palmeraie au système d'irrigation du village, laisse penser qu'elle est contemporaine de sa fondation, ce qui n'exclue pas une présence plus ancienne de dattiers sur le site. La culture du palmier s'étendait ainsi sur le territoire de la ville voisine de San-Remo, dont le port assurait l'exportation. Les documents qui la mentionnent pourraient remonter au siècle précédent, voire même au XIII<sup>e</sup> siècle.

### *Productions historiques*

La palmeraie de Bordighera s'inscrit par ailleurs dans un réseau de cultures rituelles d'une haute antiquité, lequel recouvrait l'ensemble du bassin méditerranéen. Sa principale production était celle de feuilles, tressées et portées en procession pour la Pâque (Chrétiens) et à l'occasion de Soukhot (Juifs). Chez les Juifs, ces palmes s'accompagnaient d'autres cultures rituelles : le myrte, le saule et le cédrat, cette dernière s'étendant du moyen orient au Maroc. La production des palmes chrétiennes repose sur la technique de la ligature, qui permet d'obtenir des feuilles de couleur blanche. Les productions rituelles juives font appel à des techniques plus élaborées, les plus complexes concernant la culture du cédrat, un composé essentiel du bouquet rituel dont la palmeraie de Bordighera assura la production jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle.

### *Évolutions paysagères*

C'est au cours du XIX<sup>e</sup> siècle que les touristes investissent la palmeraie de Bordighera. Ils vont dès lors diffuser ses palmiers comme arbres d'ornement, dans les stations naissantes de la Côte d'Azur.

Les dattiers de Bordighera constituent en effet une source abondante de palmiers adultes aisément disponibles. La région compte de nos jours plus de 50 000 palmiers, lesquels offrent une grande diversité d'espèces appartenant au genre *Phœnix*. Ces dernières ont été introduites par les touristes et notamment par le paysagiste allemand Ludwig Winter, dont la pépinière était installée dans la palmeraie historique. Célébrée (entre autres) par le peintre Claude Monet et l'architecte Charles Garnier, la palmeraie de Bordighera est à présent menacée d'extinction. 90 % des palmiers ont ainsi disparu lors de cette transition d'une tradition agricole à un espace de villégiature. Les arbres restant souffrent d'une absence d'entretien et de régénération. Il est donc urgent, dans ce contexte, de prendre des mesures de conservation et de réhabilitation du site, basées sur une connaissance précise de la diversité phénotypique et génotypique de la palmeraie. La disparition de cette palmeraie serait en effet une perte paysagère des plus regrettables, en ce qui concerne le patrimoine touristique de la région. Au regard des études génétiques préliminaires menées à ce jour, elle représenterait aussi la perte d'une agrobiodiversité originale du dattier, élaborée durant des siècles dans ce site isolé et en limite extrême de distribution de sa culture.

## La problématique du projet Phœnix

### *Objectifs généraux de l'étude : contribution à la caractérisation de *Phœnix dactylifera**

Le projet Phœnix concerne l'ensemble des pays abritant des cultures de palmiers composant le genre *Phœnix*. En cherchant à retracer l'histoire de sa diffusion au travers des techniques modernes de l'analyse moléculaire (ADN) il vise, en ce qui concerne le palmier dattier, à la connaissance d'une agrobiodiversité originale remontant au néolithique, avec l'apparition de l'agriculture et des grandes civilisations antiques. L'origine du palmier dattier se situe probablement au Moyen-Orient, d'où il allait se répandre vers le bassin méditerranéen dès l'antiquité. Au Moyen-Age, il est aussi mis en culture en direction de l'Europe, puis de l'Amérique à partir du XVI<sup>e</sup> siècle et

ensuite vers l'extrême-orient. Des isolats d'un grand intérêt conservatoire vont, dès lors, se constituer. C'est ce caractère d'isolat qui a conduit à privilégier le site de Bordighera, ainsi que son accessibilité et les ressources logistiques qu'il offre. Dans cette optique, le projet Phœnix se propose :

- de mettre à la disposition des chercheurs les moyens nécessaires à l'étude des ressources biologiques existant sur le site ;
- de contribuer à impulser des recherches consacrées au genre *Phoenix* et plus largement à la palmiculture.

### ***Objectifs patrimoniaux du projet : réhabilitation de la palmeraie et de la palmiculture***

L'ancienneté de la présence du palmier-dattier sur la riviera italienne a fait de ce paysage un élément du patrimoine historique et culturel de l'ensemble de la région. Aujourd'hui, la conservation de ce patrimoine passe par la réhabilitation du site, laquelle est à la fois liée à celle de l'agriculture locale et à l'essor du tourisme. Ce caractère patrimonial du paysage est problématique à divers titres. Un paysage constitue en effet une entité vivante qui évolue sans cesse, notamment par sa mise en valeur touristique, laquelle ne fait généralement pas bon ménage avec le maintien d'activités agricoles. Le programme de recherche Phœnix se propose d'étudier la notion de patrimoine naturel sous son aspect génétique, ainsi que les caractéristiques originales de l'agriculture de ces régions. Le projet Phœnix vise de ce point de vue à impulser et à soutenir des recherches consacrées aux domaines de la palmiculture et des cultures d'ornement.

## **La logistique du projet Phœnix**

Au cours de sa première année d'existence, le projet Phœnix a conduit à la mise en place de conditions de recherche optimales, en termes de collecte de spécimens, de logistique et d'accueil des chercheurs avec :

- un accès à des collections botaniques documentées et gérées en bases de données ;
  - la mise à disposition de moyens logistiques performants (nacelle, main-d'œuvre, pépinière, atelier) ;
  - des ressources scientifiques de qualité offertes par les laboratoires de l'IRD, de l'Inra, du Cirad, pour la France et du CRA pour l'Italie.
- Le site offre par ailleurs une bonne capacité d'hébergement, à proximité des collections étudiées.

### *Création d'un site pilote*

Le site de Bordighera/San-Remo a été retenu pour la richesse, l'ancienneté et la diversité de ses palmiers, ainsi que pour son accessibilité. Environ 400 palmiers répartis en plusieurs secteurs sont en train de faire l'objet d'un étiquetage, d'une cartographie, d'une documentation photographique, d'un suivi phénologique et d'une caractérisation génétique. Le site offre par ailleurs l'accès aux collections de palmiers présentes sur la Côte d'Azur française voisine, notamment en relation avec la Villa Thuret à Antibes (Inra).

### *Les collections de San Remo*

Un accès commode à deux zones où sont implantés des palmiers a été mis en place sur la commune de San Remo :

- le site principal se trouve sur le front de mer de l'ancienne colonie touristique, avec plus d'une centaine de palmiers, *P. dactylifera* et *P. canariensis* ;
- un second site est actuellement accessible, autour de la villa Ormond, qui offre aussi une grande diversité d'espèces relevant du genre *Phœnix*.

### *Les collections de Bordighera*

Situé au cœur de la palmeraie, le *magazino* est un atelier mis à disposition par les agriculteurs. Il permet d'étudier des palmiers

adultes dans de bonnes conditions, notamment ceux qui se trouvent dans la zone de villégiature. Dès l'an prochain, il donnera aussi accès au site historique du vallon du Sasso, le palmeto.

## Le recueil des données

Divers protocoles descriptifs ont été mis en place et expérimentés à ce jour, dans le but de documenter l'échantillonnage retenu. Les bases de données suivantes sont en cours d'élaboration : 1 Génotypage / 2 Description morphologique / 3 Recueil de données phénologiques / 4 Recueil de données climatiques / 5 Recueil de données paysagères.

### *Génotypage*

Une part significative de l'échantillon a fait l'objet, à ce jour, de prélèvements pour génotypage. Les opérations de génotypage se poursuivront au cours de l'année prochaine, grâce à un financement de la Fondation Carige. Elles seront menées conjointement par le CRA de San-Remo et l'IRD de Montpellier, en collaboration avec la plate-forme de génotypage de l'Inra.

### *Description morphologique*

Un protocole classique de description morphologique (élaboré d'après les descripteurs de l'Ipgri) a été testé. Il est apparu que la description complète d'un arbre prend une journée et que son intérêt n'est pas évident, en l'absence de données génétiques. Dans un premier temps, on a donc exploré d'autres pistes en matière de recueil de données descriptives, autour des techniques de la photographie numérique. Il s'est ainsi avéré possible, à partir des clichés réalisés, de procéder à un grand nombre de mesures. L'emploi des techniques de morphométrie géométrique a même permis la des-

cription de certaines formes complexes. Le recueil de données photographiques s'est par ailleurs révélé très utile en matière de suivi phénologique. Le protocole photographique se compose de clichés identifiés par 4 lettres, représentant le type de photo, suivis des numéros de l'arbre et de la photographie. Cette indexation permet une gestion très simple des données, par exemple à partir de la fonction rechercher de Windows. La nomenclature des clichés se divise en deux types de prises de vues décrites dans le tableau 1.

Ces derniers clichés ont permis une approche morphométrique originale de la description des extrémités foliaires, qui repose sur la technique des *landmarks*.

<b>*Les photographies <i>in situ</i></b>	
SITE n°ID+n°cliché	vues d'ensemble des arbres (sous plusieurs angles)?
ARBR n°ID+n°cliché	vue entière de l'arbre?
STIP n°ID+n°cliché	vue de la base du stipe à 1m30
PORT n°ID+n°cliché	plan d'ensemble de la couronne foliaire
INFL n°ID+n°cliché	gros plan des inflorescences
COUR n°ID+n°cliché	vue de dessous de la couronne foliaire
CROC n°ID+n°cliché	gros plan des jeunes pousses présentant un crochet
<b>*les photographies au labo. [sur papier centimétré avec palette chromatique]</b>	
RACH n°ID-n°cliché	photographie du rachis en coupe transversale
EPIN n°ID-n°cliché	photographie de la partie épineuse du rachis
FEUI n°ID-n°cliché	photo de la partie médiane du rachis [après découpe des segments]
REGI n°ID-n°cliché	photographie du régime de fruits
HAMP n°ID-n°cliché	photographie de la hampe florale après découpe des épillets
EPIL n°ID-n°cliché	photographies d'une sélection de 10 épillets
FRUI n°ID-n°cliché	photographie de fruits entiers
TRAN n°ID-n°cliché	photographie de fruits en coupe transversale
LONG n°ID-n°cliché	photographie de fruits en coupe longitudinale
CALI n°ID-n°cliché	photographie d'une sélection de calices
NOYA n°ID-n°cliché	photographie de 10 noyaux entiers
EMBR n°ID-n°cliché	photo de 10 noyaux en coupe longitudinale montrant l'embryon
SPAT n°ID-n°cliché	photographie des spathe
FLEU n°ID-n°cliché	photographie des fleurs
<b>*Photographies au labo. ou <i>in situ</i></b>	
EXTR n°ID-n°cliché	photographie de la partie apicale du rachis [sur papier centimétré]

■ Tableau 1

Nomenclature des observations lors des prises de vue.

## Données phénologiques

Une grille d'observations (tabl. 2) portant sur la moitié de l'échantillon a été mise au point, par tâtonnement, sur la base d'observations trimestrielles menées au cours de l'année 2008. Les rubriques suivantes ont été retenues. Elles se sont accompagnées de prises de vues systématiques des inflorescences.

Un projet de suivi mensuel est par ailleurs en cours d'élaboration. Il vise à renseigner la présence ou l'absence des données suivantes :

\* spathes fermées \* fleurs \* fruits immatures \* fruits mature

Outre leur intérêt pour la connaissance des caractéristiques relatives à l'adaptation du palmier aux conditions climatiques locales, ces observations vont aussi être mises en relation avec les expériences de culture *in vitro* que mène parallèlement l'IRD.

Caractères généraux [Récapitulatif]	Saison printemps [Floraison]	Saison été [Fructification]	Saison automne [Maturation]	Saison hiver [Maturité]
*absent/présent *très fertile *floraison hors saison *floraison particulière - dont hermaphrodite	*absent/présent *précoce (présence de fruits)? *tardive (spathes non écloses)? *étalée *fruits persistants	*précoce (fruits jaunissant)? *très précoce (fruits jaunes)? * floraison hors saison	*tardive (fruits verts) *précoce (fruits mûrissants) *très précoce (fruits murs) *floraison hors saison	Degré de maturation : *kimri *khalal *rutab *tamar *floraison hors saison

Tableau 2  
Grille d'observations.

## Données climatiques

Les relevés météorologiques mensuels des années 2007 et 2008 ont été joints aux données précédentes, grâce à la collaboration de l'Observatoire astronomique et de physique terrestre de San Remo, Europa 71. Ils donnent accès aux informations suivantes :

\*Humidité relative \*Températures \*Ensoleillement \*Vent  
\*Précipitations

Ces informations sont très détaillées et analysées en fonction de plusieurs paramètres. Leur mise en relation avec les données phénologiques est en cours d'élaboration.

## *Données paysagères*

Une dernière série de données est en train d'être rassemblée. Il s'agit des documents relatifs au paysage ainsi qu'à son histoire. Ces documents permettront de mieux connaître les conditions de culture des palmiers. Ils pourront par ailleurs servir à la mise en œuvre d'une politique de réhabilitation de la palmeraie historique.

## **Les études en cours**

Les bases de données en cours d'élaboration ont commencé à être croisées, au travers des études menées depuis un an à Bordighera et à San Remo, dans le cadre du projet Phœnix. Ces recherches concernent les sujets suivants :

- la détermination précoce du sexe ;
- les caractères phénologiques locaux ;
- les caractères morphologiques locaux ;
- l'identification des génotypes locaux ;
- la conservation et l'amélioration de ces génotypes ;
- la lutte contre les ravageurs du palmier.

### *Détermination précoce du sexe*

L'équipe de l'IRD/Cirad « Développement et reproduction des palmiers » s'est impliquée dans le projet Phœnix dès son lancement. Elle s'intéresse plus particulièrement à la détermination précoce du sexe. Lors de sa dernière visite, elle a cherché à tirer partie des bases de données Phœnix, avec des prélèvements de plantes dans le groupe génétique Core.

### *Identification des caractères phénologiques locaux*

Le suivi phénologique des collections a permis de confirmer globalement un cycle végétatif correspondant au cycle général du palmier dattier. Des particularités locales sont toutefois apparues avec :



- l'importance des inflorescences hors saison ;
- l'importance du phénomène d'hermaphroditisme (avec plus de 10 % des arbres mâles présentant un développement carpellaire pouvant aller jusqu'à la production de régimes parthénocarpiques).

### *Identification des caractères morphologiques locaux*

Plusieurs caractères morphologiques originaux ont été relevés et partiellement étudiés à ce jour :

- la distinction entre arbres qualifiés de juifs et de chrétiens par les cultivateurs a fait l'objet d'une étude de morphométrie géométrique qui la relativise ;
- une série d'arbres à fruits persistants jusqu'au printemps a été identifiée. Elle présente un réel intérêt ornemental ;
- une autre série d'arbres, de type buissonnant (présentant un nombre de rejets supérieur à 20, voire à 50) a aussi été identifiée. Ce caractère s'est révélé commun à une grande partie des arbres du groupe génétique Core.

### *Identification des géotypes locaux*

A ce jour, plusieurs groupes génétiques ont été identifiés sur l'ensemble de l'échantillonnage :

- le groupe Elche/Bordighera est spécifique au sud de l'Europe. Sa présence dans la palmeraie historique de Bordighera laisse penser à une introduction ancienne ;
- le groupe « Core San Remo » correspond à un fond génétique restreint, qui englobe la majorité des individus de la zone de villégiature de San Remo. Son origine demeure inconnue ;
- le Groupe « Tronc robuste » est limité à quelques exemplaires qui présentent une morphologie particulière, intéressante du point de vue ornemental, avec notamment un port monocaule robuste.

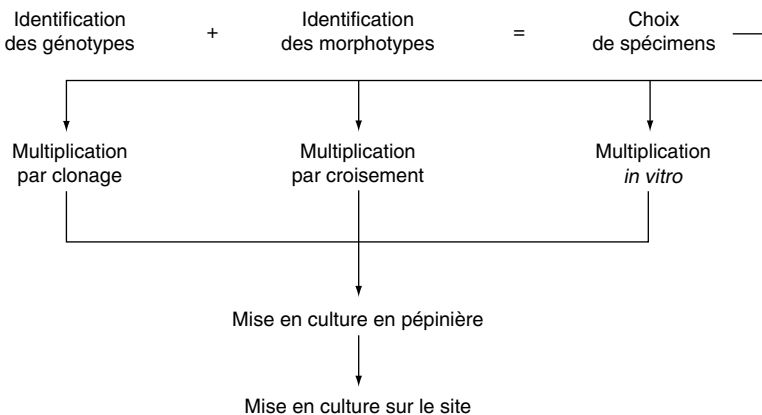
Quelques échantillons échappent à cette catégorisation et présentent des affinités variées, encore mal définies.

## Conservation des génotypes locaux

Deux expérimentations ont été menées cette année, en vue de la conservation et de la reproduction des génotypes locaux qui sont en cours d'identification :

- le prélèvement de rejets a commencé cet automne et se poursuivra régulièrement. Les exemplaires prélevés sont systématiquement pesés, afin de déterminer l'efficacité optimale des prélèvements, en fonction de la période et de la taille du spécimen. Le clonage devrait permettre de proposer, d'ici deux à trois ans, des arbres à mettre en pleine terre ;
- la technique de la pollinisation contrôlée a été mise en œuvre dans un premier temps avec une expérience de métaxénie. Elle sera poursuivie l'an prochain, toujours à titre expérimental.

Le but de ces expérimentations est de former nos équipes à la maîtrise de ces techniques. Des essais de reproduction *in vitro* auront éventuellement lieu par la suite. La figure 1 résume la démarche qui devrait déboucher sur la sélection de plantes, destinées à reconstituer le paysage de la palmeraie, choisies pour leurs qualités génétiques et ornementales.



■ Figure 1  
Démarche de sélection des plantes.

## Lutte contre les ravageurs

L'un des principaux ravageurs du palmier, *Rhynchophorus ferrugineus*, s'est invité l'an dernier sur le site, en même temps que le projet Phœnix. Ce type de menaces avait été largement anticipé, avec la mise en place du réseau *Dies palmarum*. Cinq colloques internationaux ont été consacrés dans ce cadre au palmier, depuis sa 1<sup>re</sup> édition en 2000. Ils ont notamment permis d'élaborer des stratégies de lutte, lesquelles sont tout naturellement parties prenantes du projet Phœnix. Le *Dies palmarum* 2008 a ainsi donné lieu à l'expérimentation de deux techniques majeures de lutte contre les ravageurs :

- le traitement chimique systémique ;
- le curage mécanique.

Dans l'attente d'une évaluation de leur efficacité, qui fait l'objet d'une polémique entre les spécialistes, seule la destruction des arbres infestés est actuellement pratiquée de manière systématique. Depuis un an, sept *P. canariensis* infestés ont été identifiés et abattus.

## Les perspectives

L'année 2009 devrait voir de nouveaux développements du projet Phœnix, dans le cadre du programme euro-méditerranéen MocaPhœnix 3+3 et du projet italien Dipropalm. Les expérimentations suivantes sont en cours d'étude :

- nouvel échantillonnage dans la zone historique ;
- jardin expérimental Natta (essai de réhabilitation paysagère du site historique du Palmeto de Bordighera) ;
- constitution d'une banque de tissus et d'échantillons d'ADN ;
- morphométrie géométrique en 3 dimensions ;
- spectroscopie proche infra-rouge (Spir) ;
- caractérisation olfactive des composés volatiles des feuilles et fleurs (CPG).

Cette liste n'est pas exhaustive.

Situé au cœur de la palmeraie historique, le jardin expérimental Natta devrait être, dès 2009, le siège d'une expérience de régénéra-

tion du couvert végétal, menée parallèlement à l'échantillonnage et au génotypage des palmiers de la zone historique.

Dans le même temps, le programme Mocaf-Phœnix va permettre à trois nouvelles équipes de venir travailler avec les équipes françaises de l'IRD et du CRP et les équipes italiennes du CRA et du CSRP :

- l'UMR 931 Amap (Cirad, France) ;
- le laboratoire d'Aridoculture et cultures oasiennes (Tunisie) ;
- l'université d'Oujda (Maroc).

Ces nouvelles collaborations viseront à :

- la mise au point d'outils relatifs à la caractérisation et à la conservation de la biodiversité ;
- la mise en œuvre de la modélisation des cultivars et du fonctionnement du dattier ;
- la modélisation des agrosystèmes appliquée à la réhabilitation et à la gestion des paysages ;
- l'amélioration et la diversification des pratiques culturales, en matière agricole et de gestion des espaces verts urbains.

Le projet Dipropalm concerne l'expérimentation des techniques de lutte contre les ravageurs. Il prévoit la création d'un centre pilote, situé à San Remo, qui abritera notamment les banques de données rassemblées dans le cadre du projet Phœnix, ainsi qu'un herbier consacré aux palmes cultivées sur le site.

## Bibliographie

AAVV, 2001 –  
« La tutela ambientale del  
Patrimonio », Atti della Giornata di  
Studio, Bordighera, 12 giugno 1999,  
Bordighera, Istituto Internazional  
di Studi Ligure.

BESSONE G, 1992 –  
*Palme d'Autore*, Bordighera, Centro  
Culturale Chiesa Anglicana.

CASTELLANA R, 1997 –  
« Les palmes de la Passion.  
D'un rêve d'Orient à l'invention  
de la Côte d'Azur », Nice, ROM.

CASTELLANA R., 2000 –  
« Culture, introduction et diffusion  
de plantes à usages rituels  
en Méditerranée Occidentale »,  
*In : Actes des Journées Corses  
de Nice*, France, Univ. de Nice-centre  
d'études corses : 115-128.

PINTAUD J.-C., 2002 –  
« From Barcelona to Bordighera:  
Palm gardens on Mediterranean  
shores », *Palms*, France, 46 : 149-153.

VIACAVA L., Ludovico, 1996 –  
*Winter*, Giardiniero a Bordighera,  
Bordighera, Erga Edizioni.

## Iconographie

La palmeraie historique de Bordighera fait partie d'un vaste réseau de productions de plantes à usages rituels qui s'étend sur l'ensemble du bassin méditerranéen. La palmeraie est bâtie en terrasses de culture, alimentées par un canal qui assure son irrigation, au moyen de trappes de dérivation gérées par un gestionnaire des eaux (photo 1). Elle produisait des palmes tressées à destination des fêtes chrétiennes de la Pâque et juives du Nouvel An. Pour la fête chrétienne, les palmiers étaient maintenus liés plusieurs mois afin d'obtenir des feuilles blanches (photo 2), alors que les jeunes pousses suffisaient pour la fête juive (photo 3 et 4).



■ Photo 1  
La palmeraie historique de Bordighera.



■ Photo 2  
Les palmiers sont liés pour obtenir des palmes blanches.



■ Photo 3  
Le tressage des palmes chrétiennes.



■ Photo 4  
Le tressage des palmes juives.



# La palmeraie historique d'Elche

**Susi Gómez Vives**  
Biologiste

**Michel Ferry**  
Agronome

## Situation générale

Le palmier dattier, arbre de vie de la Bible, est à la base de l'existence des oasis, îlots de vie et d'agriculture irriguée intensive, qui parsèment le désert aride chaud s'étendant de l'Inde au Maroc. Sous ces latitudes marquées par un climat d'une extrême rudesse, le palmier dattier crée un microclimat favorable à la vie des hommes et à l'existence d'un agrosystème oasien complexe et diversifié.

La localisation de ces oasis est en relation avec leur fonction initiale d'escale dans la traversée du désert.

En Espagne, et comme témoignage de huit siècles de domination arabe, quelques palmeraies ont résisté jusqu'à nos jours.

La plus importante d'entre elles est la palmeraie d'Elche. Sur une extension de 500 hectares, environ 200 000 palmiers composent cette incroyable oasis européenne. Déclarée patrimoine de l'humanité par l'Unesco en 2000, la palmeraie est le fruit d'un agrosystème complexe dont le palmier dattier n'était que l'une de ses composantes. Comme dans la plupart des oasis traditionnelles à travers le monde, la culture du palmier était associée, à Elche, à d'autres cultures (luzerne, coton, céréales, légumes, grenadiers), ainsi qu'à l'élevage.

À Elche, cette association a pris un caractère particulier dans l'occupation de l'espace : les palmiers étaient généralement plantés, en suivant les canaux d'irrigation (*acequias*), à la périphérie des parcelles de culture, elles-mêmes organisées en bassins d'irrigation de 500 à 1 000 mètres carrés environ.





© Susi Gómez-Vives

Photo 1

La procession du dimanche des Rameaux à Elche.

Les palmiers ont constitué ainsi un « maillage parcellaire » qui a pris le nom de *hort*. Les *horts* de palmiers sont des propriétés relativement petites, entre 9 000 et 66 500 mètres carrés, parfaitement délimitées par chemins, *acequias*, marges, murets, etc. et identifiés par un nom particulier : *Hort del Gat*, *Hort del Cura*, *Hort de La Seca*, etc.

Cette disposition a répondu à Elche à des contraintes climatiques. Contrairement à la situation qui prévaut dans les déserts sahariens, ces conditions ne permettent pas le développement satisfaisant d'autres cultures directement à l'ombre des palmiers, d'où la localisation de ceux-ci en périphérie des parcelles où se trouvaient les autres cultures. Un réseau de *acequias*, développé à l'époque arabe, conduit l'eau du fleuve Vinalopó jusqu'aux parcelles. Dans une zone de faibles précipitations (250 mm par an en moyenne avec une grande variabilité), ce réseau permit la création de la palmeraie d'Elche.

Placés à la marge des parcelles de culture, les palmiers ne sont pas particulièrement irrigués et, surtout, ils sont plantés à haute densité (souvent en deux files côte à côte avec une distance d'environ 2 mètres entre les palmiers). Cette configuration entraîne une très forte compétition entre les sujets et un développement lent et hétérogène.

Ce mode de culture s'explique parce que à Elche, comme dans de nombreuses oasis, le palmier était cultivé pour plusieurs usages : dattes pour l'alimentation humaine et animal, palmes pour la fabrication de divers produits (balais...) et comme bois de feu, troncs pour construire tables, bancs, poutres, etc. Mais la production la plus emblématique de cette palmeraie reste celle de la palme blanche pour le dimanche des Rameaux (photo 1) dans la tradition catholique. Ce mode d'exploitation du palmier remonte au moins au xv<sup>e</sup> siècle et a joué un rôle essentiel dans le développement et le maintien de la palmeraie d'Elche.



© Susi Gómez-Vives

I Photo 2

Palmiers encapuchonnés pour la production de palme blanche.

## Les contraintes

Cette diversité d'utilisation explique pourquoi le palmier, à Elche comme dans d'autres pays (près d'un tiers des palmiers en Egypte), a été multiplié par graines et non par sélection et reproduction végétative de pieds sélectionnés. Ce type de multiplication aboutit à la création d'une population dont tous les génotypes sont distincts et avec une grande variabilité phénotypique. A Elche, le travail de sélection engagé par la station Phœnix, a mis en évidence que seuls quelques palmiers produisaient des dattes de qualité commerciale. Malheureusement, ces rares palmiers étaient en plus dépourvus de rejets, car ceux-ci, n'étant pas utilisés, sont traditionnellement éliminés.

Ce mode de culture, et l'agrosystème auquel il est associé, n'ont pratiquement pas varié depuis l'époque arabe, et se sont révélés satisfaisants jusque dans les années 1950, mais ils se trouvent gravement inadaptés à l'évolution socio-économique de la seconde moitié du XXe siècle. Les dattes sont fortement concurrencées par l'importation. Le petit élevage associé, qui valorisait les dattes de mauvaise qualité, a régressé. A l'exception de la palme blanche, l'usage des sous-produits du palmier a quasiment disparu.

Parallèlement, le coût de main-d'œuvre a augmenté, de nouveaux agrosystèmes se sont développés avec la mobilisation de nouvelles ressources en eau, le recours à la mécanisation et l'apparition de nouveaux marchés. Enfin, pour presque la moitié de la palmeraie située en bordure d'une ville en pleine expansion industrielle et démographique, l'urbanisme est devenu largement prédominant.

Les quelques rares éléments de l'agrosystème traditionnel qui demeurent sont représentés par l'exploitation de la palme blanche et la production de dattes fraîches pour les marchés environnants, réalisées par un nombre toujours plus réduit de familles. Mais, ces activités sont à elles seules très insuffisantes pour assurer la durabilité de l'agrosystème (une centaine de tonnes de dattes, 200 000 palmes blanches par an).

Les familles qui récoltent les dattes ou produisent la palme blanche ont maintenu jusqu'à présent un savoir-faire exceptionnel, en parti-

culier dans les pratiques de la montée au palmier et du travail à leur sommet (photos 2 et 3). A ce savoir-faire est associée l'utilisation d'un outillage manuel performant et original, très différent de celui existant dans les autres palmeraies du monde.



■ Photo 3

La cueillette des dattes : un savoir-faire ancestral.

Source : J. A Laurent. Biblioteca Nacional de España.

## Activités de recherche

Pour ne pas disparaître, l'agrosystème de la palmeraie d'Elche, unique en Europe et dans l'histoire de la phoeniciculture, originellement propre au monde musulman, doit évoluer en vue d'une nouvelle rentabilité.

Avec l'objectif original de relancer la culture du dattier à Elche par une production rentable de dattes, la mairie d'Elche a décidé de créer avec l'Inra, le Cirad et d'autres partenaires espagnols (région de Valence, universités d'Elche et d'Alicante) un centre de recherche, de formation et d'information dédié exclusivement au palmier dattier et aux systèmes de production oasiens en zones arides (photo 4).

Les recherches actuelles portent sur quatre thèmes jugés prioritaires à l'issue de l'analyse globale de la situation réalisée au départ du projet :

- la culture *in vitro* ;
- la technologie de la datte ;
- la protection sanitaire par la lutte biologique ;
- l'étude des systèmes de production.



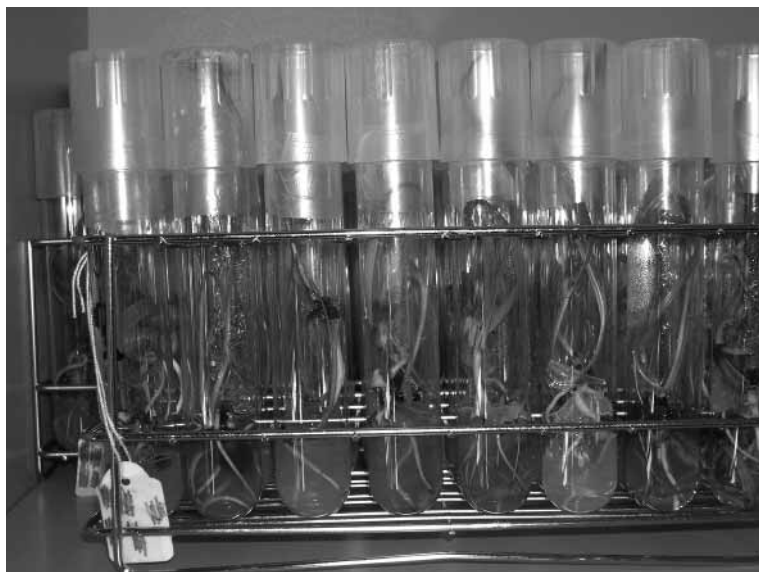
© Susi Gómez-Vives

Photo 4  
La station Phoenix d'Elche.

## Les recherches en culture *in vitro*

Confrontées à deux contraintes majeures, l'absence totale de variétés et l'âge élevé des quelques palmiers intéressants, les recherches engagées par le laboratoire ont porté tant sur l'organogenèse que sur l'embryogenèse somatique (photo 5). Elles ont été précédées d'une étude très fine de l'anatomie comparative du dattier adulte et du rejet. Cette étude a abouti à l'établissement d'un modèle morphogénétique original des productions axillaires.

Les résultats obtenus sur la propagation de palmiers adultes par organogenèse a reposé sur la mise au point de modalités novatrices : le prélèvement d'explants sans désinfection, la culture de méristèmes vrais et le passage des explants par une première phase de culture en milieu liquide. L'évolution végétative de bourgeons indifférenciés extraits de palmiers adultes a été obtenue. Malheureusement, cette évolution est rare. Elle ne permet pas de baser, sur cette technique, la multiplication *in vitro* de palmiers adultes avec une garantie de réussite suffisante.



© Susi Gómez-Vives

Photo 5  
Vitroplants de palmier dattier

En conséquence, la station Phœnix a travaillé sur un protocole mixte nouveau d'embryogenèse/organogenèse. La technique de multiplication *in vitro* de palmiers adultes passe par une phase initiale d'embryogenèse somatique. Elle suit un processus particulier qui a pour objectif de réduire au minimum le risque de non-conformité. La callogenèse est réduite à deux ou trois cycles de repiquage et, même dans certains cas, absente. Dès l'apparition des premiers embryons, ceux-ci sont cultivés selon un processus identique à celui mis au point pour la multiplication par organogenèse à partir de bourgeons axillaires de rejets.

Parallèlement à la mise au point de cette méthode, la sélection dans la palmeraie d'Elche de palmiers producteurs de dattes qui arrivent à mûrir et soient d'excellente qualité commerciale était poursuivie. Cette sélection a été complétée par un essai de comportement de variétés étrangères.

Deux génotypes ont finalement été retenus : la Confitera, un génotype local multiplié par embryogenèse/organogenèse et la Medjoul. Cette dernière a été multipliée par organogenèse directe à partir de rejets.

Plus de 15 000 palmiers de ces deux variétés produits par l'unité de production industrielle créée au sein de la station Phœnix ont été déjà plantés à Elche. La première récolte des palmiers plantés en 2002 a été obtenue en 2005. Près de 6 000 vitroplants ont également été plantés dans divers pays d'Afrique et d'Amérique latine.

Comme cela était prévisible, aucun vitroplant de la variété Medjoul n'a présenté la moindre anomalie puisqu'ils avaient été obtenus par organogenèse stricte, technique qui, quand elle est respectée scrupuleusement, garantit la conformité des vitroplants. Avec le procédé mixte d'organogenèse/embryogenèse bien que les facteurs inducteurs de variation aient été réduits au minimum, il subsistait un risque. Cependant, tous les vitroplants de la variété Confitera obtenus selon ce procédé se sont révélés parfaitement conformes.

Grâce au procédé novateur mis au point pour la conservation de la datte fraîche qui a été protégé par un brevet, les dattes produites par les vitroplants ont permis le démarrage d'une industrie nouvelle de la datte à Elche.

## *Les recherches en lutte biologique*

Jusqu'à il y a une vingtaine d'années, le palmier dattier à Elche n'était notablement affecté par aucune maladie ni aucun ravageur. Mais une forte demande de palmiers d'ornement, de plus de deux mètres de stipe, a entraîné de nombreuses importations en provenance, en particulier, d'Égypte. Ces importations ont eu comme résultat l'introduction de cochenilles et de ravageurs mortels comme le charançon rouge. Un important travail de recherche a été engagé dans notre laboratoire pour le contrôle intégré de ce ravageur. Un système de lutte performant a été au point. Il est appliqué par de nombreuses villes dans divers pays méditerranéens.

Un laboratoire de production d'auxiliaires pour la lutte biologique contre les cochenilles du palmier a été implanté et fonctionne depuis dix ans.

## Coopération internationale

Les problèmes auxquels sont confrontés les cultivateurs de dattiers à Elche sont, sur plusieurs points, semblables à ceux rencontrés par les cultivateurs des oasis du reste du monde : perte de rentabilité des systèmes de production familiaux, vieillissement des plantations et insuffisance de plants de dattiers de qualité, nécessité d'une amélioration globale de la qualité de la datte, plusieurs problèmes phytosanitaires graves.

En raison de cette similitude, les recherches conduites par la station Phœnix intéressent de nombreux producteurs, projets de développement et organismes de recherche du monde phoenicicole.

La station Phœnix fournit un appui technique et des formations pour le développement de jardins oasiens familiaux (JOF) à base de dattier. Elle a également mis en place des essais de comportement de variétés de grande valeur commerciale en divers pays d'Afrique et d'Amérique latine.

A la demande de plusieurs partenaires privé et publics, elle s'est également engagée dans des opérations de transfert de la technologie de multiplication *in vitro* par organogénèse à l'échelle industrielle.





Diversité  
et conservation  
des ressources  
génétiques  
du palmier dattier

---

partie 2



# Modèle de domestication et structure de l'agrobiodiversité du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

Jean-Christophe Pintaud  
Botaniste

## Introduction

L'histoire de la domestication du dattier (*Phoenix dactylifera* L.) demeure mal connue. Le centre d'origine naturel du dattier est imprécis, car aucune population sauvage n'est identifiée avec certitude. L'écologie naturelle de l'espèce a fait l'objet de questionnements (Rossignol-Strick, 2003). L'époque et le lieu marquant le début de la domestication ne sont pas connus non plus avec précision. La culture du dattier dans la région du golfe persique peut néanmoins être datée antérieurement à - 5 000 ans.

L'apport du marquage moléculaire, depuis quelques années, a néanmoins permis de dégager quelques pistes pour la compréhension de l'histoire évolutive du dattier.

## Le dattier en tant qu'espèce

En premier lieu, il apparaît clairement que le dattier est une espèce distincte, *Phoenix dactylifera* L., qui ne dérive pas par domestication

d'une autre espèce connue à l'état sauvage, comme cela a souvent été proposé (Pintaud *et al.*, sous presse). Ce fait rend d'autant plus nécessaire la caractérisation des populations sauvages de dattier, qui constituent la source originelle de l'agrobiodiversité actuelle, et un réservoir potentiel pour l'amélioration génétique. Il existe, en Méditerranée orientale, en Afrique du Nord, au Proche et Moyen Orient, un certain nombre de populations qui se comportent comme des populations naturelles (Barrow, 1998). On les trouve le long des oueds, dans des gorges isolées, souvent loin des zones de culture du dattier, en particulier en altitude (jusqu'à 2 000 m à Oman). Nous disposons actuellement des outils de marquage moléculaire qui permettraient de tester le caractère naturel ou spontané de telles populations (Billotte *et al.*, 2004 ; Akkak *et al.*, 2009). On s'attend à ce que les populations naturelles aient une plus grande dispersion allélique et un taux d'hétérozygotie plus élevé que les plantes domestiquées, lesquelles sont passées par un goulot d'étranglement. On doit pouvoir identifier, dans de telles populations, des génotypes totalement inconnus en culture.

## Rôles des flux de gènes dans l'enrichissement de l'agrobiodiversité du dattier

Le dattier appartient à un genre de 14 espèces qui présentent la particularité d'être toutes interfertiles (Henderson *et al.*, 2006). Lorsque le dattier cultivé se trouve à proximité de populations sauvages de *P. dactylifera* L. ou d'autres espèces (en particulier *P. sylvestris* (L.) Roxb., *P. reclinata* Jacq., *P. caespitosa* Chiov., *P. atlantica* A. Chev., *P. canariensis* Chabaud), des flux de gènes sont possibles. Ces flux de gènes peuvent être perçus comme une pollution génétique des populations sauvages par le dattier introduit, tout comme une source d'enrichissement de la diversité du dattier cultivé par les populations naturelles. Il n'est pas exclu que des variétés de dattiers aient été volontairement sélectionnées à partir d'hybrides interspécifiques

spontanés. Néanmoins, ces phénomènes restent marginaux, car l'essentiel de la production dattière est localisée dans des zones où le dattier n'est pas en contact avec d'autres espèces et où le mode de culture est basé sur la multiplication végétative de variétés bien déterminées.

## Structure de l'agrobiodiversité actuelle

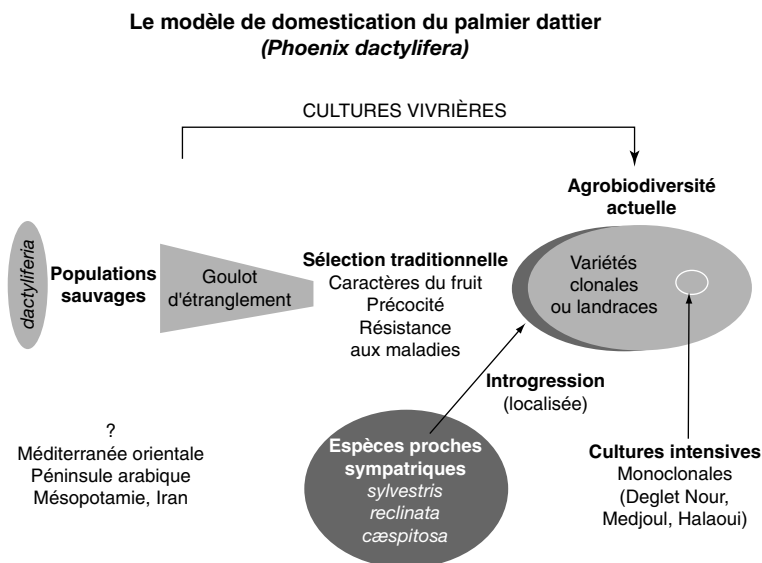
L'agrobiodiversité du dattier est très fortement structurée géographiquement. Cela tient au fait que certaines régions aient été isolées, et correspond aussi aux besoins de l'adaptation de variétés aux conditions écologiques de chaque terroir et aux besoins spécifiques des habitants. Le risque de diffusion de maladies engage à ne pas transporter du matériel autre que des graines d'une région à une autre. Les graines, à leur tour, peuvent entrer dans un processus de sélection locale.

La gestion des variétés diffère selon les modes de cultures. Les variétés élitaires faisant l'objet de culture intensive peuvent ne représenter chacune qu'un seul clone, abondamment multiplié, comme Deglet Nour (Zehdi *et al.*, 2004). Les variétés peuvent être des races de pays (*landraces*), partiellement clonales ou entièrement multipliées par graine, mais conservant par consanguinité un ensemble de traits morphologiques stables (Elhoumaizi *et al.*, 2006). Enfin, la reproduction peut ne pas être contrôlée du tout, de telle sorte qu'on ne peut caractériser précisément de variété.

Les variétés peuvent être groupées en lignées phylogénétiques (incluant également les arbres mâles apparentés), mais qui ne sont pas nécessairement reconnaissables morphologiquement en raison de modalités de sélection différentielles au sein de certaines lignées. Par exemple, la lignée Medjoul (Maroc et sud de l'Espagne), inclut les variétés Medjoul, Bou Feggous marocain, Medjoul Ilicitan et La Confitera (Elche). Ces variétés, bien que génétiquement très affines, sont morphologiquement bien distinctes. Ce groupe est par contre génétiquement très différent de la lignée Bou Stamie noire avec laquelle il coexiste.

## Conclusion

Sur la base de ces considérations, je propose un modèle de domestication pour le palmier dattier (fig. 1).



**Figure 1**  
Représentation schématique du modèle proposé pour rendre compte de l'histoire de la domestication du dattier et de la dynamique de son agrobiodiversité.

## Bibliographie

- AKKAK A., SCARIOT V., TORELLO MARINONI D., BOCCACCI P., BELTRAMO C., BOTTA R., 2009 – Development and evaluation of microsatellite markers in *Phoenix dactylifera* L., and their transferability to other *Phoenix* species. *Biologia Plantarum*, 53 : 164-166.
- BARROW S., 1998 – A monograph of *Phœnix* L. (Palmae: Coryphoideae). *Kew Bulletin*, 53 : 513-575.

BILLOTTE N., MARSEILLAC N.,  
BROTTIER P., NOYER J. L.,  
JACQUEMOUD-COLLET J. P., MOREAU C.,  
COUVREUR T., CHEVALLIER M. H.,  
PINTAUD J.-C., RISTERUCCI A. M., 2004 –  
Nuclear microsatellite markers for  
the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) :  
characterization and utility across the  
genus *Phoenix* and in other palm  
genera. *Molecular Ecology Notes*,  
4 : 256-258.

ELHOUMAIZI M. A., DEVANAND P. S.,  
FANG J., CHAO C. C. T., 2006 –  
Confirmation of 'Medjool' date as  
a landrace variety through genetic  
analysis of 'Medjool' accessions  
in Morocco. *Journal of the American  
Society of Horticulture Science*,  
131 : 403-407.

HENDERSON S., BILLOTTE N.,  
PINTAUD J.-C., 2006 –  
Genetic isolation of Cape Verde  
Islands *Phoenix atlantica*  
(Arecaceae) revealed by  
microsatellite markers.  
*Conservation Genetics*, 7 : 213-223.

PINTAUD J.-C., ZEHDİ S., COUVREUR T.,  
BARROW S., HENDERSON S.,  
ABERLENC-BERTOSSI F., TREGEAR J.,  
BILLOTTE N., (*in press*) –  
« Species delimitation in the genus  
*Phoenix* (Arecaceae) based on  
SSR markers, with emphasis on  
the identity of the date palm  
(*Phoenix dactylifera* L.) ».   
Proceedings of the 4<sup>th</sup> conference  
on the comparative biology of  
the Monocotydon, Copenhagen,  
Agust 2008, AAU Reports,  
University of Aarhus Press, DK.

ROSSIGNOL-STRICK M., 2003 –  
Climat et végétation sur le plateau  
iranien. *Dossiers d'Archéologie*,  
287 : 5-17.

ZEHDİ S., TRIFI M., BILLOTTE N.,  
MARRAKCHI M., PINTAUD J.-C., 2004 –  
Genetic diversity of Tunisian date  
palms (*Phoenix dactylifera* L.)  
revealed by nuclear microsatellite  
polymorphism. *Hereditas*,  
141 : 278-287.





# Génotypage d'une collection tunisienne de palmier dattier par les marqueurs microsatellites

**Salwa Zehdi**

Généticienne/biologiste moléculaire

**Norbert Billotte**

Généticien

**Soumaya Rhouma**

Généticienne/biologiste moléculaire

**Mokhtar Trifi**

Généticien/biologiste moléculaire

**Emira Chérif**

Généticienne/biologiste moléculaire

**Jean-Christophe Pintaud**

Botaniste

## Introduction

Les oasis tunisiennes sont caractérisées par une richesse génétique considérable comme en témoigne la présence d'au moins 250 cultivars répertoriés (Rhouma, 1994). Cependant, avec l'évolution économique et sociale du pays, les palmeraies de Djérid et de Nefzaoua sont réorganisées pour satisfaire une demande sans cesse croissante en dattes de qualité supérieure à l'instar du cultivar « élite » Deglet Nour. Cette réorganisation a fait que la phoéniculture est passée d'un système de culture traditionnelle riche et diversifié à un système industriel axé sur une culture monovariétale (Rhouma, 2005). Il est donc impératif d'élaborer diverses actions visant la sauvegarde de ces ressources phytogénétiques. Dans cette optique, l'identification variétale constitue l'une des composantes essentielles pour une gestion rationnelle du patrimoine phoénicole. En effet, l'exploration des potentialités de chaque cultivar, ainsi que l'établissement

d'une clé d'identification, constitue un outil précieux pour le contrôle des rejets et des vitroplants de palmier dattier. Pour ce faire, nous avons exploité les marqueurs microsatellites chez cette espèce.

## Matériel et méthodes

### *Matériel biologique*

Au cours de ce travail, nous avons utilisé 102 écotypes tunisiens de palmier dattier. Il s'agit de 28 pollinisateurs et de 74 cultivars. Notons que quelques variétés étrangères récemment introduites dans les palmeraies tunisiennes ont été également analysées au cours de cette étude.

Le matériel végétal, constitué de jeunes palmes prélevées sur des palmiers adultes, nous a été aimablement fourni par le Centre régional de recherche en agriculture oasisienne phoénicioles, CRRAO, Degache, situé au sud du pays.

### *Extraction de l'ADN cellulaire total*

Afin d'extraire de l'ADN de bonne qualité, nous avons utilisé le kit « DNA easy plant mini kit », et adopté le protocole préconisé par le fournisseur (Qiagen, France).

### *Amorces et réaction de polymérisation enzymatique en chaîne*

Nous avons utilisé les oligonucléotides identifiés au Cirad de Montpellier (Billotte *et al.*, 2004). La réaction de polymérisation enzymatique en chaîne ou PCR est réalisée dans une microplaque de 96 puits contenant chacun le mélange réactionnel suivant : 20 ng d'ADN matrice, 1 pmol d'amorce sens, 4 pmol d'amorce anti-sens, 0,2 mM d'un mélange de dNTP, 2 mM de MgCl<sub>2</sub>, 2 µl de tampon

Taq et 1 unité de *Taq* DNA polymerase (Sigma). L'amorce anti-sens est marquée à l'extrémité 5' par l'un des trois fluorophores (6FAM, NED or HEX).

La PCR est réalisée dans un thermocycler EppiMotion 96 (Eppendorf) programmé pour effectuer les cycles suivants : une incubation préalable à 94 °C, suivie de 30 cycles comportant chacun les trois étapes suivantes : une dénaturation pendant 30 secondes à 94 °C, une hybridation pendant 30 secondes à la température d'hybridation du couple d'amorces et une synthèse pendant 30 secondes à 72 °C. Une extension finale à 72 °C pendant 5 min a été toujours programmée à la fin du dernier cycle d'amplification.

Les produits d'amplification sont identifiés à l'aide d'un séquenceur automatique ABI prism 3130xl en mélangeant 3 µl du produit PCR dilué, 6,875 µl de formamide et 0,125 µl GenSize 400HD Rox. L'analyse est réalisée en utilisant le logiciel GeneMapper V3.7 *software* (Applied Biosystems).

## Résultats

Au total, 136 allèles ont été mis en évidence avec un nombre moyen de 9,14 allèles par locus. Ce résultat traduit l'existence d'une importante diversité au sein de la palmeraie tunisienne. En outre, tenant compte de tous les allèles identifiés, nous avons pu établir les empreintes génétiques de toutes les accessions étudiées. Ces empreintes correspondent aux génotypes multilocus mis en évidence au cours de cette étude.

Ainsi, en considérant seulement cinq locus microsatellites nous avons déterminé les génotypes multilocus propres à chacun des différents écotypes. Le diagramme illustrant la clé d'identification variétale ainsi obtenue est consigné dans la figure 1. Il en ressort que le pourcentage d'efficacité est de 100 %. Ce résultat témoigne de la puissance des marqueurs microsatellites pour le typage moléculaire dont les apports sont très précieux tant sur le plan de la certification à grande échelle des rejets (vendus et/ou échangés) par les phoeniculteurs que pour le test de conformité des vitroplants.

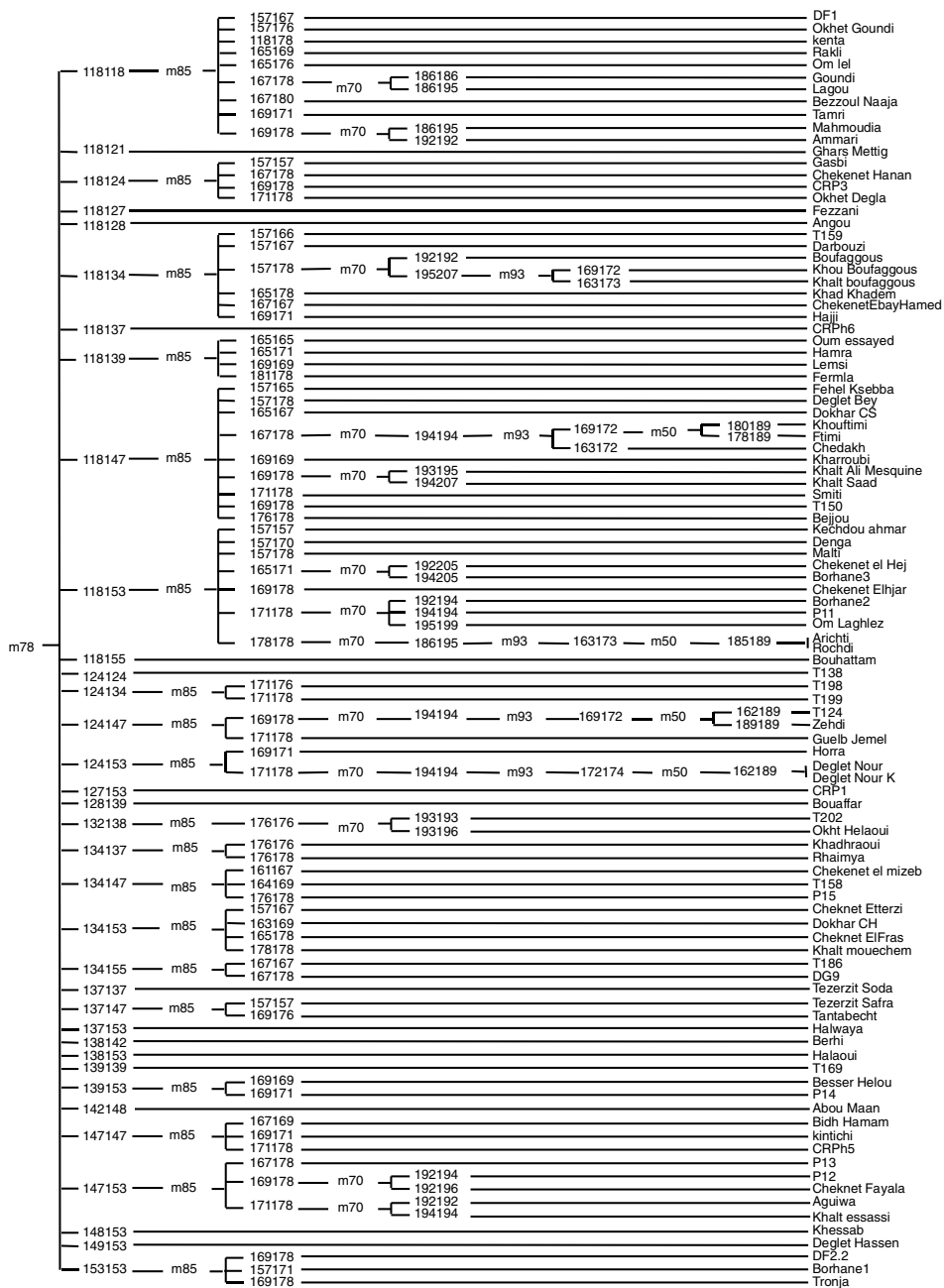


Figure 1  
Diagramme illustrant la clé d'identification variétale.

## *Établissement de la clé d'identification*

Dans le but d'établir la clé d'identification variétale, nous nous sommes basés sur le principe de la classification hiérarchisée des locus selon le nombre d'allèles identifiés pour chacun d'entre eux. Les accessions sont par la suite ordonnées en regroupant celles qui possèdent le même génotype, et ce jusqu'à l'obtention de la combinaison allélique propre à chacune d'entre elles.

## Conclusions et discussion

Dans ce travail, nous nous sommes proposés d'explorer la diversité génétique de la palmeraie tunisienne en nous basant sur les marqueurs microsatellites. Ainsi, nous avons pu dans une première étape mettre en évidence une conformité intracultivar en utilisant des accessions issues d'origines oasiennes différentes. En conséquence, nous pouvons suggérer que toutes les plantes d'une variété donnée, sont identiques entre elles et qu'elles dérivent les unes des autres à partir d'une même plante mère pour constituer un clone. Cette considération est en accord avec le mode de reproduction chez cette espèce. En effet, le palmier dattier est multiplié végétativement à l'aide des rejets qui sont constamment échangés entre les phoéniculteurs. Il en résulte une forte homogénéité variétale aussi bien à l'intérieur d'une même palmeraie qu'à travers les différentes oasis. Toutefois, les facteurs environnementaux ainsi que certaines mutations pourraient se produire tout en étant à l'origine des variations observées et qui concernent les caractères végétatifs de la plante et/ou ceux des fruits. Dans ce cas, le mode de sélection pratiqué par les phoéniculteurs, aura comme effet d'éliminer ces variations dès leur apparition.

Dans une seconde étape, nous avons pu mettre à profit les possibilités offertes par les marqueurs microsatellites afin d'examiner la diversité génétique de la palmeraie tunisienne et d'établir le typage moléculaire de 102 accessions différentes. Les résultats obtenus témoignent aussi bien de la richesse de ce patrimoine phytogéné-

tique que de l'efficacité de la technique SSR en termes de mise en évidence du polymorphisme moléculaire chez le palmier dattier. D'ailleurs, l'exploitation des données issues de cette étude montre qu'il est possible d'identifier spécifiquement toutes les accessions analysées grâce à leur empreinte génétique. Ainsi, le génotypage multilocus nous a permis de construire une clé d'identification variétale avec une efficacité absolue (100 %), et ce en nous basant uniquement sur cinq locus. Les travaux sont en cours de réalisation afin d'élargir cette étude à tout le germoplasme tunisien de palmier dattier afin d'établir les empreintes génétiques de notre patrimoine phoenicicole. Les retombées de ces différentes actions seront d'un grand apport pour le typage moléculaire des variétés ainsi que pour le contrôle de la conformité des rejets et/ou des vitroplants produits industriellement par les diverses techniques de culture *in vitro*.

#### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'équipe de recherche de l'UMR « Diversité et adaptation des plantes cultivées » de l'IRD Montpellier et de l'Inra Montpellier pour leur aide et leur soutien.

## Bibliographie

- BILLOTTE N., MARSEILLAC N.,  
BROTTIER P., NOYER J. L.,  
JACQUEMOUD-COLLET J. P., MOREAU C.,  
COUVREUR T., CHEVALLIER M. H.,  
PINTAUD J.-C., RISTERUCCI A. M., 2004 –  
Nuclear microsatellite markers for  
the date palm (*Phoenix dactylifera* L.):  
characterization, utility across the genus  
*Phoenix* and in other palm genera.  
*Molecular Ecology Notes*, 4 : 256-258.
- RHOUMA A., 1994 –  
*Le palmier dattier en Tunisie.  
Le patrimoine génétique.*  
Inra de Tunisie.  
Pnud/FAO/RAB/88/024
- RHOUMA A., 2005 –  
*Le palmier-dattier en Tunisie :  
Le patrimoine génétique.*  
Vol. II. Ipgri.

# Les glycosides flavoniques marqueurs de quelques cultivars algériens du palmier dattier *Phoenix dactylifera* L.

**Saida Ouafi**

Biochimiste végétale

**Nicole Riveil**

Biochimiste végétale

## Introduction

La reconnaissance de marqueurs biochimiques pourrait permettre d'identifier précisément les palmiers à n'importe quel âge et à n'importe quelle saison, car le polymorphisme polyphénolique est un reflet moléculaire original de la diversité génétique.

Ainsi, des essais ont été réalisés sur plusieurs organes de la plante, tels que les graines (Sekhar et Mason, 1988), les fruits (Al-Helal, 1988) et les feuilles (Baaziz et Saidi, 1988). Toutefois, aucune étude n'a abouti à la mise en évidence d'un marqueur qui pourrait être utilisé comme un critère d'identification des cultivars et de sélection des plantes issues de croisements dirigés.

## Analyse des aglycones flavoniques des folioles de palmiers dattiers

### *Analyse qualitative*

Nos études chimio-taxinomiques ont montré que les aglycones flavoniques (flavones et flavonols), ainsi que les anthocyanes, sont des



marqueurs spécifiques du palmier dattier. En effet, chez tous les individus étudiés, nous avons identifié :

- comme anthocyane : la cyanidine (fig. 1) ;
- comme flavones-flavonols : deux flavonols (Quercétine – Isorhamnétine) et trois flavones (Lutéoline – Tricine – Chrysoeriol) (fig. 2).

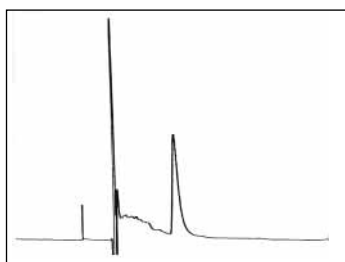


Figure 1  
Profil C.L.H.P des anthocyanidines.



Figure 2  
Profil C.L.H.P des aglycones flavoniques.

## Analyse quantitative

De la même manière, nous avons pu montrer, à partir des teneurs relatives de chaque composé, que le poids discriminant des variables (aglycones flavoniques) est limité (fig. 3).

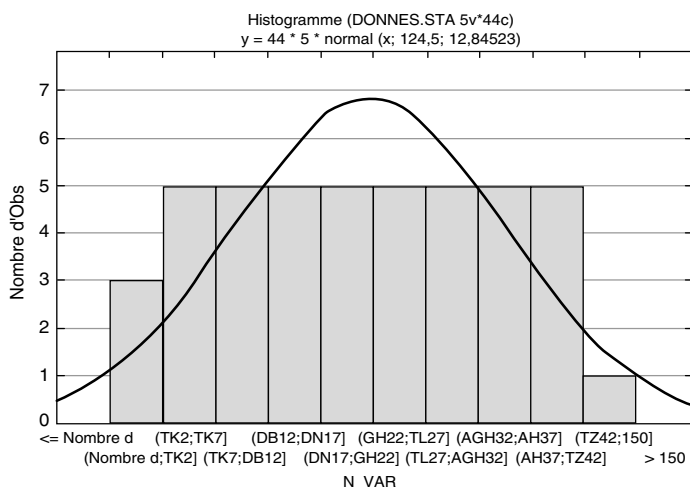
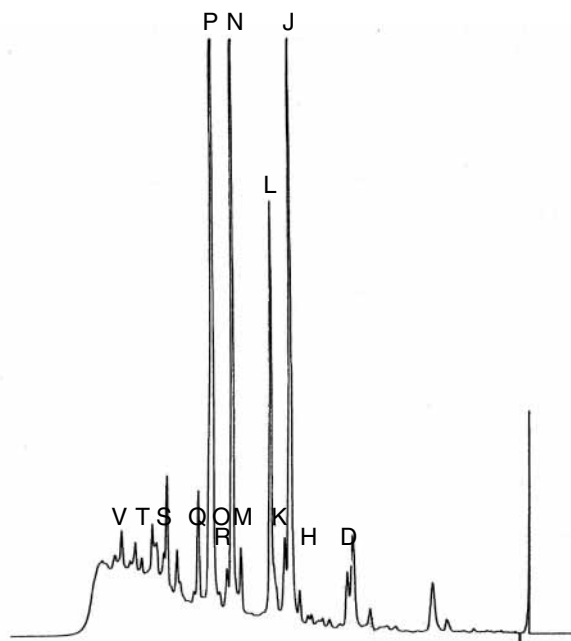


Figure 3  
Histogramme de répartition des teneurs relatives en aglycones flavoniques des cultivars étudiés.

## ■ Analyse des hétérosides flavoniques des folioles de palmiers dattiers

### *Analyse qualitative*

Nos analyses concernant la diversité de la classe des hétérosides flavoniques ont montré que les neuf cultivars de la collection de palmiers dattiers de l'Inra d'Adrar se distinguent entre eux par leurs chimiotypes flavoniques. L'étude des résultats de l'analyse structurale montre que, pour les différents cultivars de *Phoenix dactylifera* L., il existe une grande diversité dans les formes moléculaires exprimées. Celles-ci sont au nombre d'une quinzaine, fondées sur les deux aglycones de flavonols (quercétine, et son dérivé méthylé l'isorhamnétine) et les trois aglycones de flavones (lutéoline, et ses deux dérivés méthylés, le chrysoeriol et la tricine) (fig. 4).



■ Figure 4  
Profil flavonique du cultivar Degla Beida.

Repère sur le graphique	Structure
V	Chrysoeriol - x"-c-glucoside
T	Homo-orientin - x" hexoside (Hexosyl – x homo-orientine)
S	Homo-orientin - x pentoside
Q	Chrysoeriol-7 glucoside
P	Tricin – 7 rhamnoglucoside
R	Tricin -7 glucoside
O	Chrysoeriol -7 rhamnoglucoside
N	Lutéolin – 3 rhamnoglucoside
M	Lutéolin – 7 glucoside
L'	Quercetine – 3 rhamnoglucoside (rutin)
K	Isorhamnétin – 3 galactoside
J	Quercétin – 3 galactoside
H	Homo-orientine (Lutéolin – 6 c-glucoside)
D	Orientine (Lutéolin – 8 c-glucoside)

**I** Tableau 1  
Structure des 15 glycosides flavoniques identifiés  
chez le palmier dattier

Huit de ces molécules (D, H, J, L, M, N, Q, R) ont un caractère spécifique puisque elles sont présentes dans tous les cultivars, généralement avec une teneur élevée. Afin d'éliminer le « bruit de fond » qu'elles constituent, nous avons restreint notre analyse qualitative préliminaire aux sept flavonoïdes (mineurs) susceptibles d'originalité au niveau des cultivars.

Hétérosides	K	L'	P	Q	V	S	T
(Aglycone) Cultivars	lrh	lrh	Tri	Chr	Chr	Lut	Lut
<b>Sous-ensemble A</b> (présence de K=flavonol, présence de S+T = lutéoline)							
Degla Beida	+	-	+	+	+	+	+
Ghars	+	-	+	-	+	+	+
Tazarzait	+	-	+	+	+	+	+
Deglet Nour	+	+	-	-	+	+	+
Tinnacer	+	-	+	-	-	+	+
<b>Sous-ensemble B1</b> (absence de flavonols, présence de S+T = lutéoline)							
Takerboucht	-	-	-	+	+	+	+
Tilemsou	-	-	+	-	+	+	+
<b>Sous-ensemble B2</b> (absence de flavonols, absence de S)							
Ahartane	-	-	-	-	-	-	+
Aghamou	-	-	-	+	-	-	-

**I** Tableau 2  
Analyse qualitative des cultivars avec les neuf flavonoïdes mineurs.  
présence +/absence -

Cette première approche de la distribution des flavonoïdes infraspécifiques (tabl. 2) laisse apparaître trois sous-ensembles, avec une première dichotomie fondée sur la présence de flavonols (composé K : isorhamnétine 3-0-galactoside), une seconde sur la présence de flavones (composé S : homo-orientine x''-0-pentoside). On notera les structures extrêmes de ces deux marqueurs et la pauvreté polyphénolique des cultivars Ahartane et Aghamou, comparée notamment à la richesse de Tazarzait.

De plus, fait très important, nous notons la présence du composé L' isorhamnétine – 3-0-glucoside uniquement chez le cultivar Deglet Nour. Nous sommes tentés de dire que ce glycoside de flavonol pourrait constituer un marqueur de ce cultivar.

Les résultats obtenus tendent à désigner les termes les plus hydroxylés comme les anabolites initiaux préférentiels, fait à priori surprenant à partir d'un précurseur non substitué. Les rapports d'activités spécifiques à l'intérieur de chaque groupe flavonique subissent cependant peu de variations autour de l'unité en fonction de la durée de la biosynthèse, ce qui suggère plutôt des filiations « en étoile », à des vitesses différentes, à partir de précurseurs intermédiaires propres à chaque famille chimique.

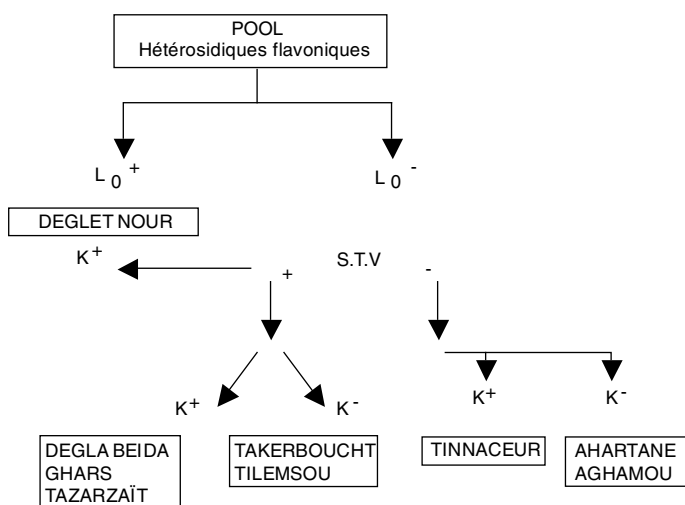


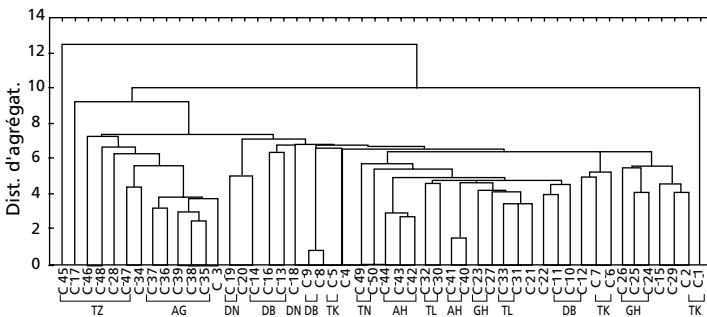
Figure 5  
Hétérosides présents dans les différents cultivars,  
mise en évidence du caractère ancestral de la Deglet Nour.

L'application de ces données en ce qui concerne le *Phoenix dactylifera* L., dont le caractère primitif général est assez nettement mis en évidence (fig. 5), nous incite à émettre l'hypothèse du caractère ancestral de la Deglet Nour (la moins riche en hétérosides substitués) par rapport au reste des cultivars étudiés dans ce présent travail.

## Analyse quantitative

Un degré de résolution plus fin de la constitution génomique des cultivars est obtenu par la prise en compte quantitative de l'ensemble du pool des hétérosides flavoniques révélé par l'analyse chromatographique, exprimé en valeurs relatives (pourcentage de chaque pic). Le traitement des données consiste en une classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) sur la base des distances euclidiennes, portant sur l'ensemble des individus analysés (50 lignes) et des flavonoïdes (13 colonnes), nous avons éliminé les flavonoïdes D et L : le premier pour ses teneurs relatives stables pour tous les cultivars, le deuxième est présent uniquement chez Deglet Nour (fig. 6).

Notre système de classification met donc en évidence des cultivars à faible variabilité flavonique chez : Aghamou, Ahartane, Tinnacer et Tazarzait et à variabilité plus élevée chez : Degla Beida, Ghars et Deglet Nour. L'hétérogénéité est plus importante encore dans le groupe Takerboucht, dont il est ainsi permis de suspecter l'homogénéité génétique. Ce caractère du cultivar Takerboucht a d'ailleurs été déjà signalé sur la base de critères enzymatiques (Bennaceur *et al.*, 1991).



■ Figure 6  
Arbre de 50 observations saut minimum distances euclidiennes.

La synthèse de toutes ces interprétations montre que, malgré le grand polymorphisme flavonique démontré dans ce chapitre, le métabolisme reste unifié par des processus sans doute d'ordre génétique.

Autrement dit, ces produits sont régulés par des lois communes à toutes les plantes (individus) ; mais c'est la résultante de ces lois qui fait la différence entre les palmiers (profils CLHP différents des hétérosides flavoniques).

## Conclusion générale

L'étude du *Phœnix dactylifera* L. sous différents aspects a montré que l'espèce est très intéressante par l'originalité de ses métabolites secondaires responsables d'un polymorphisme biochimique important. Le feuillage est d'une grande richesse polyphénolique puisque quatre familles flavoniques (proanthocyanidines, flavones flavonols ces deux derniers sous forme O et/ou C – glycosylés) ont été retrouvées.

Cette originalité se traduit par le fait que les formes aglycones sont des marqueurs spécifiques alors que les formes hétérosidiques natives constituent des marqueurs du cultivar.

## Bibliographie

AL-HELAL A. A., 1988 – Amylase isoenzymes and protein of date palm (*Phœnix dactylifera* L.). *Notes. Bulletin. Academia Sinica*, 29 : 239-244.

BAZIZ M., SAAIDI M., 1988 – Preliminary identification of date palm cultivars by esterase isoenzymes and peroxidase activities. *Canadian Journal of Botany*, 66 : 89-93.

BENACEUR M., LANAUD C., CHEVALIER M. H., BOUNAGA N., 1991 – Genetic diversity of the date palm (*Phœnix dactylifera* L.) from Algeria revealed by enzyme markers. *Plant Breeding*, 107 : 56-57.

SEKHAR K. N. C., DE MASON D. A., 1988 – Quantitative ultrastructure and protéine. *Phytochemistry*, 28 : 1331-1333.



# De la diversité actuelle aux vestiges archéologiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

Développement de descripteurs géométriques  
des graines de dattes

**Jean-Frédéric Terral**

Biologiste

**Sarah Ivorra**

Biologiste

**Claire Tito**

Biologiste

**Claire Newton**

Archéo-botaniste

**Margareta Tengberg**

Archéo-botaniste

**Jean-Christophe Pintaud**

Botaniste

## Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'emblème des oasis de palmeraie, agrosystèmes particuliers, sièges d'une étonnante agrodiversité. Les oasis se distribuent dans les zones semi-arides et arides, de la péninsule arabique à la péninsule ibérique. Leur localisation est tributaire de la présence de l'eau, phréatique ou d'écoulement (oueds ou wadis), de son captage, éventuellement de son stockage et de sa distribution. Leur principe est l'association hiérarchisée (horizontalement et verticalement), dans un même espace irrigué, d'espèces fruitières arborescentes sous les frondaisons desquelles de nombreuses espèces vivrières sont cultivées. Parmi les espèces arborescentes, le palmier dattier est la clé de voûte de l'oasis tant son importance est fondamentale dans l'économie de subsistance des sociétés traditionnelles, actuelles et passées.



L'histoire du palmier dattier, indissociable de celle des oasis, n'a pas encore livré tous ses secrets. Les vestiges archéobotaniques les plus anciens, attestant de la consommation de dattes, sont des graines carbonisées et minéralisées d'assemblages néolithiques d'Arabie orientale et datées du VI<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. (Beech et Shepherd 2001 ; Beech, 2003). Le statut du palmier dattier n'est toutefois pas établi pour cette époque car, en l'état actuel des recherches, aucun caractère ne permet de différencier dans le matériel archéobotanique les dattes de palmier « sauvage » des dattes de palmier cultivé (Beech, 2003 ; Tengberg, 2003a).

Parce que les dattes sont facilement conservables et transportables, la découverte de graines ne constitue pas une preuve, ni de la culture du dattier, ni de l'existence d'oasis. En revanche, la présence simultanée de fragments de stipe, de graines de dattier et d'autres plantes cultivées (arbres fruitiers, céréales, légumineuses...) plaide en faveur de l'existence d'une polyculture oasisienne. Ce type d'assemblage archéobotanique dont la première attestation remonte à la fin du IV<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. à l'intérieur de la péninsule d'Oman (Cleuziou, 1992) est couramment mis en évidence tout au long du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. (Tengberg et Lombard, 2002 ; Tengberg, 2003a, 2003b). Dès lors et surtout à partir du II<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. jusqu'au début de l'ère chrétienne, de nombreuses attestations archéobotaniques (photo 1), représentations iconographiques et mentions textuelles montrent que la palmeraie oasisienne se développe partout autour du golfe persique et en Afrique saharienne, particulièrement en Egypte (Newton *et al.*, 2006) et en Libye (Van der Veen, 1992 ; Pelling, 2005).

Ce travail préliminaire porte sur la diversité biologique actuelle du palmier dattier appréhendée à travers la morphométrie géométrique. Il concourt à la mise en œuvre d'une stratégie de recherche interdisciplinaire impliquant différentes approches complémentaires (archéobotanique, biologie moléculaire et archéogéographie) dont l'objectif est d'appréhender les origines de la domestication du dattier, de sa diversification variétale et de la radiation au cours du temps de la phoeniciculture depuis son (ou ses) centre(s) d'origine.



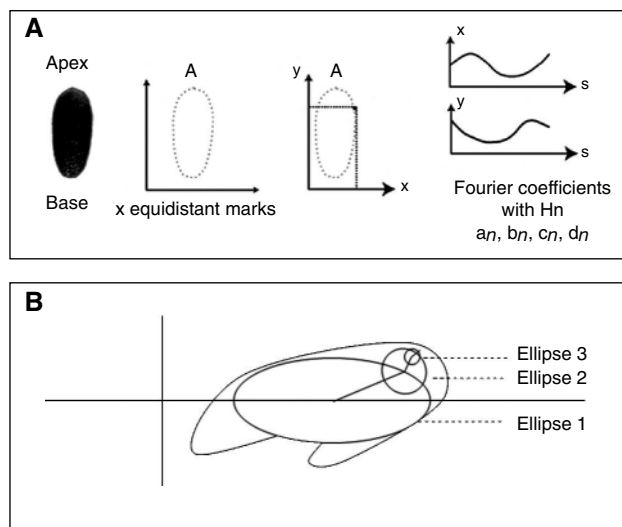
Photo 1  
Graine archéologique carbonisée, datant du v<sup>e</sup> siècle avant notre ère ('Ayn-Manâwir, oasis de Kharga, Egypte)  
Source : Newton C., 2006.

## Matériel et méthode

Trois cent soixante graines de dattes issues de treize variétés de *Phœnix dactylifera* (tabl. 1) et de cinq autres espèces, *P. caespitosa*, *P. canariensis*, *P. reclinata*, *P. sylvestris* et *P. theophrasti* dont l'aire de distribution est présentée dans la figure 1 représentent le matériel d'étude. La structure morphologique de ces graines a été analysée à travers une méthode d'analyse de contour : les transformées elliptiques de Fourier (TEF).

Variétés de <i>Phoenix dactylifera</i>	Origine du matériel	Origine géographique supposée de la variété	Nombre de graines
Amhat	Egypte	Egypte	20
Bou-Sthami	Espagne	Maroc	20
Bou-Feggous	Espagne	Maroc	20
Ghamly	Egypte	Egypte	20
Hayani	Egypte	Egypte	20
La Confitera	Espagne (Elche)	Espagne (Elche)	20
Khadrawy	Espagne	Arabie Saoudite	20
Medjoul	Espagne	Maroc	20
Siwi	Egypte	Egypte	20
Tamr	Egypte	Egypte	20
Thorry	Espagne	Algérie	20
Zabad	Sultanat d'Oman	Sultanat d'Oman	20
Zaydi	Espagne	Irak	20

**I** Tableau 1  
Dénomination, origine et effectif en graines  
des variétés de palmier dattier étudiées.



**I** Figure 1  
Reconstruction du contour en une série de fonctions périodiques,  
les harmoniques, définies par 4 coefficients de Fourier (A)  
et matérialisées par une série d'ellipses permettant de décrire  
des détails de plus en plus précis (d'après Tabard, 2006) (B).

La structure morphologique des graines de datte est analysée grâce à la méthode des transformées elliptiques de Fourier (TEF) : méthode mise au point pour l'étude d'objets pouvant être caractérisés par un contour fermé mais ne présentant pas suffisamment de points de repère homologues (Kuhl et Giardina, 1982 ; Rohlf et Archie, 1984). Cette méthode consiste en la décomposition d'un contour initial en une série de fonctions périodiques appelées harmoniques (fig. 1A). Un grand nombre d'harmoniques de longueur d'onde décroissante peut ainsi être calculé décrivant de manière de plus en plus précise le contour de l'objet (Crampton, 1995 ; Ferson *et al.*, 1985). Ce dernier peut ainsi être résumé par un système à deux équations :

$$x(t) = a_0/2 + \sum_{n=1}^{\omega} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

$$y(t) = c_0/2 + \sum_{n=1}^{\omega} (c_n \cos n\omega t + d_n \sin n\omega t)$$

Dans les équations :

- « t » représente le déplacement le long du contour de 0 à T (T constituant le contour fermé) ;
- «  $\omega$  » est la longueur d'onde de la fonction trigonométrique n ;
- «  $a_0$  » et «  $c_0$  » correspondent aux coefficients de Fourier de l'harmonique H0 et définissent le centre de l'objet.

Les paramètres  $a_n$ ,  $b_n$ ,  $c_n$  et  $d_n$  sont les coefficients de Fourier de l'harmonique de rang n. Les 4 coefficients de Fourier d'une harmonique donnée définissent la taille, la forme et l'orientation d'une ellipse (Crampton, 1995) ; ils sont donc reliés fonctionnellement mais peuvent être utilisés comme variables quantitatives en analyses multivariées (par exemple : Cucchi *et al.*, 2002 ; Renaud et Michaux, 2003).

Chaque graine de palmier est photographiée en vue dorsale et en vue latérale. Les images sont détournées afin d'augmenter au maximum le contraste entre la graine et le fond de l'image. Cette opération permet la prise du contour de manière semi-automatique à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image et de mesures. A partir de l'apex de la graine (point de départ de la représentation du contour), les coordonnées de 64 points pseudo-homologues équidistants définissant le contour de la graine sont alors enregistrées. Elles permet-

tent le calcul des quatre coefficients caractéristiques des harmoniques ainsi que des deux constantes associées ( $a_0$  et  $c_0$ ).

La prise en considération simultanée de l'information (coefficients de Fourier) en vue dorsale et en vue latérale permet de considérer la forme de la graine en trois dimensions. Les valeurs des coefficients de Fourier sont ensuite standardisées par l'aire du contour afin d'étudier séparément la forme (géométrie), représentée par les coefficients de Fourier et la taille, estimée par l'aire. Une standardisation par l'orientation de la graine est également appliquée. Elle consiste à faire coïncider l'axe longitudinal de l'ellipse décrite par la première harmonique (H1) avec l'axe des abscisses d'un repère arbitraire (fig. 1B). Cette opération permet d'éviter les erreurs dues à un positionnement imparfait de la graine lors de la prise de photo et donc leur répercussion sur les coefficients de Fourier. Le point de départ du contour est également standardisé afin d'être situé sur l'axe des abscisses.

Les coefficients des harmoniques H0 (deux constantes :  $a_0$  et  $c_0$ ) et H1 (4 coefficients :  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ ,  $d_1$ ) utilisés pour les standardisations sont exclus des analyses statistiques effectuées car ils n'apportent aucune information concernant la forme de la graine.

Finalement, 5 harmoniques (H2, H3, H4, H5 et H6) ont été considérées pour chacune des vues. Elles représentent un bon compromis entre la description de la structure morphologique de la graine et un risque d'erreur accru (dû essentiellement à la prise en considération d'irrégularités de contour) que pourrait induire l'introduction de nouvelles harmoniques.

L'ensemble des données, 40 variables quantitatives définissant la structure géométrique de 360 graines en vues dorsale et latérale appartenant à 18 catégories de palmiers (13 variétés de *Phoenix dactylifera* et 5 autres espèces de *Phoenix*), a été traité à l'aide d'une analyse factorielle discriminante (AFD). A la fois descriptive et décisionnelle, cette méthode de statistique multivariée permet d'étudier la structuration du nuage de points en maximisant les distances entre catégories définies a priori par rapport à la variance totale. La matrice de distance de Mahalanobis obtenue (distances euclidiennes entre centres de gravité de chaque population statistique dans l'espace multivarié) a servi de support pour la réalisation d'une classification hiérarchique UPGMA (*Unweighted Pair-Group*

*Method Using Arithmetic Averages*). Cette dernière analyse a permis de fournir de manière descriptive une synthèse de la structuration de la diversité morphologique analysée en termes de proximité morphologique.

## Résultats et discussion

L'analyse factorielle discriminante (AFD), réalisée sur les coefficients de Fourier des contours (dorsal et latéral) des 360 graines étudiées, permet de différencier avec un taux de discrimination égal à 97,5 %, *Phœnix dactylifera* (Morpho-clade MC2) des autres espèces étudiées (Morpho-clade MC1). Seule Zabad, une variété de dattier importante commercialement au sultanat d'Oman (péninsule arabique), échappe à la règle et affiche d'après les résultats de l'AFD, non détaillés dans ce travail, une grande proximité morphologique avec les autres espèces étudiées définissant le morpho-clade MC1a et en particulier avec *Phœnix sylvestris*, espèce exploitée pour sa sève sucrée, pour la fabrication de nattes et de clôtures ou pour l'alimentation animale (Chowdhury *et al.*, 2008). Ce résultat important présage-t-il d'un apparentement de Zabad avec *Phœnix sylvestris* ou d'une convergence morphologique liée à des paramètres pour l'instant indéterminés ?

Le génotypage de locus microsatellites de plusieurs espèces de *Phœnix* et de différentes variétés de dattier corrobore les résultats obtenus par la morphométrie géométrique. La variété Zabad en particulier présente un profil allélique atypique qui suggère un croisement entre une variété de *Phœnix dactylifera* et *Phœnix sylvestris*, suivi de rétrocroisements successifs sur *P. dactylifera*.

Probablement à partir de la Mésopotamie, l'extension progressive de la culture du dattier au cours de l'antiquité s'est accompagnée du développement de composantes locales originales de l'agrobiodiversité de l'espèce et de variétés propres à chaque terroir. Cette expansion géographique du *Phœnix dactylifera* signifie aussi sa mise en contact avec d'autres espèces du genre : *Phœnix sylvestris* vers l'est (Moyen Orient), *Phœnix reclinata* au sud (Sahel), *Phœnix caespici-*

*tosa* dans la corne de l'Afrique et régions adjacentes de la péninsule arabique, *Phœnix atlantica* à l'ouest (archipel du Cap Vert). Toutes ces espèces étant interfécondes, des flux de gènes interspécifiques s'établissent lorsqu'au moins deux d'entre elles sont en présence. La variété Zabad témoigne de flux de gènes entre *Phœnix sylvestris* (?) et *Phœnix dactylifera* (?), qui furent à une époque donnée, mis en situation sympatrique soit naturellement, soit par le biais des migrations humaines.

A un niveau d'agrégation inférieur, les analyses statistiques renvoient un taux de discrimination global (reclassement à posteriori des 18 variétés ou espèces) égal à 98 %.

L'analyse UPGMA permet de mettre en évidence 5 morpho-clades quasi-parfaitement différenciés dont le morphotype consensuel a été reconstitué en vues dorsale et latérale, à l'aide de la procédure des transformées elliptiques de Fourier inverses (fig. 2).

Ces 5 morpho-clades se structurent de la manière suivante (fig. 2) :

– un ensemble discriminé à 97,5 % associe un morpho-clade à graines plutôt elliptiques (vue dorsale) et légèrement asymétriques (vue latérale) à un autre morpho-clade à graines ovoïdes (un seul axe de symétrie potentiel lié à l'aplatissement de la partie basale) et faiblement asymétriques. Le premier morpho-clade (MC1a) associe *Phœnix sylvestris*, *P. reclinata*, *P. caespitosa*, *P. theophrasti* et Zabad. *Phœnix canariensis* constitue à elle seule le second morpho-clade (MC1b) ;

– un ensemble (97,9 %) ne comprenant que des variétés de *P. dactylifera* qui présentent des graines très allongées. Cet ensemble se partitionne en 3 morpho-clades associant des variétés d'origines géographiques plus ou moins disparates. MC2a est caractérisé par des graines relativement symétriques dont le centre de gravité est proche de l'intersection des axes médians longueur et largeur. Il représente dans cet ensemble le groupe le plus largement distribué (Arabie Saoudite, Irak, Maroc et Espagne) dont les variétés Medjoul (Maroc) et La Confitera (Elche, Espagne) très proches morphologiquement et qui font partie du même complexe de landraces. MC2b comprend des variétés dont les graines asymétriques présentent un centre de gravité déplacé vers l'apex. MC2b est caractérisé par des graines asymétriques dont le centre de gravité est au contraire décalé vers la base, le long de l'axe médian le plus long.

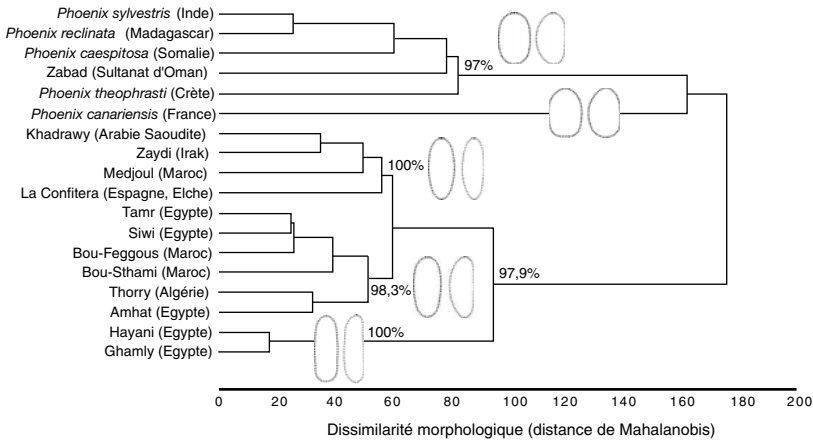


Figure 2  
 Structuration de la diversité morphologique des graines de *Phoenix* étudiée à l'aide d'une classification UPGMA. Des morpho-clades dont le taux de discrimination a été calculé (%) sont individualisés.

Ces deux morpho-clades associent des variétés proches d'un point de vue géographique pouvant suggérer un apparentement génétique qui devra être vérifié afin de valider les propriétés biosystématiques de la morphométrie géométrique.

## Conclusion et perspectives

L'analyse morphométrique de graines de dattes apporte, à l'appui de la génétique, une première contribution à la discrimination de différentes espèces de palmier et à la caractérisation d'une fraction de la diversité variétale de *Phoenix dactylifera*.

Cette étude met en évidence, sur la base de caractères morphologiques géométriques, une différenciation précise de groupes morphologiques ou morphotypes, permet l'identification de variétés et apporte des résultats novateurs précisés par la génétique, quant au rôle joué par l'hybridation interspécifique dans la création variétale.



Si des pratiques culturelles spécifiques, comme le clonage à partir de rejets et la pollinisation manuelle, sont très anciennement documentées, le rôle de l'hybridation interspécifique et son importance dans la constitution de l'agrobiodiversité du dattier, demeurent très peu connus. Le cas de la variété omanaise Zabad, fruit du croisement entre *Phœnix sylvestris* et *Phœnix dactylifera* pose alors de nouvelles questions. L'hybridation spontanée intervient-elle dans la dynamique du *gene pool* de l'espèce cultivée sans conscience particulière du phénomène de la part des agriculteurs ou bien, les espèces sauvages sont-elles reconnues comme une ressource pour l'amélioration variétale ? Des caractères allospécifiques ont-ils été sélectionnés dans certaines variétés de dattiers ?

Cette première approche morphométrique appliquée aux graines de datte ouvre des perspectives intéressantes concernant l'histoire biogéographique et évolutive du dattier. Les résultats de l'analyse morphométrique de graines archéologiques, comparés à un important référentiel actuel, permettra d'accéder à certains aspects de la variabilité morphologique, biosystématiques, fonctionnels et liés à la domestication et aux pratiques culturelles. Dans le registre archéologique, la mise en évidence des morphotypes ancestraux en différentes aires géographiques et la reconstruction de la dynamique spatiale et temporelle de la diversité morphologique devraient nous permettre de préciser les origines géographiques et chronologiques de la domestication du dattier, de saisir les développements de la phoeniculture au cours du temps et de révéler différentes voies de dispersion de formes cultivées en relation avec les migrations humaines.

## Bibliographie

- BEECH M., 2003 – *Archaeobotanical evidence for early date consumption in the Arabian Gulf. The Date palm: from traditional resource to green wealth*. The Emirates Center for Strategic Studies and Research, Abu Dhabi : 11-31.
- BEECH M., SHEPHERD E., 2001 – *Archaeobotanical evidence for early date consumption on Dalma Island, United Arab Emirates. Antiquity*, 75 : 83-89.
- CLEUZIQU S., 1992 – « Hili and the beginning of oasis life in Eastern Arabia ». *Proceedings of the Seminar of Arabian Studies*, 12 : 15-22.

- CHOWDHURY M.S.H., HALIM M.A., HAQUE F., KOIKE M., 2008 – Traditional utilization of wild date palm (*Phoenix sylvestris*) in rural Bangladesh: an approach to sustainable biodiversity management. *Journal of Forestry Research*, 19 (3) : 245-251.
- CRAMPTON J.S., 1995 – Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves : some practical considerations. *Lethaia*, 28 : 179-186.
- CUCCHI T., VIGNE J.-D., AUFRAY J.-C., CROFT P., PELTENBURG E., 2002 – « Introduction involontaire de la souris domestique (*Mus musculus domesticus*) à Chypre dès le Néolithique précéramique ancien (fin IX<sup>e</sup> et VIII<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.) ». *C. R. Palevol*, 1 : 235-241.
- FERSON S., ROHLF F.J., KOEHN R.K., 1985 – Measuring shape variation of two-dimensional outlines. *Syst. Zool.*, 34 (1) : 59-68.
- KUHL F.P., GIARDINA C.R., 1982. – Elliptic fourier features of a closed contour. *Computer Graphics and Image Processing*, 18 : 259-278.
- NEWTON C., GONON T., WUTTMANN M., 2006 – Un jardin d'oasis d'époque romaine à 'Ayn-Manâwir (Kharga, Égypte), *BIFAO*, 105.
- PELLING R., 2005 – Garamantian Agriculture and its Significance in a wider North African Context: the Evidence of the Plant Remains from the Fazzan Project. *The Journal of North African Studies*, 10 (3-4) : 397-411.
- RENAUD S., MICHAUX J.R., 2003 – Adaptative latitudinal trends in the mandible shape of Apodemus wood mice. *Journal of Biogeography*, 30 : 1617-1628.
- ROHLF F.J., ARCHIE J.W., 1984 – A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera:Culicidae). *Syst. Zool.*, 33 (3) : 302-317.
- TABARD E., 2006 – *Evolution morphologique du pépin de vigne (Vitis vinifera L.) sous l'impact e la domestication : apport des transformées elliptiques de Fourier au regard des données moléculaires*. Mémoire de master-II écologie, biodiversité, évolution. Université Montpellier-II.
- TENGBERG M., 2003a – *Research into the origins of date palm domestication. The Date palm : from traditional resource to green wealth*. The Emirates Center for Strategic Studies and Research, Abu Dhabi : 33-50.
- TENGBERG M., 2003b – « Archaeobotany in the Oman Peninsula and the role of Eastern Arabia in the spread of African Crops ». In Neumann K., Butler A., Kahlheber S. (eds) *Food, Fuel and Fields : Progress in African Archaeobotany*. Actes du colloque international/Workgroup for African Archaeobotany. *Africa Præhistorica* 15, Heinrich-Bart-Institut, Köln : 229-23.
- TENGBERG M., LOMBARD P., 2002 – Environnement et économie végétale à Qal'at al-Bahreïn aux périodes Dilmoun et Tylos. *Recherches en archéobotanique. Paléorient*, 27 (1) : 167-181.
- VAN DER VEEN M., 1992 – Botanical evidence for Garamantian agriculture in Fezzan, southern Libya. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 73 : 315-327.



# Évaluation des différences de forme entre palmes « juives » et « chrétiennes » à Bordighera (Italie)

Une approche de morphométrie géométrique

**Harling Caro-Riaño**

Zoologue

**Jean-Christophe Pintaud**

Botaniste

**Robert Castellana**

Sociologue

**Claudio Littardi**

Agronome

## Introduction

La palmeraie de Bordighera se situe en Italie (région : Ligurie, province : Imperia). Par ses riches traditions et les savoir-faire développés par des générations d'agriculteurs et d'agronomes, elle témoigne d'une histoire millénaire. Au-delà de cette dimension historique et patrimoniale, il s'agit aussi d'un agro-écosystème exceptionnel. Les palmiers (de l'espèce *Phoenix dactylifera* L.) sont cultivés ici à une latitude de 43° 47' N, donc bien plus septentrionale que les palmeraies d'Elche en Espagne (38° 15' N) et d'Arvat Kyzyl (38° 54' N), dans le désert de Karakoum au Turkménistan (Munier, 1973).

La plus septentrionale des palmeraies est par ailleurs une création originale, au regard du modèle classique de l'oasis. Elle relève en effet de traditions issues de l'Antiquité romaine et développées au cours du Moyen-Âge, en matière d'associations culturelles, de terras-

sement et d'irrigation (fig. 1-A). Sa principale singularité réside dans la production de feuilles destinées aux rituels religieux chrétiens et juifs, et non dans la production de fruits, lesquels mûrissent incomplètement à cette latitude. L'absence de finalité alimentaire amène de plus à la considérer comme l'un des ancêtres des jardins d'agrément modernes de la Côte d'Azur (Castellana, 2001 ; Pintaud, 2002). Elle représente donc un véritable conservatoire du patrimoine ethnologique et historique, au carrefour des traditions juives, arabes et chrétiennes, des techniques de culture communes au monde méditerranéen et des évolutions contemporaines du paysage.

Contrairement aux cultures des grandes zones de production dattière, mais de la même façon que dans de nombreuses autres palmeraies marginales (Elche, Sahel, Pérou), les palmiers de Bordighera sont multipliés par graine, ce qui assure le brassage génétique et maintient un *sex ratio* équilibré.

Sur le plan de la diversité morphologique foliaire, les cultivateurs locaux distinguent deux phénotypes d'usage, à savoir les palmes « juive » (Ebreá) et « romaine » ou « chrétienne » (Romana). Les agriculteurs ont établi des critères permettant de reconnaître la forme romaine ou juive de ces palmes, qu'ils considèrent comme des variétés différentes. Les caractères distinctifs de ces feuilles concernent leur port, la taille, la forme et l'aspect des folioles ainsi que de leur apex. Ces distinctions sont étroitement liées aux besoins rituels des traditions religieuses précitées. Les folioles terminales des palmiers romains sont ainsi généralement bifides, les feuilles étant un peu courbées avec une torsion latérale (fig. 1-CD). La grande taille et la souplesse des palmes romaines, ainsi que la finesse des folioles, les rendent particulièrement propices au tressage auquel elles sont soumises pour la procession du Dimanche des Rameaux (fig. 1-F). Les palmes juives sont plus courtes, dressées et rigides, avec une moindre torsion, un apex nettement arrondi et surtout une foliole terminale entière (c'est-à-dire non fendue), un caractère exigé pour le bouquet de la fête de Soukhot (fig. 1-BE). Certaines communautés juives prennent par ailleurs en compte un critère encore plus sélectif, correspondant à une qualité rare, à savoir la présence d'un crochet à l'apex de la foliole terminale (fig. 1-E). Cette caractéristique est à rapprocher de l'exigence rituelle juive qui commande que la foliole terminale ne soit pas fendue. La présence

de ces crochets est documentée à Bordighera et à Elche, où les agriculteurs confirment qu'il s'agit effectivement d'une caractéristique rare et correspondant toujours à des palmiers de type juif. Les feuilles juives et romaines font, de plus, l'objet de techniques différentes de préparation avant la récolte (Castellana, 2001).

Si l'identification traditionnelle de ces deux formes est bien établie, l'origine de cette diversité demeure moins évidente, dans la mesure où le maintien de formes distinctes n'est pas issu de la pratique du clonage, ni du contrôle de la pollinisation.

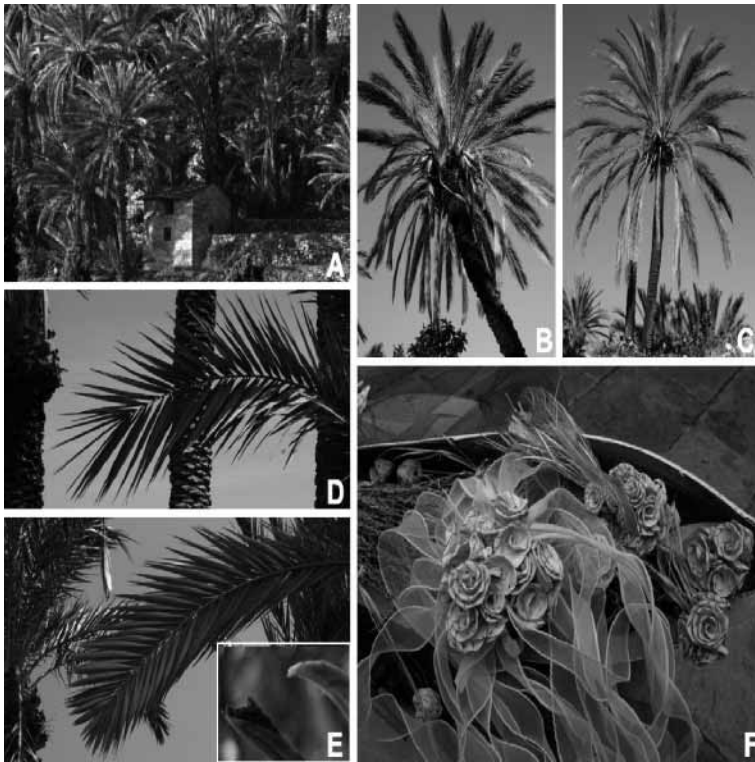


Figure 1

Principaux aspects de la palmiculture traditionnelle à Bordighera.

A. Vue de la palmeraie historique et de son bâti médiéval.

B. Port d'un palmier « juif ».

C. Port d'un palmier « chrétien ».

D. Détail d'une palme « chrétienne ».

E. Détail d'une palme « juive » et du crochet à l'extrémité des pennes.

F. Artisanat chrétien utilisant *Phoenix dactylifera* (feuilles) et *Syagrus romansoffiana* (inflorescence).

Une investigation menée auprès des sources historiques a tout d'abord permis d'évaluer l'ancienneté de la présence de palmiers dans la région. Si leur culture n'est véritablement documentée qu'à la fin du Moyen-Age, à l'époque de la fondation du village de Bordighera, elle pourrait toutefois remonter à l'Antiquité romaine. Une analyse génétique préliminaire, portant sur un nombre restreint d'échantillons prélevés dans la palmeraie historique, a par ailleurs révélé la présence de deux groupes de génotypes de *Phoenix dactylifera* distincts. Bien que l'hypothèse d'une introduction par phases successives du dattier à Bordighera soit probable, il est difficile d'aller plus loin dans l'histoire du site.

## Hypothèses de la recherche

Dans l'état actuel de nos recherches, nous avons retenu deux hypothèses alternatives susceptibles d'expliquer la distinction paysanne :

- 1) il existerait un continuum morphologique entre les formes Ebra et Romana, les paysans ne récoltant que les palmes les plus typiques qu'ils nomment ainsi. Cette séquence de formes intermédiaires entre les deux types extrêmes implique que les caractéristiques intrinsèques de la feuille soient contrôlées par de nombreux loci, ou que la forme de celle-ci soit très fortement influencée par l'environnement, ce qui impliquerait une grande plasticité phénotypique ;
- 2) il existerait une différence drastique entre les types Ebra et Romana, relevant d'un caractère à déterminisme monogénique avec un allèle dominant et un allèle récessif, de sorte que ce dimorphisme se maintiendrait dans la population reproduite de façon sexuée.

Pour tester ces hypothèses, nous avons fait appel aux techniques de la morphométrie géométrique employées dans l'analyse des différences entre les formes organiques. Le protocole retenu a consisté à prendre une photographie numérique à haute résolution des extrémités foliaires selon une méthode standardisée. La conformation géométrique du segment foliaire a ensuite été analysée sur la base de points de repère homologues (« landmarks » = LM), par la méthode dite de superposition de Procrustes (Rohlf et Marcus, 1993).

## Matériel et méthodes

Une première étape a été de définir un protocole pour une identification et une collecte rigoureuse des *landmarks* (Bookstein, 1991).

La définition de points de repère anatomiques homologues s'est heurtée à la variabilité de la disposition des palmes sur le rachis foliaire (fig. 2). Tout d'abord, il existe un polymorphisme intra-arbre entre feuilles paripennées et imparipennées. Il s'est avéré impossible de prendre en compte conjointement ces deux types de palmes, donc seules les palmes imparipennées ont été étudiées, afin de positionner sans ambiguïté le *landmark* terminal (fig. 2).

Nous avons retenu 12 *landmarks*, le premier est situé à l'insertion de la 5<sup>e</sup> penna latérale gauche sur le rachis, les suivants (2 à 12) sont positionnés successivement dans le sens des aiguilles d'une montre sur les extrémités des palmes, en commençant par la 5<sup>e</sup> latérale gauche et en terminant par la 5<sup>e</sup> latérale droite, ce qui amène la penna impaire apicale en position 7 (fig. 3).

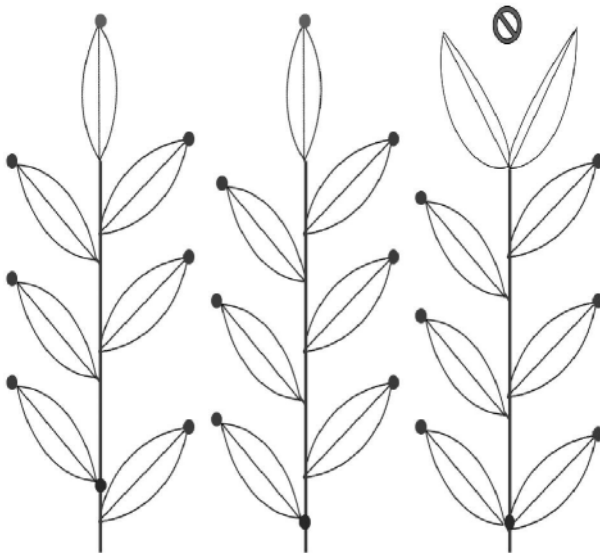


Figure 2  
Variabilité de la disposition des palmes sur le rachis foliaire et schématisation du concept d'homologie de *landmarks* retenus.



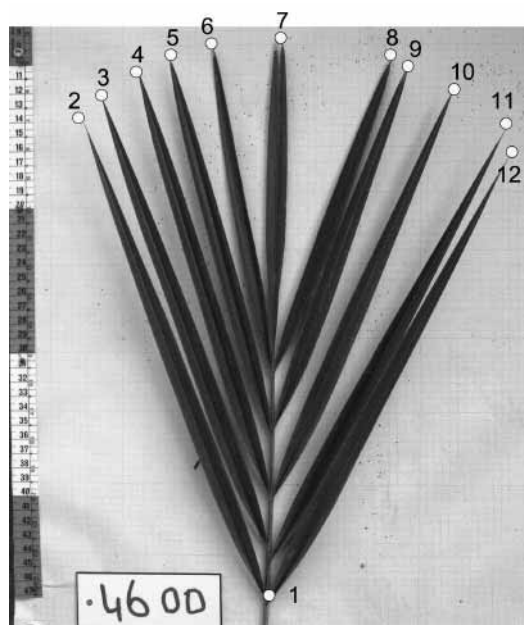


Figure 3  
Dispositif de photographie numérique des extrémités foliaires  
avec positionnement des 12 *landmarks*.

L'application de ce protocole a nécessité un certain nombre de précautions dans le choix des feuilles. Il s'est avéré indispensable de choisir des feuilles comportant des extrémités en parfait état et au même stade de développement. Les prélèvements ont été effectués au niveau des feuilles matures de la couronne intermédiaire. Les feuilles présentant une trop forte divergence dans l'angle d'insertion des pennes sur le rachis ont été exclues car la méthode d'analyse utilisée s'applique à des objets bidimensionnels. Pour cette même raison, seule la partie la plus apicale de la feuille, généralement plane, a été considérée.

La portion terminale prélevée comporte au moins les 5 dernières paires de pennes latérales. Les échantillons sont posés sur une feuille de papier centimétré, en prenant soin de les mettre toujours sur le même côté, sans les aplatir ni les déformer. Il nous a paru plus précis pour le positionnement des *landmarks* de photographier les

palmes en vue adaxiale (fig. 3). Des dispositions ont été prises pour limiter les défauts de parallaxe (photo perpendiculaire et objectif standard).

Pour procéder à l'analyse de morphométrie géométrique sur les clichés, il a fallu respecter un nombre minimum d'individus à étudier versus le nombre de *landmarks*. Avec 12 points de repère anatomiques, il faut disposer d'au moins 20 individus pour effectuer une analyse statistiquement robuste, comme le résume la formule suivante : 2 coordonnées (x et y) par point moins 4 degrés de liberté perdus après l'analyse de Procrustes = 20 individus (Klingenberg, 2007).

Une fois ces aspects techniques mis au point, un test de la méthode a été effectué sur les palmes de 6 arbres des types « Romana » (3), « Ebra » (2) et « intermédiaire » (1), ce dernier étant en fait un hybride en *P. dactylifera* et *P. reclinata* (fig. 4). Ensuite, un échantillonnage composé de 89 palmes de dattiers récoltées au hasard et de quelques représentants d'autres espèces du genre *Phœnix* cultivées pour l'ornement a été constitué. L'analyse porte sur un total de 133 photos d'extrémités de palmes, réparties entre *P. dactylifera* (89), *P. loureiroi* (25), *P. rupicola* (9) et *P. sylvestris* (10).

Les analyses ont été réalisées avec la suite de logiciels développés par Jean-Pierre Dujardin<sup>1</sup> :

- COO qui permet de positionner une série de *landmarks* sur des photographies numériques et créer un fichier de coordonnées ;
- TET, un éditeur des données de coordonnées ;
- MOG, qui effectue l'analyse par superposition de Procrustes, pour obtenir les variables de conformation biologique et visualiser la variation morphologique ;
- VAR, pour l'analyse des variations de taille ;
- BAC, pour l'analyse en composantes principale ;
- PAD, pour l'analyse discriminante ;
- COV, pour l'analyse de covariance.

---

<sup>1</sup> En ce qui concerne les logiciels développés par J-P. Dujardin (IRD), on se reportera au site : <http://www.mpl.ird.fr/morphometrics>

## Résultats

Au niveau du test préliminaire mené sur 6 arbres, on note tout d'abord une nette différence de taille entre les groupes « Romana » (grandes palmes), « Ebra » (petites palmes) et intermédiaire (fig. 4). On relève aussi une différence de conformation moyenne (fig. 4).

L'analyse multivariée (AFD) des conformations géométriques de ces trois types confirme une différenciation considérable entre eux, et le test de re-classification identifie correctement 100 % des individus. Ce test permet donc de valider la méthode sur l'objet d'étude.

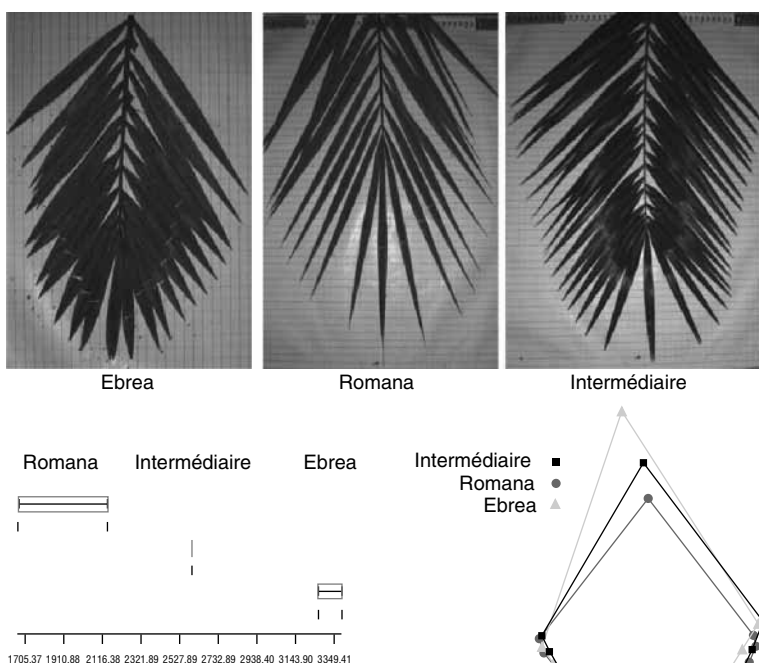
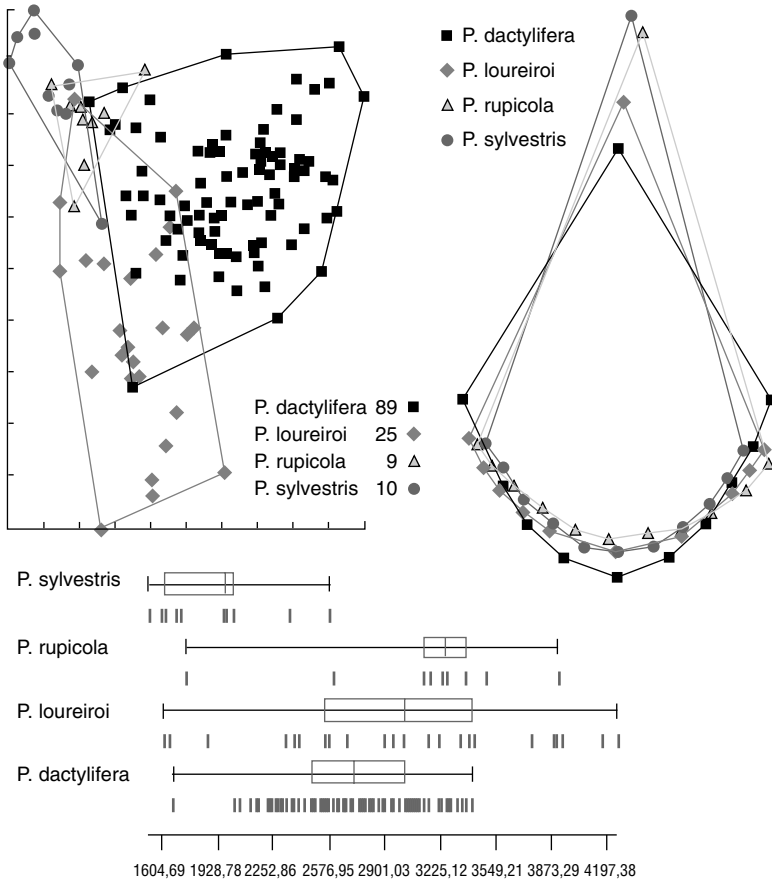


Figure 4

Analyse exploratoire de trois types de palmes. En bas à gauche, représentation de la dispersion de la variable de taille moyenne centroïde autour de la médiane associée aux extrémités de palmes des trois types. Chaque boîte montre la médiane de groupe séparant les quartiles 25 et 75. En bas à droite, superposition des conformations moyennes des trois types de palmes.

L'analyse de l'échantillonnage complet fait également apparaître des différences de taille entre espèces. *Phoenix dactylifera* et *P. loureiroi* ne sont cependant pas nettement différenciés pour la morphologie des extrémités foliaires (fig. 5).



■ Figure 5

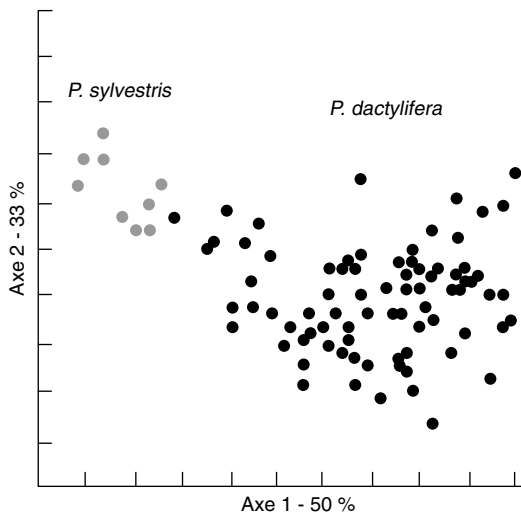
Analyse interspécifique (4 espèces). En haut à gauche, représentation sur les deux premiers axes d'une analyse factorielle discriminante (AFD) des variables de conformations « *partial warps* ». Les deux composantes ou fonctions discriminantes représentées expliquent 83 % de la variation totale. En haut à droite, superposition des conformations moyennes des quatre espèces. En bas, représentation de la dispersion de la variable de taille moyenne centroïde autour de la médiane associée aux extrémités de palmes des quatre espèces. Chaque boîte montre la médiane de groupe séparant les quartiles 25 et 75.

L'analyse discriminante sépare partiellement les espèces. Les deux premiers axes expliquent ainsi 83 % de la variation totale ; la première fonction discriminante apportant 50 % de la variation et la seconde 33 % (fig. 5).

Quant à l'analyse de re-classification, elle a donné le résultat suivant :

- Pop 1 (*P. dactylifera*) : 79 / 89 (88 %) ;
- Pop 2 (*P. loureiroi*) : 21 / 25 (84 %) ;
- Pop 3 (*P. rupicola*) : 8 / 9 (88 %) ;
- Pop 4 (*P. sylvestris*) : 9 / 10 (90 %).

Au sein de l'échantillonnage aléatoire de 89 individus de *Phœnix dactylifera*, aucune structuration n'apparaît (fig. 6).



■ Figure 6

Détail de l'analyse multivariée (AFD) sur deux espèces (*P. dactylifera* et *P. sylvestris*) montrant la différenciation interspécifique et l'absence de structuration intraspécifique. La variance expliquée par les deux premiers axes est indiquée sur ceux-ci.

## Discussion

Si certaines différences entre espèces apparaissent, la forte variance mise en évidence ne semble pas s'accompagner en revanche d'une structuration évidente chez *Phœnix dactylifera*. Autrement dit, des

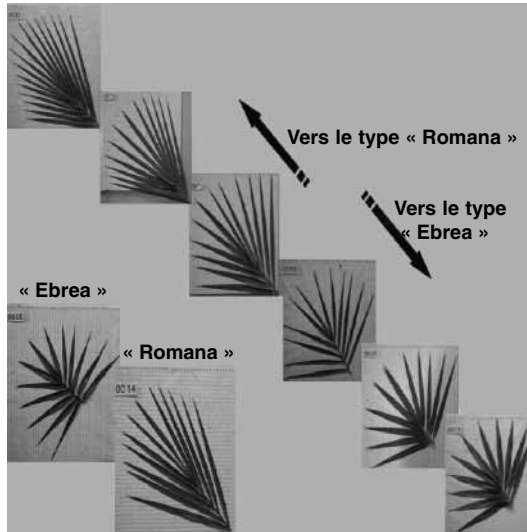


Figure 7  
Quelques exemples du continuum morphologique reliant les types « Ebra » et « Romana ».

morphologies très différentes semblent coexister et être liées entre elles par des types intermédiaires (fig. 7).

L'analyse des résultats devrait permettre un début de caractérisation de ces différentes morphologies.

L'analyse des données recueillies conduit ainsi à privilégier l'hypothèse H1 d'un continuum morphologique entre deux types (*romana/ebra*) distingués par les agriculteurs pour des raisons pratiques.

La morphométrie géométrique apparaît donc comme une méthode analytique pertinente dans le cadre de cette problématique.

## Auteurs

Ce compte-rendu des recherches menées dans le cadre du projet Phœnix a été présenté par Claudio Littardi. Robert Castellana a collaboré à la documentation historique. Jean-Christophe Pintaud a

contribué à l'élaboration de la méthodologie et à la définition des landmarks. Harling Caro-Riaño s'est occupée de l'analyse informatique des données collectées.

## Bibliographie

- BOOKSTEIN F. L., 1991 –  
*Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*.  
Cambridge University Press,  
Cambridge.
- CASTELLANA R., 2001 –  
« Le rôle de l'agriculture  
dans la sauvegarde du milieu naturel.  
Tradition et modernité  
dans l'agriculture niçoise-ligurienne  
d'après le témoignage du vallon  
du Sasso ». In *La tutela del  
patrimonio ambientale e del palmeto  
di Bordighera*. Istituto Internazionale  
di Studio Liguri, Bordighera,  
Italia : 35-61.
- KLINGENBERG C. P., 2007 –  
« Analysis of Organismal Form.  
An introduction to morphometrics »,  
delivered as a Web-based course, 198 p.
- MUNIER P., 1973 –  
*Le palmier dattier*.  
Maisonneuve et Larose, Paris.
- PINTAUD J.-C., 2002 –  
From Barcelona to Bordighera: palm  
gardens on Mediterranean shores.  
*Palms*, 46 : 149-153.
- ROHLF F.J., MARCUS L., 1993 –  
A revolution in morphometrics.  
*Trends in Ecology and Evolution*,  
8 : 129-132.

# Le nez électronique

Un outil pour la caractérisation du palmier dattier

**Marc Lebrun**

Physico-chimiste

**Claire Billot**

Biologiste moléculaire

**Hasnaa Harrak**

Physiologiste végétal

Présentation de travaux réalisés au sein de l'UMR Qualisud en collaboration avec l'Inra Marrakech.

## Introduction

L'arôme des fruits est souvent utilisé comme marqueur de qualité et critère de reconnaissance. L'opérateur qui maîtrise et/ou contrôle la qualité de sa matière première peut rapidement espérer en retour une valorisation financière et la datte n'échappe à cette règle. Pourtant, son arôme tenu et subtil est particulièrement difficile à appréhender et reste d'une perception difficile.

## Principe

Le nez électronique fonctionne par analogie avec le nez humain. Les composés volatiles, de la matrice que l'on perçoit, viennent imprégner des cellules sensibles de la paroi nasale qui transmettent en continu leurs signaux au cerveau. Celui-ci est un formidable outil de



décision qui est capable d'agglomérer des milliers de sensations pour arriver par exemple à l'information principale : c'est du *café* !!!

Si l'individu est entraîné, celle-ci sera plus précise : c'est du café *arabica* et si l'on est un expert : c'est du café *arabica* de *Colombie*.

De manière similaire, l'espace de tête généré au dessus de l'échantillon est envoyé au travers de chambres régulées en température contenant des capteurs électroniques (ici à base d'oxydes métalliques) qui réagissent aux composés volatiles et envoient en temps réel un signal à un système d'acquisition informatique. Les données sont alors traitées sous forme statistique.

## Matériels et méthodes

### *Matériel*

L'appareillage utilisé est un nez électronique de type Prometheus 18 capteurs de type LY et P&T (Alpha M.O.S) équipé d'un passeur automatique d'échantillon HS100 et du logiciel d'acquisition et traitement des données Alphasoft V8.0.

Le matériel végétal est constitué de 8 variétés de dattes marocaines (Ademou, Boufeggous, Bouskri, Bouslikhène, Bousthammi noire, Sair layat, Jihel et Oum N'hal) sans traitement du domaine expérimental « Nebch » de l'Inra à Zagora, récolte 2005 et de dattes biologiques algériennes de variété Deglet Nour d'El Oued, récolte 2005.

Les conditions opératoires sont mentionnées dans le tableau 1.

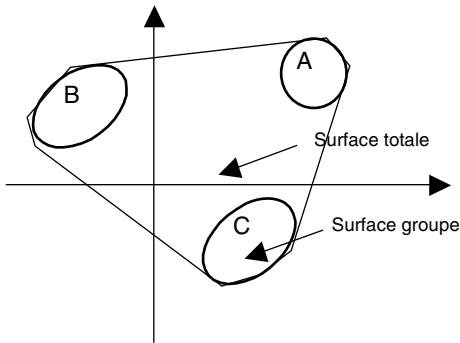
Paramètres	Valeur
Nombre de capteurs	18 de type LY et P&T
Quantité échantillon/Volume flacon	3 g/10 ml
Génération espace de tête	15 min à 60 °C
Volume injecté	2 ml
Temps d'acquisition	2 min

Tableau 1  
Conditions opératoires.

## Interprétation des données

Les données sont interprétées statistiquement, plus particulièrement sous forme d'ACP (analyse en composantes principales), mais peuvent l'être sous forme d'AFD (Analyse factorielle discriminante) ou de PLS (*Partial least square*) permettant une quantification.

La société Alpha M.O.S. a créé un indicateur, appelé indice de discrimination DI (fig. 1), et a déterminé que, à partir de 80 %, on obtient une bonne ségrégation et un modèle de représentation robuste.



$$DI = 100 * [1 - (\text{Surface A} + \text{Surface B} + \text{Surface C}) / (\text{Surface totale})]$$

■ Figure 1

## Résultats

### Question 1 : Le nez électronique est-il sensible aux faibles émissions volatiles de la datte ?

L'obtention d'un indice de discrimination de 99 %, en comparant les émissions volatiles de deux variétés de dattes différentes, la Boushammi noire et la Deglet Nour (fig. 2), à un flacon d'espace de tête vide servant d'échantillon blanc, permet de conclure à la perception des émissions volatiles de la datte par le nez électronique avec une très bonne sensibilité.

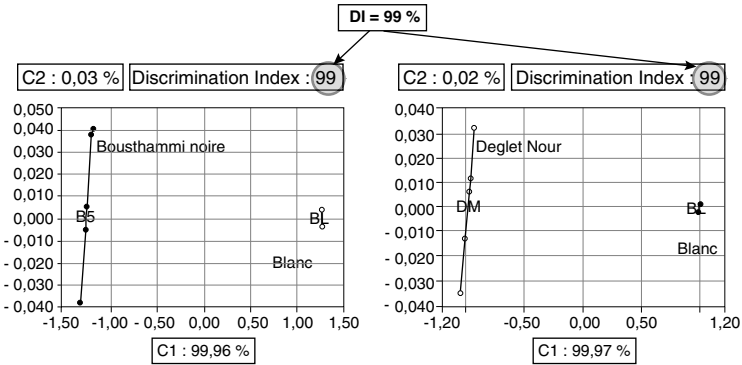


Figure 2 Indices de discrimination pour les variétés Boushammi noire et Deglet Nour.

**Question 2 : Quelle est l'aptitude du nez électronique à discerner différentes variétés de dattes ?**

Neuf variétés de dattes sont séparées avec un excellent indice de discrimination atteignant 88 %, montrant la bonne sélectivité des capteurs ainsi qu'un bon niveau de résolution du nez électronique (fig. 3).

La stabilité et la reproductibilité des mesures sont d'un bon niveau, comme le prouve la moyenne des coefficients de variations calculés par capteurs.

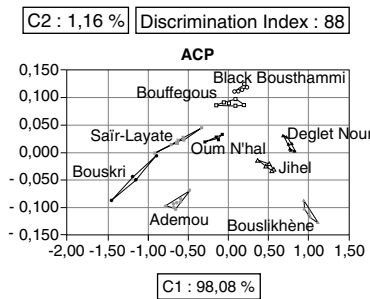


Figure 3 Indice de discrimination pour 9 variétés de dattes.

Variétés	CV (%)
Ademou	1,98
Black Bousthammi	1,57
Bouffegous	3,52
Bouskri	3,03
Bouslikhène	2,99
Deglet Nour	1,86
Jihel	2,51
Oum-N'hal	1,76
Saïr-Layalate	3,91

Tableau 2  
Etude du coefficient de variation  
en fonction de la variété de datte.

### *Question 3 : Quel est le niveau de performance du nez électronique ?*

Le calcul de la distance euclidienne, réalisé sur les groupes obtenus avec une bonne ségrégation dans l'ACP à partir de deux variétés de dattes, Bousthammi noire et Deglet Nour, et leur mélange dans une proportion de 50 %, permet de conclure à la linéarité de réponse de l'appareillage. En effet, le mélange se retrouve projeté exactement au milieu des deux variétés pures.

Distance euclidienne	Mix 50 %	Deglet-Nour
Black Bousthammi	0,302	0,607
Mix 50 %		0,306

Tableau 3  
Distance euclidienne pour deux variétés de dattes :  
Bousthammi noire et Deglet Nour.

## Conclusion et perspectives

Le nez électronique a clairement montré son utilité dans cette étude sur une approche qualité de la datte. Ses performances concernant la détection des émissions volatiles de la datte, réputées pour être

peu intenses, sont d'un très bon niveau en sensibilité et reproductibilité. De même, l'étude a montré l'aptitude du nez électronique à séparer aisément les 9 variétés. La création d'une empreinte olfactive spécifique, véritable carte d'identité variétale, permet d'envisager d'appliquer cette technique de reconnaissance rapide dans les suivis de maturité, les qualifications de lots de dattes, les adultérations (bromure de méthyle) ainsi que dans les fraudes. Dans ce cas, la miniaturisation s'imposerait.

# Modélisation de l'architecture et de la croissance des Arecaceae

**René Lecoustre**

Agronome spécialisé  
en modélisation

**Marc Jaeger**

Informaticien

**Sébastien Griffon**

Informaticien

**Mohammed Aziz Elhoumaizi**

Biologiste spécialisé en modélisation

## L'architecture des plantes appliquée aux Arecaceae

La classification des modèles architecturaux selon les critères topologiques, phyllotaxiques et d'organisation de la sexualité, mis au point par une équipe de chercheur de l'université de Montpellier II dans les années 1970 (Hallé et Oldeman, 1970 ; Edelin, 1977, 1984 ; Hallé *et al.*, 1978), montre que le cas des Arecaceae est relativement simple.

Leur croissance est, en effet, assurée par un seul bourgeon apical qui produit, de manière plus ou moins régulière de grandes feuilles palmées ou pennées appelées palmes. Certaines espèces ont la faculté de se ramifier de manière dichotomique (*Hyphaene thebaica*), d'autres sont capables de produire des rejets qui assurent une multiplication végétative et une colonisation du milieu (*Euterpe oleracea*), certains autres peuvent parfois porter des gourmands dont le rôle reste à définir (*Phoenix sylvestris*).

En ce qui concerne la floraison, il existe quelques genres qui produisent une floraison terminale (*Corypha elata*) ou basipète, de l'extrémité vers la base, (*Arenga sacchariformis*) deux stratégies de floraison qui mettent

fin à la vie de l'individu. Il existe des espèces dioïques (*Phoenix dactylifera*) et monoïques ; dans ce second cas, les inflorescences peuvent porter des fleurs des deux sexes (*Coco nucifera*) ou des cycles alternés d'inflorescences mâles et femelles apparaissent (*Elaeis guineensis*).

A la lumière de ces critères, il est possible de classer les plantes de la famille des *Arecaceae* selon quelques modèles architecturaux : ils sont repris dans la figure 1 avec en exemple les espèces les plus connues qui s'y réfèrent.

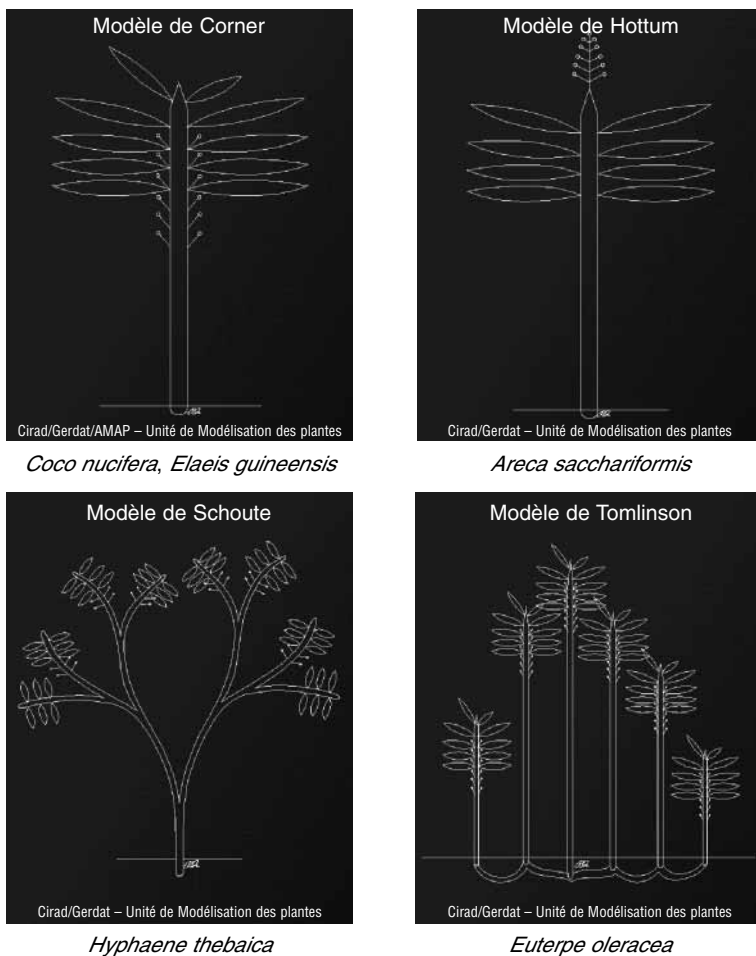


Figure 1  
Quelques modèles architecturaux  
des plantes de la famille des *Arecaceae*.

## Bibliographie

- AUCLAIR D., BARCZI J.F., BORNE F., ETIENNE M., LECOUSTRE R., 2001 – « La visualisation des paysages pour l'aménagement agroforestier ». In Malézieux E., Trébuil G., Jaeger M. (éd.) : *Modélisation des agro-écosystèmes et aide à la décision*, Montpellier, Cirad, collection Repères : 413-425.
- AUCLAIR D., LECOUSTRE R., NAUDET J.-P., PIGNARD G., 2001 – Visualisation des paysages à partir des bases de données de l'IFN. *Revue Forestière Française*, 53 (3-4) : 468-474.
- COSTES E., 1988 – *Analyse architecturale et modélisation du litchi* (Litchi chinensis Sonn.). *Contribution à l'étude de son irrégularité de production à l'île de la Réunion*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Académie de Montpellier.
- DAUZAT J., ELHOUMAIZI M.A., ROUPSARD O., LAMADA N., LAURANS M., LECOUSTRE R., 2007 – « Using computerized date palms for simulating light availability for under crops in oasis agro-systems ». *The Fourth Symposium on Date Palm*. 5-8/05/2007, King Faisal University, Al Hassa, Arabie Saoudite.
- DAVIERO V., MEYER-BERTHAUD B., LECOUSTRE R., 2000 – Computer simulation of sphenopsid architecture. I. Principles and methodology. *Review of Paleobotany and Palynology*, 109 : 121-134.
- DAVIERO V., LECOUSTRE R., 2000 – Computer simulation of sphenopsid architecture. II. *Calamites multiramis* Weiss, as an examples of late paleozoic arborescent sphenopsis. *Review of Paleobotany and Palynology*, 109 : 135-148.
- EDELIN C., 1977 – *Images de l'architecture des conifères*. Thèse de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Académie de Montpellier.
- EDELIN C., 1984 – *L'architecture monopodiale : l'exemple de quelques arbres d'Asie tropicale*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Académie de Montpellier.
- ELHOUMAIZI M.A., 2002 – Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis. Marrakech, Maroc : Université Cadi Ayyad, 130 p. Thèse de Doctorat d'Etat (Science - Biologie végétale).
- ELHOUMAIZI, M.A., LECOUSTRE R., OIHABI A., 2002 – Phyllotaxis and handedness in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Fruits*, 57 (5-6) : 297-303.
- ELHOUMAIZI M.A., ZIRARI A., DOLLÉ V., DAUZAT J., JAEGER M., LECOUSTRE R., OIHABI A. 2000 – Modeling of the architecture of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) methodology and applications. In Nujoma S. (ed.) *Proceedings of the Date palm International symposium*. Namibia Development Corporation, FAO, 166—172. Date palm International symposium, 22-25/02/2000, Windhoek, Namibia.
- ELHOUMAIZI M.A., LECOUSTRE R., 2007 – Date palm architecture. *The Fourth Symposium on Date Palm*. Al Hassa : The Fourth Symposium on Date Palm, 5-8/05/2007, King Faisal University, Al Hassa, Arabie Saoudite.



Halle F., Oldeman R.A.A., 1970 –  
Essai sur l'architecture  
et la dynamique de croissance  
des arbres tropicaux, Masson, Paris.

Halle F., Oldeman R.A.A.,  
Tomlinson P.B., 1978 – Tropical trees  
and forests. An architectural analysis,  
Springer Verlag, New York,  
Heidelberg, Berlin.

# Conservation des ressources génétiques du palmier dattier

**Florent Engelmann**  
Physiologiste végétal

## Introduction

Il existe deux stratégies pour conserver la diversité génétique : la conservation *in situ* et la conservation *ex situ*, qui sont chacune composées de différentes techniques. L'article 2 de la convention sur la diversité biologique donne les définitions suivantes pour ces deux stratégies de conservation (UNCED 1992) :

- la conservation *ex situ* correspond à la conservation d'éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel ;
- la conservation *in situ* correspond à la conservation des écosystèmes et des habitats naturels et le maintien et la reconstitution de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et, dans le cas des espèces domestiquées et cultivées, dans le milieu où se sont développés leurs caractères distinctifs.

La conservation *ex situ* est particulièrement appropriée pour la conservation des plantes cultivées et de leurs espèces apparentées sauvages, et la conservation *in situ* pour celle des espèces sauvages et des races locales à la ferme.

De nombreuses espèces végétales, parmi les plantes alimentaires majeures, produisent des semences qui présentent une phase de déshydratation intense en fin de maturation. Elles sont donc tolérantes à une déshydratation intense et peuvent être conservées à basse température à l'état déshydraté. Les semences de telles espèces sont nom-

mées orthodoxes (Roberts, 1973). Le stockage des semences orthodoxes est la méthode la plus largement utilisée de conservation *ex situ* des ressources phytogénétiques, puisque 90 % des 6,1 millions d'accessions stockées dans les banques de gènes sont conservées sous la forme de semences. Par opposition aux semences orthodoxes, un nombre considérable d'espèces, principalement d'origine tropicale ou subtropicale, tels le cocotier, le cacaoyer ou de très nombreux arbres fruitiers ou forestiers produisent des semences qui présentent une phase de déshydratation très faible en fin de maturation, et qui sont donc disséminées à des teneurs en eau relativement élevées. De telles semences ne peuvent résister à la déshydratation et elles sont souvent sensibles au froid. Elles ne peuvent donc pas être conservées dans les conditions de stockage traditionnelles des semences, c'est-à-dire à basse température avec une teneur en eau réduite. Ces semences, qualifiées de récalcitrantes, doivent être conservées dans des conditions d'humidité et de température relativement élevées pour maintenir leur viabilité (Roberts, 1973). Cependant, même lorsqu'elles sont stockées dans des conditions optimales, leur viabilité est limitée à quelques semaines ou mois. Il existe d'autres espèces dont la conservation sous forme de semences pose des problèmes. Tout d'abord, certaines espèces ne produisent pas de semences et sont par conséquent propagées de manière végétative, comme le bananier et le plantain (*Musa* sp.). Ensuite, il existe de nombreuses espèces qui ont : soit des génotypes stériles, soit des génotypes qui produisent des semences orthodoxes. Cependant, ces semences sont hétérozygotes et ne peuvent donc pas être utilisées pour la conservation de génotypes particuliers. Ces plantes sont généralement propagées de manière végétative pour maintenir les génotypes sous la forme de clones.

Traditionnellement, les espèces dont la conservation pose des problèmes sont conservées *ex situ* sous forme de collections en champ. Cette méthode, si elle offre des avantages certains, présente cependant des inconvénients qui limitent son efficacité et menacent sa sécurité (Engelmann, 1997). Les ressources génétiques de ces espèces sont exposées aux ravageurs et aux maladies, aux calamités naturelles comme la sécheresse ou les ouragans, aux erreurs humaines et au vandalisme. De plus, elles ne sont pas sous une forme qui facilite les échanges de matériel génétique à cause des risques élevés de transfert de maladies lors de l'échange de matériel végétatif.

Les collections en champ sont coûteuses à maintenir et, par conséquent, elles sont à la merci de décisions économiques qui peuvent limiter le niveau de réplification des accessions, la qualité de leur entretien et même leur survie en cas de difficultés économiques. Même dans les meilleures conditions, les collections en champ nécessitent des intrants considérables sous forme de terrain, main d'œuvre, gestion, matériel et, de plus, leur capacité à conserver une diversité importante est limitée.

Au vu de ces problèmes, il n'est pas surprenant que des efforts aient été faits pour améliorer la qualité et la sécurité de la conservation offertes par les collections en champ et pour comprendre et régler les problèmes causés par la récalcitrance des semences, afin de rendre le stockage des semences plus largement applicable. Cependant, il est clair que des approches alternatives sont nécessaires pour la conservation des ressources génétiques des matériels qui posent des problèmes et, depuis les années 1970, l'attention s'est tournée vers les possibilités offertes par les biotechnologies, et de manière plus spécifique, la culture *in vitro* et la cryoconservation.

## Biotechnologies pour la conservation de la biodiversité végétale

Au cours des trente dernières années, les techniques de culture *in vitro* se sont largement développées et elles ont été appliquées à plus de 1 000 espèces différentes (George, 1993a et b). Les techniques de cultures de tissus sont d'un grand intérêt pour la collecte, la multiplication et la conservation du matériel génétique (Engelmann, 1991 ; Pence *et al.*, 2002). Les systèmes de culture de tissus permettent de propager le matériel végétal avec des taux de multiplication élevés, dans un environnement aseptique. Des plantes exemptes de virus peuvent être obtenues par culture de méristèmes en combinaison avec la thérapie thermique, ce qui permet la production de stocks exempts de virus et simplifie les procédures de quarantaine pour l'échange international de matériel génétique. La miniaturisation

des explants permet de réduire l'espace nécessaire pour la conservation, et, par conséquent, de réduire les coûts de main d'œuvre pour l'entretien des collections. Différentes techniques de conservation *in vitro* sont utilisées selon la durée de stockage recherchée (Engelmann, 1991). Pour le stockage à court et moyen terme, on utilise les techniques de conservation en croissance ralentie. Pour la conservation à long terme, la cryoconservation, c'est-à-dire le stockage à température ultra basse, généralement celle de l'azote liquide (-196 °C), est la seule méthode utilisable. Les techniques de conservation en croissance ralentie et de cryoconservation sont décrites dans les sections suivantes.

### *Conservation en croissance ralentie*

Pour la croissance en vie ralentie, la technique la plus largement utilisée est la réduction de la température qui peut être combinée avec une diminution de l'intensité lumineuse ou avec une culture à l'obscurité. Des températures de l'ordre de 0-5 °C sont employées pour les espèces tolérantes au froid. Les espèces tropicales sensibles au froid, doivent être conservées à des températures plus élevées, qui dépendent de la sensibilité au froid de l'espèce. Diverses modifications peuvent également être apportées au milieu de culture afin de ralentir la croissance (Withers et Engelmann, 1998). Les techniques de stockage *in vitro* en croissance ralentie sont utilisées en routine pour la conservation à moyen terme de nombreuses espèces, à la fois d'origine tropicale et tempérée, comme la pomme de terre, les *Musa*, l'igname et le manioc (Engelmann, 1999). En 1996, la FAO recensait environ 38 000 accessions conservées *in vitro* en vie ralentie (FAO, 1996). Cependant, si la conservation *in vitro* semble une option simple et pratique pour la conservation à moyen terme de nombreuses espèces, son utilisation nécessite une adaptation à chaque nouveau matériel ainsi que des intrants continus, et des questions se posent quant à la stabilité génétique du matériel stocké pour certaines espèces. Des directives techniques ont été publiées récemment (Reed *et al.*, 2004), qui peuvent servir de guide aux chercheurs et gestionnaires des banques de gènes pour l'établissement et la gestion des collections *in vitro* de ressources génétiques.

## *La cryoconservation*

A la température de l'azote liquide, toutes les divisions cellulaires sont stoppées et le métabolisme arrêté. Le matériel végétal peut ainsi être conservé sans altération ni modification pendant des durées théoriquement illimitées. De plus, les cultures sont stockées dans un volume réduit, à l'abri des contaminations et avec un entretien limité. Il est important de réaliser que la cryoconservation est la seule technique disponible à l'heure actuelle permettant la conservation économique et en sécurité des ressources génétiques du matériel végétal dont la conservation pose des problèmes.

Certains matériels, comme les semences orthodoxes ou les bourgeons dormants, présentent des processus naturels de déshydratation et peuvent être cryoconservés sans aucun prétraitement. Cependant, la plupart des systèmes expérimentaux employés en cryoconservation (bourgeons, embryons, suspensions ou cals) contiennent des quantités d'eau intracellulaire élevées et sont donc extrêmement sensibles à la congélation puisqu'ils ne sont pas naturellement tolérants à la déshydratation. Les cellules doivent donc être déshydratées artificiellement pour les protéger des dégâts causés par la cristallisation de l'eau intracellulaire pour former de la glace. Les techniques employées et les mécanismes physiques sur lesquels elles reposent sont différents dans les techniques de cryoconservation classiques et nouvelles (Withers et Engelmann, 1998). Les techniques classiques sont basées sur la déshydratation pendant la congélation, alors que les nouvelles techniques sont basées sur la vitrification. La vitrification peut être définie comme la transition de l'eau directement de la phase liquide en une phase amorphe ou verre, en évitant la formation de glace cristalline dommageable pour l'intégrité cellulaire. Les techniques de cryoconservation classiques ont été appliquées avec succès aux systèmes indifférenciés comme les suspensions cellulaires et les cals (Withers et Engelmann, 1998). Dans le cas des cultures différenciées, ces techniques peuvent être employées seulement pour la congélation d'apex d'espèces tolérantes au froid. Dans les procédures basées sur la vitrification, la déshydratation cellulaire est réalisée avant la congélation en exposant les échantillons à des solutions cryoprotectrices extrêmement concentrées ou à la dessiccation physique. La déshydratation est suivie par la congélation. Avec ces

techniques, tous les problèmes liés à la formation de glace intracellulaire sont évités. Les procédures basées sur la vitrification offrent des avantages pratiques par rapport aux techniques classiques. Elles sont plus appropriées aux organes complexes comme les bourgeons ou les embryons qui ont une structure histologique hétérogène. En empêchant la formation de glace dans le système, les protocoles basés sur la vitrification sont de mise en œuvre moins complexe que les protocoles classiques (ils ne nécessitent pas de congélateurs programmables) et ils ont un potentiel d'applicabilité beaucoup plus large (Engelmann, 1997). Sept différentes techniques basées sur la vitrification ont été mises au point : encapsulation-déshydratation, vitrification, encapsulation-vitrification, déshydratation, préculture, préculture-déshydratation, congélation et gouttes et vitrification en gouttes (Engelmann, 2004 ; Gonzalez-Arno et Engelmann, 2006 ; Sakai et Engelmann, 2007). Ces nouvelles techniques ont été utilisées pour la cryoconservation de bourgeons et d'embryons de nombreuses espèces végétales d'origine tropicale et tempérée (Engelmann et Takagi, 2000 ; Reed, 2008).

Bien que leur utilisation en routine soit encore limitée, il existe un nombre croissant d'exemples pour lesquels la cryoconservation est employée à grande échelle avec différents types de matériels qui sont, ou non, tolérants à la dessiccation, qui comprennent des semences d'espèces orthodoxes ou récalcitrantes, des bourgeons dormants, du pollen, des produits des biotechnologies et des bourgeons prélevés sur des vitroplants (Engelmann, 2009). Ceci a été rendu possible par le développement des nouvelles techniques basées sur la vitrification a rendu possible son application à une large gamme d'espèces (Engelmann, 2004). Un avantage important des ces nouvelles techniques est leur simplicité de mise en œuvre, puisqu'elles sont destinées à être utilisées dans les pays tropicaux, dans lesquels la plus grande partie des ressources génétiques des espèces posant des problèmes de conservation est située. Pour un nombre non négligeable d'espèces à multiplication végétative, les techniques de cryoconservation sont suffisamment avancées pour pouvoir envisager leur utilisation immédiate en routine dans les banques de gènes. Les recherches sont nettement moins avancées pour les espèces à semences récalcitrantes. Ceci est dû au nombre très important de ces espèces, qui sont principalement sauvages, et au nombre limité d'activités de recherche visant à améliorer leur

conservation. Cependant, il existe différentes approches techniques pour améliorer leur efficacité et augmenter leur applicabilité aux espèces récalcitrantes. De plus, des recherches sont activement conduites par différents groupes dans le monde pour augmenter les connaissances sur les mécanismes biologiques et physiques sur est basée la récalcitrance. Des résultats nouveaux sur des points clé comme la compréhension et le contrôle de la sensibilité à la dessiccation contribueront de manière significative au développement de techniques de cryoconservation améliorées pour les espèces à semences récalcitrantes. A ce sujet, il est intéressant de mentionner qu'un projet COST (*European cooperation in the field of scientific and technical research* financé par l'Union européenne (Action COST 871 : *Cryopreservation of crop species in Europe*) a été initié récemment. Cette action vise notamment à accroître les connaissances fondamentales sur la cryoprotection par la détermination des changements physico-biochimiques associés à la tolérance à la cryoconservation et à développer et à appliquer de nouveaux protocoles de cryoconservation. Pour plus d'informations, le site Web <http://www.biw.kuleuven.be/dtp/tro/cost871/Home.htm> peut être consulté. On peut donc attendre de manière réaliste que dans les années qui viennent, notre compréhension des mécanismes impliqués dans la cryoconservation augmente et que la cryoconservation devienne plus fréquemment employée pour la conservation à long terme des ressources phylogénétiques.

## Conservation des ressources génétiques du palmier dattier

Le palmier dattier joue un rôle clé dans l'écologie des zones arides et désertiques du Maghreb, du Sahara, de la péninsule arabique, ainsi qu'en Iran et jusque dans la vallée de l'Indus au Pakistan. Il a une très grande importance économique et sociologique pour les populations de ces régions, à la fois par sa production propre (dattes et autres produits) et en permettant le développement d'une agriculture oasienne.



## *Techniques classiques de conservation*

On connaît plus de 2 000 variétés de dattiers, mais nombre d'entre-elles ont un rendement faible et leurs fruits sont de mauvaise qualité (Zaid *et al.*, 2002). Selon ces auteurs, le nombre de variétés ayant un rendement acceptable est sans doute inférieur à 50, et 25 à 50 % de celles-ci ont un intérêt commercial. Cependant, malgré leur faible rendement, ces variétés ont souvent une valeur culturelle et sociologique élevée, et elles peuvent également présenter des caractères intéressants d'adaptation à des conditions particulières et de résistance aux maladies. La diversité génétique du palmier dattier est traditionnellement conservée *in situ* dans les palmeraies sauvages ou entretenues par l'homme. Il est cependant reconnu que les ressources génétiques de cette espèce sont menacées, du fait de la dissémination à grande échelle d'un nombre restreint de variétés d'intérêt commercial (Jaradat, 2006). L'identification précise, la caractérisation et la conservation de ces ressources génétiques ont été identifiées comme une priorité importante par les membres du Date Palm Biotechnology Network (Zaid *et al.*, 2002).

Pour ce qui concerne la conservation *ex situ* du palmier dattier, le Directory of Germplasm Collections de l'IBPGR (Bettencourt *et al.*, 1992) fait état de collections en champ en Algérie, Brésil, République dominicaine, France, Inde, Iran, Irak, Maroc, Nigeria, Afrique du Sud, Soudan, Taiwan et aux USA. D'autres publications plus récentes font référence à l'établissement d'autres banques de gènes, telles que la banque du Sultanat d'Oman qui comporte 187 variétés (Al-Yahyai et Al-Khanjari, 2008).

Les semences du palmier dattier sont classifiées comme orthodoxes vis-à-vis de leur conservation (Hong *et al.*, 1996). Nixon (1964) a indiqué qu'elles pouvaient être conservées 15 ans à température ambiante. Plus récemment, Sallon *et al.* (2008) ont obtenu la germination d'une semence de dattier âgée de 2 000 ans. Cependant, ces semences sont hétérozygotes et ne sont donc que d'un intérêt limité puisqu'elles ne permettent que la conservation de gènes et non de génotypes particuliers.

Des essais de conservation de pollen ont également été réalisés. Ainsi, Boughediri *et al.* (1995) ont montré que la viabilité de pollen de palmier dattier au bout de 230 jours de stockage était supérieure

lorsque la conservation avait lieu à 4 °C en présence de CaCl<sub>2</sub>, par rapport à une conservation à 4 °C, à -20 °C ou après lyophilisation. Plus récemment, El-Mardi *et al.* (2000) ont montré, qu'après 12 mois, la viabilité était supérieure pour une température de stockage de 4-5 °C par rapport à -18 °C ou 23-25 °C.

## *Biotechnologies et conservation du palmier dattier*

Les biotechnologies ont été utilisées pour conserver du matériel cultivé *in vitro* et du pollen de palmier dattier.

### **Conservation en croissance ralentie**

À notre connaissance, il n'existe qu'un seul rapport sur la conservation en croissance ralentie de cultures *in vitro* de palmier dattier. Bekheet *et al.*, (2002) ont indiqué que des cals et des vitroplants du cv Zaghlool ont pu être conservés à 5 °C à l'obscurité pendant 12 mois sur un milieu enrichi en sorbitol.

### **Cryoconservation**

Chez le palmier dattier, les premiers travaux de cryoconservation ont été réalisés en utilisant des techniques de congélation classiques. Tisserat *et al.* (1981) et Ulrich *et al.* (1982) ont congelé des cals embryogènes des variétés Medjool, Deglet Noor et Khadrawy. Après un prétraitement avec un mélange de polyéthylène glycol, diméthylsulfoxyde (DMSO) et de glucose et une congélation lente jusqu'à -30 °C, des plantules ont pu être régénérées à partir des cals congelés. La survie est beaucoup plus élevée pour les variétés Deglet Noor et Khadrawy que pour Medjool. Des bourgeons prélevés sur des vitroplants des variétés Bou Sthammi noir, Zahidi et Nabut Seif ont été cryoconservés en utilisant un traitement cryoprotecteur avec du saccharose et du DMSO suivi d'une congélation lente jusqu'à -40 °C (Bagniol et Engelmann 1991). Les pourcentages de survie obtenus variaient entre 11,8 et 48,2 %, et la reprise de croissance des apex était lente, la structure des apex étant fortement altérée par la cryoconservation, comme l'ont montré les études histologiques réalisées (Bagniol *et al.*, 1992).

Les nouvelles techniques de cryoconservation, basées sur la vitrification, ont également été expérimentées avec le palmier dattier. Mycock *et al.* (1995) ont ainsi congelé avec succès des embryons somatiques en utilisant un prétraitement avec du glycérol et du DMSO, suivi d'une déshydratation partielle jusqu'à 0,4 - 7,7 g H<sub>2</sub>O/g MS. L'addition de calcium et de magnésium dans le mélange cryoprotecteur a permis d'améliorer la qualité de la reprise, en diminuant la callogenèse et en augmentant le nombre d'embryons pouvant cryoconservés produisant des plantules (Mycock, 1999).

Plus récemment, des cals nodulaires de la variété Zaghlool ont été cryoconservés en utilisant les techniques de préculture-déshydratation et de vitrification (Bekheet *et al.*, 2007). Avec la préculture-déshydratation, les conditions optimales, permettant une survie de 80 %, étaient les suivantes : prétraitement avec un milieu contenant 1 M de saccharose, dessiccation jusqu'à 65,8 % de teneur en eau puis congélation rapide. Avec la vitrification, une survie de 70 % a été obtenue après traitement des cals avec une solution de vitrification composée de glycérol, éthylène glycol, polyéthylène glycol et DMSO pendant 80 min à 0 °C. Enfin, Fki *et al.* (2008) ont obtenu 70 % de survie après congélation de masses proembryogènes de la variété Barhee en utilisant la vitrification en gouttes, avec un traitement des échantillons pendant 30 min avec la solution de vitrification PVS2 avant la congélation.

La cryoconservation a également été testée avec des semences et du pollen de palmier dattier. Ainsi, Al-Madeni et Tisserat (1986) rapportent que des semences ayant une teneur en eau de 7,8 % pouvaient être stockées 546 jours à 0 °C, -20 °C ou -196 °C sans perte de viabilité. Tisserat *et al.* (1985) ont obtenu le développement des fruits et des rendements identiques en utilisant du pollen non-congelé et cryoconservé.

## Conclusion

En conclusion, l'importance d'organiser et de réaliser au niveau international la conservation des ressources génétiques du palmier dattier a été soulignée par plusieurs auteurs (Jaradat, 1995, 2006 ;

Zaid *et al.*, 2002), afin d'éviter la perte de variétés traditionnelles, menacées par la dissémination à grande échelle d'un petit nombre de variétés commerciales. Il est maintenant reconnu qu'une stratégie de conservation appropriée pour un pool génétique particulier nécessite une approche holistique, qui combine les différentes techniques de conservation *in situ* et *ex situ* disponibles de manière complémentaire (Maxted *et al.*, 1997). La sélection des méthodes appropriées doit être basée sur un ensemble de critères, incluant la nature biologique de l'espèce considérée, la faisabilité des méthodes particulières choisies (qui dépendent de la disponibilité des infrastructures adéquates), de même que la sécurité et la rentabilité économique apportées par leur application. Les aspects de complémentarité en ce qui concerne l'efficacité et le coût des différentes méthodes de conservation choisies sont aussi importants. Dans de nombreux cas, le développement des stratégies complémentaires de conservation appropriées nécessitera encore des recherches supplémentaires pour définir les critères, optimiser les méthodes et tester leur application pour une gamme de pools génétiques et situations. Nous avons montré dans cet article que les biotechnologies offrent des potentialités intéressantes pour contribuer à améliorer la conservation des ressources génétiques du palmier dattier, avec le développement des techniques de propagation *in vitro* et de cryoconservation. Dans ce contexte, il est important de souligner que ces nouvelles techniques de conservation *in vitro* ne sont pas perçues comme étant destinées à remplacer les approches conventionnelles de conservation *ex situ*. Elles offrent aux gestionnaires des banques de gènes des outils supplémentaires pour leur permettre d'améliorer la conservation du matériel génétique placé sous leur responsabilité.

## Bibliographie

AL-MADENI M. A., TISSERAT B., 1986 – Survival of palm seeds under cryogenic conditions. *Seed Sci. Technol.*, 14 : 79-85.

AL-YAHYAI R., AL-KHANJARI S., 2008 – Biodiversity of date palm in the Sultanate of Oman. *Afr. J. Agric. Res.*, 3 : 389-395.

BAGNIOL S., ENGELMANN F., 1991 – Effects of pretreatment and freezing conditions on the resistance of meristems of date palm (*Phoenix dactylifera* L. var. Bou Sthammi noir) to low temperatures and to freezing in liquid nitrogen. *CryoLetters*, 12 : 279286.

- BAGNIOL S., ENGELMANN F., MICHAUX FERRIÈRE N., 1992 – Histocytological study of apices from *in vitro* plantlets of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) during a cryopreservation process. *CryoLetters*, 13 : 405-412.
- BEKHEET S.A., TAHA H.S., SAKER M. M., 2002 – *In vitro* long-term storage of date palm. *Biol. Plant.*, 45 : 121-124.
- BEKHEET, S. A. TAHA, H. S. SAKER, M. M. SOLLIMAN, M. E., 2007 – Application of cryopreservation technique for *in vitro* grown date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultures. *J. Appl. Sci. Res. Sept. Issue* : 859-866.
- BETTENCOURT E., HAZEKAMP T., PERRY M. C., 1992 – *IBPGR Directory of Germplasm Collections. 6.1 Tropical and Subtropical Fruits and Tree Nuts: Annona, Avocado, Banana and Plantain, Breadfruits, Cashew, Citrus, Date, Fig, Guava, Mango, Passionfruit, Papaya, Pineapple and others*, IBPGR (éds.), Rome.
- BOUGHEDIRI L., CERCEAU-LARRIVAL M. T., DORE J. C., 1995 – Significance of freeze-drying in long term storage of date palm pollen. *Grana.*, 34 (6) : 408-412.
- EL-MARDI M.O., BAKHEIT C.S., AL-KHAROUSI L., AL-MANTHERI O.S., 2000 – Factors regulating *in vitro* germination of date palm pollen grains after storage. *Sultan Qaboos Univ. J. Sci. Res. – Agric. Sci.*, 5 : 19-23.
- ENGELMANN F., 1991 – *In vitro* conservation of tropical plant germplasm – a review. *Euphytica*, 57 : 227-243.
- ENGELMANN F. 1997 – « *In vitro* conservation methods ». *In : Biotechnology and plant genetic resources : conservation and use*. Wellington, CABI Ford-Lloyd BV, Newbury JH, Callow JA eds. : 119-162.
- ENGELMANN F., 1999 – *Management of Field and in vitro Germplasm Collections, Proceedings of a Consultation Meeting - 15-20 January, 1996, CIAT, Cali, Colombia*. Rome : International Plant Genetic Resources Institute.
- ENGELMANN F., 2004 – Plant cryopreservation: progress and prospects. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*, 40 : 427-433.
- ENGELMANN F., 2009 – Use of biotechnologies for conserving plant biodiversity. *Acta Hortic.*, 812 : 63-82.
- ENGELMANN F., TAKAGI H., 2000 – *Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm - Current Research Progress and Applications*, JIRCAS, Tsukuba/IPGRI, Rome.
- FAO., 1996 – *Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations.
- FKI L., BOUAZIZ N., PANIS B., DRIRA N., 2008 – « La technique de congélation en gouttes des masses proembryogènes : un moyen efficace pour la conservation des ressources génétiques phoenicicoles ». *In : Biotech2008 X<sup>e</sup> Journées Scientifiques du réseau « Biotechnologies végétales/Amélioration des plantes et sécurité alimentaire » de l'Agence universitaire de la Francophonie, Biotechnologies végétales et gestion durable des résistances face à des stress biotiques et abiotiques* 30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes, Rennes, France.
- GEORGE E. F., 1993a – *Plant propagation by tissue culture. Part 1. The Technology*, Second edition, Edington, Exegetics Ltd.

- GEORGE E. F., 1993b – *Plant propagation by tissue culture. Part 2. In Practice*, Second Edition, Edington, Exegetics Ltd.
- GONZALEZ-ARNAO M. T., ENGELMANN F., 2006 – Cryopreservation of plant germplasm using the encapsulation-dehydration technique : review and case study on sugarcane. *CryoLetters*, 27 : 155-168.
- HONG T.D., LININGTON S., ELLIS R.H., 1996 – *Seed Storage Behaviour: a Compendium*. Handbooks for genebanks N° 4, International plant genetic resources institute, Rome.
- JARADAT A. A., 1995 – Modern agriculture endangers rich fruit and nut reservoir of the Mediterranean Basin. *Diversity*, 11 : 127-128.
- JARADAT A., 2006 – « Date palms of Arabia : a multifunctional genetic resource ». *In Abst. International Conference on Date Palm Production and Processing Technology*. May 9-11, 2006, Muscat, Oman. p. 8.
- MAXTED N., FORD-LLOYD B.V., HAWKES J.G., 1997 – *Complementary conservation strategies*. In *Plant Genetic Resources Conservation* (N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes, eds.). Chapman & Hall, London : 15-39
- MYCOCK D. J., WESLEY-SMITH J., BERJAK P., 1995 – Cryopreservation of somatic embryos of four species with and without cryoprotectant pre-treatment. *Annals of Botany*, 75 : 331-336.
- MYCOCK D., 1999 – Addition of calcium and magnesium to a glycerol and sucrose cryoprotectant solution improves the quality of plant embryo recovery from cryostorage. *CryoLetters*, 20 : 77-82.
- NIXON R.W., 1964 – Viability of date seeds in relation to age. *Date Growers' Institute Report*, 41 : 3-4.
- PENCE V.C., SANDOVAL J., VILLALOBOS V., ENGELMANN F., 2002 – *In Vitro Collecting Techniques for Germplasm Conservation*. IPGRI Technical Bulletin N° 7. Rome, IPGRI.
- REED B.M., 2008 – *Plant Cryopreservation – A Practical Guide*. New York : Springer.
- REED B.M., ENGELMANN F., DULLOO M.E., ENGELS J.M.M., 2004 – *Technical Guidelines for the Management of Field and In Vitro Germplasm Collections*. Handbook for Genebanks N° 7. Rome, IPGRI/SGRP.
- ROBERTS H.F., 1973 – Predicting the viability of seeds. *Seed Sci. Technol.*, 1 : 499-514.
- SAKAI A., ENGELMANN F., 2007 – Vitrification, encapsulation-vitrification and droplet-vitrification: a review. *CryoLetters*, 28 : 151-172.
- SALLON S., SOLOWEY E., COHEN Y., KORCHINSKY R., EGLI M., WOODHATCH I., SIMCHONI O., KISLEV M., 2008 – Germination, genetics and growth of an ancient date seed. *Science*, 320 : 1464.
- TISSERAT B., GABR M. F., SABOUR M. T., 1985 – Viability of cryogenically treated date palm pollen. *Date Palm J.*, 4 : 25-31.
- TISSERAT B., ULRICH J. M., FINKLE B. J., 1981 – Cryogenic preservation and regeneration of date palm tissue. *HortSci.*, 16 : 1.
- ULRICH J. M., FINKLE B. J., TISSERAT B., 1982 – Effect of cryogenic treatment on plantlet production from frozen and unfrozen date palm callus. *Plant Physiol.*, 69 : 624-627.

UNCED, 1992 –  
*Convention on Biological Diversity.*  
United Nations Conference on  
Environment and Development,  
Genève.

WITHERS L. A., ENGELMANN F., 1998 –  
*In vitro* conservation of plant genetic  
resources. In : Altman A, ed.  
*Biotechnology in Agriculture.*  
New York, Marcel Dekker Inc : 57-88.

ZAID A., ARIAS E. J., TAHER F., 2002 –  
Date Palm Global Network.  
Project Document.  
<http://dpgn.uaeu.ac.ae/index.htm>.

Intérêts et limites  
de la micropropagation  
du palmier dattier

---

partie 3





# Intérêts, limites et perspectives de la multiplication *in vitro* du dattier pour le développement de cette culture

**Michel Ferry**

Agronome

## Intérêts

Le principal intérêt de la multiplication *in vitro* du palmier dattier est de répondre aux besoins en plants beaucoup plus rapidement que par le recours aux rejets : en moyenne dix tous les dix ans à partir de rejet contre doublement tous les mois dans le cas de la multiplication par organogénèse *in vitro*. Mais, il faut noter que ce potentiel de multiplication végétative à partir de rejets peut être considéré comme tout à fait suffisant comme l'illustre les deux exemples suivants :

- les planteurs californiens continuent à utiliser les rejets pour le renouvellement de leur plantation alors que c'est en Californie qu'a été mise au point, pour la première fois il y a trente ans, la multiplication *in vitro* du dattier par embryogénèse somatique à partir de rejet (Tisserat, 1979) ;
- en Tunisie, le développement considérable de plantations de la variété Deglet Nour à partir des années 1970 a été entièrement basé sur l'utilisation de rejets.

En fait, c'est surtout dans les pays de la péninsule arabique que l'emploi des vitroplants a pris une certaine importance, en raison entre autres d'un pouvoir d'achat très élevé dans cette région.

Le recours à la multiplication *in vitro* s'il présente l'avantage de rendre rapidement disponible un très grand nombre de plants clonés présente néanmoins le risque d'accélérer encore l'appauvrissement de l'agrodiversité par la réduction à quelques cultivars de réputation internationale le nombre des variétés proposées par les laboratoires commerciaux de culture *in vitro*.

A l'opposé, la multiplication *in vitro* présente l'avantage de permettre la multiplication de génotype de très grande qualité rare ou encore sans rejet. Dans ce dernier cas, cette opération est réalisable à partir de divers type d'explants :

- bourgeons indifférenciés, apex ou très jeunes feuilles. Mais, cela entraîne le sacrifice du palmier correspondant au génotype unique ;
- jeunes feuilles en s'inspirant de la technique utilisée pour le palmier à huile ;
- jeunes inflorescences. Le prélèvement d'inflorescences même très jeunes ne nécessite pas le sacrifice du palmier si son mode de floraison a été soigneusement établi et si une technique d'extraction adaptée est utilisée.

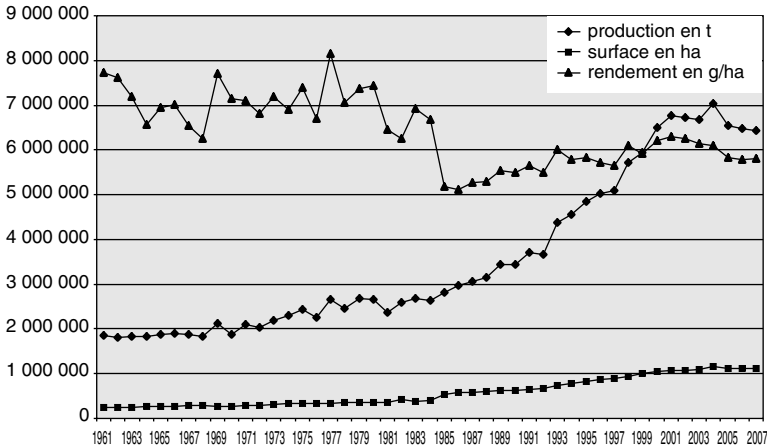
Un autre intérêt très important de la multiplication *in vitro* est de permettre l'échange de matériel sain et, plus particulièrement indemnes vis à vis des deux principaux organismes mortels du dattier connus aujourd'hui : le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* responsable de la maladie mortelle du bayoud et le charançon rouge des palmiers. Dans les deux cas, c'est, en totalité ou en grande partie, à cause de l'échange de rejets infestés que ces organismes ont été disséminés et continuent à l'être.

## ■ Limites : des vitroplants pour produire des dattes mais dans quelles conditions et pour quels débouchés ?

Depuis les premiers travaux sur la multiplication *in vitro* du dattier, cette technique a connu un engouement qui n'a pas été toujours justifié par les besoins réels et raisonnables en plants. De manière plus

large, cet engouement reflète d'ailleurs celui porté depuis une trentaine d'années sur le développement de la culture du dattier en général.

Depuis le début des années 1970, on assiste à une augmentation spectaculaire de la production de dattes dans le monde. Par contre, on constate une diminution des rendements par rapport à la période antérieure (fig. 1).



■ Figure 1  
Evolution des rendements de 1961 à 2007.

L'essentiel de l'augmentation de la production mondiale ne repose pas sur une augmentation des rendements mais sur une croissance exponentielle du nombre de palmiers plantés.

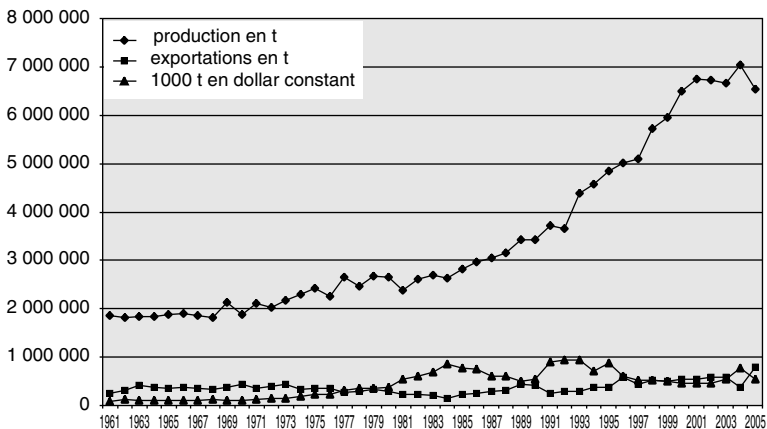
D'un point de vue mondial, le problème principal ne consiste pas en réalité en un manque de plants mais en leur très faible productivité. La production moyenne des dattiers à l'échelle mondiale ne s'élève qu'à 30 à 35 kg par pied et par an alors que le potentiel normal de production d'un palmier est en moyenne de 100 à 120 kg. La faible productivité moyenne des palmiers ne repose pas sur des limites génétiques mais sur des raisons agronomiques et socio-économiques. Parmi ces dernières, il faut souligner celle du mouvement général d'abandon des oasis par les jeunes.

La principale raison agronomique du faible rendement des palmiers est le fort déficit d'irrigation dont ils souffrent. Dans les régions où

se pratique cette culture, les ressources en eau sont limitées alors que l'évapotranspiration est très élevée. Le développement des cultures a contribué, depuis une trentaine d'année, à l'émergence d'une situation de pénurie en eau extrêmement grave. Dans la grande majorité des pays où est cultivé le palmier dattier, l'exploitation des ressources en eau dépasse leurs capacités de renouvellement ou repose sur des ressources fossiles d'extraction de plus en plus problématique.

Avec la mise en œuvre de nouvelles technologies d'exploitation des ressources en eau, on est passé d'une gestion équilibrée à une exploitation minière aux conséquences souvent désastreuses : disparition de l'artésianisme, abaissement des nappes phréatiques, intrusion de nappes marines, salinisation des nappes et des sols. La situation est tellement grave que, dans de nombreux pays, on peut observer le dessèchement total de certaines palmeraies. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les pays où l'extension des palmeraies a été considérable. C'est le cas entre autres des Emirats Arabes Unis qui sont devenu en une vingtaine d'années le pays qui possède de loin le plus grand nombre de dattiers. Il compte plus 40 millions de pieds alors que ce chiffre ne s'élevait qu'à 2-3 millions il y a trente ans.

La question majeure que soulève ce développement non durable avec dégradation souvent irréversible des ressources est celle de sa finalité. Planter plus de dattiers et produire plus de dattes, pour quel marché, à quel prix de vente et dans quelles conditions de rentabilité économique pour les exploitants ?



■ Figure 2  
Évolution de la production et des exportations de 1961 à 2005.

Comme on le voit sur la figure 2, 90 % ou plus des dattes produites dans le monde sont consommées dans les pays mêmes de production.

Les débouchés à l'exportation sur lesquels misent beaucoup trop les promoteurs de la culture du dattier pour justifier leurs projets sont limités. La datte est en effet un fruit qui est consommé principalement, soit sur les lieux mêmes de production où elle constitue une part importante de l'alimentation, soit par des sociétés de religion ou de culture musulmanes. La consommation de dattes y accompagne de manière traditionnelle la rupture du jeûne pendant le rama-dan et les principales fêtes religieuses et familiales. Même dans ces pays, la tendance est à la diminution de la consommation avec l'accroissement de la vie citadine et l'augmentation des revenus.

Par contre, avec l'augmentation des revenus, les consommateurs deviennent plus exigeant sur la qualité.

Tout à fait à l'opposé du développement incontrôlé et explosif de plantations de dattiers auquel on a assisté depuis une trentaine d'années, l'objectif doit être de produire mieux des dattes de meilleure qualité.

Produire mieux signifie produire sans dégrader les ressources naturelles, tout en offrant à l'exploitant une rentabilité économique suffisante qui va reposer entre autres sur un prix de vente rentabilisant ses efforts et ses dépenses.

Produire des dattes de meilleure qualité ne signifie pas seulement disposer de plants de variétés de qualité, mais repose aussi sur des techniques de culture, des procédés de conservation, des méthodes de commercialisation permettant de mettre sur le marché un fruit sain et attractif pour l'acheteur.

La multiplication *in vitro* a un rôle à jouer dans cette perspective, mais le recours à cette technologie ne sera vraiment utile que si l'ensemble des composantes de la filière est pris en compte.

## **Perspectives**

Il existe des besoins en vitroplants pour des créneaux bien spécifiques, en particulier celui des variétés réputées et peu disponibles.

Mais il faut bien prendre garde que ces variétés ne s'adapteront pas forcément partout. C'est par exemple le cas de la Deglet Nour, variété internationalement très réputée dont plusieurs laboratoires ont entrepris la multiplication industrielle dans l'espoir de la commercialiser au Moyen Orient. Or, c'est une variété peu plastique, et les essais d'introduction de cette variété ont abouti à des échecs.

Dans la lutte contre le bayoud, la multiplication *in vitro* de variétés résistantes continue à représenter la seule perspective. Les résultats ne sont cependant pas à la hauteur des attentes. Vingt cinq ans après la mise en route du programme de multiplication *in vitro* au Maroc, seulement 300 000 vitroplants ont été produits dont 90 % sont sensibles à la maladie et pratiquement un seul génotype à la fois résistant et de qualité a été diffusé en milieu paysan (Nejda). Il faut néanmoins souligner qu'afin d'éviter tout risque de diffusion de plants anormaux, ce qui aurait été catastrophique, le programme de recherche engagée a porté sur l'organogenèse et non sur l'embryogenèse somatique. La maîtrise de l'organogenèse à l'échelle industrielle et pour une gamme de variétés est beaucoup plus difficile à obtenir que l'embryogenèse somatique par contre elle assure la conformité du matériel obtenu comme cela a été vérifié une nouvelle fois au Maroc.

Pour l'extension de la culture du dattier hors de sa zone traditionnelle, le recours à la multiplication *in vitro* apporte un avantage considérable.

Au sahel, depuis des dizaines d'années, de nombreux projets se sont succédés pour introduire la culture du dattier, en s'approvisionnant en rejets à partir des quelques palmeraies du nord de la bordure sahélienne. Malgré, les importants efforts engagés, aucun de ces projets n'a abouti. Si des considérations socio-économiques expliquent en grande partie ces échecs, les difficultés représentées pour l'acquisition et le transport de ces rejets n'ont pas contribué à leur réussite. Disposer de vitroplants constitue un changement complet de perspective.

Mais, avant de diffuser des vitroplants au Sahel, il convient impérativement d'assurer des essais de comportement des variétés. L'extension de la culture du dattier dans cette région se heurte en effet à un facteur limitant d'importance cruciale : il est impératif que la maturation des dattes ait lieu avant le démarrage de la saison des pluies, faute de quoi les dattes pourraient avant de pouvoir être récol-

tées. Plus on descend en latitude, de la bande sahélo-saharienne vers la bande sahélo-soudanaise, plus ce risque de concomitance s'élève.

Des essais de comportement, dont les premiers ont été réalisés par moi-même il y a vingt ans dans la région de Gao, sont d'autant plus indispensables que l'on s'éloigne de la bande sahélo-saharienne. Depuis quelques années, plusieurs variétés ont été diffusées dans des régions situées à la latitude de Niamey sans que de tels essais aient été réalisés. Cela constitue une erreur grave. De plus, l'une des variétés diffusées, la Barhee, est de type ultra-mou, mûrissant très rapidement, ce qui d'emblée en fait une très mauvaise candidate pour sa diffusion, en raison de l'extrême difficulté de sa conservation.

Dans certaines palmeraies du sud de la bande sahélienne, on observe des palmiers qui fleurissent deux fois. Un important travail de recherche a été réalisé sur ce phénomène (Jahiel, 1996). Complétant ce travail, j'ai constaté que certains de ces palmiers étaient à floraison anormale prédominante. Je donne (tabl. 1), à titre d'exemple,

Rang	Observations
1	régime à peine sorti non récolté
2	régime de 5 kg
3	régime de 5,5 kg
4	régime de 5,5 kg
5	régime de 4,5 kg
6	régime de 7 kg
7	régime de 7,5 kg
8	régime de 6 kg
9	régime de 7,5 kg
10	régime de 6,5 kg
11	régime de 7,5 kg
12	régime de 4,5 kg
13	régime intermédiaire dattes au stade kalal
14	régime intermédiaire dattes au stade kalal
15	inflorescence
16	inflorescence
17	inflorescence
18	inflorescence
19	inflorescence
20	inflorescence
21	inflorescence

■ Tableau 1

Double floraison. Observations réalisées à Kojimeri (Niger) le 15/5/95.



les observations que j'ai réalisées sur un palmier à Kojimeri (Niger) où tous les régimes et les inflorescences ont été localisés par l'établissement de l'organisation phyllotaxique de ce palmier et en suivant très exactement leur rang sur la spirale chronologique. Ce palmier porte en même temps 14 régimes de dattes mûres ou sur le point de mûrir (stade kalal) correspondant à la floraison anormale (induite par la saison des pluies de l'année antérieure) et 7 inflorescences correspondant à la floraison normale de l'année en cours.

Ces géotypes constituent des candidats très intéressants pour un programme de création variétale s'il s'avère que ce caractère est à dominante génotypique forte. En effet, cela permettrait de disposer de variétés murissant leurs dattes bien avant la saison des pluies.

En dehors de ces contraintes écologiques, l'extension de la culture du dattier au Sahel est rendu souvent difficile par un contexte socio-culturel bien spécifique.

Une grande partie des populations qui vivent dans la bande sahélienne est essentiellement constituée d'éleveurs nomades, sans aucune tradition de cultivateur, excepté, dans certains cas, celle de la pratique de cultures pluviales. Les sécheresses récurrentes de ces dernières années ont cependant conduit à l'émergence d'un agropastoralisme encore loin d'être maîtrisé. Même si, pour des raisons culturelles, ces agropasteurs expriment un intérêt de principe pour la culture du dattier, celui-ci ne correspond pas toujours ni à une réelle volonté ni à une réelle possibilité de consacrer du temps et des moyens à cette culture. L'identification des personnes qui sont véritablement prêtes à entreprendre cette culture nécessite une très bonne connaissance du milieu et une intervention très progressive. L'expérience acquise dans ce domaine démontre que l'adoption de cette culture n'a de chance de réussir que si elle est intégrée à des systèmes de production familiaux diversifiés, comprenant diverses autres cultures (en particulier vivrières annuelles) et une activité associée d'élevage.

Par la suite, les candidats à l'acquisition de plants de dattiers vont avoir besoin d'une formation aux différentes pratiques très spécifiques de cette culture et d'un appui technique régulier et prolongé jusqu'au moins les trois ou quatre premières récoltes. Les initiatives portant la distribution massive de vitroplants sans aucune mesure d'accompagnement et sans même disposer de formateurs formés aux pratiques phoenicoles sont vouées à l'échec.

Sur le plan économique, il est essentiel que les variétés proposées, en plus de l'adaptabilité agro-climatique dont la nécessité a été soulignée plus haut, fournissent des dattes compétitives avec celles qui sont habituellement importées. La sélection des variétés doit donc reposer sur une approche multicritères avant leur multiplication et leur diffusion.

Dernier point d'une très grande importance, il faut fournir à ces candidats à la phoeniculture non seulement des variétés bien adaptées mais également des plants normaux.

Cette normalité est garantie quand les vitroplants ont été obtenus par organogénèse stricte (sans aucune formation de cal aussi minime soit-elle). Par contre, les vitroplants obtenus par embryogénèse somatique indirecte (passage par une phase de callogénèse) ont souvent présenté des anomalies graves. Les deux plus importantes connues sont celle portant sur l'absence de fécondité des fleurs femelles et le nanisme. Pour la variété Barhee, les lots produits par certains laboratoires ont été anormaux à 100 % (Al-Wasel, 2005). Un ou deux laboratoires ont maintenant modifié leur protocole (en particulier réduction importante du nombre de repiquages) et ont réussi à réduire ce risque d'anomalie. A noter qu'il ne faut pas confondre ces anomalies avec un certain nombre de caractères qui ne sont que la conséquence du processus de rejuvénalisation du à la culture *in vitro* (Ferry, 2005).

## Conclusion

La multiplication *in vitro* est un outil parfois indispensable au développement de la culture du dattier, mais il faut y recourir dans le cadre d'une approche globale et participative.

## Bibliographie

AL-WASEL A., 2005 –  
« A Surrey study on somaclonal variations in *in vitro*-derived date palm trees ». Proceedings of The International Workshop On True-To-Typeness of Date Palm Tissue Culture-Derived Plants Morocco 23- 25 May 2005. Inra edition : 113-118.

FERRY M., 2005 –  
« Mixed inflorescence vegetative axillary development: a trait of rejuvenation in the date palm from tissue culture ». Proceedings of The International Workshop On True-To-Typeness of Date Palm Tissue

Culture-Derived Plants Morocco 23- 25 May 2005. INRA edition : 113-118.

JAHIEL M., 1996 –  
*Phénologie d'un arbre méditerranéen acclimaté en région tropicale : le dattier au sud du Niger et son appropriation par la société Manga.*  
Thèse Université de Montpellier 2, 268 p.

TISSERAT B., 1979 –  
Propagation of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) *in vitro*.  
*Journal of Experimental Botany*, 30 : 1275-1283.

# Étude et maîtrise des variants somaclonaux chez le palmier à huile

**Estelle JALIGOT**

Physiologiste végétal

**Pascal ILBERT**

Biotechnologiste

**Alain RIVAL**

Physiologiste végétal

## La variation somaclonale « *mantled* » chez le palmier à huile : caractéristiques

L'intérêt généré par la culture du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.), première source végétale de corps gras au monde et source importante de revenus pour de nombreux pays du Sud, a motivé il y a plus de 30 ans la sélection des meilleurs arbres pour la production en huiles et leur multiplication conforme par embryogenèse somatique *in vitro*. Lors du passage de l'échelle du laboratoire à l'échelle de la plantation-pilote, on a pu constater qu'une proportion non négligeable de palmiers régénérants présentaient une variation somaclonale caractérisée par une féminisation apparente des pièces florales mâles : l'anomalie « *mantled* » (ainsi nommée en raison de l'aspect mantelé du fruit). Cette malformation, plus ou moins prononcée selon les génotypes des arbres-mères et affectant un pourcentage variable de leur descendance clonale (5 % en moyenne), si elle est réversible au cours du temps, constitue néanmoins un risque considérable pour la production. L'élaboration d'un test de détection précoce et fiable de l'anomalie « *mantled* » est aujourd'hui le préalable indispensable à l'exploitation des plants clonaux à l'échelle industrielle (Rival et Parveez, 2005).

Les caractéristiques de l'anomalie « *mantled* » (hétérogénéité spatio-temporelle, réversion, transmission non-Mendélienne par voie sexuée et aggravation du phénotype au cours des cycles successifs de culture *in vitro*), alliées à l'absence apparente d'altérations de la structure du génome ou des gènes (Rival *et al.*, 1997 et 1998), ont permis de poser dès 1998 l'hypothèse de son origine épigénétique (fig. 3). Cette piste de travail a semblé d'autant plus attractive que les mécanismes épigénétiques ont été impliqués dans la réponse cellulaire aux régulateurs de croissance ainsi que dans les phénomènes de différenciation ; enfin, leurs dysfonctionnements donnent dans certains cas naissance à des phénotypes analogues au phénotype « *mantled* » (Finnegan *et al.*, 1998 et 2000).

## Recherche de marqueurs moléculaires de la variation « *mantled* »

Afin d'explorer cette voie, l'équipe Palmiers IRD/Cirad a entrepris de comparer les phénomènes épigénétiques à l'œuvre chez les régénérants normaux et variants somaclonaux, selon deux axes principaux :  
– l'étude du transcriptome, afin de dégager d'éventuelles différences dans l'expression des gènes entre les deux types de régénérants. L'approche de differential display RT-PCR a permis d'identifier des marqueurs différentiels sur la base de l'accumulation de leur transcrits (Tregear *et al.*, 2002). Plus récemment, l'élaboration de bibliothèques soustractives et l'étude de leur composition sur macroarrays a conduit à l'isolement de marqueurs candidats, et leur validation par RT-PCR quantitative ou semi-quantitative est en cours. Toutefois, dans les deux cas, les profils différentiels semblent se limiter à un nombre réduit de génotypes, aussi n'est-il pas possible d'identifier un marqueur de l'anomalie qui soit universellement utilisable en conditions de production industrielle ;

– l'étude de la méthylation de l'ADN, qui est un mécanisme de régulation transcriptionnelle des gènes. Un important déficit en méthylation de l'ADN a rapidement été mis en évidence dans le génome des tissus porteurs de l'anomalie, par comparaison avec leurs homolo-

gues provenant d'arbres conformes (fig. 1) (Jaligot *et al.*, 2000). Cette découverte a ensuite été étayée par l'identification de séquences uniques présentant également une hypométhylation chez les individus anormaux (Jaligot *et al.*, 2002 et 2004). Toutefois, l'influence forte exercée par l'origine génétique sur les taux et profils de méthylation ne permet pas, là non plus, de faire de ces séquences des marqueurs discriminants entre palmiers normaux et anormaux. Il est donc apparu crucial de s'intéresser aux régulations épigénétiques ciblant des gènes susceptibles d'avoir un lien fonctionnel avec l'anomalie « *mantled* », par le biais d'une approche gènes candidats. Nous avons ainsi démontré récemment (Rival, Jaligot *et al.*, 2008) que le phénotype anormal n'est pas lié à une sous-expression des gènes codant pour les ADN-méthyltransférases, enzymes responsables de la méthylation de l'ADN (fig. 2). Nos projets actuels se tournent vers l'étude des régulations épigénétiques gouvernant la morphogenèse florale au niveau des gènes de type MADS-box, précédemment isolés au sein du laboratoire (Adam *et al.*, 2006 et 2007).

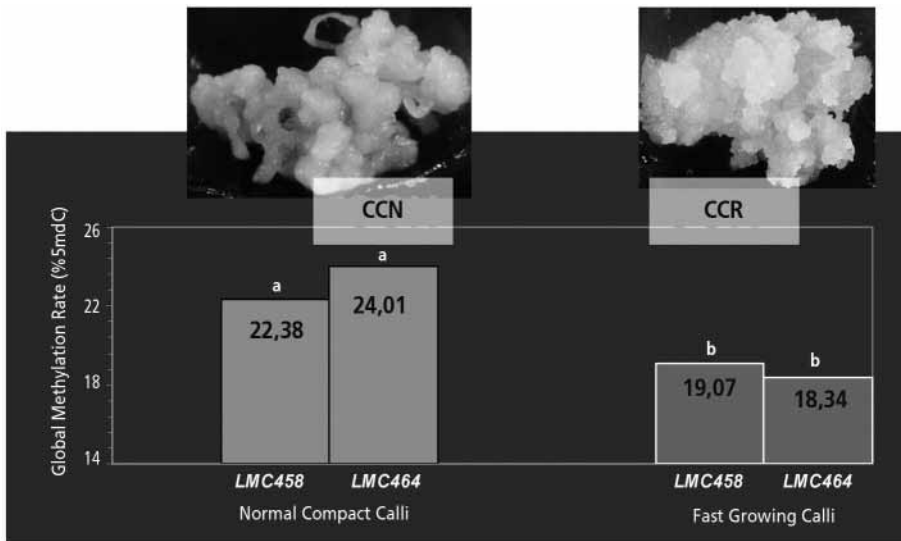


Figure 1

Estimation du taux de méthylation génomique par HPLC chez des Cals à croissance nodulaire (CCN), qui génèrent en moyenne 5% de palmiers « *mantled* », et chez des Cals à croissance rapide (CCR), qui donnent 100 % de palmiers variants. Les données associées à des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 1% (Jaligot *et al.*, 2000).

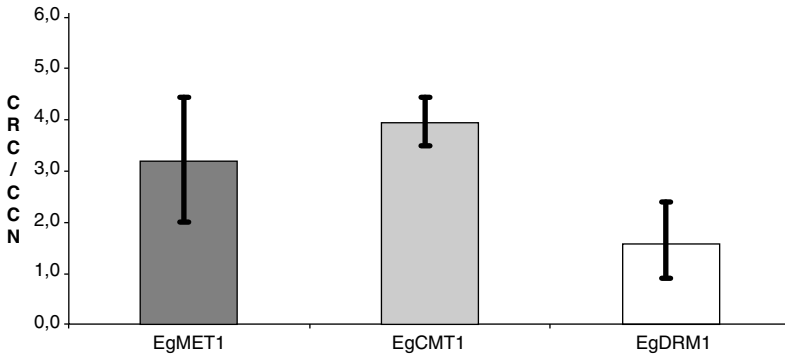


Figure 2

Comparaison de l'accumulation de transcrits entre CCN et CCR pour chacun des trois gènes majeurs codant pour des ADN-méthyltransférases chez le palmier à huile. Pour un gène d'ADN-méthyltransférase donné, la production nette de transcrits est quantifiée par *real-time* PCR et normalisée par rapport à un « gène domestique » unique, et le ratio [accumulation chez CCR]/[accumulation chez CCN] est calculé (Rival, Jaligot *et al.*, 2008).

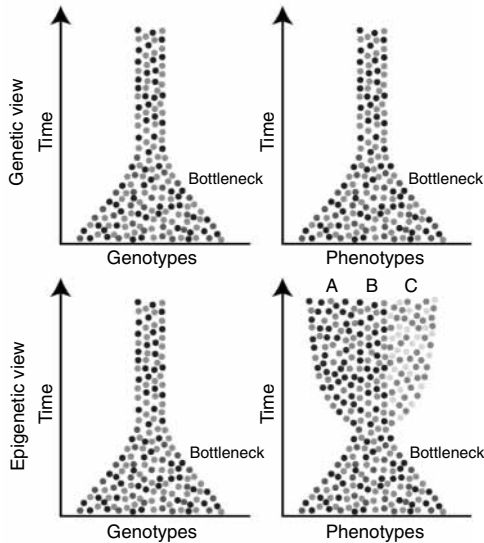


Figure 3

Comparaison entre la vision génétique et la vision épigénétique de la relation entre sélection et diversité génétique et phénotypique. Du point de vue de la génétique (en haut), l'application d'une pression de sélection tend à faire diminuer fortement, rapidement et durablement la diversité génétique et la diversité phénotypique d'une population. Du point de vue de l'épigénétique (en bas), la pression de sélection aboutit au contraire à l'émergence de nouveaux phénotypes, sans variation de la diversité génétique (Rapp et Wendel, 2005).

## Gestion du risque en exploitation commerciale

La gestion du risque d'apparition de hors-types dans une production clonale à l'échelle industrielle repose sur l'étude des conditions dans lesquelles apparaît la variation, ainsi que sur la description et le suivi des variants dans le temps.

Cette double démarche permet :

- d'apprendre à limiter l'incidence des variants dans la descendance clonale, en jouant sur les paramètres influant sur leur émergence (génotype, temps de culture, nature et dosage des régulateurs de croissances) ;
- de gérer le risque sur la part de variation impondérable, en panachant les génotypes mis en culture et en limitant le temps de culture et le nombre de vitroplants produits par génotype, en développant des protocoles « *hormones-free* » ;
- d'amender le protocole de micropropagation par retour d'expérience (*feed-back*).

Aujourd'hui des laboratoires affichent des objectifs de production de l'ordre de 1 million de vitroplants par an grâce à des dispositifs de suspensions embryogènes à grande échelle, et affirment pouvoir maintenir un pourcentage de variants somaclonaux inférieur à 2 %. Cependant l'efficacité de cette stratégie d'évitement est discutable, dans la mesure où elle repose sur la multiplication des opérations de clonage et impose par conséquent une moindre pression sur les arbres têtes de clones, et où, faute d'essais génétiques à grande échelle, les individus d'élite ne sont plus sélectionnés que sur leur rendement individuel et non plus sur leur valeur en croisement. Il existe par conséquent un risque élevé que la production de vitroplants, au lieu d'apporter un gain de rendement, ne reflète plus que la valeur moyenne du croisement dont est issu l'arbre-mère.

Des questions cruciales demeurent en suspens :

- sachant que le phénotype « *mantled* » proprement dit n'est détectable que sur les fleurs de palmiers adultes, et que la demande de l'industrie envers un kit de détection précoce de l'anomalie est très



fort, comment assurer le lien entre des marqueurs moléculaires issus de stades matures (et de tissus différenciés) et un matériel d'application nécessairement peu différencié ?

– le potentiel de variation épigénétique peut être extrêmement utile en sélection, en complément ou en substitut d'une variabilité génétique restreinte. Toutefois, on ignore encore les moyens d'évaluer cette variation et de la stabiliser au sein d'une descendance car les modalités de la transmission des profils épigénétiques sont encore, dans une large mesure, inconnues.

## Bibliographie

- ADAM H., JOUANNIC S., MORCILLO F., RICHAUD F., DUVAL Y., TREGEAR J. W., 2006 – MADS-box genes in oil palm (*Elaeis guineensis*): Patterns in the Evolution of the *Squamosa*, *Deficiens*, *Globosa*, *Agamous*, and *Sepallata* subfamilies. *J. Mol. Evol.*, 62: 15-31.
- ADAM H., JOUANNIC S., ORIEUX Y., MORCILLO F., RICHAUD F., DUVAL Y., TREGEAR J. W., 2007 – Functional characterization of MADS box genes involved in the determination of oil palm flower structure. *J. Exp. Bot.*, 58 : 1245-1259.
- BEULÉ T., MARGUERETTAZ M., MORCILLO F., FUENTES I., SINGH R., TREGEAR J., 2007 – *Identification of early molecular markers associated with the mantled phenotype in micropropagated oil palms by subtractive PCR and cDNA array analysis*. PIPOC Meeting, Kuala Lumpur, Malaysia, August 2007 (poster).
- FINNEGAN E. J., GENDER R. K., PEACOCK W. J., DENNIS E. S., 1998 – DNA methylation in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49 : 223-247.
- FINNEGAN E. J., PEACOCK W. J., DENNIS E. S., 2000 – DNA methylation, a key regulator of plant development and other processes. *Curr. Opin. Genet. Dev.*, 10 : 217-223.
- JALIGOT E., RIVAL A., BEULÉ T., DUSSERT S., VERDEIL J.-L., 2000 – Somaclonal variation in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): the DNA methylation hypothesis. *Plant Cell. Rep.*, 19 : 684-690.
- JALIGOT E., BEULÉ T., RIVAL A., 2002 – Methylation-sensitive RFLPs: characterisation of two oil palm markers showing somaclonal variation-associated polymorphisms. *Theor. Appl. Genet.*, 104 : 1263-1269.
- JALIGOT E., BEULÉ T., BAURENS F.-C., BILLOTE N., RIVAL A., 2004 – Search for methylation-sensitive amplification polymorphisms (MSAPs) associated with the « mantled » variant phenotype of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Genome*, 47 : 224-228.
- RIVAL A., BEULÉ T., BARRE P., HAMON S., DUVAL Y., NOIROT M., 1997 – Comparative flow cytometric estimation of nuclear DNA content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) tissue cultures and seed-derived plants. *Plant Cell. Rep.*, 16 : 884-887.

RIVAL A., BERTRAND L., BEULÉ T., COMBES M.-C., TROUSLOT P., LASHERMES P., 1998 – Suitability of RAPD analysis for the detection of somaclonal variants in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Breeding*, 117 : 73-76.

RIVAL A., PARVEEZ M., 2005 – “*Elaeis guineensis*, Oil Palm”. In Litz R., ed. : *Biotechnology of Fruit and Nut Crops*. Biotechnology in Agriculture Series n° 29. CABI Publishing, Wallingford, UK : 113-143.

RIVAL A., JALIGOT E., BEULÉ T., FINNEGAN E. J., 2008 – Isolation and differential expression

of MET, CMT and DRM methyltransferase genes from oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in relation with the “mantled” somaclonal variation. *J. Exp. Bot.*, 59 : 3271-3281.

TREGEAR J. W., MORCILLO F., RICHAUD F., BERGER A., SINGH R., CHEAH S. C., HARTMANN C., RIVAL A., DUVAL Y., 2002 – Characterisation of a defensin gene expressed in oil palm inflorescence: induction during tissue culture and possible association with epigenetic somaclonal variation events. *J. Exp. Bot.*, 53 : 1387-1396.



# Production de vitroplants de palmier dattier à l'échelle pilote

Schémas de production  
et traitement des contraintes

**Lotfi Fki**

Biotechnologiste

**N. SAHNOUN**

Agronome

**R. MASMOUDI**

Biologiste moléculaire

**W. KIAA**

Agronome

**Neila BOUAZIZ**

Agronome

**Noureddine DRIRA**

Biotechnologiste

## Introduction

Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L., est la composante principale de l'écosystème oasien très fragile. Il occupe une place stratégique dans l'économie du sud tunisien en faisant vivre, au moins, un million d'habitants grâce à la production de dattes dont le tiers fait l'objet d'un commerce mondial aux revenus considérables d'une valeur d'environ 100 millions de dollars. Il permet, dans un milieu saharien très sévère et très hostile, le maintien d'un équilibre essentiel au développement rural en assurant la sédentarité des populations.

Actuellement, les palmeraies, surtout les anciennes, sont âgées, faiblement productives, constituées de beaucoup de géotypes sans réelles valeurs commerciales. Certaines variétés de haute qualité dattière (Menakher, Bou-Feggous...) sont menacées de disparition par manque de rejets. Les bons pollinisateurs se trouvent sous forme d'individus et sont souvent dépourvus de rejets, d'où le problème de multiplication par les méthodes traditionnelles.

De plus, l'extension du Bayoud, maladie mortelle du dattier, qui a pris des proportions inquiétantes et dangereuses en décimant la palmeraie marocaine et une grande partie de celle de l'Algérie, ne cesse de progresser vers de nouvelles régions et menace, à l'heure actuelle, l'ensemble des régions phœnicicoles (Fernandez *et al.*, 1995). La seconde maladie mortelle du palmier dattier connue sous le nom de « maladie des feuilles cassantes » a fait son apparition depuis 1986 et dont l'agent causal demeure encore inconnu. Elle a déjà touché, jusqu'en 2003, plus de 36 000 pieds. Elle constitue ainsi une véritable menace pour la palmeraie tunisienne (Triki *et al.*, 2003).

Cette situation de la phœniciculture tunisienne impose, avec acuité, la mise en œuvre de nouvelles techniques d'amélioration, de multiplication rapide et de conservation de cette espèce. L'utilisation des procédés biotechnologiques fondés sur les techniques de culture de tissus, constitue, sans doute, la voie privilégiée capable d'apporter des solutions, dans des délais raisonnables, aux différents problèmes posés (Akhtar et Jain, 2000).

Le clonage *in vitro* du palmier dattier a fait l'objet de nombreuses publications scientifiques (Drira, 1983 ; Drira et Benbadis, 1985 ; Ferry *et al.*, 1998). Les coefficients de multiplication souhaités sont encore loin d'être atteints pour plusieurs cultivars, et il reste beaucoup à faire en ce qui concerne l'amélioration génétique de cette espèce tant par les méthodes conventionnelles que par le biais des biotechnologies.

L'objectif de notre travail de recherche est le développement de méthodes de multiplication végétative *in vitro* peu coûteuses pouvant être appliquées à l'échelle industrielle et être intégrées dans les programmes d'amélioration et de préservation de cette espèce. Aussi, dans cette étude, nous avons accordé une importance particulière aux contraintes de la micropropagation du dattier.

## Matériel et méthodes

### *Matériel végétal*

Le matériel végétal, source de prélèvement des explants de départ, est constitué de feuilles juvéniles prélevées sur des cœurs de rejets ainsi que d'inflorescences juvéniles prélevées sur des pieds adultes.

## *Techniques expérimentales*

### **Désinfection du matériel végétal**

Les explants foliaires et inflorescentiels sont désinfectés à l'aide d'une solution de chlorure mercurique à 0,1 ‰ pendant 40 à 60 min puis rincées 3 fois à l'eau distillée stérile.

### **Milieux de culture**

Le milieu de base utilisé est celui de Murashige et Skoog (Murashige et Skoog, 1962) auquel on ajoute de la glutamine (100 mg/l), du saccharose (50 g/l), de l'agar (8 g/l) et parfois du 2,4-D et/ou du charbon actif. Les suspensions embryogènes sont maintenues dans un milieu MS liquide dilué deux fois. Le pH des milieux de culture est ajusté à 5,8 à l'aide de la soude (0,1N) ou du HCl (0,1N). La stérilisation des milieux s'effectue par autoclavage (120 °C pendant 20 min à 1 bar).

### **Réalisation des coupes anatomiques**

Des coupes fines de racines sont d'abord traitées par l'eau de javel pendant 20 min pour détruire le contenu cellulaire puis rincées à l'eau distillée. Elles sont ensuite traitées par l'acide acétique (5 min) en vue d'une bonne fixation du colorant (Carmino vert d'iode), ce qui assure une meilleure observation au microscope.

### **Détermination des teneurs en pigments chlorophylliens**

Les feuilles vertes sont broyées, à 4 °C, dans un mortier refroidi. Les chlorophylles sont solubilisées dans de l'acétone à 80 % ajoutée au début du broyage. Lorsque l'extraction est totale, les tissus deviennent blanchâtres. L'extrait est centrifugé à 14 000 t/min pendant 10 min. Après détermination du volume du surnageant, on mesure les densités optiques à 663 nm et à 645 nm. La quantité de chlorophylle est déterminée selon la méthode de Arnon (Arnon, 1949).

$$\text{Ch a (en } \mu\text{g / ml d'extrait)} = 12,7 \times \text{DO}_{663} - 2,69 \times \text{DO}_{645}.$$

$$\text{Ch b (en } \mu\text{g / ml d'extrait)} = 22,9 \times \text{DO}_{645} - 4,68 \times \text{DO}_{663}.$$

### Mesure de l'activité du photosystème II

La mesure de l'activité du photosystème II est effectuée à l'aide d'un appareil dont le fonctionnement est basé sur le principe PAM (Pulse Amplitude Modulation). La lumière analytique de faible intensité est modulée (i.e. pulse de fréquence connue) afin de ne pas modifier le rendement quantique de la photochimie. Ainsi, la fluorescence émise par les PSII, aussi modulée, est séparée de la fluorescence de la lumière actinique à l'aide de filtres ne laissant passer que la fluorescence rouge de longueurs d'ondes données ; elle est analysée par un photomètre (Triques *et al.*, 1997). Les principaux intérêts de cette technique sont la rapidité des mesures et la simplicité d'utilisation de l'appareillage sans que l'état de l'échantillon soit beaucoup affecté.

### Détermination des teneurs protéiques par la méthode de Bradford

Le broyage de la matière végétale (500 mg de matière fraîche) est effectué à 4 °C, à l'aide d'un mortier, dans 10 ml de tampon d'extraction (Tris maléate 0,1 M pH 6,5). La teneur en protéines est estimée par la méthode de Bradford (Bradford, 1976).

## Résultats et discussion

### *Micropropagation accélérée du dattier par la voie de la caulogenèse*

La mise en culture des explants foliaires, inflorescentiels ainsi que ceux issus de cultures *in vitro* sur des milieux de culture renfermant de faibles doses de 2,4-D (0,3 mg/l) assure la néoformation des premiers bourgeons adventifs. Le repiquage répété de ces tissus sur des milieux dépourvus d'hormones de croissance conduit à l'établissement de souches bourgeonnantes dotées de capacités de prolifération très intenses. Ces souches (fig. 1), constituées par des bourgeons et des méristèmes végétatifs en phase de multiplication accélérée à partir des ébauches foliaires, représentent un matériel de choix pour produire des vitroplants à l'échelle pilote (fig. 2).



■ Figure 1  
Souche bourgeonnante (cv. Ba)  
induite sur des tissus foliaires  
issus de culture *in vitro* (X2)



■ Figure 2  
Multiplication des souches.

Dans le cadre d'une bonne maîtrise de la prolifération de ces souches bourgeonnantes, nous avons utilisé les bioréacteurs à immersions temporaires de type Rita qui ont prouvé leur efficacité dans le domaine de culture de tissus (Alvard *et al.*, 1993 ; Teisson et Alvard, 1994 ; Berthouly *et al.*, 1995 ; Teisson *et al.*, 1996 ; Etienne *et al.*, 2002). La mise en culture des souches bourgeonnantes du dattier dans ce type de bioréacteurs (une immersion de 1 min/24 h) assure une bonne prolifération tissulaire, si bien que, par rapport à la culture sur milieux gélosés (MS dépourvu d'hormones), les taux de multiplication ont été fortement améliorés (fig. 3).

Ce système est très efficace en raison, d'une part, d'une forte diminution des phénomènes de vitrification et, d'autre part, de l'élimination des effets cytotoxiques des polyphénols sécrétés par les tissus.



En ce qui concerne l'enracinement des pousses feuillées, des milieux renfermant de l'AIB (1 à 4 mg/l selon la variété) est généralement efficace pour induire la rhizogénèse

■ Figure 3  
Des souches bourgeonnantes en phase  
de prolifération dans un bioréacteur  
à immersions temporaires de type Rita.



## *Micropropagation accélérée du dattier : la voie de l'embryogenèse somatique*

Chez le palmier dattier, l'embryogenèse somatique peut être induite sur des tissus inflorescentiels et végétatifs juvéniles ainsi que ceux issus des vitrocultures sur des milieux additionnés de 2,4-D à 1 mg/l (Fki *et al.*, 2003). Toutefois, les tissus embryogènes ne peuvent pas être confectionnés avant plusieurs mois depuis la première mise en culture.

L'étude exhaustive effectuée sur les masses proembryogènes (fig. 4) induites en vue de définir les paramètres conduisant à l'établissement de suspensions embryogènes (fig. 5) a montré que le choix de la lignée cellulaire et l'utilisation de milieux de culture liquides dilués renfermant du 2,4-D à 1 mg/l et du charbon actif à 0,3 g/l sont les deux facteurs clés assurant leur multiplication rapide et par conséquent la production de plusieurs centaines d'embryons somatiques chez la quasi-totalité des variétés étudiées (Fki *et al.*, 2003).



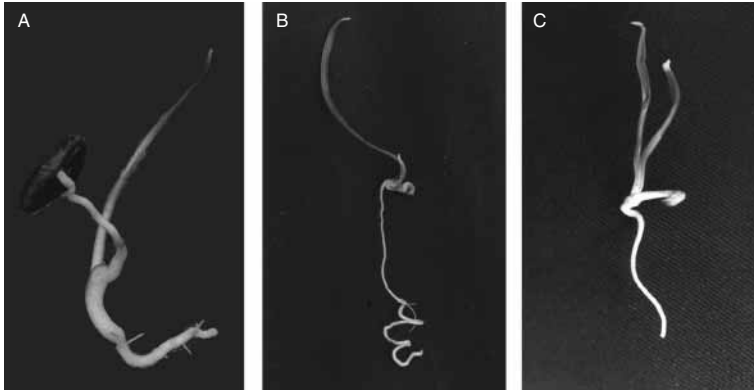
■ Figure 4  
Différenciation de proembryons  
sur des tissus issus  
de culture *in vitro* (X1).



■ Figure 5  
Aspect d'une suspension  
embryogène de la variété DN.

Certaines lignées cellulaires, en dépit de l'emploi de ce milieu liquide standard, ne parviennent pas à différencier des embryons somatiques vigoureux. Cette inaptitude revient en particulier au faible niveau d'accumulation de certaines substances de réserve.

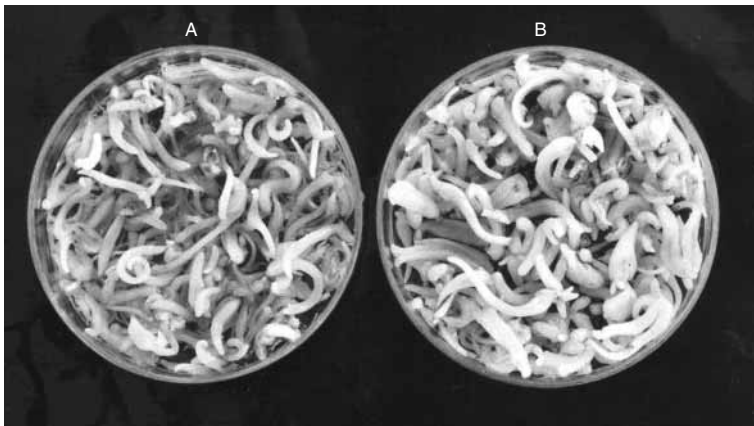
Afin d'apporter des solutions aux difficultés de certains embryons somatiques à germer ou à régénérer des plantes de meilleure vigueur



■ Figure 6

A : Plante issue de semis (1x) ; B : Plante zygotique (1x) ;  
C : plante somatique (1x).

(fig. 6), nous avons utilisé l'ABA (1,2 et 4 mg/l) et le saccharose (30, 60 et 120 g/l) en fin de phase de différenciation. Il ressort de cette étude que L'ABA à 4 mg/l et le saccharose à 60 g/l améliorent le degré de maturation des embryons grâce à l'épaississement de leur feuille cotylédonnaire (fig. 7).



■ Figure 7

Effet de l'ABA et du saccharose sur la morphologie  
des embryons somatiques différenciés (1x) :

A : témoins

B : traités par de l'ABA (4 mg/l) et du saccharose (60 g/l).

En ce qui concerne l'acide abscissique qui inhibe la germination précoce des embryons somatiques, sa présence dans les milieux a empêché l'émergence de la première feuille chlorophyllienne chez les embryons somatiques non structurés (longueur inférieure à 1 cm). Dans le cas de ce type de germination précoce, l'accumulation des substances de réserve se présente à un niveau faible en raison de l'initiation prématurée de la germination, d'où le développement d'une plante peu vigoureuse. Il est à noter que la germination précoce peut aussi toucher les embryons zygotiques excisés une fois cultivés sur des milieux gélosés dépourvus d'hormones.

Au plan biochimique, une maturation conduite en présence de doses croissantes d'ABA allant jusqu'à 4 mg/l se traduit par une accumulation protéique de plus en plus importante (tabl. 1, tabl. 2). En revanche, le saccharose ne semble pas induire le même type d'action. Ce composé semble intervenir dans l'accumulation d'autres types de réserves probablement de nature glucidique.

	Concentration de l'ABA			
	ABA : 0 mg/l	ABA : 1 mg/l	ABA : 2 mg/l	ABA : 4 mg/l
<b>Teneur en protéines solubles (mg/gMF)</b>	3,1 ± 0,2	4 ± 0,3	5 ± 0,3	6 ± 0,4

Tableau 1

Effet de différentes concentrations d'ABA sur la teneur en protéines solubles chez des embryons somatiques de palmier dattier.

	Concentration de saccharose		
	S : 30 g/l	S : 60 g/l	S : 120 g/l
<b>Teneur en protéines solubles (mg/gMF)</b>	3,2 ± 0,2	3,4 ± 0,2	3,5 ± 0,3

Tableau 2

Effet de différentes concentrations en saccharose sur la teneur en protéines solubles chez des embryons somatiques de palmier dattier.

L'importance de l'ABA et de l'osmoticum en matière de maturation a été signalée par plusieurs auteurs (Attree *et al.*, 1991 ; Gupta *et al.*, 1994). Tel est le cas des embryons somatiques de conifères maturés en présence de fortes concentrations d'ABA et d'une pression osmotique élevée qui manifestent un degré de maturation assez satisfaisant (Roberts, 1991).

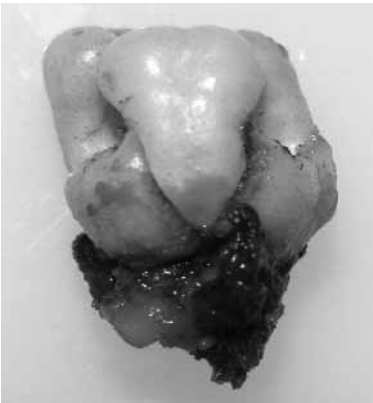
Chez les embryons somatiques du palmier à huile, l'accumulation des protéines salino-solubles et des globulines 7S en particulier, a été favorisée par l'addition dans le milieu de glutamine, d'arginine, d'ABA et de saccharose (Morcillo *et al.*, 1997).

L'ensemble des résultats obtenus permettrait, sans doute, de progresser rapidement dans le contrôle de la maturation des embryons somatiques du palmier dattier. Ainsi, une meilleure compréhension de l'ensemble des corrélations embryon zygotique-albumen devrait permettre de définir des milieux de culture plus adéquats assurant une bonne maturation des embryons somatiques.

## *Contraintes de la vitropropagation du dattier et solutions préconisées*

### **Contraintes posées par les contaminations endophytiques**

Le passage de certaines cultures, en milieux liquides agités, stimule la manifestation suivie de la prolifération de bactéries endophytiques pourtant demeurées à l'état latent, sur les milieux gélosés, pendant de longues périodes. Lors de la phase d'initiation, ces contaminations sont susceptibles d'apparaître sur quelques rares explants dont le degré de différenciation est assez avancé (fig. 8). Concernant les levures, leur présence dans les tissus internes de l'explant est plus simple à combattre étant donné qu'elles se manifestent au bout de quelques semaines après la mise en culture des tissus susceptibles de les héberger en raison de leur incapacité à se maintenir à l'état latent dans les conditions de culture *in vitro* (Enjalric *et al.*, 1988).



■ Figure 3  
Manifestation de bactéries  
endophytiques de couleur jaune  
sur une fleur mature (14 x).

Ces contaminations apparaissent, plus rapidement, lorsque les cultures sont soumises à des conditions physico-chimiques défavorables liées, essentiellement, à des temps de séjour entre les transferts excessivement longs.

En raison des difficultés liées à la définition d'un milieu de culture spécifique assurant une bonne croissance de ces bactéries, nous n'avons pas été en mesure de les identifier d'une façon précise. Néanmoins, les observations microscopiques montrent qu'il s'agit de deux types de bactéries en forme de bâtonnets. La première se manifeste sous forme de colonies blanchâtres et la seconde sous forme de colonies jaunâtres.



À propos de leur phytotoxicité, nos essais montrent que la présence de ces bactéries dans le milieu de culture n'affecte pas la croissance des vitroplants (fig. 9) alors qu'elle inhibe la prolifération des souches organo-embryogènes d'une manière significative.

■ Figure 9

Croissance normale d'un vitroplant cultivé sur un milieu contaminé par des bactéries endophytiques jaunes (1 x).

Plusieurs auteurs ont montré l'effet favorable de certaines souches de bactéries sur la croissance et le développement des vitroplants (Leifert *et al.*, 1994). Celles-ci ont été aussi utilisées comme moyen de lutte contre des agents pathogènes par induction de modifications ultrastructurales au sein des tissus végétaux ou par compétition avec les agresseurs (Leifert *et al.*, 1994 ; Benhamou *et al.*, 1996 ; Newman et Reynolds, 2005 ; Berg *et al.*, 2005).

Plusieurs articles de recherche rapportent que la détection de certaines bactéries endophytiques est une opération difficile à réussir. En effet, parmi celles-ci, certaines exigent des milieux de culture très spécifiques (Leifert et Waites, 1992) alors que d'autres nécessitent une présence en forte densité pour entrer en prolifération (Leifert et

Waites, 1993). Par ailleurs, les tissus de plusieurs plantes libèrent des substances antimicrobiennes une fois cultivés sur des milieux d'in-dexage bactérien (Cassells, 1986 ; Leifert *et al.*, 1991). Il a été aussi démontré que les hormones végétales sont susceptibles d'affecter la croissance des micro-organismes par entrée en phase de latence (Lovrekovich et Farkas, 1963). Enfin, les traces du désinfectant, utilisé pour stériliser les explants d'origine, peuvent bloquer la croissance des bactéries pendant la phase d'initiation (Leifert *et al.*, 1994).

L'utilisation d'explants prélevés aux stades jeunes de développement conduit généralement à la différenciation de cals embryogènes sains. En effet, on connaît, depuis longtemps, que les tissus méristématiques, formés de cellules embryonnaires indifférenciées, n'hébergent pas de micro-organismes pathogènes ; c'est pourquoi leur culture a permis l'assainissement de plusieurs espèces. L'importance des explants jeunes réside, d'une part, dans la facilité d'accès du désinfectant dans les tissus internes et, d'autre part, dans le fait que les tissus conducteurs des explants juvéniles n'ont pas encore atteint le stade ultime de différenciation. Concernant les explants adultes, nous avons procédé par fragmentation avant leur désinfection par du Hg Cl<sub>2</sub> ou par tout autre type de désinfectant à effet inhibiteur négligeable sur la prolifération de ces bactéries endophytiques lors des premiers repiquages.

Des résultats similaires ont été obtenus sur le bananier (Houwe et Swennen, 2000). Ainsi, ces auteurs ont pu établir des souches saines à partir d'explants juvéniles.

La détection de ce type de contamination, d'une façon précoce, par les méthodes moléculaires (Stead *et al.*, 2000), serait d'un grand intérêt dans la mesure où elle permettrait de sélectionner les explants dépourvus de toute contamination pour l'établissement de cultures saines.

### **Problèmes de la pseudo-embryonie et de la vitrification**

Le phénomène de la pseudo-embryonie (fig. 10) constitue un obstacle non négligeable à une bonne exploitation du processus de l'embryogenèse végétale. Deux types d'anomalies seraient à l'origine de l'incompétence des embryons somatiques malformés à la germination :



Figure 10  
Morphologie des pseudo-embryons  
de palmier dattier cv. Deglet Nour. (1 x).

– l'absence totale de toute structure de méristème caulinaire sinon la mise en place d'un méristème malformé non fonctionnel sur le plan physiologique ;

– le méristème formé est typique mais soumis à des inhibitions corrélatives dont les causes restent à déterminer. Au plan morphologique, ces pseudo-embryons prennent des formes irrégulières qui ne ressemblent en rien à un embryon bien structuré. Les cals issus d'explants prélevés à des stades de développement avancés ainsi que ceux maintenus sur des milieux riches en 2,4-D, pendant très longtemps, conduisent à beaucoup d'embryons somatiques malformés.

L'effet de fortes concentrations de 2,4-D, sur l'augmentation du taux d'embryons somatiques malformés, a été aussi noté chez les conifères par Parrott *et al.* (1988).

Pour pallier à cet inconvénient, nous suggérons l'utilisation des explants jeunes et des doses faibles de 2,4-D pour réduire le taux des embryons malformés.

La vitrification touche un nombre parfois considérable d'embryons somatiques. Celle-ci se manifeste suite à une hyperhydratation des embryons somatiques qui prennent un aspect translucide.

Chez le palmier dattier, ce processus s'accroît tant par l'emploi de la solution minérale de MS utilisée sans dilution que par maintien prolongé des embryoides en milieu liquide.

Plusieurs études montrent que les ions  $\text{NO}_3^-$  sont les plus impliqués dans la manifestation de cette anomalie, d'où l'implication de la solution minérale de MS étant donné sa richesse en azote. Chez d'autres espèces, les cytokinines, phytohormones largement utilisées en culture *in vitro*, favorisent aussi la vitrification des vitrocultures (Zryd, 1988).

Nous suggérons, à cet effet, l'utilisation des solutions minérales de MS diluées et la récolte des embryons somatiques au fur et à mesure de leur structuration.

### *Physiologie des vitroplants et acclimatation*

Étape ultime dans un schéma de micropropagation, l'acclimatation, peu maîtrisée, peut conduire, chez certaines espèces, à des taux de mortalité élevés de plus de 50 % (Pospisilova, 1999). La réussite d'un procédé de multiplication végétative *in vitro* impose donc que les plantules transplantées en serre soient capables de s'adapter rapidement à :

- une forte luminosité ;
- une humidité relative assez faible ;
- une fluctuation de la température ;
- aux stress biotiques.

En vue d'une bonne maîtrise de cette acclimatation chez le palmier dattier, nous avons entrepris d'étudier plusieurs facteurs susceptibles d'influencer le comportement des vitroplants dont : leur état physiologique, la structure anatomique de leurs racines et feuilles ainsi que les conditions physico-chimiques de déroulement du sevrage.

En ce qui concerne l'état physiologique des vitroplants étudiés, l'analyse de la fluorescence chlorophyllienne (tabl. 3) montre l'efficacité photochimique du photosystème II (Fv/Fm) au cours des derniers stades du développement des plants de 12 mois d'âge, en culture *in vitro*, traduisant très probablement l'acquisition par les vitroplants du caractère d'autotrophie. Cette efficacité photochimique



( $F_v/F_m = 0,75$ ) est comparable à celle des vitroplants acclimatés ( $F_v/F_m = 0,78$ ). Cependant, les vitroplants très jeunes de 3 mois d'âge sont le siège d'un rendement photochimique relativement réduit ( $F_v/F_m = 0,5$ ).

Pour une meilleure évaluation du rendement photosynthétique de ces vitroplants, nous avons déterminé leur teneur en pigments chlorophylliens (tabl. 3). Cette étude montre que les feuilles des vitroplants de 12 mois d'âge ont des teneurs proches de celles des feuilles des plants acclimatés en serre alors qu'elles sont nettement plus faibles chez les feuilles des vitroplants de 3 mois (tabl. 3).

	Stade de développement		
	3 mois	12 mois	acclimaté
<b>Rendement photochimique du PSII</b>	0,5±0,05	0,75±0,07	0,78±0,05
<b>Teneur en chlorophylles (µg/GMF)</b>	400±20	980±30	1200±50

■ Tableau 3

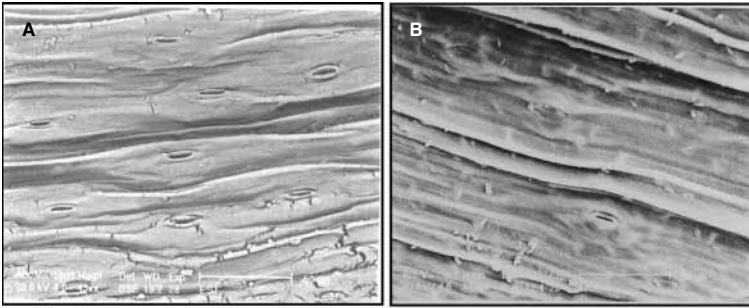
Rendements photochimiques du PSII et teneurs en chlorophylles (a+b) des feuilles de vitroplants de palmier dattier à différents stades de développement.

Les activités spécifiques PEPC et RubisCO ont été mesurées au cours du développement des vitroplants du palmier dattier (Masmoudi *et al.*, 1999). Cette étude confirme l'autotrophie des vitroplants à trois feuilles (environ 12 mois d'âge).

Chez le palmier à huile ainsi que chez le cocotier, les travaux de recherche suggèrent aussi la mise en place d'un métabolisme photosynthétique actif chez les jeunes plantes issues de culture *in vitro* (Rival *et al.*, 1997 b ; Triquet *et al.*, 1997).

La présence du saccharose à 70 g/l (au lieu de 50 g/l) dans le milieu d'endurcissement n'affecte ni le rendement photochimique des somaplants ni les teneurs en chlorophylles a et b de leurs feuilles, d'où l'effet bénéfique de cette dose dans la mesure où elle permet d'accroître l'accumulation de substances de réserve dans les tissus des vitroplants, réserves dont l'utilisation au cours de la phase de sevrage améliorerait les taux de reprise (Huylbroeck et Debergh, 1996).

Les observations au microscope électronique à balayage montrent aussi que la régulation stomatique entre déjà en fonctionnement



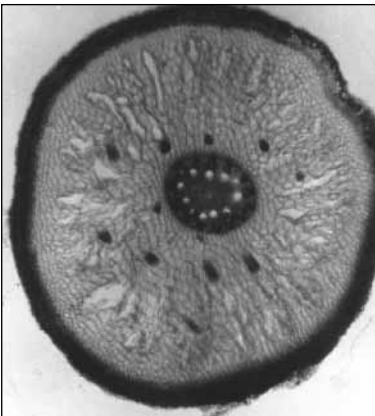
■ Figure 11

Aspect de la surface foliaire de vitroplants, observée au microscope électronique à balayage.

A : âgés de 3 mois (400x) ; B : âgés de 12 mois (400x)

chez des vitroplants de 12 mois (fig. 11). C'est ainsi qu'à la surface des feuilles détachées d'un vitroplant de trois mois, tous les ostioles sont ouverts alors que chez des feuilles détachées d'un vitroplant de 12 mois plusieurs stomates se présentent à l'état fermé. Les plantes acclimatées en serre semblent être parfaitement adaptées à une humidité relative faible dès lors que leurs feuilles détachées ferment très rapidement leurs stomates.

Les analyses anatomiques effectuées sur des racines prélevées sur des vitroplants ont révélé qu'elles présentent une structure comparable à celle des racines des plantes acclimatées en serre traduisant, probablement, le caractère fonctionnel de ces racines à tous les stades de développement (fig. 12).



Les vitroplants qui s'adaptent difficilement aux conditions naturelles sont ceux caractérisés par une mauvaise jonction entre la racine et la partie aérienne. À ce niveau, les proliférations tissulaires, induites

■ Figure 12

Coupe transversale au niveau d'une racine d'un vitroplants de palmier dattier âgé de 3 mois (35x).

par certaines hormones dont l'ANA à partir de 1 mg/l lors des phases d'amplification et d'enracinement des cultures, sont à l'origine du problème de la pourriture affectant le collet. L'utilisation d'un fongicide ne semble pas exercer un effet bénéfique sur l'état des vitroplants qui, à ce stade de développement, le supportent assez mal. Aussi, nous considérons que l'emploi de l'AIB comme hormone inductrice de la rhizogenèse est plus efficace d'autant qu'elle ne conduit pas à ce type de prolifération au niveau du collet.

Pour la mise au point d'un substrat favorable à la survie et au développement des vitroplants du palmier dattier lors de la phase d'acclimatation, nous avons testé l'effet de plusieurs mélanges de constituants organiques (tourbe, terreau, fumier, marc de raisin) et minéraux (sable, terre...). Il en ressort que le mélange constitué de : 1/2 marc de raisin broyé + 1/4 marc de raisin non broyé + 1/4 tourbe est le plus favorable pour le transfert en serre des jeunes plantes, dont la reprise de l'activité végétative est assez rapide, avec peu de perte en vitroplants. Ce substrat est caractérisé par sa capacité à se maintenir à l'état hydraté sans rétention excessive d'eau, étant donné sa porosité.

L'émission de composés phénoliques par le marc de raisin semble inhiber l'activité des micro-organismes à l'origine de la pourriture du collet d'où une baisse significative du taux des plantes affectées par cette pourriture, alors qu'il demeure élevé lorsque l'acclimatation est conduite à l'aide de supports de type classiques.

L'acclimatation des plantes d'une manière individuelle, où les plantes sont placées sous des cloches en verre, ou par petit groupe, est plus facile à conduire étant donné l'état physiologique et la vigueur propre de chaque plante dont la prise en compte nécessite un traitement spécifique. Le système adopté assure la création d'un environnement sain caractérisé par un taux d'humidité convenable pour un bon déroulement de la phase d'acclimatation. En revanche, l'acclimatation sous des tunnels en plastiques ainsi que l'utilisation de chambres équipées d'humidificateurs peuvent être à l'origine de pertes parfois considérables de vitroplants.

En ce qui concerne l'effet de la température, les vitroplants de dattier supportent, sans dégâts mais dans des conditions prédéfinies (lumière tamisée), des températures allant jusqu'à 30 °C. En revanche, des températures inférieures à 20 °C, prolongent le temps d'acclimatation tout en réduisant le taux des plantes aptes à survivre longtemps à cette épreuve.

Exposés directement à la lumière solaire, les vitroplants, en phase d'acclimatation, présentent une chlorose parfois accentuée à l'origine d'une perte considérable en vitroplants. Huylenbroeck et Debergh, 1996 rapportent qu'une forte luminosité, considérée comme un sévère stress abiotique, conduit au phénomène de photo-inhibition correspondant à une baisse durable du rendement quantique optimal du photosystème II. Cet excès de lumière se traduit alors par un stress oxydatif avec production de radicaux libres d'oxygène à l'origine de la dégradation des pigments chlorophylliens. Ce phénomène se déclenche dès lors que l'énergie absorbée par les pigments excède les capacités d'utilisation par la photosynthèse.

Parallèlement à cette photo-oxydation, la partie antérieure de beaucoup de feuilles se déshydrate par perte excessive d'eau, suite à l'ouverture des stomates particulièrement stimulée par la lumière. D'où l'intérêt de conduire la phase d'acclimatation en conditions ombragées.

Les taux de reprise élevés obtenus sur des vitroplants ayant transité par une phase d'endurcissement assez longue (12 mois) apportent la preuve de l'implication directe de l'état physiologique des vitroplants dans ce processus (fig. 13). Les jeunes vitroplants (3 mois d'âge), siège d'une activité photosynthétique faible et d'un contrôle encore imparfait des mouvements en eau, ne parviennent pas, généralement, à s'adapter aux conditions naturelles.



■ Figure 13  
Vitroplants de palmier dattier acclimatés en serre (0,1x).

Pour les vitroplants âgés de 12 mois, nous pensons avoir déterminé les conditions assurant des taux de survie excédant souvent 70 % (température comprise entre 25 et 30 °C – intensité lumineuse modérée – substrat drainant, poreux, riche en éléments minéraux et en substances à effet désinfectant – acclimatation individuelle des plantes).

### Remerciements

Nos remerciements vont au ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Technologie-Tunisie et à l'Agence internationale de l'énergie atomique qui ont supporté nos activités de recherche.

## Bibliographie

- AKHTAR N., JAIN S. M., 2000 – « Application of somatic embryogenesis for the improvement of tropical fruit trees ». In Jain S. M., Gupta P. K., Newton R.J., (éd.) : *Somatic embryogenesis in woody plants*. t. VI : 215-247.
- ARNON D. I., 1949 – Copper enzymes in isolated chloroplast. *Plant physiol.* 24 : 1-15.
- ATTREE S. M., MOORE D., AWHNEY V. K., FOWKE L. C., 1991 – Enhanced maturation and desiccation tolerance of white spruce (*Picea glauca*) somatic embryos : effects of non-plasolysing water stress and abscissic acid. *Ann. Bot.*, 68 : 519-525.
- BERG G., KRECHEL A., DITZ M., SIKORA R. A., ULRICH A., HALLMANN J., 2005 – Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Ecology* 52 (2) : 215-229.
- BRADFORD M. M., 1976 – A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Ann. Bioche.* 72 : 248-254.
- CASSELLS A. C., 1986 – « Production of healthy plants ». In ALDERSON P. G., DULFORCE W. M., (éd.) : *Proceedings of the Institute of Horticulture Symposium: Micropropagation in Horticulture*. University of Nottingham Trent Print Unit, Nottingham, U.K. : 51-71.
- DRIRA N., 1983 – Multiplication végétative du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par la culture *in vitro* de bourgeons axillaires et de feuilles qui en dérivent. *C. R. Biologies*, 296 : 1077-1082.
- DRIRA N., BENBADIS A., 1985 – Multiplication végétative du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par réversion, en culture *in vitro*, d'ébauches florales de pieds femelles. *J. Plant Physiol.*, 119 : 227-235.

- ENJALRIC F., CARRON M. P., LARDET L., 1988 – Contamination of primary cultures in tropical areas : the case of *Hevea brasiliensis*. *Acta Hort.*, 225 : 57-65.
- FERNANDEZ D., LOURD M., QUINTEN M., TANTAOUI A., GEIGER J. P., 1995 – Le Bayoud du palmier dattier, une maladie qui menace la phoeniciculture. *Phytoma. La défense des végétaux*, 469 : 36-39.
- FERRY M., BOUGUEDOURA N., EL HADRAMI I., 1998 – Patrimoine génétique et techniques de propagation *in vitro* pour le développement de la culture du palmier dattier. *Sécheresse*, 9 (2) : 139-146.
- FKI L., MASMOUDI R., DRIRA N., RIVAL A., 2003 – An optimized protocol for plant regeneration from embryogenic suspension cultures of date palm, *Phoenix dactylifera* L. cv. Deglet Nour. *Plant Cell Rep.*, 21 : 517-524.
- GUPTA P. K., TIMMIS R., TIMMIS K., CARLSON W., GROB J., WELTY E., 1994 – « Plantlet regeneration via somatic embryogenesis in Douglas-fir ». *In*: Biological Sciences Symposium Proceeding, Minneapolis : 35-39.
- HOUWE I. V. D., SWENNEN R., 2000 – « Characterization and control of bacterial contaminants *in vitro* cultures of banana (*Musa* spp.) ». *In*: Proceeding of the international symposium on methods and markers for quality assurance in micropropagation, Cork, Ireland : 69-79.
- HUYLENBROECK J. M. V., DEBERGH P. C., 1996 – Physiological aspects in acclimatization of micropropagated plantlets. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 2 (3) : 136-141.
- LEIFERT C., MORRIS E. M., WAITES W. M., 1994 – Ecology of microbial saprophytes and pathogens in tissue culture and field-grown plants: reasons for contamination problems *in vitro*. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13 (2) : 139-183.
- LEIFERT C., RITCHIE J., WAITES W. M., 1991 – Contamination of plant tissue and cell cultures. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 7 : 452-469.
- LEIFERT C., WAITES W. M., 1992 – Bacterial growth in plant tissue culture. *J. Appl. Bacteriol.*, 72 : 460-466.
- LEIFERT C., WAITES W. M., 1993 – « Dealing with microbial contaminants in plant tissue and cell culture: hazard analysis and critical control points ». *In* Lumsden, P. J., Nicholas J. R., Davies B. J., (éd.) *Physiology, growth and development of plants in culture*. Kluwer Academic publishers, Dordrecht, Holland.
- LOVREKOVICH L., FARKAS G. L., 1963 – Kinitin as an antagonist of toxic effect of *Pseudomonas Tabaci*. *Nature* 198-710.
- MASMOUDI R., RIVAL A., NATO A., LAVERGNE D., DRIRA N., DUCREUX G., 1999 – Carbon metabolism in *in vitro* cultures of date palm: the role of carboxylases (PEPC and RubisCO). *Plan. Cell. Tiss. Org. Cult.*, 57 : 139-143.
- MORCILLO F., EBERLENC BERTOSSI F., NOIRET M., HAMON S., DUVAL Y., 1997 – Differential effects of glutamine and arginine on 7S globulins accumulation during the maturation of oil palm somatic embryos. *Plant Cell Rep.*, 18 (10) : 868-872.
- MURASHIGE T., SKOOG F., 1962 – A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15 : 473-497.

- NEWMAN L.A., REYNOLDS C.M., 2005 – Bacteria and phytoremediation : new uses for endophytic bacteria in plants. *Trends in Biotechnology*, 23 (1) : 6-8.
- PARROTT W. A., DRYDEN G., VOGT S., HILDEBRAND D. F., COLLINS G. B., WILLIAMS E. G. 1988 – Optimisation of somatic embryogenesis and embryos germination in soybean. *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, 24 : 817-820.
- POSPILILOVA J., 1999 – Acclimatization of micropropagated plants to ex Vitro conditions. *Biologia Plantarum*, 42 (4) : 481-497.
- RIVAL A., ALBERLENC-BERTOSSI F., BEULÉ T., MORCELLO F., RICHAUD F., TREGAR J., VERDEIL J. L., URAND-GASSELIN T., KONAN E., DUVAL Y., KOUAME B., 1998 – Multiplication clonale du palmier à huile par embryogénèse somatique (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Cahiers Agricultures*, 7 : 492-498.
- ROBERTS D. R., 1991 – Abscisic acid and manitol promote early development, maturation and storage protein accumulation in somatic embryos of interior spruce. *Physiologia Plantarum*, 83 : 247-254.
- STEAD D. E., ELPHINSTONE J. G., WELLER S., SMITH N., HENNESSY J., 2000 – Modern methods for characterising, identifying and detection bacteria associated with plants. *In : Proceeding of the international symposium on methods and markers for quality assurance in micropropagation*. Cork, Ireland : 44-54.
- TRIKI M. A., ZOUBA A., KHOULDIA O., BEN MAHMOUD O., TAKROUNI M. I., GARNIER M., BOVÉ J. M., MONTARONE M., POUPET A., FLORES R., DAROS J. A., FADDA Z. G. N., MORENO P., DURAN VILLA N., 2003 – Maladie des feuilles cassantes or brittle leaf disease of date palms in Tunisia. Biotic or abiotic disease. *Journal of plant Pathology*, 85 (2) : 71-79.
- TRIQUES K., RIVAL A., BEULÉ T., PUARD M., ROY J., NATO A., LAVERGNE D., HAVAUX M., VERDEIL J. L., SANGARE A., HAMON S., 1997 – Photosynthetic ability of in vitro grown coconut (*Cocos nucifera* L.) plantlets derived from zygotic embryos. *Plant Sci.*, 127 : 39-51.
- ZRYD J. P., 1988 – *Culture de cellules, tissus et organes végétaux*. Presses polytechniques romandes, 308 p.

Amélioration  
génétique  
et déterminisme du sexe  
du palmier dattier

---

partie 4





# État des lieux sur l'amélioration génétique du palmier dattier

**Michel Ferry**  
Agronome

## Introduction

Chez le palmier dattier, la création traditionnelle de variétés a été réalisée par la sélection d'individus dans des populations puis par leur multiplication végétative à partir des rejets. De manière conventionnelle chez cette espèce, le terme variété correspond donc exclusivement à un clone. Plusieurs milliers de variétés adaptées aux conditions écologiques et socio-économiques propres à chaque région et même à chaque oasis ont ainsi été créés. Ce patrimoine très riche est menacé d'érosion (voir par exemple la monoculture devenue largement dominante de la Deglet Nour en Tunisie) en raison de la pression à l'uniformisation créée par le marché international.

Très peu de programmes d'amélioration génétique ont été engagés chez cette espèce. Cela s'explique entre autre par :

- sa nature dioïque : chaque pied issu de graine est le résultat d'une hybridation entre deux génomes distincts. L'hétérozygotie est très forte chez le dattier ;
- la première fructification ne se produit que 5 à 7 ans après le semis ;
- à partir d'un croisement, la disponibilité en plants identiques est au départ limitée à une dizaine de rejets qui, de plus, ne peuvent être transplantés qu'une quinzaine d'années après le semis.

Malgré ces difficultés, deux programmes d'amélioration génétique ont vu le jour : celui de la station de recherche agronomique améri-

caine à Indio et celui de la recherche agronomique marocaine pour lutter contre le bayoud.

## Programme de la station de recherche de l'ARS à Indio (1948-1981)

### *Objectifs*

Créer des variétés femelles :

- produisant une datte de qualité égale ou supérieure aux meilleures variétés présentes (dimension, texture, saveur, apparence, sans décollement peau/chair) ;
- idem pour le rendement ;
- indemnes de black nose, maladie à laquelle la Deglet Nour est très sensible ;
- adaptées à la mécanisation de la récolte et du conditionnement ;
- avec un long pédoncule de l'inflorescence ;
- à vitesse de croissance du stipe limitée. C'est une caractéristique de la variété Khadrawy.

### *Méthodes*

Elles sont les suivantes :

- obtention à partir des meilleures variétés femelles de génotypes mâles améliorés par sélection récurrente, jusqu'à 5 *back cross*. Sélection des génotypes mâles sur les caractères phénotypiques ;
- à partir du pollen des *back cross*, croisement avec les meilleures variétés femelles ;
- évaluation des caractéristiques des nouveaux génotypes femelles obtenus ;

Je fournis dans le tableau 1 la liste des variétés femelles de référence avec leurs principaux atouts (Barret, 1973).

Variety	Desirable Characters
Abada	Attractiveness, glossy black fruit with frostlike bloom, midseason maturity
AmirHaji	High Quality fruit little spoilage of fruit in wet weather
Barhee	High quality fruit, heavy yield, late maturity, low tannin in khalal stage
Badrayah	Large fruit, firm texture, midseason maturity
Dayri	High quality, distinctive rich flavor, moisture tolerance, good size, semidry texture
Deglet Beida	Light-colored fruit, smooth skin, very firm texture, early maturity
Deglet Noor	Superior quality, distinctive rich flavor, semidry texture, early maturity
Empress	High quality, attractiveness, good size distinctive rich flavor
Halawy	high quality, distinctive rich flavor, moisture tolerance, early maturity
Horra	Good size, very firm texture, long fruitstalks, midseason maturity
Khadrawy	High quality, dwarf stature, moisture tolerance, precocious flowering, sparse spines early maturity
Kush Zebda	Superior fruit quality, distinctive rich flavour, long fruitstalks
Medjool	Large fruit, moisture tolerance, early maturity, good quality
Tadala	Large fruit, moderate moisture tolerance, attractiveness, earl maturity
Thoory	Light-colored fruit, moderately large fruit., very firm, moisture tolerance late maturity

▮ tableau 1

Liste des variétés femelles de référence avec les principaux atouts (Barret, 1973).

Les *back cross* obtenus (Krueger, 1998) sont listés dans le tableau 2.

Accession N°	PI	Name	Accession N°	PI	Name
66-11-50	555405	Amir Hajj BC2	69-152-50	555434	Halawy BC4
66-11-53	555406	Amir Hajj BC2	63-394-25	555444	Khadrawy BC3
60-270-9	555412	Barhee BC3	69-154-28	555435	Khadraww BC4
70-41-53	555415	Barhee BC4	61-411-2	555423	Khalasa BC2
70-31-50	555419	Barhee BC4	69-155-51	555436	Khalasa BC2
60-271-2	555413	Dayri BC2	69-157-51	555439	Medjool BC3
60-271-7	555414	Dayri BC2	69-156-52	555438	Medjool BC4
70-41-53	555416	Dayri BC3	69-158-51	555440	Tazizoot BC3
70-39-53	555417	Dayri BC3	62-431-3	555445	Thoory BC3
64-354-22	555402	Deglet Noor BC4	70-43-50	555418	Thoorv BC4
69-150-52	555432	Deglet Noor BC5	66-14-52	555408	Zahidi BC2
69-150-50	555433	Deglet Noor BC5	66-14-50	555407	Zahidi BC2
64-351-1	555403	Halawy BC3	66-15-51	555409	Zahidi BC2
64-351-18	555404	Halawy BC3			

▮ Tableau 2

List des *back cross* obtenus (Krueger, 1998).

## Résultats

– Parmi les *back cross* : assez bonne transmission de la taille des fruits (grosse taille pour les descendants de la variété Medjool, taille réduite pour les descendants de la variété Khadrawy). Bonne ressemblance des fruits pour la Barhee mais mauvaise pour la Deglet Nour. Sa saveur qui la rend si particulière n'a pas été conservée alors que cette variété a bénéficié de 5 *back cross*.

– Parmi les croisements : la plupart de qualité inférieure (taille, saveur, texture et apparence des fruits), tolérance insuffisante à la pluie au stade kalal, mauvaise conservation. Seul 1 % des nouveaux génotypes obtenus a été retenu. Aucun des descendants à partir de BC KHD n'a été conservé (voir tableau 3).

Accession N°	PI	Parentage	Size (mm)	Type	Color (Rutab)	Comments
64-343-51	555401	Abada X (Medjool BC2)	45X25	soft	black	Good, Black date
69-155-14	555437	Khalasa X (Khalasa BC2) BC2)	35X24	soft	brown	small, good quality
71-8-1	555428	Theory X (Deglet Noor BC4)	44X27	semi-dry	buff	good, mild flavor
71-11-21	555431	Theory X (Khadrawy BC3)	45X27	semi-dry	amber-brown	bright color, large fruit, early, susceptible to moisture
71-12_33	555429	Theory X (Halawy BC3)	54X25	semi-dry	brown	good quality, but coarse
71-14-1	555446	Theory X (Dayri X Deglet Noor BC3)	48X24	semi-dry	brown	Good flavor and texture
71-25-15	555426	Medjool X (Dayri X Deglet Noor BC3)	43X28	soft to semi-dry	black	Flavor good, keeps well
71-25-36	555427	Mcdjool X (Dayri X Deglet Noor BC3)	68X42	soft to semi-dry	brown	large, mild, fair quality
71-38-10	555425	Horra X (Dayri BC2)	42X36	semi-dry to dry	buff-brown	low tannin, breeding potential

■ Tableau 3

Nouveaux génotypes obtenus après croisements  
(source : Krueger, 1998).

Aucun des génotypes de type demi-sec obtenus n'a été comparable à la variété demi sèche de référence qui est la Deglet Nour.

De plus, certains caractères délétères sont apparus : perte de vigueur, faible productivité en pollen, palmes albinos.

## Conclusion

Ce programme de plus de 30 ans n'a abouti à aucun résultat exploitable au stade commercial.

# Programme d'amélioration génétique de la recherche agronomique marocaine pour lutter contre le bayoud

## *Quelles méthodes de lutte contre le bayoud, maladie vasculaire mortelle du dattier ?*

### Les méthodes chimiques

Le traitement des sols en profondeur est irréalisable. Les chlamydospores du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* responsables de la maladie sont présentes en profondeur où elles se conservent de nombreuses années. Ce type de traitement n'est envisageable qu'en cas de détection précoce d'un nouveau foyer.

L'utilisation de fongicides systémiques est très problématique car :

- la détection de la maladie est souvent tardive ;
- l'application d'insecticides prolongée toute la vie du palmier n'est ni réaliste ni souhaitable : coût, difficultés d'application, pollution environnementale, risque d'apparition de souches résistantes.

### La prophylaxie

L'interdiction du transport de rejets et de matériel végétal à partir d'oasis infestées permet, avec une totale sécurité, d'éviter la propagation de la maladie. Elle nécessite la réalisation de campagnes d'information intenses et périodiques ainsi que la mise en place de mesures de contrôle efficaces. Cette stratégie s'est révélée parfaitement efficace en Algérie : depuis le milieu des années 1970, aucun nouveau foyer n'a été observé et les oasis de l'est algérien ont été préservées.

### La résistance génétique

Elle est apparue très vite comme la seule voie disponible pour restaurer les oasis dévastées par le bayoud au Maroc et dans l'ouest algérien.

### *Le programme de création de variétés résistantes au bayoud*

Ce programme a été initié par Toutain, Saadi et Louvet (Inra Maroc, Inra France) au début des années 1960. Il a été ensuite poursuivi par Sedra et son équipe (Inra Maroc). Je présente ici les méthodes et résultats en me basant sur deux publications de Saaidi (Saaidi, 1981 ; Saaidi, 1992).

Le programme a consisté en :

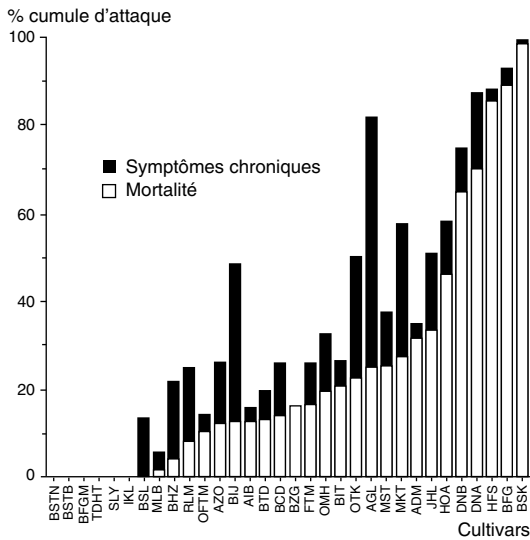
– 1) un intense travail de prospection dans les palmeraies marocaines afin de sélectionner des variétés et des génotypes résistants et de prélever les rejets correspondants : 850 000 saïrs (issus de graine) ont été observés ; 309 génotypes femelles ont été sélectionnés dont 262 provenant de zone bayoudée. Le tableau 4 présente les notes données à ces génotypes en comparaison avec quatre variétés de référence marocaines ;

Consistance des fruits	Variétés de référence (note 3)	Individus femelles (saïrs) sélectionnés		
		Note de qualité	nombre	Régions d'origine
Molle	Mejhoul	3,5	1	Tafilalet
		3	13	
		2,5	15	
	Bou Feggous	5	4	Tafilalet
		4,5	2	Tafilalet
		4	8	Draa
		3,5	26	Draa
		3	85	Saghro
		2,5	122	Saghro
	Sèche	Jihel	4	1
3,5			6	Draa
3			5	Draa
2,5			7	Saghro
Ahardane		4	1	Saghro
		3,5	1	
		3	2	
<b>Total</b>			<b>309</b>	

Tableau 4

Notes données à différents génotypes en comparaison avec quatre variétés de référence marocaines (Saaidi, 1981).

– 2) la plantation des rejets prélevés sur des foyers actifs du bayoud à Zagora. Pour les variétés, un dispositif expérimental impressionnant a été mis en place : 120 plants par variété à tester, 2 205 plants de la variété Bou Feggous (témoin sensible) et 840 de la variété Iklane (témoin résistant). Ce dispositif a permis de confirmer ou d'infirmer la résistance et a abouti à la mise en évidence de trois type de variétés : des variétés résistantes, des variétés très sensibles et des variétés intermédiaires (Saaidi, 1992) ;



■ Figure 1  
Classement des cultivars de palmier dattier en fonction des attaques de bayoud au bout de 25 années (Saaidi, 1992).

– 3) la création de variétés résistantes et de qualité par hybridation contrôlée.

Pour cela, le schéma suivant a été adopté :

- 33 génotypes mâles résistants ont été multipliés à 10 variétés de haute qualité mais sensibles : 155 000 graines ont été obtenues de ces croisements ;
- le pollen provenant de 19 *back cross* mâles du programme américain (génotypes améliorés supposés sensibles) a servi à polliniser 8 génotypes femelles résistants mais de qualité médiocre : 76 000 graines ont été obtenues de ces croisements.



Les plantules issues de ces graines ont été soumises à un premier test de résistance sur substrat infesté par des souches virulentes de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Le tri des plants résistants a été opéré. Ils ont été ensuite plantés en pleine terre de nouveau sur foyers actifs. La qualité des dattes produites ultérieurement par les plants résistant a été évaluée. Cela a permis de sélectionner les génotypes qui étaient à la fois résistants et de qualité. Sur l'ensemble des croisements opérés, très peu de génotypes ont présenté ces deux caractéristiques.

Des recherches pour la multiplication par culture *in vitro* (organogénèse) des génotypes les plus prometteurs ont été engagées. Quelques variétés nouvelles ont pu être créées grâce à cette technique et les vitroplants obtenus distribués aux agriculteurs.

## Conclusions

Aucun des descendants du programme américain n'est utilisé commercialement.

Environ 300 000 vitroplants du programme marocain ont été plantés (prévisions initiales : 3 millions de 1987 à 2007) mais près de 90 % de variétés sensibles et principalement un seul cultivar résistant et de qualité.

En raison des autres problèmes concernant la culture du palmier dattier (faiblesse des rendements liée à de mauvaises pratiques culturales, conservation et commercialisation des dattes, problèmes socio-économiques), en raison du coût et de la durée de mise en œuvre d'un programme d'amélioration génétique, en raison de l'importance des ressources génétiques existantes, l'amélioration génétique du dattier, sauf dans quelques cas particuliers, constitue-t-elle une priorité ?

## Bibliographie

BARRET H. C., 1973 –  
Date breeding and improvement  
in North America.  
*Fruit Var J.*, 27 : 50-55.

KRUEGER R., 1998 –  
« Date Palm Germplasm:  
Overview and Utilization in the USA.  
First International Conference  
on Date Palms (Al-Ain, UAE,  
March 8-10, 1998) ». *Faculty of sciences UAE* : 2-37.

SAAIDI M., TOUTAIN G.,  
BANNEROT H., *et al.*, 1981 –  
La sélection du palmier-dattier  
(*Phœnix dactylifera* L.)  
pour la résistance au bayoud.  
*Fruits*, 35 (4) : 241-249.

SAAIDI M., 1992 –  
Comportement au champ de 32 cultivars  
de palmier dattier vis-à-vis du bayoud :  
25 années d'observations.  
*Agronomie*, 12 (5) : 359-370.



# La détermination du sexe chez le palmier dattier

**Frédérique ABERLENC-BERTOSSI**

Biologiste

**Abdourahman DAHER**

Biotechnologiste

**Nathalie CHABRILLANGE**

Biologiste

## Introduction

Le palmier dattier, plante emblématique du désert, est cultivé depuis la haute Antiquité dans les régions arides et semi-arides de la plaine. Ses fruits très énergétiques ont une forte valeur alimentaire et commerciale. Le palmier dattier présente également une importance écologique capitale en créant au milieu du désert, un microclimat favorable au développement de cultures sous-jacentes.

## La multiplication du palmier dattier

### *La multiplication asexuée*

Le maintien et le développement des palmeraies sont assurés depuis des siècles par multiplication végétative de cultivars qui dérivent de la sélection empirique de plant issus de graines. Dans la majorité des pal-

meraies, et particulièrement dans le Maghreb et le Moyen-Orient, les plants sont propagés par la culture de rejets prélevés sur des cultivars élites. Cette pratique permet de maintenir les caractéristiques des cultivars qui portent essentiellement sur les qualités gustatives des dattes. Plus récemment, la micropropagation par culture *in vitro* a permis la multiplication clonale à grande échelle des cultivars d'intérêt.

Avec l'évolution économique et sociale de ces pays, les palmeraies se sont réorganisées pour satisfaire une demande sans cesse croissante en dattes de qualité supérieure à l'instar des cultivars Deglet Nour et Medjool. Cependant, la reproduction clonale a eu pour conséquence une diminution de la diversité génétique au sein des palmeraies. Ainsi, en Tunisie, le cultivar Deglet Nour représente 60 % de la production nationale. De plus, des contraintes biotiques (maladies et ravageurs) et abiotiques (ensablement et salinisation de terre) ont entraîné la disparition de cultivars d'intérêt contribuant à une importante érosion génétique qui menace l'agrodiversité des palmeraies.

### *La multiplication sexuée*

Le palmier dattier a été depuis longtemps multiplié par graines produisant ainsi des millions d'hybrides et créant un énorme réservoir de diversité génétique (Ferry et *al.*, 1998). De plus, les croisements contrôlés constituent une voie privilégiée pour la mise en œuvre des programmes d'amélioration génétique en vue de la sélection de génotypes résistants aux stress.

Cependant, la propagation par graine est très peu pratiquée à l'heure actuelle. En effet, le palmier dattier est hétérozygote. La reproduction sexuée conduit à une perte des caractéristiques des parents, et plus particulièrement des caractères organoleptiques des dattes produites.

De plus, le palmier dattier est une espèce dioïque, ce qui signifie que les inflorescences mâles et femelles sont portées par des individus différents. Sa reproduction par graines donne une descendance comprenant environ 50 % de pieds mâles et 50 % de pieds femelles (Saaidi, 1990). Les individus femelles, producteurs de dattes, sont majoritairement recherchés. Un seul individu mâle permet de polliniser manuellement 50 à 60 à individus femelles en plantation. Or,

étant donné la longueur de la phase végétative du palmier dattier, il est nécessaire d'attendre 6 à 8 ans l'apparition des premières floraisons pour connaître le sexe des plants.

Par conséquent, l'identification précoce du sexe permettrait de sélectionner au jeune âge les pieds femelles dans les parcelles issues de semences et donc, de limiter les coûts en plantation liés à la culture des pieds mâles improductifs. C'est pourquoi, depuis plusieurs décennies, des marqueurs du sexe ont été recherchés chez le palmier dattier. La détermination précoce du sexe ouvrirait donc de nouvelles perspectives pour réintroduire de la biodiversité dans les palmeraies et mettre en œuvre des programmes d'amélioration génétique du palmier dattier.

## La détermination du sexe chez les plantes dioïques

Les angiospermes, ou plantes à fleurs, présentent une très grande diversité dans leurs systèmes de reproduction. L'analyse de la reproduction de 120 000 espèces végétales a révélé que la majorité d'entre elles sont hermaphrodites (72 %), 7 % sont monoïques, 17 % présentent des formes sexuelles intermédiaires et seulement 4 % sont dioïques (Yampolsky et Yampolsky, 1922). Dans les 238 genres connus de la famille des palmiers en revanche, la majorité des espèces portent des fleurs unisexuées : 165 genres sont monoïques, 39 sont dioïques et seulement 34 portent des fleurs hermaphrodites (Uhl, 1969). La dioécie implique une allogamie stricte qui permet d'éviter les effets délétères de la dépression d'*inbreeding*, favorise l'hétérozygotie et la variabilité génétique favorable à la survie à long terme et l'adaptation des espèces (Dellaporta et Calderon-Urrea, 1993). Les espèces dioïques auraient évolué à plusieurs reprises à partir d'ancêtres bisexuels par deux processus successifs indépendants : une première mutation causant une stérilité male engendrant une population gynodioïque et une deuxième mutation induisant une diminution de la fertilité femelle conduisant la population à une dioécie fonctionnelle (Dellaporta et Calderon-Urrea, 1993).

## *Les chromosomes sexuels*

Les systèmes de chromosomes sexuels ont émergé à plusieurs reprises au cours de l'évolution des plantes à fleurs (Charlesworth, 2002). Ils trouveraient leur origine dans l'évolution d'une région chromosomique non recombinante autour de gènes déterminant le sexe (Liu *et al.*, 2004). L'haplotype femelle porterait un allèle récessif de stérilité mâle, alors que le chromosome déterminant le sexe mâle serait dominant et porterait des allèles de stérilité femelle. L'évolution des chromosomes sexuels est intimement liée à la dégénérescence du chromosome Y, *via* notamment un taux élevé de mutations délétères (Charlesworth, 2002).

Les chromosomes sexuels hétéromorphes ont rarement été observés chez les angiospermes mais ont été cependant décrits chez *Rumex*, *Humulus* et *Silene*. Chez le compagnon blanc ou *Silene latifolia*, les individus mâles portent des chromosomes XY et les femelles des chromosomes XX (Vyskot *et al.*, 2004). C'est le cas aussi de l'asperge (Gebler *et al.*, 2007) et de l'igname (Terauchi et Kaul, 1999). Chez l'oseille, le sexe est déterminé indépendamment de la présence du chromosome Y par un ratio chromosome X / autosomes. Le mâle possède un rapport supérieur à 1 et la femelle un rapport inférieur (Ainsworth *et al.*, 2005, Matsunaga, 2006). Chez *Silene latifolia*, les individus femelles possèdent deux chromosomes X et les individus mâles un chromosome X et deux chromosomes Y (Kihara et Ono, 1923).

## *La recherche de marqueurs du sexe et de gènes impliqués dans la différenciation du sexe*

Les marqueurs spécifiques du sexe ont été recherchés chez de nombreuses espèces dioïques afin d'identifier précocement le sexe des plantes et faciliter la mise en œuvre de programmes de sélection. Des marqueurs moléculaires ont ainsi été identifiés par la recherche de marqueurs RAPD, AFLP, microsatellites ou par la construction de cartes génétiques et physiques chez l'igname, l'oseille, la papaye, le compagnon blanc, le cannabis et l'asperge (Terauchi et Kaul, 1999 ;

Ainsworth *et al.*, 2000 ; Stehlik et Blattner, 2004 ; Gebler *et al.*, 2007 ; Telgmann-Rauber *et al.*, 2007).

Des gènes impliqués dans la différenciation du sexe ont également été recherchés en relation avec la monoécie et la dioécie. Ainsi, chez l'asperge (*Asparagus officinalis* L.), des études ont montré qu'il existe un dimorphisme sexuel contrôlé par un gène dominant, M (Uno, 2002). Les plants femelles sont homozygotes pour les allèles récessifs mm et les plants mâles sont homozygotes MM (appelé aussi super mâles) ou hétérozygotes Mm au locus de détermination du sexe (Loptien, 1979). Chez le compagnon blanc, des gènes *SISTM* et *SICUC* seraient impliqués dans l'unisexualisation de la fleur mâle (Zluvova *et al.*, 2006). Des facteurs de transcriptions de type KNOX et NAC auraient également un rôle dans la différenciation sexuelle (Zluvova *et al.*, 2006). L'expression du sexe, chez le concombre est gouvernée par trois gènes majeurs (F/f, M/m et A/a) (Diro *et al.*, 2005). Chez le maïs, espèce monoïque, les gènes *tasselseed 1* et *2* sont requis très précocement dans un processus d'apoptose du pistil (Calderon-Urrea et Dellaporta, 1999). Chez le melon, il existe des plants andromonoïques, portant à la fois des fleurs mâles et des fleurs bisexuelles. Le gène *CmACS-7* codant pour la 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (ACS), une enzyme de la voie de biosynthèse de l'éthylène a été identifié comme déterminant l'andromonoecie (Boualem *et al.*, 2008). Les auteurs ont mis en évidence que le phénotype andromonoïque est dû à une mutation dans ce gène. Chez la vigne, un locus à effets quantitatifs (abrégié en QTL pour *quantitative trait locus*) associé au sexe a été identifié (Marguerit *et al.*, 2009). Le gène de l'ACS, associé au locus du sexe, pourrait être impliqué, comme chez le melon, au contrôle du sexe chez la vigne.

## La détermination du sexe chez le palmier dattier

Le nombre de chromosome de *Phoenix dactylifera* L. est  $2n = 36$  (Sharma et Sarkar, 1956). La quantité d'ADN nucléaire est de  $1C = 0,95$  pg (Dransfield *et al.*, 2008). Chez le palmier dattier, le *sex ratio*



d'une descendance est généralement de 1 (Saadi, 1990), ce qui suggère un déterminisme génétique du sexe. L'existence de chromosomes sexuels chez le palmier dattier a été proposée (Siljak-Yakovlev *et al.*, 1996). En effet, ces auteurs ont observé un marquage différentiel à la chromomycine des chromocentres de noyaux interphasiques de plants mâles et femelles. Des chromocentres homomorphes sont détectés chez les individus femelles alors que chez les individus mâles des chromocentres hétéromorphes sont observés. Le système chromosomique serait de type XY (Siljak-Yakovlev *et al.*, 1996).

Une recherche de marqueurs du sexe par RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) n'a pas permis d'identifier et de valider de séquence liée au sexe chez le palmier dattier (Zaher et Baaziz, 2006).

## Conclusions

Malgré l'importance économique considérable du palmier dattier et l'enjeu que représente l'identification précoce du sexe pour les programmes d'amélioration génétique et de maintien de la diversité de l'espèce, aucun marqueur spécifique du sexe n'a été identifié et validé à ce jour.

## Bibliographie

AINSWORTH C., 2000 – Boys and girls come out to play: The molecular biology of dioecious plants. *Ann. Bot.*, 86 : 211-221.

AINSWORTH C., RAHMAN A., PARKER J., EDWARDS G., 2005 – Intersex inflorescences of *Rumex acetosa* demonstrate that sex determination is unique to each flower. *New phytologist*, 165 : 711-720.

BOUALEM A., FERGANY M., FERNANDEZ R., TROADEC C., MARTIN A., MORIN H., SARI M. A., COLLIN F., FLOWERS J. M., PITRAT M., PURUGGANAN M. D., DOGIMONT C., BENDAHDANE A., 2008 – A conserved mutation in an ethylene biosynthesis enzyme leads to andromonoecy in melons. *Science*, 321 (5890) : 836-838.

- CALDERON-URREA A., DELLAPORTA S. L., 1999 – Cell death and cell protection genes determine the fate of pistils in maize. *Development*, 126 : 435-441.
- CHARLESWORTH D., 2002 – Plant sex determination and sex chromosomes. *Heredity*, 88 (2) : 94-101.
- DELLAPORTA S. L., CALDERON-URREA A., 1993 – Sex Determination in Flowering Plants. *The Plant Cell*, 5 : 1241-1251. American Society of Plant Physiologists.
- DIRO T., TURAN T., 2005 – Isolation of a partial sequence of a putative nucleotide sugar epimerase, which may involve in stamen development in *cucumber* (*Cucumis sativus* L.), *Theor Appl Genet.*, 2005 Nov., 111 (7) : 1300-1307.
- DRANSFIELD J., UHL N. W., ASMUSSEN C. B., BAKER W. J., HARLEY M. M., LEWIS C. E., 2008 – « Genera Palmarum: the evolution and classification of palms ». Royal Botanic Gardens, Richmond, Surrey, UK.
- FERRY M., BOUGUEDOURA N., HADRAMI I., 1998 – Patrimoine génétique et techniques de propagation in vitro pour le développement du palmier dattier. *Sécheresse*, 9 (2) : 139-146.
- GEBLER P., WOLKO L., KNAFLEWSKI K., 2007 – Identification of molecular markers for selection of supermale (YY) *asparagus* plants. *J. Appl. Genet.*, 48 (2) : 129-131.
- KIHARA H., ONO T. 1923 – The sex chromosomes of *Rumex acetosa*. *Z Inductive Abstammungs Vererbungslehre*, 39 : 1-7.
- LOPTIEN H., 1979 – Identification of the sex chromosome pair in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Z. Pflanzenzucht.*, 82 : 162-173.
- LIU Z, MOORE P. H., MA H., ACKERMAN C.M., RAGIBA M., YU Q., PEARL H. M., KIM M. S., CHARLTON J. W., STILES J. I., ZEE F. T., PATERSON A. H., MING R., 2004 – A primitive Y chromosome in papaya marks incipient sex chromosome evolution. *Nature*, 427 (6972) : 348-52.
- MARGUERIT E., BOURY C., MANICKI A., DONNART M., BUTTERLIN G., NÉMORIN A., WIEDEMANN-MERDINOGLU S., MERDINOGLU D., OLLAT N., DECROOCCQ S., 2009 – Genetic dissection of sex determinism, inflorescence morphology and downy mildew resistance in grapevine. *Theor. Appl. Genet.*, 118 (7) : 1261-1278.
- MATSUNAGA S., 2006 – Sex chromosome-linked genes in plants. *Genes Genet. Syst.*, 81 : 219-226.
- SHARMA A. K., SARKAR S. K., 1956 – Cytology of different species of palms and its bearing on the solution of the problems of phylogeny and speciation. *Genetica*, 28 : 361-488.
- SAADI M., 1990 – Amélioration génétique du palmier dattier, Critères de sélection, techniques et résultats, *Options méditerranéennes, sér. A | n° 11, 1990 - Les systèmes agricoles oasisien.*
- SILJAK-YAKOVLEV S., BENMALEK S., CERBAH M., COBA DE LA PEÑA T., BOUNAGA N., BROWN S. C., SARR A., 1996 – Chromosomal sex determination and heterochromatin structure in date palm. *Sexual Plant Reproduction*, 9 : 127-132.
- STEHLIK I., BLATTNER F. R., 2004 – Sex-specific SCAR markers in the dioecious plant *Rumex nivialis* (Polygonaceae) and implications for the evolution of sex chromosomes, *Theor. Appl. Genet.*, 108 : 238-242.

- TELGSMANN-RAUBER A., JAMSARI A., KINNEY M. S., PIRES J. C., JUNG C., 2007 – Genetic and physical maps around the sex-determining M-locus of the dioecious plant asparagus. *Mol. Genet. Genomics*, 278 (3) : 221-34.
- TERAUCHI R., KAHL G., 1999 – Mapping of the *Dioscorea tokoro* genome: AFLP markers linked to sex. *Genome*, 42 : 752-762.
- UHL, 1969 – Anatomy and ontogeny of the cincinni and flowers in *Nannorrhops ritchiana* (Palmae). *Journal of the Arnold Arboretum*, 50 : 411-431.
- UNO Y., LI Y., KANECHI M., INAGAKI N., 2002 – Haploid production from polyembryonic seeds of *Asparagus officinalis* L. *Acta. Hortic.*, 589.
- VYSKOT B., HOBZA R., 2004 – Gender in plants: sex chromosomes are emerging from the fog. *Trends Genet.*, 20 (9).
- ZAHER H., BAAZIZ M., 2006 – « Contribution à l'identification des pieds mâles et femelles chez le palmier dattier par l'utilisation des marqueurs RAPD ». Congrès international de biochimie, Agadir, 9-12 mai 2006, Maroc.
- ZLUVOVA J., NICOLAS M., BERGER A., NEGRUTIU I., MONEGER F., 2006 – Premature arrest of the male flower meristem precedes sexual dimorphism in the dioecious plant *Silene latifolia*. *PNAS*, 103 (49) : 18854-18859.
- YAMPOLSKY C., YAMPOLSKY H., 1922 – Distribution of sex forms in the phanerogamic flora. *Bibl. Genet.*, 3 : 1-62.

Lutte contre  
les maladies  
du palmier dattier

---

partie 5



# Développement de nouvelles stratégies de lutte contre le bayoud

La potentialisation des réactions de défense  
du palmier dattier au moyen de Stifénia

**El Faïza ABOURAÏCHA**  
Biotechnologiste

**Marc COUMANS**  
Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

**Touria BOUNNIT**  
Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

**Christelle MARTINEZ**  
Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

**Christian JAY-ALLEMAND**  
Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

**Ismail EL HADRAMI**  
Biotechnologiste  
et physiologiste végétal

Cette contribution présente une brève description des stratégies de défense des plantes vis-à-vis des agresseurs, une mise au point sur la potentialisation de ces réactions de défense et sur les agents inducteurs avant de mettre en relief les principaux acquis chez le couple dattier-Foa (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*).

## Principales stratégies de défense des plantes contre les agents pathogènes

En plus des barrières constitutives, les plantes ont su mettre en place des mécanismes complexes impliquant la reconnaissance et la

réponse aux signaux émis suite à l'invasion des pathogènes. Cette reconnaissance déclenche des mécanismes de défense qui convergent généralement vers la réaction hypersensible (Mittler *et al.*, 1996), le renforcement des parois cellulaires (Shmele et Kauss, 1990), la production des formes actives d'oxygène (Doke *et al.*, 1996) et la synthèse des phytoalexines et des protéines PR (Durand-Tardif et Pelletier, 2003). Ces réponses sont souvent associées à une résistance systémique acquise (SAR) ou à une résistance systémique induite (ISR) (Métraux *et al.*, 2002).

Cependant, l'induction de la résistance systémique implique, dans la plupart des cas, le détournement du métabolisme de la plante vers la mise en place des réactions de défense « très fortes » et amplifiées par rapport à ce qui est réellement exigé en réponse à un premier contact avec un agent pathogène. Cet arsenal de défense développé, étant trop consommateur d'énergie, affecte inévitablement la croissance et la productivité de plusieurs plantes (Heil, 2002 ; Walters et Heil, 2007).

## ■ Le *priming* : une stratégie prometteuse de lutte contre les maladies des plantes

La possession, par les végétaux, d'une éventuelle « mémoire immunologique », tout comme les animaux et les êtres humains, a amélioré considérablement l'efficacité de l'expression de la résistance aux attaques subséquentes (Conrath *et al.*, 2002). En effet, les plantes possèdent la capacité à ne déclencher des réponses plus intenses et plus rapides qu'après la perception d'une attaque par un parasite (Conrath *et al.*, 2006). Ce phénomène est connu sous différentes appellations à savoir le *priming*, la mise en alerte/veille ou encore la potentialisation des réactions de défense chez les plantes.

## Quels sont les agents inducteurs du *priming* ?

Le phénomène du *priming* a été démontré chez différentes espèces de plantes dans le cadre de la résistance contre les pathogènes (la SAR et l'ISR) (Ton *et al.*, 2006 ; Akram, 2008). Il peut être déclenché *via* l'application exogène de plusieurs produits tels que l'acide salicylique (Mur *et al.*, 1996) et son analogue synthétique l'acide 2,6 dichloroisonicotinique (INA) (Kogel *et al.*, 1994), l'acide  $\beta$ -aminobutyrique (BABA) (Zimmerli *et al.*, 2000) et le benzothiadiazole (BTH) (Kohler *et al.*, 2002).

Les composés organiques volatils (VOCs), émis par les plantes suite à leurs blessures ou à leurs attaques par des insectes herbivores, peuvent également conduire à l'état potentialisé chez les plantes adjacentes (Kessler *et al.*, 2006). De même, les associations des végétaux avec quelques micro-organismes non pathogènes dans le sol se sont révélées potentialisatrices des réactions de défense. C'est le cas notamment d'une souche de *Pseudomonas fluorescens* et de quelques champignons endo et ectomycorhiziens (Leeman *et al.*, 1995).

L'application de ces agents inducteurs du *priming* conduit à une accumulation des protéines signal dans les cellules potentialisées. Dès que la plante est exposée à une attaque par un pathogène, la reconnaissance d'un second signal « hyperactive » ces protéines pour une transduction amplifiée de ce dernier conduisant à des réponses plus rapides et plus intenses (Conrath *et al.*, 2006).

## Avantages du phénomène du *priming*

Le phénomène du *priming* présente un énorme avantage en termes de coûts énergétiques pour la plante, puisque les réponses de défense



ne sont exprimées que lorsqu'elles sont réellement exigées, en cas d'attaque par le pathogène (Van Hulst *et al.*, 2006).

Outre leurs rôles protecteurs des plantes vis-à-vis des stress biotique et abiotique, les agents inducteurs de *priming* se sont révélés également stimulateurs de la croissance et du développement des plantes mises en état d'alerte.

Au regard de ces avantages, plusieurs cultures ont été protégées grâce au *priming*, ce qui a réduit considérablement l'impact des maladies sur les cultures d'importance économique. C'est le cas notamment des cultures de blé, de riz et de maïs qui ont été protégées respectivement contre *Septoria* spp, *Rhizoctonia solani* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Beckers et Conrath, 2007).

## Application du *priming* au couple palmier dattier-Foa, agent causal de la maladie du bayoud

La potentialisation des réactions de défense du palmier dattier contre sa fusariose vasculaire, causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *alb-dinis* (Foa), constitue un axe de recherche principal au sein de notre équipe de recherche.

L'état potentialisé des jeunes plants du dattier a été obtenu *via* l'utilisation des agents d'origines diverses tels que (i) des micro-organismes non pathogènes à savoir un isolat non agressif du Foa (AHD) (El Hassni *et al.*, 2004a), des bactéries antagonistes vis-à-vis du Foa (El Hassni *et al.*, 2007), des champignons endomycorhiziens (Jaiti *et al.*, 2008), un produit naturel dénommé le chitosane (El Hassni *et al.*, 2004b) et une molécule signal, l'acide jasmonique (Jaiti *et al.*, 2004).

Par ailleurs, la découverte des potentialités élicitrices des produits naturels à base de plantes contribuera davantage au développement de nouvelles stratégies de biocontrôle qui pourraient être envisagées pour solutionner, pour le moins en partie, le problème du bayoud.

## Potentialisation des réactions de défense du palmier dattier au moyen de Stifénia

Le produit Stifénia (Samabiol, Port-la-Nouvelle, France) est une poudre élaborée à partir des graines de fenugrec (*Trigonella foenum-graecum* L.), légumineuse originaire des pays Méditerranéens. Ce nouveau produit naturel permet la protection des plantes contre certains agents pathogènes par le phénomène de potentialisation des réactions de défense (Siddi *et al.*, 2004 ; Martinez et Loison, 2006). Ce produit a été ici testé pour la première fois chez le pathosystème palmier dattier-Foa, agent causal de la maladie du bayoud.

Les résultats obtenus montrent que le prétraitement des plants de dattier pendant 60 jours par le produit Stifénia, apporté en poudre ou en solution, ne se traduit par aucun effet dépressif visuel sur leur croissance et leur développement. L'apport du produit sous forme de poudre conduit, après 60 jours de prétraitement, à une accumulation massive des isomères de position de l'acide caféoylshikimique accompagnée de la néosynthèse d'un dérivé de l'acide sinapique connu comme une phytoalexine caractéristique de la racine du dattier (El Hadrami *et al.*, 1997). Par ailleurs, le prétraitement des plantes par le produit Stifénia n'a pas induit systématiquement l'activation des peroxydases ni celle des polyphénoloxydases, deux enzymes fortement impliquées dans la résistance des plantes au bayoud (El Hassni *et al.*, 2005 ; Baaziz *et al.*, 2006).

Le produit Stifénia, ici testé pour son rôle potentialisateur des réactions de défense chez le pathosystème dattier-Foa, a également joué le rôle d'un éliciteur direct en induisant des réponses de défense bien avant la perception de l'agent pathogène.

La dualité des rôles de plusieurs agents « potentialisateurs » et particulièrement le produit Stifénia serait le résultat d'une étroite relation qui lie le phénomène de potentialisation des réactions de défense chez les plantes à celui de la résistance induite incluant notamment la résistance systémique acquise et la résistance systémique induite (Thulke et Conrath, 1998 ; Conrath *et al.*, 2001).

L'inoculation des racines du dattier par *Foa* stimule rapidement les activités peroxydasiques chez les plantes prétraitées par la solution de Stifénia pour atteindre des valeurs quatre fois plus importantes que celles relevées chez les plantes prétraitées par le produit seul. Ces réponses de défense traduisent, sous peu, une potentialisation et une mise en veille des jeunes plants du dattier.

Parallèlement au traitement des plants par le produit Stifénia, d'autres essais ont été également conduits sur l'agresseur, le *Foa*. Compte tenu de la richesse de cette poudre naturelle en composés phénoliques et tout particulièrement en flavonoïdes, l'agent causal de la maladie du bayoud devrait être inhibé en présence de fortes concentrations de Stifénia. Paradoxalement, le produit Stifénia (20 g/l) a remarquablement stimulé sa croissance et sa conidiogénèse en conditions *in vitro*. En effet, la richesse des graines de fenugrec en polysaccharides et en protéines pourrait expliquer le développement spectaculaire de ce champignon phytopathogène (Jürgen et Haubner, 1991 ; Brummer *et al.*, 2003).

Intéressant, l'extrait phénolique contenu dans les 20 g/l du produit a réduit de 68 % la conidiogénèse et de 43 % la croissance mycélienne du *Foa*.

Les résultats ici obtenus mettent en exergue l'effet paradoxal du produit Stifénia concernant son utilisation en tant qu'agent potentialisateur des réactions de défense du palmier dattier contre la maladie du bayoud.

D'autres essais sont en cours afin de mieux élucider les mécanismes de potentialisation des réactions de défense du palmier dattier et de diminuer ainsi de l'impact de la maladie du bayoud dans les palmeraies infestées.

## Bibliographie

AKRAM A., 2008 –  
*Elicitation de la résistance systémique induite chez la tomate et le concombre et activation de la voie de la lipoxygénase par des rhizobactéries non-pathogènes.*  
Thèse de Doctorat. Université de Liège, Belgique, 165 p.

BAAZIZ M., QACIF N.,  
BENDIAB K., AOUAD A., 2006 –  
« Les peroxydases des plantes. Aspects théoriques et Applications pratiques ». *Congrès International de Biochimie*, Agadir. 17-21.

- BECKERS G., CONRATH U., 2007 – Priming for stress resistance: from the lab to the field. *Current Opinion in Plant Biol.*, 10 : 425-431.
- BRUMMER Y., CUI W., WANG Q., 2003 – Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum. *Food Hyd.*, 17 : 229-236.
- CONRATH U., THULKE O., KATZ V., SCHWINDLING S., KOHLER A., 2001 – Priming as a mechanism in induced systemic resistance of plants. *European Journal of Plant Pathology*, 107 : 113-119.
- CONRATH U., BECKERS G. J. M., FLORS V., GARCIA-AGUSTIN P., JAKAB G., MAUCH F., NEWMAN M. A., PIETERSE C. M. J., POINSSOT B., POZO M. J., PUGIN A., SCHAFFRATH U., TON J., WENDEHENNE D., ZIMMERLI L., MAUCH-MANI B., 2006 – Priming : getting ready for battle. *Mol. Plant Microbe.*, 19 : 1062-1071.
- CONRATH U., PIETERSE M. J., MAUCH-MANI B., 2002 – Priming in plant-pathogen interactions. *Trends in Plant Science*, 7 : 210-216.
- DOKE N., MIURA Y., SANCHEZ L. M., PARK H. J., NORITAKE T., YOSHIOKA H., KAWAKITA K., 1996 – The oxidative burst protects plants against pathogen attack: mechanism and role as an emergency signal for plant bio-defence. *Gene.*, 179 : 45-51.
- DURAND-TARDIF M., PELLETIER G., 2003 – « Apport de la biologie moléculaire et cellulaire et de la génétique à la protection des plantes ». C.R. Biologies, 326 : 23-35.
- EL HADRAMI I., RAMOS, T., EL BELLAJ, M., EL IDRISSEI-TOURANE, A., MACHEIX J. J., 1997 – A sinapic derivative as induced defense compound of date palm against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, the agent causing Bayoud disease. *J. Phytopathol.*, 145 : 329-333.
- EL HASSNI M., J'aiti F., Dihazi A., Ait Barka E., Daayf F., El Hadrami I., 2004a – Enhancement of defense responses against Bayoud disease by treatment of date palm seedlings with an hypoaggressive *Fusarium oxysporum* isolate. *J. Phytopathol.*, 152 : 182-189.
- EL HASSNI M., EL HADRAMI A., DAAYF F., AIT BARKA E., EL HADRAMI I., 2004b – Chitosan, antifungal product against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* and elicitor of defence reactions in date palm roots. *Phytopathol. Mediterranea*, 43 : 195-204.
- EL HASSNI M., EL HADRAMI A., DAAYF F., CHÉRIF M., AIT BARKA E., EL HADRAMI I., 2007 – Biological control of bayoud disease in date palm: Selection of microorganisms inhibiting the causal agent and inducing defense reactions. *Environmental and Experimental Botany*, 59 : 224-234.
- EL HASSNI M., VERDEIL J. L., EL HADRAMI I., 2005 – An hypoaggressive *Fusarium oxysporum* isolate induces polyphenoloxidases activity in the date palm seedlings allowing their protection against the bayoud disease. *Plant pathology Journal*, 4 : 96-102.
- HEIL M., 2002 – Ecological costs of induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology*, 5 : 345-350.
- JAITI F., DIHAZI A., EL HADRAMI A., EL HASSNI M., EL HADRAMI I., 2004 – Effect of exogenous application of jasmonic acid on date palm defense reaction against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Phytopathol. Mediterranea*, 43 : 325-331.
- JAITI F., MEDDICH A., EL HADRAMI I., 2008 – Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against bayoud disease. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 71 : 166-173.

- JÜRGEN K.P.W., HAUBNER K., 1991 – Inhibitors of human and bovine trypsin and chymotrypsin in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds. *ZLebensm Unters Forsch*, 193 : 242-246.
- KATZ V.A., THULKE O. U., CONRATH U., 1998 – A benzothiadiazole primes parsley cells for augmented elicitation of defense responses. *Plant Physiol.*, 117 : 1333-1339.
- KESSLER A., HALITSCHKE R., DIEZEL C., BALDWIN I. T., 2006 – Priming of plant defense responses in nature by airborne signaling between *Artemisia tridentata* and *Nicotiana attenuata*. *Oecologia*, 148 : 280-292.
- KOGEL K. H., BECKOVE U., DRESCHERS J., MUNCH S., ROMME Y., 1994 – Acquired resistance in Barley (the resistance mechanism induced by 2,6-dichloroisonicotinic acid is a phenocopy of a genetically based mechanism governing race-specific powdery mildew resistance). *Plant physiol.*, 106 : 1269-1277.
- KOHLER A., SCHWINDLING S., CONRATH U., 2002 – Benzothiadiazole-induced priming for potentiated responses to pathogen infection, wounding, and infiltration of water into leaves requires the *NPR1/NIM1* gene in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.*, 128 : 1046-1056.
- LEEMAN M., PELT V., HENDRICKX M. J., SCHEFFER R. J. BAKKER P., SCHIPPERS B., 1995 – Biocontrol of Fusarium wilt of radish in commercial greenhouse trials by seed treatment with *Pseudomonas fluorescens* WCS374. *Phytopath.*, 85 : 1301-1305.
- MARTINEZ C., LOISON M., 2006 – Stifénia, un exemple concret. La potentialisation des défenses naturelles de la vigne. *Phytoma*, 598 : 42-45.
- MÉTRAUX J. P., NAWRATH C., GENOUD T., 2002 – Systemic acquired resistance. *Euphytica*, 124 : 237-243.
- MITTLER, R., LAM E., 1996 – Sacrifice in the face of foes: pathogen-induced programmed cell death in plants. *Trends Microbiol.*, 4 : 10-15.
- MUR L., NAYLOR G., WARNER S., SUGARS J., WHITE R., DRAPER J., 1996 – Salicylic acid potentiates defense gene expression in tissue exhibiting acquired resistance to pathogen attack. *Plant J.*, 9 : 559-571.
- SCHMELE I., KAUSS H., 1990 – Enhanced activity of the plasma membrane localized callose synthase in cucumber leaves with induced resistance. *Physiol. Mol. Plant. Pathol.*, 37 : 221-228.
- SIDDI C., LESTIENNE I., MEYTRAUD F., MARMET P., BACCOU J. C., NICOLE M., MARTINEZ C., 2004 – « Un nouvel éliciteur FE56 potentialise les mécanismes de défense chez plusieurs plantes/agents pathogènes ». Les 2<sup>e</sup> Rencontres du végétal, novembre 2004, Angers, France.
- THULKE O. U., CONRATH U., 1998 – Salicylic acid has a dual role in the activation of defense-related genes in parsley. *Plant J.*, 14 : 35-42.
- TON J., D'ALLESSANDRO M., JOURDIE V., JAKAB G., KARLEN D., HELD M., MAUCH-MANI B., TURLINGS T. C. J., 2006 – Priming by airborne signals boosts direct and indirect resistance in maize. *Plant J.*, 49 : 16-26.
- VAN HULTEN M., PELSER M., VAN LOON L. C., PIETERSE C. M. J., TON J., 2006 – « Costs and benefits of priming of defense in Arabidopsis ». *Proceedings of the national academy of sciences of the united states of America*, 103 : 5602-5607.

WALTERS D., HEIL M., 2007 –  
Costs and trade-offs associated  
with induced resistance.  
*Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 71 : 3-17.

ZIMMERLI L., JAKAB G., MÉTRAUX J.-P.  
ET MAUCH-MANI B., 2000 –  
Potentiation of pathogen-specific  
defense mechanisms in *Arabidopsis*  
by aminobutyric acid. *Proc. Natl.  
Acad. Sci.*, 97 : 12920-12925.



# Contribution à l'étude transcriptomique de la maladie des feuilles cassantes chez le palmier dattier en Tunisie (*Phoenix dactylifera* L.)

**Soumaya Rhouma**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Ali Ould Boukhary Ould Mohamed Salem**

Généticien  
et biologiste moléculaire

**Sonia Dakhlaoui-Dkhil**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Salwa Zehdi-Azouzi**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Emira Cherif**

Généticienne  
et biologiste moléculaire

**Mokhtar Trifi**

Généticien  
et biologiste moléculaire

## Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est considéré comme étant l'arbre de vie dans les régions sahariennes des pays de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. En effet, cette plante dioïque et pérenne, constitue l'axe principal de l'agro-système oasien. A ce sujet, le palmier dattier joue un important rôle socio-économique en Tunisie. En outre, il constitue la base de la production agricole ainsi que la principale source financière et alimentaire des oasiens. Cependant, en dépit de leur richesse génétique qualita-



tive considérable, nos palmeraies sont actuellement doublement exposées aussi bien à une érosion génétique qu'à des maladies diverses dont la maladie des feuilles cassantes (MFC). Ce fléau a été observé pour la première fois en 1985 dans la corbeille de Nefta (Takrouni *et al.*, 1988) et, depuis, il n'a cessé de prendre de l'ampleur pour se répandre vers les oasis de Dégache, Tozeur et Kébili où de nouveaux foyers ont été signalés. A ce sujet, le nombre total d'arbres touchés par cette maladie est passé de 4 700 en 1991 à plus de 36 000 arbres en 2002 (Triki *et al.*, 2003). Notons que cette maladie touche l'arbre indépendamment de son âge, y compris : les rejets, les jeunes plants, les pollinisateurs et même les rejets plantés en remplacement des palmiers décimés (Takrouni *et al.*, 1988). Elle se manifeste au premier stade par un jaunissement particulier de couleur d'huile d'olive de la foliole qui devient translucide, les cellules perdent leur turgescence ce qui leur confère un aspect facilement cassable (fig. 1), d'où l'appellation de la maladie (Takrouni *et al.*, 1988). La croissance des palmiers affectés s'arrête et leur mort survient plus ou moins rapidement mais ils ne dépassent jamais 4 à 6 ans de survie (Takrouni *et al.*, 1988).

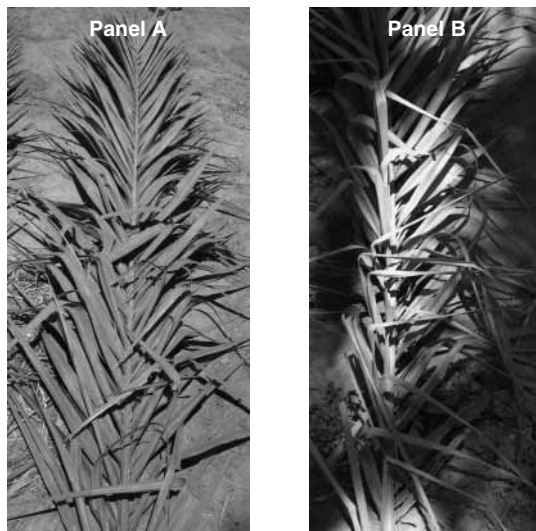


Figure 1  
Palmes prélevées sur des palmiers atteints de la maladie des feuilles cassantes : stade 1 (A) et stade 2 (B).

Plusieurs hypothèses ont été émises afin de déterminer l'étiologie de cette maladie. A ce sujet, des analyses concernant le sol, l'eau d'irrigation et les feuilles ont révélé que la concentration en manganèse des feuilles affectées est dix fois inférieure à celle enregistrée chez les non affectées (Riahi-Sassi *et al.*, 1997 et 1998 ; Namsi *et al.*, 2007). En outre, d'autres travaux ont montré que l'apparition de la MFC n'est pas liée à la présence d'agents pathogènes dont les nématodes (Triki *et al.*, 2003), les champignons (Waller, 1987 ; Triki *et al.*, 2003) et les bactéries et les virus (Waller, 1987 ; Mehani, 1988 ; Triki *et al.*, 2003). Il en est de même pour l'hypothèse d'une origine virale (Triki *et al.*, 2003). Notons que des études récentes ont permis de mettre en évidence un marqueur moléculaire spécifique de la maladie. Il s'agit d'un ARN double brin circulaire de petite taille (372 à 467 pb) dont la présence est associée à la MFC (Rivera-Bustamante *et al.*, 1986 ; Triki *et al.*, 2003 ; Namsi *et al.*, 2006). En ce qui nous concerne, notre intérêt a porté sur la mise à profit des apports de la technique « *Differential Display Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction* » (*DD-RT-PCR*) pour explorer les transcrits différenciellement exprimés chez des palmiers présentant ou non les symptômes de la MFC. Dans le présent travail, nous rapporterons, les résultats obtenus en relation avec des perspectives de mise en évidence d'autres transcrits susceptibles d'être impliqués dans la manifestation de cette maladie.

## Matériel et méthodes

Au cours de ce travail nous avons utilisé des échantillons foliaires de palmier dattier cv Deglet Nour prélevés sur des plantes présentant les symptômes de la MFC (stade 2) et collectés dans l'oasis de Tozeur. De même, un échantillon foliaire indemne a été récolté sur des palmiers conservés à la collection du Centre de recherche régional de l'agriculture oasisienne CRRAO situé à Dégache).

## Extraction des ARN totaux

Les ARNs totaux ont été purifiés à l'aide du tampon Trizol (un mélange de phénol et de thiocyanate de guanidium) selon le protocole préconisé par le fournisseur (Invitrogen, Cergy Pontoise, France).

## Differential display

La technique de tri d'ARNm (ou *Differential Display*) est une variante du criblage différentiel adaptée à l'identification d'ARNm différentiellement exprimés (Liang, Pardee, 1992). Elle est basée sur quatre étapes majeures :

- transcription reverse à partir d'ARNm aboutissant à l'obtention d'ADNc monocaténaire (tabl. 1) ;
- amplification par PCR de ces ADNc (tabl. 1) ;
- séparation électrophorétique des fragments d'ADNc sur un gel de polyacrilamide dénaturant à 6 % ;
- élution et séquençage des bandes différentiellement exprimées.

Les séquences ainsi obtenues sont par la suite comparées à celles disponibles dans les banques de données disponibles sur le site du serveur NCBI par BLAST

Amorces	Code	Séquence (5'-3')
Poly-T	H-T11AT	AAGCTTTTTTTTTTTTTAT
	H-T11AA	AAGCTTTTTTTTTTTTTAA
	H-T11AC	AAGCTTTTTTTTTTTTTAC
	H-T11AG	AAGCTTTTTTTTTTTTTAG
	H-T11CA	AAGCTTTTTTTTTTTTTCA
	H-T11CT	AAGCTTTTTTTTTTTTTCT
	H-T11CG	AAGCTTTTTTTTTTTTTCG
	H-T11CC	AAGCTTTTTTTTTTTTTCC
	H-T11GA	AAGCTTTTTTTTTTTTTGA
	H-T11GC	AAGCTTTTTTTTTTTTTGC
	H-T11GT	AAGCTTTTTTTTTTTTTGT
	H-T11GG	AAGCTTTTTTTTTTTTTGG
	Arbitraires	H-AP1
H-AP2		AAGCTTCGACTGT
H-AP3		AAGCTTTGGTCAG
H-AP4		AAGCTTCTCAACG
H-AP5		AAGCTTAGTAGGC

Tableau 1  
Séquences des amorces utilisées lors de la DD-RT-PCR.

## Résultats

Les résultats ont montrés que par utilisation des différentes combinaisons d'amorces, plusieurs fragments exprimés différentiellement ont été obtenus (fig. 2). Le séquençage automatique de ces amplicons a permis de déterminer leurs séquences. La comparaison de ces dernières par BLAST dans les banques de données disponibles



Figure 2

Séparation sur gel de polyacrylamide dénaturant des produits d'amplification des palmiers sains (S) et atteints (M) par la MFC. Les flèches indiquent quelques bandes différentiellement exprimées.

HT11AA : amorce utilisée pour la transcription inverse.

AP1, AP2, AP3, AP4, AP5 : amorces arbitraires.

L : marqueur de poids moléculaire (100pb, GIBCO. BRL).

sur le site du serveur NCBI « National Center for Biotechnology Information » montre que certaines d'entre elles ne présentent aucune homologie significative et peuvent correspondre à des séquences non encore publiées (séquences orphelines). Par contre, d'autres présentent des homologies avec certaines espèces mais leur présence ne peut pas être associée à la MFC. Toutefois, en utilisant le couple d'amorces H-T<sub>11</sub>AA/AP<sub>1</sub>, une bande différenciellement exprimée a suscité notre intérêt. En effet, cet amplimère, qui est détecté uniquement chez le palmier atteint, correspond à une région du génome chloroplastique, en l'occurrence celle du gène *rps14* GenBank : accession GI:76559634, (Shinozaki *et al.*, 1986) qui code pour la protéine ribosomale S14. Ce résultat suggère l'implication de ce gène dans la manifestation de la MFC.

## Conclusion

Au cours de ce travail, nous avons tenté de mettre à profit les possibilités offertes par la technique de *DD-RT-PCR* pour mettre en évidence des transcrits différenciellement exprimés chez des palmiers atteints de la MFC. Les résultats obtenus ont permis de montrer la présence de plusieurs différences dans l'expression des gènes. Toutefois, si la présence de la majorité des amplimères ne semble pas être associée à la manifestation de la MFC, l'un d'entre eux s'est avéré particulièrement intéressant. En effet, ce dernier correspond à une région du génome chloroplastique couvrant le gène *rps14* suggérant que la manifestation des symptômes de la MFC est fortement associée au fonctionnement du génome chloroplastique du palmier dattier. A ce sujet, plusieurs arguments sont en faveur de cette hypothèse :

- les observations morphologiques montrent que les premiers symptômes de la MFC ne se traduisent par une décoloration foliaire. En effet, les feuilles atteintes virent du vert chlorophyllien au vert pâle ;
- une étude protéomique comparée a révélé la présence des spots protéiques correspondant à des protéines chloroplastiques impliquées dans le transport du manganèse chez le palmier dattier.

– des études moléculaires récentes ont permis de mettre en évidence un marqueur moléculaire spécifique de la maladie. Il s'agit d'un ARN double brin circulaire de petite taille (372 à 467 nt) dont la présence est associée à la MFC. La séquence de cet ARN présente de fortes homologues à celle de deux régions différentes du génome chloroplastique : *rrn5s/trnR* codant pour l'ARNr 5S, l'ARNt-Arg et la sous unité e de l'ATP synthase (Rivera-Bustamante *et al.*, 1986 ; Triki *et al.*, 2003 ; Namsi *et al.*, 2006) ;

– une analyse cytopathologique a montré la présence d'altérations tissulaires et des aberrations dans la structure des chloroplastes des feuilles atteintes de MFC.

Tenant compte de toutes ces considérations, nos résultats associés à ceux rapportés dans la littérature montrent clairement l'implication du génome chloroplastique dans la manifestation de la MFC chez cette espèce.

Quoi qu'il en soit, les résultats qui découlent de la présente étude ouvrent de nouvelles voies pour répondre, au moins en partie, aux différentes questions relatives à la manifestation de la MFC chez le palmier dattier. A ce sujet, une étude basée sur l'exploration du génome chloroplastique serait d'un grand apport pour contribuer efficacement à mieux élucider l'étiologie de la MFC.

## Bibliographie

LIANG P., PARDEE A. B., 1992 – Differential display of eukaryotic messenger RNA by means of the polymerase chain reaction. *Science*, 257 : 967-971.

MEHANI S., 1988 – *Compte rendu de mission de consultation auprès de la direction générale de la production végétale, Ministère de l'Agriculture, Tunis.*

NAMSI A., MARQUÉS J., FADDA Z., TAKROUNI M. L., BEN MAHAMOUD O., ZOUBA A., DARÒS J. A., FLORES R.,

BOVÉ J. M., DURAN-VILA N., 2006 – Diagnosis of « maladie des feuilles cassantes » or brittle leaf disease of date palms by detection of associated chloroplast encoded double stranded RNAs. *Molecular and cellular probes*, 20 : 366-370.

NAMSI A., MONTARONE M., SERRA P., BEN MAHAMOUD O., TAKROUNI M. L., ZOUBA A., KHOUALDIA O., BOVÉ J. M., DURAN-VILA N., 2007 – Manganese and brittle leaf disease of date palm trees. *Journal of plant pathology*, 89 (1) : 125-136.

- RIAH SASSI S., SRARFI F., RHOUMA A., BEN MAHMOUD O., 1997 – Contribution à l'étude de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier en relation avec les caractéristiques physico-chimiques du sol. *Annales de l'Institut national de la recherche agronomique de Tunisie*, 70 : 173-92.
- RIAH-SASSI S., RHOUMA A., BEN MAHMOUD O., 1998 – Rôle des oligo-éléments dans l'apparition de la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier. *Annales de l'Institut national de la recherche agronomique de Tunisie*, 71 : 103-107.
- RIVERA-BUSTAMANTE R., GIN R., SEMANCIK J. S., 1986 – Enhanced resolution of circular and linear molecular forms of viroid and viroid-like RNA by electrophoresis in a discontinuous-pH system. *Analytical Biochemistry*, 156, 91-95.
- SHINOZAKI K., OHME M., TANAKA M., WAKASUGI T., HAYASHIDA N., MATSUBAYASHI T., ZAITA N., CHUNWONGSE J., OBOKATA J., YAMAGUCHI-SHINOZAKI K., OHTO C., TORAZAWA K., MENG B.Y., SUGITA M., DENO H., KAMOGASHIRA T., YAMADA K., KUSUDA J., TAKAIWA F., KATO A., TOHDOH N., SHIMADA H., SUGIURA M., 1986 – The complete nucleotide sequence of the tobacco chloroplast genome: its gene organization and expression. *Embo J.*, 5 (9) : 2043-2049.
- TAKROUNI L., RHOUMA A., KHOUALDIA O., ALLOUCHI B., 1988 – Observations préliminaires sur deux graves « maladies » d'origine inconnue du palmier dattier en Tunisie. *Ann. de l'Institut national de la recherche agronomique de Tunisie*, 61 : 2-16.
- TRIKI M.A., ZOUBA A., KHOUALDIA O., BEN MAHAMOUD O., TAKOUNI M.L., GARNIER M., BOVÉ J.-M., MONTARONE M., POUPET A., FLORES R., DAROS J. A., FADDA Z. G. N., Moreno P., Duran-Vila N., 2003 – Maladies des feuilles cassante or brittle leaf disease of date palms in Tunisia: biotic or abiotic disease. *Journal of plant pathology*, 85 (2) : 71-79.
- WALLER W. S., 1987 – *Managerial Decision Making. In Management Planning and Control: The Behavioral Foundations*, edited by K. Ferris and L. Livingstone. Columbus : Century VII.

# Liste des auteurs

Frédérique **Aberlenc-Bertossi**, biologiste  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
frederique.aberlenc@ird.fr

El Faïza **Abouraïcha**, biotechnologiste  
Faculté des Sciences Semlalia Marrakech  
BP 2390, 40000 Marrakech, Maroc  
abouraichaelfaiza@yahoo.fr

Marco **Ballardini**  
CRA-FSO Sezione di Miglioramento Genetico  
Corso Inglesi, 508, 18038 Sanremo, Italie  
m.ballardini@istflori.it

Abderrahmane **Benkhalifa**

Malika **Bennaceur**  
Université d'Oran Es-Senia  
Oran, Algérie,  
mabennaceur@yahoo.fr

Claire **Billot**, biologiste moléculaire  
Cirad, UMR DAP  
Avenue Agropolis, TA 03/96, 34398 Montpellier cedex 5,  
France  
claire.billot@cirad.fr

Norbert **Billotte**, généticien  
Cirad, UMR DAP  
Avenue Agropolis, TA 03/96, 34398 Montpellier cedex 5,  
France  
Norbert.billotte@cirad.fr

Pierre **Bonte**, anthropologue  
Laboratoire d'anthropologie sociale du Collège de France  
Paris, France  
Pierre.Bonte@ehess.fr

Neila **Bouaziz**, agronome  
Faculté des sciences de Sfax  
Route de Sokra, Sfax, Tunisie



Nadia **Bougedoura**, biologiste  
Université Houari Boumediene  
BP 44 Alger-gare, Algérie  
nadiaboug@voila.fr

Touriat **Bounnit**, biotechnologiste et physiologiste végétal  
Faculté des Sciences Semlalia  
BP 2390, 40000 Marrakech, Maroc

Harling **Caro-Riano**, zoologue  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France

Robert **Castellana**, sociologue  
Institut d'économies contemporaines  
Cannes, France  
robert.castellana@laposte.net

Nathalie **Chabrillange**, biologiste  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
nathalie.chabrillange@ird.fr

Emira **Chérif**, généticienne, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie  
Emira31\_2000@yahoo.fr

Marc **Coumans**, biotechnologiste et physiologiste végétal  
Cirad, UMR DAP  
Avenue Agropolis, TA 03/96, 34398 Montpellier cedex 5,  
France

Abdourahman **Daher**, biotechnologiste  
Cerd  
BP 486, Djibouti, République de Djibouti  
abd\_daher@yahoo.fr

Sonia **Dkhil-Dakhlaoui**, généticienne, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie  
sodakhlaoui@yahoo.fr

**Drira Nouredine**, biotechnologiste,  
Faculté des sciences de Sfax  
Route de Sokra, Sfax, Tunisie

Sylvie **Doulbeau-Folcher**, biochimiste,  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
sylvie.doulbeau@ird.fr

Ismail **El Hadrami**  
Faculté des sciences Semlalia  
BP 2390, 40000, Marrakech, Maroc  
hadrami@ucam.ac.ma

Mohammed Aziz **El Houmaizi**, biologiste  
spécialisé en modélisation  
Université Mohammed 1<sup>er</sup>, Faculté des sciences  
BP 446, 60000 Oujda, Maroc  
elhoumaizi@yahoo.fr

Florent **Engelmann**, physiologiste végétal  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
florent.engelmann@ird.fr

Michel **Ferry**, agronome  
Estación Phœnix  
Camí del Gat, 10 03203, Elche, Espagne  
m.ferry@telefonica.net

Lotfi **Fki**, biotechnologiste  
Faculté des sciences de Sfax  
Route de Sokra, Sfax, Tunisie  
lotfifki@yahoo.fr

Radhia **Gargouri-Bouid**, biologiste moléculaire  
École nationale d'ingénieurs de Sfax  
Sfax, Tunisie  
gargouriradhia@yahoo.fr, radhia.gargouri@enis.rnu.tn

Susi **Gomez-Vives**, biologiste  
Estación Phœnix  
Camí del Gat, 10 03203 Elche, Espagne  
susigomez@telefonica.net

Sébastien **Griffon**, informaticien  
Cirad-Bios, UMR Amap  
c/o Cirad, TA A51/PS2, boulevard de la Lironde,  
34398 Montpellier cedex 5, France  
sebastien.griffon@cirad.fr

Hasna **Harrak**, physiologiste végétal

Pascal **Ilbert**, biotechnologiste  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
pascal.ilbert@cirad.fr

Sarah **Ivorra**, biologiste  
Université Montpellier-II, Institut de Botanique  
163 rue Auguste Broussonet, 34090 Montpellier, France,  
ivorra@univ-montp2.fr

Marc **Jaeger**, informaticien  
Cirad-Bios, UMR Amap  
c/o Cirad, TA A51/PS2, boulevard de la Lironde,  
34398 Montpellier cedex 5, France  
marcjaeg@gmail.com

Fatima **Jaiti**, biotechnologiste  
Faculté des Sciences Semlalia,  
BP 2390, 40000 Marrakech, Maroc

Estelle **Jaligot**, physiologiste végétal  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
estelle.jaligot@cirad.fr

Christian **Jay-Allemand**, biotechnologiste  
et physiologiste végétal. Université Montpellier-II  
Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France,  
Christian.Jay-Allemand@univ-montp2.fr

W. **Kiaa**, agronome  
Faculté des sciences de Sfax  
Route de Sokra, Sfax, Tunisie,

Marc **Lebrun**, physico-chimiste  
Cirad-Persyst  
TA B-95/16, 73, rue J.-F. Breton, 34398 Montpellier, France  
marc.lebrun@cirad.fr

René **Lecoustre**, agronome spécialisé en modélisation  
Cirad-Bios, UMR Amap  
c/o Cirad, TA A51/PS2, boulevard de la Lironde,  
34398 Montpellier cedex 5, France  
lecoustre@cirad.fr

Claudio **Littardi**, agronome  
Commune de Sanremo, CRSP, Corso Cavalotti 164,  
San Remo, Italie  
litta@libero.it

Abba Sekou **Maiga**, agronome  
IER-CCRA de Gao  
BP 117, Gao, Mali  
abbasekou@yahoo.fr  
abba.maiga@ier.ml

Mohamed **Marrakchi**, généticien, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie

Christelle **Martinez**, biotechnologiste  
et physiologiste végétal  
Université Montpellier-II  
Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France

Faiza **Masmoudi**, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Sfax  
Route de Sokra, Sfax, Tunisie  
faizamasmoudi@yahoo.fr

Mohamed Ahmed **Nabil**, biologiste  
Cerd  
BP 486, Djibouti, République de Djibouti  
nabillahgui@yahoo.fr

Claire **Newton**, archéo-botaniste  
Université de Nottingham  
University Park, Nottingham, NG7 2RD, Royaume-Uni  
claire.newton@nottingham.ac.uk

Ahmed **Othmani**, biotechnologiste  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie  
degletbey@yahoo.fr

Saida **Ouafi**, biochimiste végétal  
Université Houari Boumediene  
15, rue Khelifa Boukhalfa, 16000 Alger, Algérie  
saida\_ouafi@yahoo.fr

Ali **Ould Boukhary Ould Mohamed Salem**, généticien,  
biologiste moléculaire  
Faculté des Sciences et Techniques,  
Université de Nouakchott, Mauritanie,  
boukhary@univ-nkc.mr

Mohamed **Ould Kneyta**, biotechnologiste  
Ministère du développement rural, Direction de l'agriculture,  
Laboratoire de biotechnologie, Atar, Mauritanie  
kkneyta@yahoo.fr

Jean-Christophe **Pintaud**, botaniste  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex5,  
Montpellier, France  
jean-christophe.pintaud@ird.fr

Soumaya **Rhouma**, généticienne, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie  
rhoumasoumaya@yahoo.fr

Alain **Rival**, physiologiste végétal  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex 5,  
Montpellier, France  
alain.rival@cirad.fr

Nicole **Riveil**, biochimiste végétal  
Direction générale RDT  
Rue de Genève, 1, B-1140 Bruxelles, Belgique  
nicole.riveil-bounaga@ec.europa.eu

H. **Sahnoun**, agronome  
Tunisie

Jean-Frédéric **Terral**, biologiste  
Université Montpellier-II, Institut de Botanique  
163, rue Auguste Broussonet, 34090 Montpellier, France  
terral@univ-montp2.fr

Margareta **Tengberg**, archéo-botaniste  
Muséum national d'histoire naturelle, UMR 7209 du CNRS  
55, rue Buffon, 75005 Paris, France  
tengberg@mnhn.fr

Claire **Tito**, biologiste  
Institut de recherche pour le développement (IRD)  
911, avenue Agropolis, BP 64501, 34394 cedex5,  
Montpellier, France

Mokhtar **Trifi**, généticien, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie  
moktar.t@fst.rnu.tn  
trifimokhtar@yahoo.fr

Salwa **Zehdi**, généticienne, biologiste moléculaire  
Faculté des sciences de Tunis,  
Laboratoire de génétique moléculaire  
Campus universitaire El Manar I, 2092 Tunis, Tunisie  
szechdi@yahoo.fr

JOUVE  
1, rue du Docteur Sauvé, 53100 Mayenne  
Imprimé sur presse rotative numérique  
N° 563381N - Dépôt légal : octobre 2010

*Imprimé en France*

Le palmier dattier est une plante d'intérêt écologique, économique et social majeur pour de nombreux pays des zones arides qui comptent parmi les plus pauvres du globe. En effet, en créant au milieu du désert un microclimat favorable au développement de cultures sous-jacentes, le palmier dattier constitue l'axe principal de l'agriculture dans les régions désertiques et représente la principale ressource vivrière et financière des populations oasiennes.

Pour traiter les problématiques liées à la culture du palmier au Maghreb, en Afrique et en Europe du Sud, 60 chercheurs font ici un bilan de leurs recherches sur l'évaluation, la conservation et la valorisation des ressources génétiques du palmier dattier, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pluridisciplinaires.

L'ouvrage présente les dernières avancées scientifiques sur la production à grande échelle, les variations somaclonales et l'amélioration génétique. Enfin, il pose les bases de nouveaux projets internationaux sur la conservation des ressources génétiques du palmier dattier, un enjeu important pour développer l'agriculture oasienne.

**Mots clés**

**lutte contre la désertification – oasis – phœniciculture – ressources génétiques et moléculaires – sécurité alimentaire**



**IRD**

44, bd de Dunkerque  
13572 Marseille cedex 02  
editions@ird.fr  
www.editions.ird.fr

28 €

**Diffusion**

IRD  
32, av. Henri-Varagnat  
93143 Bondy cedex  
diffusion@ird.fr



ISBN 978-2-7099-1691-2

ISSN 0767-2896