



Palmier à huile La floraison au microscope

Les travaux de l'équipe Embryogenèse des Arécacées de l'UR142, *Biologie des espèces pérennes cultivées* (UMR BEPC), publiés en 2005¹, ont comblé une lacune en recherche fondamentale. C'est en effet la première description microscopique complète de la floraison des palmiers depuis l'étude macroscopique de 1935.

L'appareil reproducteur d'*Elaeis guineensis* est étudié de façon approfondie par des chercheurs du Cirad et de l'IRD depuis 10 ans. Chez le palmier à huile, les fleurs mâles et femelles sont produites sur des inflorescences différentes, sur le même arbre, en alternance dans le temps. Chez les palmiers, les inflorescences sont produites à l'aisselle des feuilles. Il est donc possible de suivre la dynamique du développement reproducteur en enlevant progressivement les feuilles afin de pouvoir observer les inflorescences correspondantes. Le développement de l'inflorescence du palmier à huile, de son initiation jusqu'au stade de maturité des fleurs, dure 2-3 ans. La détermination du sexe est soumise à des facteurs génétiques mais aussi environnementaux, la production de fleurs mâles étant généralement favorisée par la sécheresse. L'observation par microscopie électronique et optique a permis de suivre la différenciation des structures florales aux échelles des tissus et des cellules. Une approche histomoléculaire a été utilisée afin de définir les zones d'expression des gènes précédemment caractérisés au laboratoire et susceptibles de déterminer l'identité des différents organes floraux (pétales, sépales, étamines, carpelles...). Le transfert puis l'expression de ces gènes dans une plante modèle (*Arabidopsis*) a permis de confirmer leur fonction et de montrer qu'elle était conservée même dans une espèce végétale éloignée du palmier dans la classification. ●

1. Adam H, Jouannic S, Escoute J, Duval Y, Verdeil JL and Tregear JW, 2005, *Reproductive developmental complexity in the African oil palm (Elaeis guineensis)*. *American Journal of Botany* 92: 1836-1852.

Contact

James Tregear
James.Tregear@mpl.ird.fr



Chez le palmier à huile, l'inflorescence femelle se caractérise par la présence de triades floraux consistant en une fleur femelle fonctionnelle flanquée de deux fleurs mâles abortives. Sur cette photo prise au microscope électronique à balayage, on voit la fleur femelle et une des fleurs mâles. Cette dernière est vue également seule en gros plan sur le cliché du haut.

Embryons de cocotier glacés



À gauche, les plumules (apex caulinaire) d'embryons de cocotier sont encapsulées dans l'alginate avant d'être plongées dans l'azote liquide pour cryoconservation.

À droite, régénération d'une plumule après cryoconservation : ébauches de feuilles après trois mois de mise en culture de la plumule.



Le cocotier (*Cocos nucifera*) est une espèce oléagineuse qui assure revenus et subsistance à des millions de petits planteurs de la zone intertropicale humide (près de 12 millions d'hectares dans plus de 90 pays). Ce palmier fournit à lui seul une multitude de produits utilisés pour l'alimentation, le chauffage, l'habitation, l'artisanat, etc., et il est souvent dénommé l'« arbre de vie ». Mais la noix de coco est une graine qui présente l'inconvénient d'être « non dormante » donc impossible à conserver à maturité, ce qui rend difficile la préservation des ressources génétiques et les échanges internationaux. La méthode de cryoconservation des embryons de cocotier dans l'azote liquide, mise au point par une équipe IRD/Cirad de l'UR142, *Biologie des espèces pérennes cultivées* (UMR BEPC), il y a 15 ans, a permis la création de cryobanques et donc la sauvegarde des ressources génétiques du cocotier. De plus, elle facilite les échanges de matériel entre pays producteurs comme c'est déjà le cas au sein du *Coconut genetic research network* (Cogent), réseau des pays producteurs de noix de coco et des planteurs de cocotier.

Loin de s'arrêter à cette avancée, l'équipe a cherché à s'affranchir de la présence de pathogènes dans les embryons en développant un procédé de cryoconservation de plumule ou méristème apical¹ de l'embryon. L'excision de cette plumule en conditions stériles est délicate. De plus, il a fallu imaginer un conditionnement adéquat pour que les fragiles tissus supportent, sans dommage, la cryo-

conservation : les plumules sont encapsulées une par une dans des microbilles d'alginate. L'étude des facteurs influençant le taux de survie et de reprise des plumules après cryoconservation a fait l'objet de la thèse d'une chercheuse ivoirienne à Montpellier. Ses résultats ont permis d'optimiser la technique.

Dès 2003, l'équipe a réalisé le transfert de ce procédé à cinq chercheurs du Cogent, futurs responsables de cryobanques aux origines géographiques très diverses : Brésil, Mexique, Tanzanie, Nouvelle-Guinée et Sri Lanka. Pour 2007, l'expérience de l'IRD a été sollicitée de nouveau par l'actuel président du comité de pilotage du Cogent, Carlos Oropeza (*Centro de investigacion científica del Yucatan*, Mexique). Un financement du ministère des Affaires étrangères a permis en 2005 d'initier un chercheur ghanéen (*Biotechnology and nuclear agriculture research institute*) à la culture d'embryons et de plumules de cocotier. Tandis qu'une collaboration soutenue et régulière existe depuis 1999 entre le *Coconut research institute* du Sri Lanka et l'IRD, avec notamment l'accueil d'une chercheuse coauteur de la synthèse récemment publiée². ●

1. La partie de l'embryon qui est à l'origine de la future partie aérienne de la plante.
2. Synthèse parue dans les Actes du bureau des ressources génétiques 2006 : *Optimisation du procédé de cryoconservation de la plumule de cocotier*, Bernard Malaurie, H.D. Dharshani Bandupriya, Shyama C. Fernando, Jean-Luc Verdeil.

Contact

Bernard Malaurie
Bernard.Malaurie@mpl.ird.fr

Réseau AUF pour le palmier dattier

Sous l'égide des réseaux *Biotechnologies végétales* de l'Agence universitaire de la francophonie existe un nouveau réseau de chercheurs dédié à l'embryogenèse somatique *in vitro* du palmier dattier pour la sauvegarde des variétés traditionnelles et l'adaptation à la culture en Algérie, en Mauritanie, au Sénégal et à Djibouti. La culture du *Phoenix dactylifera L.*, ou phœniciculture, représente le pilier de l'agriculture dans les zones oasiennes, avec une forte valeur écologique, économique mais aussi sociale. Le réseau associe l'université Cheikh-Anta-Diop de Dakar (Sénégal), l'UR142/UMR BEPC (Agro-M, Cirad, IRD, Inra), le Centre d'études et de recherches de Djibouti (CERD), l'université des sciences et techniques Houari-Boumediène (Algérie) et l'université de Nouakchott (Mauritanie). L'objectif du réseau est de contribuer au développement durable et à la sécurité alimentaire de pays émergents. Il s'agit, grâce à l'utilisation de biotechnologies comme le clonage, de sélectionner et développer de nouvelles variétés mieux adaptées aux contextes locaux ou encore de sauvegarder des variétés traditionnelles en voie de disparition. La micropropagation par embryogenèse somatique *in vitro* constitue une voie privilégiée et efficace même si des étapes limitantes ont été identifiées. Les travaux entrepris permettront aux chercheurs des différentes équipes nationales de disposer de protocoles optimisés en vue du clonage des génotypes d'intérêt sélectionnés. La création de nouvelles variétés autorisera l'extension de l'aire de culture du dattier dans des zones sahéennes où elle représente une alternative économique intéressante. La première réunion du réseau a eu lieu en juin 2006 à Dakar. ●

Contacts

Djibril Sané (Ucad), djisane@refer.sn
Alain Borgel
Alain.Borgel@mpl.ird.fr



www.ird.sn/reseau_dattier

Biodiversité

Les pa

La famille des palmiers (arécacées) regroupe en zone tropicale. De nombreuses espèces de palmiers sont cultivées dans les pays du Sud, soit en tant que cultures vivrières.

Il s'agit de la famille de plantes dont on n'a pas encore compté les espèces.

Le cocotier est d'ailleurs appelé « arbre de vie ».

Avec ses partenaires, l'IRD affiche 200 espèces de palmiers.

et en particulier sur les trois espèces les plus importantes.

lesquelles couvrent les principaux écosystèmes tropicaux.

(forêt tropicale humide), le palmier dattier (région méditerranéenne), le palmier à huile (zone tropicale humide).

Micropropagation et création variétale



La micropropagation, ou multiplication clonale *in vitro*, permet de produire en grande quantité des plantes sélectionnées pour certains caractères, cela en un temps réduit par rapport à la reproduction sexuée (par semences), dans un espace restreint, en conditions artificielles contrôlées et pour un coût acceptable. Cette technique est maîtrisée par des équipes de l'IRD qui l'appliquent à plusieurs espèces tropicales comme le bananier, le caféier, l'igname, le manioc, le filao et en particulier le palmier à huile et le palmier dattier.

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), cultivé en zone équatoriale humide, est la première plante oléagineuse dans le monde. L'accroissement des rendements au cours de la seconde moitié du xx^e siècle résulte entre autres des progrès de l'amélioration génétique. La valorisation du potentiel agronomique des palmiers se heurte à plusieurs caractères biologiques très contraignants : des cycles de sélection très longs (environ 10 ans) et une taille encombrante (environ 150 plants à l'hectare). De plus, la multiplication végétative par rejet n'existe pas chez *Elaeis* et comme les palmiers à huile

ne possèdent qu'un seul méristème responsable de l'initiation de toute la structure aérienne de la plante, le bouturage n'est pas non plus envisageable.

L'approche méthodologique permettant la multiplication clonale la plus efficace est donc l'embryogenèse somatique *in vitro*. Différents procédés de régénération ont été mis au point dans les années 1980 par l'équipe *Embryogenèse des Arécacées* (IRD/Cirad) de l'UR142, pour le palmier à huile, et transférés avec succès dans les principaux pays producteurs (Côte-d'Ivoire, Malaisie, Indonésie, Costa Rica). La démarche est amplement validée par l'existence de plantations pilotes de plusieurs milliers de palmiers régénérés *in vitro* à partir de clones dont les meilleurs ont un potentiel de production de 20 à 30 % supérieur aux témoins. La technique est aujourd'hui opérationnelle pour tous les génotypes de palmier à huile, permettant ainsi de maintenir le niveau de diversité indispensable aux plantations clonales.

Lorsque, en fin de ce processus délicat et coûteux (sélection, régénération, multiplication), sont obtenus des plants, ces produits attendus doivent être identiques ou conformes

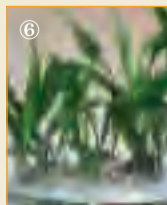
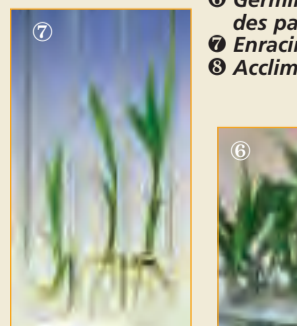


- 1 Prélèvement de feuilles immatures sur un palmier sélectionné
- 2 Développement de tissus *in vitro* sur la nervure de l'explant foliaire
- 3 Culture et multiplication d'agrégats cellulaires en milieu liquide
- 4 Différenciation des agrégats cellulaires en embryons individualisés
- 5 Maturation des embryons individualisés



L'obtention de vitroplants prêts à planter d'un explant foliaire demande au moins 8 semaines.

- 6 Germination des palmiers
- 7 Enracinement
- 8 Acclimatation



Nouvelle-Calédonie

Des palmiers datés

Non ce n'est pas un mirage, la région de Bourail, en Nouvelle-Calédonie, est devenue un véritable petit morceau de terre algérienne : avec un paysage oasien, des dattiers, des puits sahariens à balancier et les outils traditionnels utilisés pour la culture du palmier dattier.

Une anthropologue ethnobotaniste, Mélica Ouennoughi¹, a fait appel à l'histoire pour retrouver l'origine de ces dattiers.

Après des insurrections durement réprimées dans les colonies françaises, en effet, environ un millier d'Algériens furent déportés en terre calédonienne entre 1867 et 1895.

Pour assurer leur survie pendant le long voyage, les déportés puisaient dans leur réserve de dattes, alors nourriture de base au Maghreb.

À leur libération, les prisonniers « méritants » se voyaient attribuer une concession dans la commune de Bourail située en zone semi-aride mais aux terres fertiles.

Tout naturellement, les exilés y plantèrent les noyaux de datte et recréèrent ainsi leur culture oasienne où le dattier a une place centrale tant sur le plan alimentaire que symbolique.

Encore aujourd'hui, dans la descendance de cette communauté maghrébine, les prénoms féminins sont inspirés du vocabulaire lié aux dattiers...

1. *Les palmiers et l'histoire*, Mélica Ouennoughi et Francis Kahn; *Le palmier*, n° 47, juin 2006, revue de l'association *Les fous de palmiers*.



L'association des fous de palmiers : www.chez.com/palmiers



Récolte par Jean-Christophe Pintaud d'un échantillon du palmier *Astrocaryum urostachys* dans une forêt proche du rio Napo, Équateur.

© IRD/O. Hourton

Attalea speciosa rémanent, localisé dans une jachère récente issue d'une culture de riz dans la région de Natividade (région des Cerrados, État du Tocantins, Brésil).

Biodiversité

Les palmiers

Babaçu

Exploitation d'une invasion

Attalea speciosa, mieux connu sous le nom de babaçu, est un palmier utilisé dans l'activité extractiviste brésilienne (récolte de produits naturels destinés à la commercialisation). En tant que plante oléagineuse, cette espèce a une grande valeur économique dans plusieurs États du Brésil¹. Le niveau d'exploitation du babaçu est extrêmement variable d'un État à un autre : faible à élevé dans ceux où les agriculteurs familiaux ont pris conscience de cette richesse et s'organisent en associations ou coopératives pour assurer une production et une commercialisation rentables.

Le babaçu se trouve dans les forêts primaires de l'Amazonie et les forêts-galeries (bord des cours d'eau) de la région des Cerrados (savanes du centre et de l'ouest du Brésil). Bien que la principale exploitation concerne son fruit, le babaçu – qui peut atteindre 20 mètres de hauteur – est utilisé de la racine aux feuilles. De la graine est extraite l'huile, matière première utilisée dans la fabrication de savon et de cosmétiques. La partie charnue du fruit (mésocarpe) est transformée en farine comestible. Les coques fournissent un charbon de très bonne qualité. Les feuilles servent à la confection d'utilitaires (artisanat, clôtures, couvertures d'habitations...) et possèdent aussi des vertus agricoles (engrais) et médicales (antiseptique). La tige du palmier jeune fournit des coeurs de palmier de qualité, tandis

que le stipe (faux tronc) de l'arbre adulte sert comme matériel de construction (ponts, fondations d'habitat...).

À tous ces atouts, il faut ajouter sa résistance à la déforestation. Si le babaçu est éliminé par l'agriculture mécanisée, il est préservé par l'agriculture familiale qui l'exploite de façon plus ou moins intensive. On peut observer ses qualités d'espèce envahissante lors de la formation de forêts secondaires pratiquement monospécifiques, environ 30 ans après le défrichement de la forêt primaire. Un programme de recherche mené dans l'État du Pará par l'IRD, l'INPA² et l'UFRA³ a mis en évidence pour cette espèce trois types de distributions, liés aux modes d'exploitation des terres colonisées.

Depuis 2005, un programme associant l'IRD et l'Embrapa⁴ sur un nouveau terrain (État du Tocantins) a permis de caractériser la morphologie des fruits, son influence sur la production d'huile et le mode de développement du palmier dans le paysage. Un séminaire de restitution de résultats auprès des agriculteurs locaux (mai 2006, Natividade, Tocantins) a été l'occasion de donner la parole à ces populations afin de partager expériences et compétences. Un groupe de femmes du nord du Tocantins (*Movimento interestadual das quebradeiras de coco babaçu*) est venu présenter le métier de *quebradoras* de coco (casseuses de coco). Organisées en coopérative, elles ont fait re-



© IRD/D. Mitja

connaître leur profession et leurs droits auprès du gouvernement local. Les participants ont été réceptifs à la sensibilisation faite concernant l'importance de cette ressource et les précautions à prendre afin qu'elle ne soit pas détruite, tout en contrôlant son caractère envahissant. Cette espèce à la fois utile et envahissante représente une alternative intéressante pour les petits agriculteurs qui ont peu de moyens. Exploiter une plante qui pousse toute seule, qui ne nécessite ni protection ni traitement est une véritable aubaine.

Les chercheurs s'attacheront désormais à étudier les relations éventuelles entre la répartition du babaçu dans le paysage et le type de sol. La caractérisation de cette relation, associée à l'analyse des images satellites de la localité, permettra d'évaluer la disponibilité locale de la ressource.

1. Maranhão, Piauí, Ceará, Minas Gerais, Pará, Amazonas, Tocantins, Mato Grosso, Goiás.
2. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia.
3. Universidade federal rural da Amazônia.
4. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária.

Contacts

Danielle Mitja, IRD (UMR 137)
mitja@cpac.embrapa.br
Eder de Souza Martins, Embrapa,
eder@cpac.embrapa.br
José Carlos Sousa Silva, Embrapa
jcarlos@cpac.embrapa.br
Izildinha de Souza Miranda, UFRA
izildinhmiranda@uol.com.br



© IRD/D. Mitja

Dona Ercília collecte et casse occasionnellement le fruit du babaçu et extrait l'huile des semences, dans la région de Natividade (État du Tocantins, Brésil).

La naissance d'espèces (presque) en direct

Les hypothèses sur l'origine de la biodiversité des forêts amazoniennes s'affrontent. L'opportunité de tester l'une d'entre elles a été saisie par des chercheurs de l'IRD qui auscultent sur le terrain le processus de spéciation, la naissance de nouvelles espèces.

Des discussions sur la dynamique géomorphologique de l'Ouest amazonien avec un collègue géologue, Patrice Baby (UR154, Laboratoire des mécanismes de transfert en géologie, UMR LMTC), ont décidé deux botanistes à poser l'hypothèse que la phase de rupture du flux génique à l'origine de la spéciation chez les palmiers serait, dans cette région, la conséquence d'un événement géologique. Cet événement aurait provoqué des changements géomorphologiques et l'isolement consécutif de groupes issus d'une même espèce, évoluant ensuite en espèces sœurs bien distinctes. Sa datation devrait donc permettre de connaître la période à laquelle ces espèces nouvelles ont commencé à diverger. D'où l'importance, dans un premier temps, d'identifier l'éventuel événement géologique à l'origine de la spéciation étudiée. Cette démarche est illustrée par l'exemple du genre *Astrocaryum*.

Les palmiers se prêtent bien à ces études phylogénétiques car des différences morphologiques claires permettent de distinguer les espèces qui sont encore peu différenciées sur le plan moléculaire. Francis Kahn a

consacré 25 ans aux palmiers amazoniens de milieu forestier, accumulant les données sur la distribution, la diversité, la morphologie, l'écologie et les usages de cette famille remarquable. Il a en particulier consacré de nombreux travaux à l'étude du genre *Astrocaryum*. Depuis 2000, il s'est associé à Jean-Christophe Pintaud, qui maîtrise l'approche moléculaire et la pratique des analyses phylogénétiques, pour aborder l'étude de la dynamique de la diversité et l'évolution des complexes d'espèces de palmiers andino-amazoniens. Le programme de l'UR141, *Diversité des génomes des plantes cultivées* (UMR DGPC), s'appuie sur des recherches de terrain conduites en partenariat avec l'Instituto nacional de pesquisas da Amazônia (Brésil), le Centro nacional de recursos genéticos (Empresa brasileira de pesquisas agropecuárias, Brésil), l'Instituto de investigación de la Amazonía peruana (Pérou) et l'universidad nacional mayor San Marcos (Pérou). Les analyses de diversité génétique par l'utilisation de marqueurs moléculaires ont été développées en collaboration avec la Pontificia universidad católica del Ecuador (Équateur).

Le genre *Astrocaryum*, très documenté, constitue un modèle pertinent pour cette étude. L'analyse phylogénétique montre que deux espèces – *Astrocaryum urostachys* et *A. macrocalyx* – présentent l'un des plus faibles niveaux de différenciation génétique et morphologique

parmi 17 espèces proches, ce qui traduit un événement de spéciation récent ou en cours. Bien que faible, la différence génétique entre ces deux espèces s'est avérée significative. Par ailleurs, la corrélation entre les patrons de distribution et de diversification des espèces d'*Astrocaryum* et la dynamique hydrogéologique régionale laissait supposer que la limite des aires de répartition de ces deux espèces sœurs devait suivre l'Arche d'Iquitos (Pérou), formation géologique de type sédimentaire de quelques centaines de kilomètres, peu élevée et orientée presque perpendiculairement au fleuve Marañon. Il fallait le vérifier sur le terrain.

Cette région se soulève encore sous l'effet de l'orogénèse andine. Un relief de colline s'est ainsi formé avec des forêts de terre ferme recouvrant les pentes et sommets. C'est bien sur ces reliefs que l'on rencontre *A. macrocalyx*, tandis que *A. urostachys* est présent en abondance sur les terrasses alluviales le long des cours d'eau. *A. macrocalyx* apparaît strictement limité aux collines de l'Arche d'Iquitos ; *A. urostachys* le remplace vers l'ouest sur la rive nord du Marañon.

Les deux espèces ont bien été trouvées en contact en bordure de l'Arche d'Iquitos, conformément à l'hypothèse initiale. Elles ne se mélangent pas, conservent leurs différences morphologiques et présentent une différence d'écologie nette liée à un changement géomorphologique.

D'autres couples d'espèces, en cours d'étude, permettront de tester plus avant l'hypothèse qui marie l'histoire géologique récente à la diversité des palmiers de l'Ouest amazonien...

Contacts

Jean-Christophe Pintaud
jcpintaud@puce.edu.ec
Francis Kahn
Francis.Kahn@mpl.ird.fr



© IRD/J.-C. Pintaud

Astrocaryum macrocalyx dans un pâturage.