Université de Montpellier
École Doctorale SIBAGHE

MÉMOIRE

présenté en vue d'obtenir :

L'HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

2015

Jean-Christophe Pintaud

IRD, UMR DIADE/DYNADIV

Phylogénie et diversité génétique des palmiers : de la signature du forçage paléoclimatique et géologique à l'empreinte de l'Homme

Soutenu le 3 Juillet 2015,

Devant le jury composé de :

François Bonhomme, Directeur de Recherche CNRS, rapporteur
Jérôme Chave, Directeur de Recherche CNRS, rapporteur
Dario De Franceschi, Maître de Conférences MNHN, rapporteur
Sophie Nadot, Professeur Université de Paris Sud, examinatrice
Joëlle Ronfort, chercheur INRA, examinatrice
James Tregear, Directeur de Recherche IRD, examinanteur

RÉSUMÉ

Phylogénie et diversité génétique des palmiers : de la signature du forçage paléoclimatique et géologique à l'empreinte de l'Homme.

La famille des palmiers compte 187 genres et environ 2600 espèces, distribués dans toutes les régions chaudes du monde. Les analyses phylogénétiques conduites dans la famille, incorporant des schémas de datation moléculaire calibrés à l'aide de fossiles, montrent de nettes discontinuités dans l'histoire évolutive de ce groupe de plantes au cours du Cénozoïque, coïncidant clairement avec des phénomènes paléoclimatiques et géologiques majeurs. En particulier, un ensemble de phylogénies moléculaires conduites à divers niveaux sur un groupe pris comme modèle, la sous-tribu néotropicale des Bactridinae, nous a permis d'identifier quatre signaux de diversification dans la structure phylogénétique, particulièrement significatifs dans la famille des palmiers : (1) des branches courtes profondes, vers 34 MA, indiquant un renouvellement des flores après la glaciation de la charnière Eocène-Oligocène ; (2) le début de la diversification de grands genres de palmiers actuels à 24 MA, après le pic thermique de l'Oligocène supérieur ; (3) une accélération du taux de diversification vers 13-11 MA, durant la phase de refroidissement progressif faisant suite à l'optimum climatique du Miocène moyen (17-15 MA), et correspondant à des radiations adaptatives dans des milieux mésothermes et xériques marginaux par rapport à l'optimum écologique de la famille en forêt dense tropicale humide ; (4) à partir de 6 MA, un phénomène très actif de spéciation allopatrique sur le front andino-amazonien, en accord avec la chronologie de la structuration géologique et de la compartimentation hydrographique de cette zone depuis le Miocène supérieur.
L'analyse de l'histoire évolutive des palmiers à l'échelle des temps géologiques est prolongée sur l'Holocène par l'étude de la dynamique génétique des espèces sous régime de domestication. Deux modèles très contrastés sont comparés, le palmier-pêche (*Bactris gasipaes*), domestiqué depuis au moins 3000 ans dans la région néotropicale humide, et le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), espèce méditerranéo-saharo-sindhienne domestiquée depuis 6000 ans. Cette comparaison a permis de faire émerger 4 patrons génétiques communs façonnant l'agrobiodiversité, en dépit des grandes différences de nature et de contexte de ces deux domestications : (1) rupture des flux géniques mais maintien de la sympatrie avec les populations sauvages ancestrales au cours de la primo-domestication ; (2) existence de plusieurs centres de domestication indépendants ; (3) restauration ou apparition localisée de flux géniques sauvage/cultivé ou entre pools génétiques cultivés d'origine différente lors de contacts secondaires ; (4) modification du système reproducteur. Une étude bibliographique quantitative des modes d'usage des 2600 espèces de palmiers a permis d'identifier 8 espèces ayant un syndrome de domestication caractérisé, distribuées dans toutes les régions tropicales à l'exception de l'Afrique sub-saharienne, et montrant la récurrence des 4 patrons génétiques identifiés au cours des dynamiques de domestication, ainsi que la diversité de leur mode d'expression, en particulier en ce qui concerne les altérations du système reproducteur.

Mots clés : Phylogénie moléculaire, datation, paléoclimat, diversité génétique, flux de gènes, domestication.

Remerciements

Au cours des 15 années dont il est fait état dans ce mémoire, de très nombreuses personnes, collègues, amis, étudiants, partenaires, ont contribué au développement de mes recherches, de sorte qu'il serait difficile de toutes les nommer dans cette page, mais ma gratitude se dirige à tous ceux qui se reconnaîtront.

Mon affiliation à l'IRD remonte en fait à l'ORSTOM, avec ma première convention de stagiaire de DEA au centre IRD de Nouméa de Mars à Août 1994, au Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale Appliquée, alors dirigé par Tanguy Jaffré, puis mon contrat de Volontaire de l'Aide Technique de Novembre 1994 à Février 1996 et ma convention de doctorat de Mars 1996 à Mars 1999, toujours dans le même laboratoire.

De l'ORSTOM, j'ai gardé l'esprit, celui du scientifique de terrain sobre mais exigeant, libre et toujours prêt pour l'aventure.

Tanguy Jaffré (IRD), mon directeur de thèse Henri Puig (Université de Paris VI et Université Paul Sabatier), et mes rapporteurs de thèse Francis Kahn (IRD) et John Dransfield (RBG Kew), avec lesquels j'ai ensuite prolongé une longue et étroite collaboration, m'ont enseigné les fondements du métier de botaniste tropicaliste.

Gérard Second (IRD) m'a introduit dans le monde de la génétique moléculaire des plantes tropicales et auprès de ses collaborateurs qui ont eu une grande influence sur mes recherches, en particulier Norbert Billotte (CIRAD) et William Hahn (Columbia University).

Mon recrutement à l'IRD en Octobre 2000, dans l'équipe DYNADIV alors nouvellement formée, et que je n'ai pas quitté depuis, s'inscrit dans cette continuité.

Je suis particulièrement reconnaissant à mon parrain de recrutement Louis Thaler, qui a cru en moi avec enthousiasme, et dont la communauté scientifique regrette la disparition soudaine en 2002, mais son charisme et ses enseignements m'accompagnent toujours.

Jean-Louis Pham, fondateur, membre et premier responsable de l'équipe DYNADIV, m'a inculqué l'esprit Dynadivien, à la croisée des chemins entre le champ et le laboratoire, ouvert sur les gens et la science. Son concept original fait toujours le succès et l'attractivité de l'équipe, maintenant brillamment dirigée par Yves Vigouroux. L'équipe s'est maintenue, renouvelée et renforcée tout en restant fidèle à ses origines, dans les configurations successives d'UMR au sein desquelles elle s'est intégrée. Dans ce cadre, la continuité a été assurée par Serge Hamon, directeur de DGPC puis DIA-PC et enfin DIADE, qui, avec brio et vision, a constamment dynamisé la recherche en génétique des plantes tropicales, et nous a donné l'espace et les moyens de travailler dans un cadre optimal, nommé GENETROP, au cours de toutes ces années.

Tout au long de cette trajectoire et depuis mes premiers contacts avec l'Amérique du Sud en 1998-99, mon épouse Bertha m'a accompagné, tant sur le plan personnel que professionnel, et bien des aspects des recherches et enseignements réalisés résultent d'un travail commun.

Je remercie enfin chaleureusement les membres du jury et les rapporteurs de ce mémoire, qui ont bien voulu évaluer ce fruit d'une (trop ?) longue maturation.

Sommaire

Avant-propos 5
Présentation du mémoire 6
Synopsis des activités 8
Première partie : phylogénie et diversité génétique des palmiers
1.1. Introduction : diversification naturelle et domestication 16
1.2. Bilan des recherches 21
1.2.1. Activités de support aux problématiques de recherche 21
1.2.2. Recherches de patrons généraux dans l'histoire évolutive des palmiers 31
1.2.3. Conclusion sur le bilan des recherches 58
1.3. Projet de recherche 58
Deuxième partie : historique des activités
2.1. Activités de recherche 69
2.2. Formation, encadrement, partenariats, diffusion et valorisation 79
Encadrements scientifiques 79
Enseignements 95
Animation scientifique 98
Historique des projets sur financement externe 118
Valorisation de la recherche et transferts de compétences 119
Collaborations et partenariats scientifiques 119
Communications à des colloques 121
Séminaires et conférences scientifiques 131
Historique des missions de recherche, expertise et formation 132
Liste complète des publications 142
Bibliographie générale 154
Liste des acronymes utilisés 175

Avant-propos

La famille des palmiers est curieusement déroutante. Dans l'éventail des formes biologiques, le palmier, ni arbre, ni herbe, est inclassable. Chacun pense savoir le reconnaître, mais rares sont ceux qui pourraient en citer un caractère constant ou un ensemble de caractères diagnostiques. Avec son *Genera Palmarum*, c'est l'une des familles dont la systématique est la plus accomplie, mais dont la phylogénie est l'une des plus rebelles. La biologie de ces plantes laisse tout aussi perplexe. Deux variétés d'une espèce de *Geonoma* en sympatrie ne s'hybrident pas, leurs fleurs émettant des senteurs distinctes reconnues par des pollinisateurs spécifiques. Lorsqu'ils sont mis en présence en culture, l'immense *Phoenix canariensis* des îles Canaries et le minuscule *Phoenix roebelenii* d'Indochine, séparés dans la nature par trois continents et deux océans, produisent un hybride fertile, au demeurant très ornemental. Le palmier défit la mise en herbier et pour cette raison désespère le collecteur généraliste, ainsi continue-t-il à exister des populations immenses de gigantesques *Attalea* non décrits en Amazonie. Avec ses structures extrêmement sclérifiées et silicifiées, le palmier résiste au bûcheron, à l'anatomiste et à l'extraction d'ADN, tandis que ses épines laissent des souvenirs persistants dans la chair.

Mais le palmologue est de bonne grâce et ses satisfactions sont à la mesure de ses efforts. Il n'est d'ailleurs pas le seul à s'en réjouir : sans palmier, il n'y aurait ni bédouin au Sahara, ni polynésien en Polynésie, ni chasseur-cueilleur en Amazonie.

Présentation du mémoire

Après un bref synopsis de l'ensemble des activités, la première partie du mémoire présente le bilan et le projet de recherche afférents à la problématique choisie pour ce mémoire : « Phylogénie et diversité génétique des palmiers : du forçage paléoclimatique et géologique à l'empreinte de l'Homme ». Le titre illustre la démarche suivie, à savoir l'étude de l'évolution de la famille des palmiers selon un axe temporel, allant des phénomènes à pas de temps long, abordés par la phylogénie, aux phénomènes anthropogéniques (domestication), révélés par l'analyse de la diversité génétique. A chaque niveau, les patrons récurrents et leur causalité commune sont recherchés. A l'échelle de la diversification des grandes lignées, la marque des fluctuations paléoclimatiques majeures au cours du Cénozoïque est la plus évidente ; à l'échelle de la différentiation des espèces, la dynamique de l'environnement physique est prépondérante ; et depuis les prémices de l'agriculture, l'influence de l'Homme ne cesse de prendre de l'importance et suit des schémas qui se retrouvent d'un continent à l'autre.

Le pas de temps étudié pour la diversification des lignées est la dizaine de millions d'années, et correspond au Cénozoïque moyen et supérieur (34 MA-11 MA). La limite de 34 MA correspond à une vague d'extinctions qui rend difficile l'inférence précise de l'évolution des palmiers aux époques plus anciennes. Le pas de temps considéré pour l'étude de la diversification des espèces est le million d'années et va du Miocène supérieur au Pliocène (6-1 MA), il correspond à la réponse du genre étudié sous cet angle, *Astrocaryum*, à l'orogenèse andine. Le pas de temps de la domestication est le millier d'années, et correspond à l'Holocène, avec l'étude de *Phoenix dactylifera*, documenté dans des contextes archéologiques depuis environ 8000 ans et *Bactris gasipaes* depuis environ 3000 ans. Ces pas de temps se référent directement à des niveaux taxinomiques (tribus, sous-tribu, espèces). La taxinomie intervient à tous les niveaux comme objet de recherche proprement dit, afin de préciser les taxons étudiés et de disposer d'un cadre formel solide pour étudier la problématique de l'évolution.

Le sujet abordé est de plus très dynamique, de nombreux articles fondamentaux, provenant en particulier de l'analyse de grands jeux de données, ont été publiés après le dernier état de l'art complet existant (*Genera Palmarum*, Dransfield et al. 2008). Cette profusion d'information très récente (2011-2013 pour l'essentiel des travaux), et

de grande portée, a considérablement enrichi voire transformé et renouvelé la connaissance de la biogéographie, écogéographie, phylogénie et spéciation dans la famille des palmiers. Ces données sont prises en compte ici dans l'optique de notre hypothèse de recherche (discontinuité de l'évolution par forçage paléoclimatique et géologique), plutôt que dans l'optique des publications d'origine qui se placent dans la « théorie du Musée », d'une accumulation graduelle et régulière des lignées (Couvreur et al. 2011).

Cette perspective évolutive placé dans son contexte géologique et paléoclimatique est une introduction au projet de LMI AndA « Des Andes à l'Amazonie » : contrôle géodynamique et climatique des transferts de matière dans le système ando-amazonien, et implications pour la compréhension des changements globaux et la distribution des ressources naturelles. Cette vaste initiative de réseau à l'échelle continentale en Amérique du Sud, en cours d'évaluation par les instances de l'IRD, est destinée à structurer nos activités dans cette région au cours des prochaines années (voir annexe III-4).

La problématique de la domestication des palmiers n'avait, quant à elle, pas fait l'objet d'une synthèse depuis Clement (1992). Les données génétiques, apparues postérieurement, ont également apporté un éclairage nouveau sur ce vaste sujet.

Les articles les plus représentatifs de la recherche présentée ici sont réunis dans l'annexe I, et l'étude bibliographique sur les usages et la domestication des palmiers dans l'annexe II.

A la suite du bilan, le projet de recherche présente les prolongements et développements à venir de ces problématiques, lesquels sont déjà, pour l'essentiel, bien engagés.

La deuxième partie fait écho au synopsis initial et fait état en détail de l'historique de mes activités depuis mon recrutement à l'IRD en 2000 (activités de recherche, d'encadrement, d'enseignement, de communication, d'animation et de gestion administrative, avec listes des travaux). Dans cette partie (avec en complément les documents réunis dans l'annexe III), l'accent est mis sur les activités de constitution et de consolidation de réseaux de recherche et de coopération pour le développement, en raison de l'importance qu'ont ces aspects dans ma conception du travail de chercheur à l'IRD.

SYNOPSIS DES ACTIVITES*

*Détaillées dans la 2ème partie du mémoire.

CURRICULUM VITAE

Jean-Christophe PINTAUD

Né le 28/02/1970 à Nice, Alpes Maritimes. Nationalité française.

Situation professionelle

Fonctionnaire titulaire de l'Institut de Recherche pour le Développement (recruté à l'IRD, suite au concours général de la CSS2, le 15 Octobre 2000)

Chargé de Recherche de Première Classe (CR1), depuis 2004

Affectation struturelle actuelle :

♦ R232 DIADE – UMR Diversité Adaptation et Développement des plantes (Directeur Alain Ghesquière).

♦ Equipe DYNADIV – Dynamique de la Diversité des plantes (Responsable Yves Vigouroux)

IRD, 911, Avenue Agropolis, B.P. 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

Affectation géographique actuelle :

♦ IRD Lima. Calle 17 N°455 – San Isidro, Casilla 18-1209, Lima 18, Pérou.

♦ Laboratorio 205, Sistemática Molecular y Filogeografía, Edificio de Investigación, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM, Av. Venezuela cdra. 34 s/n, Ciudad Universitaria, A.P. 11-0058 – Lima 11, Pérou

Charges récentes et actuelles :

♦ Responsable adjoint de l'équipe DYNADIV (depuis 2011) et responsable du programme « Palmiers » de cette équipe (depuis 2000).

♦ Professeur honoraire de l'UNMSM, Lima (depuis 2009)

♦ Professeur honoraire de l'UNTRM, Chachapoyas (depuis 2013)

♦ Responsable scientifique pour l'IRD du projet FP7-PALMS (2009-2013) et leader du *workpackage* 2 « Ecosystem resilience and limit of functionning ».

♦ Responsable scientifique du projet Marie Curie IEF « Plant Speciation » (2011-12)

Formation universitaire

1996-1999. **DOCTORAT DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER**, Toulouse III.
Spécialité : Biologie et Ecologie Tropicale.
Mention : très honorable avec les félicitations du jury

Thèse intitulée "*Phylogénie, Biogéographie et Ecologie des palmiers de Nouvelle-Calédonie*". Préparée au Laboratoire d'Ecologie Terrestre, UMR CESBIO, Toulouse, et au centre IRD de Nouméa. Soutenue le 26 Mars 1999. Président du Jury : F. Blasco. Directeur de thèse : H. Puig. Rapporteurs : F. Kahn et J. Dransfield. Examinateurs : J. Berthaud, T. Jaffré, S. Maumont.

1993-1994. **DEA D'ECOLOGIE GENERALE ET PRODUCTIONS VEGETALES.**
Filière Ecologie des populations et des peuplements.
Universités de Paris VI-Jussieu et Paris XI-Orsay, ENS-Ulm et INA Paris-Grigon.

Mémoire : "*Etude de l'écologie d'un peuplement de palmiers sur roches ultrabasiques dans le sud de la Nouvelle-Calédonie*". Recherche réalisée au laboratoire de botanique et d'écologie végétale appliquée du centre IRD de Nouméa.

1992-1993. **MAITRISE DE BIOLOGIE DES ORGANISMES ET DES POPULATIONS.**
Université Paul Sabatier, Toulouse III.

1991-1992. **LICENCE DE BIOLOGIE DES ORGANISMES.**
Université Paul Sabatier, Toulouse III.

1989-1991. **DIPLOME D'ETUDES UNIVERSITAIRES GENERALES** :
Sciences de la vie - **1ère et 2ème Années**.
Université de Nice-Sophia Antipolis.

Service National

Service National accompli du 30 Novembre 1994 au 30 Mars 1996 comme Volontaire de l'Aide Technique (**VAT**), affecté au Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale Appliquée de l'Institut de Recherche pour le Développement (**IRD**) à Nouméa (Nouvelle-Calédonie).

Formation post-doctorale

1999 - Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, UK.

Projet "phylogénie moléculaire et classification de la famille des palmiers" (dir. Conny Asmussen et Mark W. Chase).

Projet "Phylogénie moléculaire des Angiospermes (APG)" (Dir. Vincent Savolainen et Mark W. Chase) : postionnement des familles endémiques des îles du Pacifique occidental Paracryphiacées et Campynématacées.

2000 - Center for Environmental Research and Conservation (CERC), Colombia University & New York Botanical Garden

Projet "Phylogénie moléculaire et diversité génétique des genres *Basselinia*, *Burretiokentia, Astrocaryum*, *Bactris* et *Elaeis* (palmiers) " (dir. William J. Hahn).

Participation à des formations collectives

2001 - Genetrop, Montpellier.

Formation à l'utilisation du séquenceur LICOR. Formateur : ingénieur ScienceTech. Formation au séquençage, au génotypage microsatellite et AFLP et à l'utilisation des logiciels afférents (E-Seq, Qantar, Saga, Genescan).

2001 - LIRMM, Montpellier.

Formation en bioinformatique organisée par l'IRD: une semaine (Novembre 2001). Formateurs : bioinformaticiens du LIRMM et de l'INRA. Formation à l'utilisation des bases de données de séquences nucléiques et protéiques et aux logiciels d'analyse.

2007 – Centre IRD de MBour, Sénégal

Formation ACMO (28-31 Mai 2007).

2009 et 2010. Centre IRD de Montpellier. Deux formations à la gestion des projets Européens, organisées par la DRI-Europe.

2011. Centre IRD de Montpellier. Formation à l'utilisation du logiciel R.

Autres activités et fonctions

- **Qualification aux fonctions de Maître de Conférences des universités** : qualifié en section 68 (Biologie des organismes), en 2000.
- **ACMO (agent chargé de la mise en oeuvre des règles d'hygiène et de sécurité)**: pour la représentation de l'IRD en Equateur, 2006-2008, et représentation intérimaire.
- **Membre d'associations scientifiques :** American Botanical Society, American Society of Plant Taxonomists, International Association of Plant Taxonomists, International Palm Society, Society of Systematic Biologists, Société Française de Systématique, Tela Botanica.

◆ **Membre de jury de thèses de doctorat**

2004 – Hélène Adam. Thèse "Caractérisation de gènes appartenant à la famille MADS Box chez le palmier à huile et étude de leur rôle dans la mise en place de la structure florale". UMII.
Examinateur.

2007 – Rommel Montúfar. Thèse "Structure génétique, biochimique, morphologique et écologique de *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae) : perspectives pour la valorisation durable d'une ressource forestière néotropicale". Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
Encadrant principal.

2011 – Romain Thomas. Thèse "Anatomie comparée des palmiers, identification assistée par ordinateur, applications en paléobotanique et archéobotanique". Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
Examinateur.

2012 – Muriel Gros-Baltzard. Thèse "Sur les origines, l'histoire evolutive et biogéographique du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : l'apport de la génétique et de la morphométrie". UMII.
Co-directeur.

2013 – Al-Ghaliya Humaid Al-Mamari. Thèse "Application of genomics and molecular genetics in date palm (*Phoenix dactylifera* L.)". The University of Nottingham.
Examinateur (external examiner).

2013 – María José Sanín. Thèse « Estudios ecológicos y evolutivos en *Ceroxylon* (Palmae: Ceroxyloideae). Universidad Nacional de Colombia, Bogota.
Co-directeur.

◆ **Reviewer de manuscrits**

Pour les revues Adansonia, American Journal of Botany, Annals of Botany, Blumea, Brittonia, Euphytica, Systematic Botany.

ACTIVITES ACTUELLES DE RECHERCHE

Mes activités actuelles au sein de l'équipe DYNADIV (responsable : Yves Vigouroux) s'inscrivent dans le mandat 2015-2019 de l'UMR 232 DIADE (Directeur : Alain Ghesquière). J'ai intégré l'équipe DYNADIV lors de mon recrutement à l'IRD en 2000, dès sa création par Jean-Louis Pham, afin d'y implémenter le programme « Palmiers », que je continue à diriger.

L'équipe DYNADIV « Dynamique de la diversité des plantes tropicales et anthropisation » a pour objet l'étude de la biodiversité et de la diversité génétique des plantes tropicales, en relation avec leur utilisation par les populations rurales des pays du Sud, comme éléments d'un développement durable.

Ses objectifs généraux sont :
1) Décrire et analyser les patrons de diversité de plantes tropicales
2) Analyser comment les facteurs écologiques, historiques et humains et leur évolution façonnent la diversité des plantes tropicales et sa dynamique
3) Comprendre les services que cette (agro-)biodiversité rend à l'homme.

L'Equipe DYNADIV aborde ces questions au travers de trois groupes de modèles végétaux : céréales et pseudo-céreales, plantes à tubercules, palmiers.

Le programme « Palmiers » comporte quatre volets :

- **"Evolution des Palmiers Néotropicaux"**. Cette thématique a été initiée par Francis Kahn en 1980, d'abord avec des études d'écologie et gestion des palmiers amazoniens, au Brésil et au Pérou, puis étendue aux autres pays du bassin amazonien. Un genre en particulier, *Astrocaryum* est rapidement devenu un sujet d'étude privilégié, abordé sous divers angles (systématique, variabilité morpho-anatomique, écologie, phylogénie et diversité génétique, usages). A partir de 1997, le programme a été basé en Equateur, avec le développement de nouvelles activités hors de l'Amazonie, en particulier sur la problématique de la domestication du palmier pêche *Bactris gasipaes* et des interactions avec les populations sauvages de la côte Pacifique. Cet aspect a

été particulièrement développé en relation avec mon affectation en Equateur (convention avec l'Université Catholique de Quito, PUCE) entre 2002 et 2007. Depuis 2007, le programme est de nouveau basé au Pérou (où je suis affecté depuis 2012, en convention avec l'Université Nationale Majeure de San Marcos, UNMSM), avec un développement des problématiques andines à l'échelle régionale (Bolivie, Pérou, Equateur, Colombie, Venezuela), en particulier l'étude de la résilience de palmiers dominants des forêts andines (*Ceroxylon*) et l'endémisme sub-andin dans le genre *Astrocaryum*. Des activités sont développées également sur des problématiques de l'Amérique centrale et Caraïbes (statut du genre *Hexopetion*, du clade des Grandes Antilles de *Bactris*, de *Oenocarpus bataua* à Trinidad, domestication de *Chamaedorea tepejilote* au Guatemala). En raison de ces extensions géographiques et thématiques, le programme initialement appelé "Palmiers amazoniens" a été rebaptisé "Palmiers Neotropicaux" en 2003. Entre 2009 et 2013, l'essentiel des activités de ce volet correspondait au déroulement du projet FP7-PALMS « Palm harvest impact in tropical forests » - www.fp7-palms.org, avec en plus le renfort d'une post-doc Marie Curie en 2011-2012.

- **"Histoire évolutive et biogéographie de la domestication du dattier"**. Cette thématique a été initiée en 2000 dans le cadre d'une collaboration avec Norbert Billotte (CIRAD) sur le développement et la caractérisation de locus microsatellites pour un ensemble d'espèces de palmiers dont le dattier (*Phoenix dactylifera*). Simultanément, nous avons été sollicité pour encadrer une doctorante de l'Université de Tunis, Salwa Zehdi, qui fut la première à utiliser les nouveaux marqueurs, pour caractériser l'agrobiodiversité tunisienne. Puis une collaboration avec le RGB Kew et le NHM à Londres sur le statut de *Phoenix atlantica* au Cap Vert a permis d'étendre l'usage des marqueurs, qui par la suite ont été largement utilisés par de nombreux laboratoires. A partir de 2008, un rapprochement avec le programme dattier de l'équipe BDP de DIADE, et avec d'autres UMR ayant un intérêt pour le dattier sur Montpellier (CBAE, AMAP) a considérablement étendu le champs des recherches sur le dattier ainsi que la couverture géographique (région méditerranéenne, Sahara, Sahel, Moyen-Orient, désert côtier du Pérou-Chili).

- **"Palmiers des forêts tropicales humides africaines"**. Cette nouvelle thématique (2011) correspond au recrutement et au programme de recherche de Thomas Couvreur, et concerne en particulier la phylogénie et l'impact génétique de l'extractivisime des rotins africains, ainsi que la diversité génétique des genres endémiques *Sclerosperma* et *Podococcus*.

- **"Palmiers d'Océanie"**. Cette thématique est le prolongement de mes recherches de thèse sur les palmiers de Nouvelle-Calédonie. Elle concerne la phylogénie et la systématique des palmiers de Nouvelle-Calédonie, la flore de palmiers des îles du Pacifique en général (un livre sur le sujet est en préparation) et plus récemment sur la Nouvelle-Guinée, en relation avec la participation à de grandes expéditions (PNG 2012, Lengguru 2014).

Au cours des années récentes, le programme « Palmiers » a impliqué quatre chercheurs : Francis Kahn, DR1, affecté au Pérou (volet "Palmiers Néotropicaux"), parti en retraite fin 2012 ; Thomas Couvreur, CR1, affecté au Cameroun ("Palmiers des forêts tropicales humides africaines") ; Fabien Anthelme CR1, affecté en Bolivie, qui a quitté l'équipe en 2011 (actuellement dans l'UMR AMAP), mais qui a continué à participer au programme dans le cadre du projet FP7-PALMS (2009-2013) ; et moi-même, responsable du programme. Les travaux menés depuis une quinzaine d'années ont donné une réelle visibilité au programme « Palmiers » au niveau national et international dans le domaine concerné, ce qui se traduit par l'obtention de financements externes, l'organisation de colloques internationaux, l'établissement de méthodologies en matière d'analyse de diversité génétique largement reprises par de nombreux laboratoires, permettant la comparaison de données, et un réseau de collaborations mondial. Le programme « Palmiers » est très actif dans le domaine de la formation ayant eu jusqu'à 13 thésards (en 2012-2013) encadrés par les chercheurs du programme (dont 6 pour le projet FP7-PALMS au Pérou et en Colombie, et 4 sur le dattier en Afrique et au Moyen-Orient), et un volume de cours dispensé, essentiellement au Sud, de plus de 150 h annuellement, au niveau master et doctorat.
Les activités du programme « Palmiers » ont été largement soutenues par des projets sur financement externe (7 au total, dont 3 émanent de l'UE).

ACTIVITES DE FORMATION

Encadrement de thèses

Direction Pérou	Co-direction France, Colombie	Encadrement principal	Autres encadrements	Etudiants des pays du SUD	Etudiants des pays du NORD
2	2	7	5	12	4

Encadrement de DEA, DESS et masters

DEA	DESS	Master II Masters étrangers	Master I Licenciatura	Etudiants des pays du SUD	Etudiants des pays du NORD
3	2	16	8	22	7

Autres encadrements scolaires, universitaires et post-doctorat

TPE	Licence	DUT	Post-Doc Marie Curie IEF	Etudiants des pays du SUD	Etudiants des pays du NORD
2	1	1	1	0	France/europe

ACTIVITES D'ENSEIGNEMENTS

- Professeur invité à l'Université PUCE, Quito, Equateur (2002-2007)
- Professeur honoraire à l'UNMSM, Lima, Pérou (depuis 2009)
- Professeur honoraire à l'UNTRM, Chachapoyas, Pérou (depuis 2013)
- Organisation et dispense de cours niveaux masters et doctorat (120 h par an en moyenne, principalement au Pérou et en Equateur)

PUBLICATIONS

Distribution des publications post-thèse par type de support

ISI IF 0.8-7 (moyenne 3,2)	Autres comité de lecture non ISI	Actes de colloques	Livres	Diffusion nationale et vulgarisation
26	30	11	1	14

Distribution des publications post-thèse par signataires

Co-signataires de l'UMR d'appartenance	Etudiant encadré en 1er auteur	Partenaires du SUD associés
24	18	29

Statistiques Google Scholar

	Toutes	Depuis 2010
Citations	1324	711
Indice h	17	15
Indice i10	29	23

1ère PARTIE

PHYLOGENIE ET DIVERSITE GENETIQUE DES PALMIERS : DE LA SIGNATURE DU FORÇAGE PALEOCLIMATIQUE ET GEOLOGIQUE A L'EMPREINTE DE L'HOMME

1.1. Introduction : diversification naturelle et domestication chez les palmiers

La famille des palmiers compte 187 genres (Dransfield et al. 2008, Pintaud et al. 2008c, Bacon & Baker 2011, Henderson & Bacon 2011, Galeano & Bernal 2013, Heatubun et al. 2014, Baker 2015). Le nombre d'espèces est évalué à environ 2600, mais demeure difficile à cerner avec plus de précision en raison de l'inventaire encore incomplet de nombreuses régions tropicales riches en palmiers comme Madagascar, la Nouvelle-Guinée, l'Amazonie, et plus encore à cause du caractère fluctuant des conceptions taxinomiques.

La distribution des palmiers peut être qualifiée de thermocosmopolite, comprise entre les latitudes 40°N et 40°S, mais près de 90% des espèces sont inféodées aux forêts denses intertropicales humides (Couvreur et al. 2011).

L'origine de la famille remonte au Crétacé inférieur (environ 120 millions d'années). Elle constitue un rameau phylogénétique isolé (ordre des Arecales) à la base du clade des Commelinids, associé à la petite famille des Dasypogonacées (Bremer 2000, Janssen et Bremer 2004, APG III 2009, Barrett et al. 2013). Cependant, la longue branche qui connecte les Arecaceae au reste des Commelinids (Asmussen & Chase 2001) suggère que le groupe frère direct des palmiers est éteint.

L'isolement phylogénétique des palmiers se traduit aussi par leur unicité morphologique. Ils ont développé le port arborescent grâce à des solutions anatomiques et biomécaniques très originales. Le stipe, qui est l'équivalent du tronc chez les arbres classiques, a pu se développer en l'absence de cambium jusqu'à des tailles considérables (60 m de hauteur chez *Ceroxylon quindiuense*, 1 m de diamètre chez *Jubaea chiliensis*, 300 m de long chez le rotin *Calamus manan*), grâce à la

croissance primaire continue et la longévité indéfinie des cellules, à la sclérification des gaines périvasculaires, au renforcement par des fibres periphériques, au grossissement et à la division des cellules parenchymateuses (Thomas 2011, Tomlinson & Huggett 2012). La feuille réalise le gigantisme (25 m de long chez *Raphia regalis*) par des structures particulières du pétiole (concavité, torsion latérale, fendage basal, traces vasculaires foliaires nombreuses et renforcées), et du limbe, dont la plication et le déploiement en éventail sont parmi les caractéristiques les plus évidentes des palmiers. A cela s'ajoute des mécanismes uniques de division du limbe, s'apparentant à un processus d'absission (Tomlinson 1990 ; Tomlinson et al. 2011 ; Nowak et al. 2011).

Les palmiers étant non ou peu ramifiés, leur développement dépend du méristème apical, élément vital qui, dans le cas des espèces monocaules, est responsable de l'édification de l'ensemble des structures végétatives aériennes. Ce méristème, souvent irremplaçable en cas de dommage, a une structure et un fonctionnement particulièrement complexe (Jouannic et al. 2007), sans phase d'arrêt, ce qui contraint fondamentalement l'expansion des palmiers au-delà des régions chaudes (Baker & Couvreur 2013a).

Dans leur milieu de prédilection intertropical, les palmiers sont un élément dominant de nombreux écosystèmes dans lesquels ils jouent un rôle fonctionnel majeur à travers de multiples interactions avec les autres composantes, animales et végétales (Montúfar et al. 2011), et également avec le sol, du fait d'une production de biomasse importante (Kahn & de Granville 1992) et *via* des mycorhizes, qui suppléent l'absence de poils absorbants chez la plupart des genres (Fisher & Jayachandran 1999).

Diversification et mise en place des lignées actuelles

La diversification des lignées actuelles des palmiers s'est initiée il y a environ 100 MA (limite Albien-Cénomanien) dans les forêts boréo-tropicales humides de Laurasie. Cette période correspond à la diversification des Angiospermes en général. Les palmiers ont ensuite suivi les déplacements de la forêt tropicale humide, qui continue à héberger l'essentiel de la diversité de ce groupe de plante (plus de 90% des espèces), et à partir du Paléocène, se sont de plus adaptés localement aux changements d'environnement, ou se sont étendus à d'autres environnements

thermophiles, dans lesquels ils demeurent comparativement peu diversifiés (Couvreur et al. 2011, Thomas & De Franceschi 2012). La signature de la dispersion des palmiers à partir de la Laurasie est visible dans toutes les sous-familles (Baker & Couvreur 2013a) et correspond à un patron général des végétaux de forêt dense humide (Donoghue 2008). Elle est particulièrement nette chez les Coryphoideae, dont toutes les tribus sont présentes dans la partie nord de la distribution des palmiers (sud de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie). A partir de la Laurasie, de nombreuses dispersions à longue distance se sont produites dans la plupart des groupes et ont finalement donné aux palmiers une bonne représentation dans l'hémisphère Sud (Bacon et al. 2012, Couvreur et al. 2011, Crisp et al. 2010, Dransfield et al. 2008b, Thomas & De Franceschi 2012, Baker & Couvreur 2013b).

Usages et domestication

La famille des palmiers est extrêmement importante dans toutes les régions chaudes pour les usages de ces plantes, qui bien souvent constituent les ressources végétales de base dans les zones rurales, ainsi que l'activité économique principale dans divers contextes (par exemple les oasis du Sahara avec *Phoenix dactylifera* ou les atolls du Pacifique avec *Cocos nucifera*).

Afin d'évaluer quantitativement les modes d'usage et l'importance de la domestication chez les palmiers, un recensement bibliographique a été conduit (voir annexe II tableau 1).

Il en résulte que parmi les 2600 espèces environ que compte la famille des palmiers, pas plus d'une vingtaine sont cultivées à des fins agricoles à une échelle importante dans quelque partie du monde. De plus, seulement huit ont un syndrome de domestication clairement identifiable, associé à une histoire de sélection anthropique plurimillénaire ou/et à des programmes d'amélioration modernes (*Areca catechu*, *Bactris gasipaes, Chamaedorea tepejilote*, *Cocos nucifera, Elaeis guineensis, Metroxylon sagu, Phoenix dactylifera, Salacca zalacca*) et seules quatre espèces sont cultivées à une échelle industrielle sur plusieurs continents (dattier, cocotier, palmier à huile et palmier pêche). A ces huit espèces clairement domestiquées s'ajoute une dizaine d'espèces très importantes dans certaines régions mais dont la mise en culture reste étroitement associée aux populations naturelles résidentes plus ou moins intensivement gérées, et sans effet sélectif majeur permettant de faire une différence

avec le phénotype sauvage. Les palmiers les plus importants dans cette catégorie sont *Phoenix sylvestris*, *Borassus flabellifer*, *Arenga pinnata*, *Corypha umbraculifera*, *Nypa fruticans* et divers rotins (*Calamus spp.*) en Asie, *Metroxylon sagu* en Océanie (statut d'utilisation mixte sauvage-domestiqué), *Hyphaene thebaica* et *Raphia farinifera* en Afrique. En Amérique, il existe de vastes populations sauvages intensivement exploitées de certaines espèces comme *Serenoa repens*, *Attalea butyracea*, *Attalea speciosa*, *Euterpe oleracea*, *Oenocarpus bataua* ou *Mauritia flexuosa*, mais ces espèces ne sont pratiquement pas cultivées. *Acrocomia aculeata* a été récemment introduit en culture industrielle au Brésil et au Paraguay à partir de génotypes sauvages, comme substitut du palmier à huile *E. guineensis* dans des zones trop sèches ou trop froides pour la culture de cette espèce. *Astrocaryum aculeatum* est traditionnellement cultivé en Amazonie centrale mais ne semble pas se différentier substantiellement des populations sauvages, qui sont situées dans le sud-ouest de l'Amazonie. Sur le continent sud-américain, seul *Bactris gasipaes* est clairement domestiqué.

Evolutivement, la domestication proprement dite est la suite de la mise en culture de génotypes sauvages, et s'en distingue par une transformation marquée de la plante. Chez les plantes pérennes comme les palmiers, la limite entre la culture de génotypes sauvages et la domestication n'est pas très nette (Gros-Balthazard 2012). Dans le cas des domestications les plus avancées, un syndrome de domestication peut être mis en évidence (Doebley et al. 2006, Meyer et al. 2012), et la plante domestiquée devient éventuellement dépendante de l'homme, incapable de se maintenir et de se régénérer en conditions naturelles. Le processus de domestication est caractérisé par un goulot d'étranglement génétique initial, dans la mesure où seule une petite partie de la diversité génétique sauvage est introduite en culture, suivit par des processus de sélection (y compris de nouvelles mutations intéressantes apparaissant en culture), de croisements et de multiplication qui peuvent conduire à une grande diversité phénotypique (agrobiodiversité) sur une base génétique étroite (paradoxe de la domestication).

La domestication *stricto sensu* avec syndrome caractérisé et dépendance à l'homme est très rare chez les palmiers, mais un certain nombre d'espèces peuvent être considérées comme domestiquées à divers degrés (Clement 1992).

Les principaux caractères du syndrome de domestication chez les 8 espèces significativement modifiées par l'homme sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau comparatif du syndrome de domestication
(Ac = *Areca catechu* ; Bg = *Bactris gasipaes* ; Cn = *Cocos nucifera* ; Ct = *Chamaedorea tepejilote* ; Eg = *Elaeis guineensis* ; Ms = *Metroxylon sagu* ; Pd = *Phoenix dactylifera* ; Sz = *Salacca zalacca*).

Traits du syndrome de domestication	**Ac**	**Bg**	**Cn**	**Ct**	**Eg**	**Ms**	**Pd**	**Sz**
Altération de l'écologie (héliophilie)	X	X		X				X
Modification de l'appareil végétatif	?	X	X	X		X		
Altération de la reproduction	?	X	X	?	X	X	X	X
Augmentation de taille de l'organe sélectionné	X	X	X	X	X		X	X
Modification des métabolites primaires	?	X	X	X	X	X	X	X
Modification des métabolites secondaires	X			X				X

Au niveau écologique, on observe deux tendances très différentes en fonction de l'origine des espèces. Les espèces de sous-bois de forêt dense humide ont été sélectionnées pour l'héliophilie, qui permet leur culture en champs, initialement lors de la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis. Dans le cas de *Bactris gasipaes*, l'évolution est si marquée que les plantes cultivées sont incapables de survivre en présence d'un couvert végétal, et par conséquent, elles ne peuvent se maintenir que dans un contexte agricole. Dans d'autres cas, comme celui des salaks cultivés, qui présentent aussi une héliophilie accrue par rapport aux populations restées à l'état sauvage, la capacité à tolérer l'ombre a également été mise à profit pour introduire ces espèces dans des systèmes agroforestiers. L'autre tendance concerne les espèces qui ont à l'état naturel une écologie et une éco-physiologie très spécialisées, comme le cocotier (halophyte littoral), le dattier (phréatophyte déserticole), le sagoutier (potamophile). Dans ce type de cas, les espèces ont été domestiquées dans leur propre milieu et y restent confinées. L'altération de l'appareil végétatif est une caractéristique généralisée des types domestiqués (plus vigoureux, notamment chez *B. gasipaes*, *C. tepejilote*, *Elaeis guineensis*, nanifié chez certains cocotiers, moins épineux ou inerme, chez *Bactris*, *Metroxylon* et *Salacca*). L'altération du système de reproduction est également très caractéristique du processus de domestication (augmentation de l'autogamie chez *Cocos* et *Bactris*, réduction des cycles mâles chez *Elaeis*, passage de la dioécie à la polygamie et parthénocarpie chez *Salacca*, stérilité chez *Metroxylon*). Le dattier, *Phoenix dactylifera*, se distingue cependant par la conservation stricte et même le renforcement du système reproducteur ancestral (dioïque), car ses altérations comme l'hermaphroditisme et la parthénocarpie affectent

négativement la production fruitière. Enfin, l'aspect sans doute le plus spectaculaire de la domestication, est la modification, souvent considérable, de l'organe ciblé par l'utilisation humaine. Ainsi, chez *Bactris gasipaes*, le fruit peut être jusqu'à 100 fois plus volumineux chez le type cultivé que chez le type sauvage, et l'inflorescence mâle 10 fois plus grande chez *C. tepejilote*. L'accumulation de métabolites primaires et secondaires est également modifiée, avec une augmentation de la teneur en lipides, caroténoïdes ou/et carbohydrates pour les organes comestibles, une augmentation de la teneur en alcaloïdes et réduction des tannins chez *Areca catechu*, une augmentation en composés organiques aromatiques chez *Salacca*, une diminution des substances amères chez *Chamaedorea tepejilote* (Annexe II).

1.2. Bilan des recherches

1.2.1 Activités de support aux problématiques de recherche

Taxinomie

La taxinomie est bien souvent un prérequis à tout autre type de recherche en biologie. Il en est des palmiers comme de beaucoup d'autres plantes tropicales : l'insuffisance des connaissances botaniques ne permet pas d'étudier des problématiques d'écologie, de biogéographie ou de génétique sans avoir préalablement clarifié la taxinomie. Cependant, l'écologie et la génétique peuvent à l'inverse aider à clarifier la taxinomie. Dans le cadre de nos recherches, nous avons souvent été amené à conduire des études taxinomiques, en particulier sur les palmiers du Pacifique occidental et de la région Néotropicale.

Ceroxylon

Le programme « Palmiers Néotropicaux » a longtemps été focalisé sur l'Amazonie. A partir de 2006, notre intérêt s'est également porté sur les problématiques andines, avec l'étude d'un nouveau modèle, le palmier à cire andin (*Ceroxylon*). Lorsque nous avons commencé ces études, la taxinomie du genre était totalement confuse et nous avions énormément de mal à interpréter les situations rencontrées sur le terrain, en particulier au Pérou (Pintaud & Anthelme 2008). L'un des problèmes était l'existence

d'un nom d'application incertaine en raison de la perte du type, *Ceroxylon weberbaueri*. Nous avons retrouvé la localité type et néotypifié ce taxon (Pintaud et al. 2010a). L'autre problème était l'interprétation de la diversité rencontrée dans le nord du Pérou. Cette question a été résolue avec la description d'une nouvelle espèce, *C. peruvianum* et la reconnaissance de la présence au Pérou d'une espèce supposée jusque-là endémique de Colombie, *Ceroxylon quindiuense* (Galeano et al. 2008). Ces éléments ont ensuite été intégrés, avec d'autres, dans une révision complète du genre *Ceroxylon*, résultat du travail de Master d'une étudiante colombienne, María José Sanín, co-encadrée avec notre partenaire colombiene Gloria Galeano (UN), spécialiste du genre *Ceroxylon* (Sanín & Galeano 2011). La révision taxinomique a notamment montré que le nom correct de l'énigmatique *Ceroxylon weberbaueri* était en fait *C. pityrophyllum*, et que cette espèce avait été confondue avec deux autres, *C. vogelianum* et *C. parvum*. Cette clarification est fondamentale car *C. pityrophyllum* est l'espèce la plus plésiomorphe du genre et d'une grande importance pour la compréhension de son évolution et de sa diversification. A partir de cette solide base taxinomique, les études de phylogéographie de *Ceroxylon* ont pu se développer, faisant partie de la recherche de thèse de María José Sanín, de même co-dirigée par Gloria Galeano et moi-même, soutenue en 2013.

Hexopetion

Annexe I - Article 1

Pintaud J.-C., Millán B., Kahn F. 2008. The genus *Hexopetion* Burret (Arecaceae). *Revista Peruana de Biología* 15 (supl. 1): 49-54.

Les études menées de longue date sur la taxinomie du genre *Astrocaryum* par Francis Kahn et Betty Millán (Kahn & Millán 1992) constituent la base indispensable à nos recherches actuelles sur l'évolution de ce genre. Cependant, lors de son travail de classification complète du genre, Francis Kahn (Kahn 2008) n'arrivait pas à placer deux espèces d'Amérique Centrale, *A. mexicanum* et *A. alatum*, ayant des caractères ne correspondant pas au syndrome morphologique d'*Astrocaryum*. De mon côté, j'avais noté le particularisme de ces deux espèces au niveau de séquences d'ADN chloroplastique. Avec ces données, elles ne présentaient pas non plus les synapomorphies moléculaires d'*Astrocaryum*. Or, il se trouvait qu'un nom de genre, tombé dans l'oubli, existait déjà pour *A. mexicanum*, le genre *Hexopetion* Burret. Nous avons donc exhumé ce genre et fait le transfert de *A. alatum* dans celui-ci

(Pintaud et al. 2008). Ensuite, des données d'anatomie foliaire complémentaires sont venues à l'appui de la distinction des deux genres (Millán & Kahn 2010), et cette distinction a été testée avec succès au niveau moléculaire (Ludeña et al. 2011). Enfin, Roncal et al. (2013) a montré que la différentiation entre *Astrocaryum* et *Hexopetion* correspond à un événement de cladogenèse avec séparation géographique entre l'Amérique du Sud (*Astrocaryum*) et l'Amérique centrale (*Hexopetion*), antérieur de 10 millions d'années à la diversification des espèces actuelles d'*Astrocaryum sensu stricto*. Le genre *Astrocaryum* présente en outre une colonisation secondaire de l'Amérique centrale (*A. confertum*, *A. standleyanum*), de sorte que les deux genres coexistent dans cette région, situation qui d'ailleurs a contribué à générer la confusion taxinomique (Pintaud et al. 2008). En dépit de cet ensemble d'arguments, le genre *Hexopetion* n'est toujours pas totalement reconnu par la communauté scientifique internationale. Il n'a pas été retenu dans la nouvelle édition de Genera Palmarum (Dransfield et al. 2008), et Meerow et al. (2015) considèrent qu'il devrait avoir un niveau de sous-genre. *Hexopetion* a par contre été incorporé dans la base de références taxinomiques de Genbank, mais pas dans celle de Kew Gardens (World Checklist of Selected Plant Families) qui traite ce genre comme synonyme de *Astrocaryum*.

Palmiers de Nouvelle-Calédonie

Lors de l'écriture du livre « Les palmiers de Nouvelle-Calédonie (Hodel & Pintaud 1998), nous avons décrit 5 espèces nouvelles endémiques, afin de mettre à jour l'inventaire des espèces de l'île (Pintaud et Hodel 1998a,b). Cependant, la circonscription des genres existant à l'époque n'était pas très satisfaisante, sans qu'il soit alors possible de proposer un système reflétant mieux la structure phylogénétique et les affinités des palmiers de l'île. Dans les années qui suivirent, le développement des phylogénies moléculaires et de nouvelles études morpho-anatomiques ont procuré un ensemble d'éléments permettant d'effectuer une révision des genres endémiques de l'île, lesquels sont passés de 15 à 9 par des mises en synonymie de genres monotypiques (Pintaud & Baker 2008). De plus, il n'avait pas été possible, pour le livre de 1998, d'actualiser le traitement spécifique du genre endémique le plus complexe, *Basselinia*. Sa révision progressive est en cours, avec un premier article partiel publié (Pintaud & Stauffer 2011).

Le problème du concept d'espèces dans la taxinomie des palmiers

Depuis les origines de la taxinomie de la famille des Arecaceae, la question du concept d'espèces est extrêmement controversée (Dransfield 1999, Henderson 1995, 1999). Au 19ème siècle, la définition des espèces dans le genre *Astrocaryum* en Amazonie faisait l'objet de correspondances acerbes entre Barbosa-Rodriguez et Trail, tandis qu'en 1995, co-existait pour ces mêmes espèces, appartenant actuellement à la section Huicungo (Kahn 2008), un concept de type *lumping* d'une seule espèce, *A. murumuru* (Henderson 1995) et un concept de type *splitting* de 15 espèces (Kahn & Millán 1992, Kahn & Ferreira 1995). Au cours du 20ème siècle, cette opposition entre les tendances à regrouper ou à diviser les espèces n'a cessée de se manifester, avec d'un coté les tenants d'un concept d'espèces très restrictif comme Burret et Bailey, et de l'autre coté les partisans d'un concept d'espèces très emglobant, comme Henderson (Henderson 1995). Au 21ème siècle, la tendance est à la généralisation de concepts d'espèces restreints, mais sans qu'un consensus se dégage quand à la définition des espèces. Dans la mesure où les phylogénies moléculaires de palmiers au niveau de l'espèce demeurent rares et peu robustes, en raison de la difficulté à obtenir une bonne résolution à cette échelle (Ludeña et al. 2011), la concept d'espèce actuel des palmiers repose sur des critères typologiques (Kahn 2008) ou relève plus généralement d'une « taxinomie d'herbier » (Henderson 2005a). Henderson en particulier a développé aux cours des dernières années une approche basée sur une méthode de statistiques multivariées appliquée à des caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs, permettant de délimiter des groupes de spécimens interprétés à l'aide du concept d'espèce phylogénétique (Henderson 2004). Cette approche a entraîné une explosion du nombre d'espèces par rapport à l'approche englobante antérieure du même auteur. Ainsi, par rapport à l'ouvrage de synthèse sur les palmiers Néotropicaux de 1995 (Henderson et al. 1995), le genre *Hyospathe* est passé de 2 à 6 espèces (Henderson 2004), ou encore *Calyptrogyne* de 8 à 18 espèces (Henderson 2005b).

En opposition à cette grande instabilité taxinomique, et à la suite des travaux de Francis Kahn en particulier, nous adoptons un concept d'espèce typologique opérationnel sur le terrain et pour nombre d'applications allant de l'écologie à la conservation en passant par l'analyse morphologique, mais qui n'a pas vocation à coïncider exactement avec la structure génétique, laquelle est étudiée dans un cadre conceptuel différent, basé sur des unités génétiques (populations) ou phylogénétiques

(clades), par rapport auxquelles les espèces typologiques constituent des points de repère morphologiques. Cette approche dualiste permet à la fois de conserver la définition classique des espèces et d'aborder en détail les patrons évolutifs et biogéographiques sur une base génétique. La notion de « complexe d'espèces » permet de circonscrire des groupes au sein desquels les divisions taxinomiques phénotypiquement opérationnelles peuvent ne pas totalement rendre compte de la complexité des relations génétiques (Duminil et al. 2012).

Nous avons appliqué cette approche à l'étude de plusieurs complexes d'espèces résultants de processus distincts, dans les genres *Astrocaryum*, *Ceroxylon* (rupture du flux génique mais rémanence des polymorphismes ancestraux au cours de la spéciation allopatrique) *Phoenix* (flux de gènes post-spéciation) et *Basselinia* (radiation adaptative).

Dans le genre *Astrocaryum*, un complexe d'espèces cité plus haut (section Huicungo) a fait l'objet de diverses interprétations taxinomiques. Nos travaux récents (Eiserhardt et al. 2011, Roncal et al. 2013) ont démontré la monophylie de ce groupe et évalué l'age du début de sa diversification à 6 MA. Le concept taxinomique de F. Kahn avec 15 espèces (Kahn 2008) ayant des distributions le plus souvent contiguës et limitées par des barrières physiques (Kahn et al. 2011), est très cohérent à la fois sur le plan morphologique, écologique et géographique. Sur le plan moléculaire, les espèces sont en revanche mal individualisées, en raison de la dynamique récente et progressive de la diversification. Par exemple, les deux espèces soeurs *Astrocaryum urostachys* et *A. macrocalyx*, morphologiquement distinctes et ayant un contact parapatrique (Vargas & Pintaud 2008), ne sont pas distinguables à l'aide de marqueurs neutres (microsatellites nucléaires et séquences chloroplastiques). Du fait de la rémanence des polymorphismes ancestraux, la monophylie réciproque est longue à s'établir au niveau de la diversité neutre, alors même que la divergence morphologique et écologique est établie, justifiant la reconnaissance d'espèces (Zachos 2009). Ce décalage produit un complexe d'espèces, avec toute une gradation depuis les espèces en émergence jusque aux espèces parfaitement individualisées à la fois sur le plan morphologique et génétique.

Dans le genre *Ceroxylon*, qui présente également une radiation récente dans les Andes tropicales, les espèces ne varient que sur la base d'une combinaison d'un petit nombre de caractères polymorphes produisant des patrons de différentiation morphologique récurrents dans différentes lignées. La taxinomie typologique retenue comprend 12

morpho-espèces (Sanín & Galeano 2011) réparties au niveau de la phylogénie moléculaire en quatre clades, dont deux sont des complexes d'espèces. Ces complexes sont en fait des méta-populations fragmentées ou filtrées par des barrières montagneuses. Dans ce contexte, les espèces typologiques rendent bien compte des phénomènes de dispersion avec effet de fondation, comme par exemple *Ceroxylon ceriferum* dans les cordillères côtières caraïbes, isolé de la distribution principale des espèces affines *C. quindiuense* et *C. ventricosum*. Ces deux dernières espèces en revanche présentent une distribution relativement continue le long d'un gradient latitudinal et sont génétiquement paraphylétiques (Trénel et al. 2007). Néanmoins, la distinction morphologique entre ces deux espèces est marquée, sauf au niveau de petites zones de transition, justifiant leur maintien comme entités botaniques distinctes.

Le genre *Phoenix*, comprenant 14 morpho-espèces, est un exemple exceptionnel dans la mesure où l'ensemble du genre ne constitue qu'un seul complexe d'espèces en raison de l'absence de barrières reproductives. La différentiation morphologique est maintenue par l'isolement des populations largement distribuées sur une aire immense allant des Iles Canaries jusqu'aux Philippines, et de l'Himalaya à l'Afrique du Sud et à Madagascar. Lorsque ces espèces sont mises en contact, elles s'hybrident spontanément et se comportent comme une seule espèce biologique. Néanmoins, chaque espèce correspond à une morphologie, une écologie et une distribution bien caractérisée (Barrow 1998), et il n'y aurait aucun intérêt pratique à appliquer le concept d'espèce biologique à la taxinomie du genre *Phoenix*. En revanche, l'étude de l'hybridation interspécifique est très intéressante pour comprendre la dynamique de la diversité dans un complexe d'espèces et en particulier pour mesurer l'influence des facteurs génétiques sur les traits phénotypiques.

Le genre *Basselinia* est, avec 14 espèces, le plus grand genre de palmiers endémique de Nouvelle-Calédonie. Il comprend une section (*Taloua*) composée d'espèces monocaules de canopée ou sous-canopée, à gaine foliaire tubulaire et inflorescences interfoliaires, correspondant au type morphologique le plus général des palmiers des îles du Pacifique appartenant à la tribu des Areceae, et une section (*Basselinia*), composée de petites espèces de sous-bois généralement multicaules. La section *Basselinia* représente un complexe d'espèces extrêmement polymorphe ayant diffusé dans toutes les forêts denses humides de Nouvelle-Calédonie, en relation avec son

succès adaptatif dans une nouvelle niche. La section *Basselinia* présente en effet un syndrome de miniaturisation similaire à celui décrit dans les genres *Bactris* et *Geonoma* en Amazonie (Kahn & de Granville 1992) ou *Dypsis* à Madagascar (Dransfield & Beentje 1995), typique de l'adaptation aux sous-bois sombres des forêts tropicales, mais très rare dans les îles du Pacifique à l'est de la Nouvelle-Guinée. La grande variabilité de la section *Basselinia* a conduit à la description de nombreuses espèces au 19ème siècle et au début du 20ème siècle. Ultérieurement, Moore & Uhl (1984) ont adopté une taxinomie englobante et ont réduit de nombreuses espèces en synonymie en invoquant un continuum morphologique. Nos études ont montré que ce continuum était en fait le résultat d'hybridations interspécifiques dans des zones de sympatrie secondaire bien particulières, favorisées par l'altération anthropique de certains milieux (Pintaud 2006), ce qui ne remet pas en cause le statut de certaines espèces anciennement décrites. Ce constat nous a ainsi amené à revalider une espèce, *Basselinia eriostachys* (Pintaud & Baker 2008).

Au total, notre approche taxinomique des complexes d'espèces n'a qu'un impact minimal sur la définition classique des espèces. Dans *Astrocaryum*, nous n'envisageons aucun changement taxinomique para rapport au traitement de Kahn (2008), la révision de *Ceroxylon* (Sanín & Galeano 2011) a été directement pensée dans l'optique expliquée ici et enfin, dans le genre *Phoenix*, des réajustements mineurs seront nécessaires par rapport à la révision de Barrow (1998), en particulier au niveau des espèces à vaste répartition *P. loureiroi* et *P. reclinata*.

Développement de marqueurs moléculaires

Les palmiers constituent un groupe de plantes notoirement difficile à étudier au niveau moléculaire. Le taux de mutation des gènes chez les palmiers est très faible par rapport à d'autres monocotylédones, aussi bien au niveau du génome chloroplastique que du génome nucléaire (Gaut et al. 1996, Scarcelli et al. 2011). La famille des palmiers ne compte pas d'espèces modèles sur lesquelles s'appuyer, et les données génomiques étaient quasiment inexistantes jusqu'à la mise dans le domaine public de la séquence préliminaire du premier génome de *Phoenix dactylifera* (Al-Dous et al. 2011). Depuis, les informations génomiques s'accumulent rapidement, mais restent

essentiellement limitées aux deux ou trois espèces d'intérêt agro-industriel. D'autre part, l'isolement phylogénétique très prononcé des palmiers au sein des monocotylédones rend très difficile le transfert de ressources moléculaires depuis d'autres familles mieux connues comme les Poaceae. Aussi, le développement d'outils moléculaires adéquats pour nos problématiques de recherche a toujours été une préoccupation centrale tenant d'une nécessité incontournable.

Nos travaux dans ce domaine sont orientés sur trois axes :

- Le développement de marqueurs microsatellites nucléaires
- La recherche de polymorphismes chloroplastiques
- La mise au point de marqueurs phylogénétiques de type unigène.

Microsatellites nucléaires

La création de banques ADN enrichies en motifs microsatellites a été ma première activité de laboratoire, en 2001, après mon recrutement à l'IRD. Ce travail a été mené en fait au CIRAD en collaboration avec Norbert Billotte, à l'époque où il était le premier à travailler sur ce type de marqueurs chez les palmiers. L'avance que nous avions sur les autres équipes nous a permis de toujours rester en pointe dans ce domaine. Ainsi, nos microsatellites de dattier, publiés en 2004 (Billotte et al. 2004) ont été les seuls disponibles pour cette espèce jusqu'en 2009, et par conséquent, toutes les études de diversité génétique sur le dattier au niveau mondial utilisant des microsatellites durant cette période ont été basées sur nos marqueurs.

A l'heure actuelle, nous travaillons avec l'équipe BDP sur *PhoenixDB*, une plateforme analytique visant à établir un standard mondial en matière de caractérisation génétique et d'identification variétale chez le dattier à partir de marqueurs microsatellites issus de nos traveaux de développement.

A ce jour, nous avons participé au développement de marqueurs microsatellites spécifiques pour les espèces suivantes : *Astrocaryum javarense*, *Astrocaryum standleyanum*, *Bactris gasipaes var. gasipaes*, *Bactris gasipaes var. chichagui*, *Burretiokentia grandiflora*, *Elaeis guineensis*, *Oenocarpus bataua, Mauritia flexuosa*, *Mauritiella aculeata*, *Phoenix dactylifera*, *Pritchardia loweryana*.

En plus du développement de banques d'ADN enrichies en locus microsatellites, nous nous sommes intéressés à deux autres approches d'obtention de marqueurs microsatellites :

(1) la caractérisation de marqueurs à partir d'une recherche de motifs *in silico* (co-encadrement d'une étudiante bioinformaticienne, Karina Castillo, sur *Phoenix dactylifera*, pour la mise au point de motifs trinucléotidiques codants, Aberlenc-Bertossi et al. 2014)
(2) l'isolement de marqueurs à partir de séquences d'introns de gènes caractérisés chez les palmiers. Cette seconde approche a permis d'obtenir des marqueurs à partir de facteurs de transcription étudiés dans l'équipe BDP (Adam et al. 2007, 2010), en particulier des familles MADS Box (Agamous 1 et Apetala 3) et NAC (Cup-shaped cotyledon 3). Les locus issus de ces gènes ont été incorporés dans le jeu de marqueurs de *PhoenixDB*.

Polymorphismes chloroplastiques

Le génome chloroplastique présente de nombreux avantages. Il est abondamment représenté dans les tissus, haploïde, non recombinant, peu lié à des protéines, non dupliqué ou sans variation entre les copies (Inverted Repeat). Son seul défaut est d'être peu variable chez les palmiers. Le premier marqueur chloroplastique « rapide » pour lequel des amorces universelles ont été définies, *trnL-F* (Taberlet et al. 1991), l'un des marqueurs les plus utilisés chez les plantes (la référence d'origine à près de 3000 citations), s'est avéré très décevant chez les palmiers où son pouvoir de résolution phylogénétique est très faible (Baker et al. 2000). En 1999-2000, j'ai effectué un post-doc dans le laboratoire de W.J. Hahn à Columbia University, N.Y., le chercheur en pointe à cette époque sur la phylogénie moléculaire des palmiers. Celui-ci cherchait alors des régions chloroplastiques plus variables chez les palmiers. Il utilisait un marqueur peu connu, *trnQ-rps16*, pour lequel il avait développé des amorces dans le cadre d'un autre projet sur l'évolution de la structure du génome chloroplastique chez *Oenothera* (Systma et al. 1993). Parallèlement, il s'intéressait au potentiel de deux nouveaux locus, *trnD-trnT* et *psbC-trnfM*, pour lesquels des amorces universelles avaient été récemment publiées (Demesure et al. 1995). Ces trois nouveaux locus se sont révélés très informatifs et sont rapidement devenus en quelque sorte notre « marque de fabrique ». Nous avons résolu par exemple la question du positionnement phylogénétique du palmier domestiqué *Bactris gasipaes* à l'aide de ces marqueurs (Couvreur et al. 2007). Un minisatellite avec un motif de 12 paires de bases répété de 2 à 12 fois dans le genre *Phoenix* a été identifié dans l'espaceur *psbZ-trnfM*. La variation de ce minisatellite permet d'identifier le

chlorotype chez *Phoenix dactylifera* de façon très simple, avec de grandes conséquences sur la compréhension de l'histoire de la domestication de cette espèce (Gros-Balthazard 2012, Pintaud et al. 2013). Actuellement, nous utilisons les locus *trnQ-rps16* et *psbZ-trnfM* comme marqueur de Bar-coding respectivement chez *Bactris* et *Phoenix*.

Le projet FP7-PALMS nous a permis de passer à une échelle supérieure en réalisant un *screening* de tout le chloroplaste, et de mettre en oeuvre des marqueurs totalement inconnus jusque-là, en particulier en provenance de la petite copie unique (Scarcelli et al. 2011). A partir de ce jeu de marqueurs, nous avons aussi extrait un jeu de marqueurs minisatellites pour étudier la spéciation chez *Astrocaryum*.

La solide base de génomique chloroplastique que représente ce travail, qui a mobilisé pratiquement toute l'équipe DYNADIV, a permis d'enchaîner sur le projet innovant CHLORODIV (2013-2014), visant au séquençage massif de génomes chloroplastiques complets en utilisant des méthodes particulières d'amplification, capture par grandes sondes et séquençage de nouvelle génération.

Gènes nucléaires en copie unique

Annexe I - Article 2

Ludeña B., Chabrillange N., Aberlenc-Bertossi F., Adam H., Tregear J.W., **Pintaud J.-C.** 2011. Phylogenetic utility of the nuclear genes Agamous 1 and phytochrome B in palms (Arecaceae): an example within Bactridinae. *Annals of Botany* 108: 1433–1444.

La phylogénie des palmiers demeure un *challenge*, les relations intergénériques dans cette famille ne sont toujours pas complètement élucidées. Afin de progresser dans ce domaine, nous avons développé de nouveaux marqueurs phylogénétiques unigéniques (Ludeña et al. 2011), dans le double cadre du projet FP7-PALMS, grâce au recrutement d'un CDD IR, et d'une action incitative de l'IRD sur les gènes de floraison associant les équipes DYNADIV et BDP.

Deux gènes impliqués dans la floraison et la structure florale ont été ciblés.

Le gène Phytochrome B (PHYB) n'avait été étudié jusque-là parmi les monocotylédones que chez les Poaceae. Des amorces dégénérées de Poaceae ont permi d'amplifier une portion de l'exon 1 chez les palmiers. À partir de ces premiers amplicons, des amorces spécifiques de palmiers ont été développées.

Plusieurs gènes de la famille MADS-Box impliqués dans le modèle ABC du déterminisme de la structure florale étudiés par l'équipe BDP (Adam et al. 2007) ont

été testés (Agamous, Apetala, Globosa) et un marqueur utile en phylogénie et diversité génétique (AG1) a pu être mis au point.
Ces marqueurs ont ensuite été utilisés dans diverses études, en particulier pour la phylogénie d'*Astrocaryum* (Roncal et al. 2013).

1.2.2. Recherche de patrons généraux dans l'histoire évolutive des palmiers

Mise en évidence de la signature phylogénétique du forçage paléoclimatique et géologique au cours de l'évolution des palmiers

La diversification des palmiers sur le long terme, inférée par la phylogénie des représentants actuels (Couvreur et al. 2011, Baker & Couvreur 2013a,b), montre une accumulation graduelle des lignées depuis l'origine de la diversification (100 MA).
Néanmoins, la signature du forçage paléoclimatique de la dynamique de la diversité des palmiers est bien marquée dans le signal phylogénétique et les patrons de distribution actuels (Blach-Overgaard et al. 2013), en particulier au niveau de trois dates clé : 34, 24 et 13-11 MA. Au-delà de 34 MA, le signal phylognétique s'estompe fortement et ne permet plus d'effectuer des corrélations très précises avec les données paléoenvironnementales, mais des données phylogénétiques indirectes (âge des longues branches « stem age ») et d'autres types d'évidences (fossiles, disparité des flores entre Amérique et Afrique) donnent cependant des informations sur l'impact d'événements plus anciens comme la crise de la fin du Crétacé (65 MA) et la longue période climatiquement très favorable du Paléocène à l'Eocène inférieur (63-50 MA), durant laquelle la forêt dense tropicale humide couvrait une grande partie de l'Amérique du Sud (Futey et al. 2012, Gómez-Navarro et al . 2009, Wing et al. 2009).

Signal de l'extinction de l'Eocène terminal (34-33 MA) et du renouvellement postérieur des flores dans les phylogénies de palmiers

La structure phylogénétique et géographique de la diversité actuelle des palmiers est profondément marquée par un changement climatique brutal, de grande ampleur mais de courte durée, intervenu à la jonction Eocène-Oligocène, vers 34-33 MA (Prothero 1994). L'Eocène terminal est marqué par une chute très rapide des températures terrestres, un climat plus sec dans de nombreuses régions et une courte glaciation, caractérisée par la mise en place de la calotte glaciaire Antarctique (Zachos & Kump 2005). Au niveau de la flore, une extinction de 60% des espèces a par exemple été

estimée à 33.4 MA dans les écosystèmes subtropicaux du nord-ouest de l'Amérique du nord (Retallack et al. 2004). Le climat se récupère rapidement au début de l'Oligocène et reste stable jusque vers la fin de cette période où se produisent de nouveau des oscillations thermiques de grande ampleur (Zachos et al. 2001a, b).

L'accident climatique de l'Eocène terminal (34 MA), immédiatement suivi, à l'Oligocène, du retour de conditions favorables et durablement stables (32-26 MA), a d'abord produit des extinctions massives parmi les groupes thermophiles, puis une récupération des lignées survivantes, conduisant à un changement de structure phylogénétique, une redistribution géographique et un renouvellement des espèces, dans les flores et faunes tropicales (Morley 2000).

La signature de cette succession d'événements est particulièrement nette chez les palmiers, groupe tropical, thermo-hygrophile par excellence. Les phylogénies réalisées en particulier à l'échelle de la tribu suggèrent un signal de diversification juste après la crise de la limite Eocène-Oligocène (aux incertitudes de datation près), lorsque semblent apparaître à peu près simultanément de nombreux genres actuels, avec, de façon concomitante, des phénomènes de dispersion à longue distance, modifiant profondément la distribution géographique des palmiers à la surface du globe, et établissant les bases de la structuration que nous connaissons aujourd'hui.

La comparaison entre le « stem age » (l'age d'origine d'une lignée, qui ne peut être inféré correctement que si le groupe frère direct est incorporé dans la phylogénie) et le « crown age » (l'age du début de la diversification conduisant aux représentants actuels de la lignée) donne des informations importantes sur la dynamique temporelle de la diversité. Le « stem age » indique que la plupart des lignées de palmiers qui se sont rediversifiées après 34 MA trouvent leur origine entre le maximum climatique du Paléocène terminal (55 MA) et l'optimum climatique de l'Eocène inférieur (50 MA), c'est-à-dire durant la précédente période de diversification, dont il reste peu de trace phylogénétique. Ainsi Baker & Couvreur (2013a) donnent pour la grande tribu thermocosmopolite des Trachycarpeae un age d'origine de 48 millions d'années et de début de diversification de 34 millions d'années, de sorte que le début de la diversification des lignées actuelles correspond exactement à l'Oligocène basal, tandis que l'histoire antérieure pointant à l'Eocène inférieur a été largement effacée par l'extinction de l'Eocène terminal (Bacon et al. 2012).

Pour la région Néotropicale, Meerow et al. (2009) et Eiserhardt et al. (2011) présentent des chronologies très similaires pour la tribu des Cocoseae, avec un

« crown age » des sous-tribus Bactridinae, Elaedineae et Attaleinae autour de 50 MA et l'apparition de tous les genres actuels de Bactridinae et des grands genres *Syagrus* et *Attalea* dans une étroite fenêtre de trois millions d'années autour de la charnière Eocène-Oligocène (34 MA), tandis que Roncal et al. (2010) situent l'origine des Geonomateae à 45±10 MA et le début de la diversification des lignées actuelles à 31±3MA. Cuenca et al. (2008) situent l'apparition des trois genres de Chamaedoreae d'Amérique Centrale (*Chamaedorea*, *Gaussia* et *Synechanthus*) à environ 40±10 MA, ce qui est également cohérent.

Dans la région Paléotropicale, l'immense tribu Indo-Pacifique des Areceae (70 genres), montre un patron similaire (41 MA/34 MA), de même que plusieurs sous-tribus de Calamoideae essentiellement sud-est asiatiques : Salaccinae (59/36), Plectocomiinae (47/34) et Calaminae (46/34), d'après les données de Baker & Couvreur (2013a).

Dans l'hémisphère australe, les Ceroxyleae (actuellement distribués en Australie, Madagascar et Amérique du Sud) apparaissent à 54±4 MA probablement en Antarctique où des fossiles de cette époque sont connus, et les lignées actuelles commencent à se diversifier après 34 MA (Trénel et al. 2007).

Toutes ces données sont extrêmement cohérentes à l'échelle mondiale et suggèrent fortement un forçage paléoclimatique.

Il existe d'autres évidences de l'effacement des radiations antérieures à 34 MA dans la famille des palmiers. Un pic de diversification des palmiers est connu par les fossiles en Amérique du sud après le maximum thermique du Paléocène supérieur à 55 MA (Jaramillo et al. 2010), mais celui-ci n'apparaît pas dans le signal phylogénétique obtenu à partir des espèces actuelles (Couvreur et al. 2011). En Europe, les riches assemblages d'espèces de type tropical humide de l'optimum climatique de l'Eocène inférieur (50 MA), sont bien connus dans le registre fossile, entre autres dans la formation des London Clays (Dransfield et al. 2008). Dès l'Oligocène inférieur en revanche, la flore de palmiers d'Europe est très appauvrie et adaptée à des milieux secs (Thomas & De Franceschi 2012).

Signal de diversification à 24 MA, après le pic thermique de l'Oligocène supérieur (25 MA)

Le pic de réchauffement de l'Oligocène supérieur a permis aux lignées thermophiles reconstituées après l'accident climatique de l'Eocène terminal d'étendre leur

distribution à de nouveaux habitats devenus favorables aux marges et au-delà de la zone intertropicale, ainsi que dans les montagnes tropicales.

Couvreur et al. (2011), dans une analyse spatio-temporelle de la diversification de la famille des palmiers suggèrent une augmentation marquée du taux de diversification des espèces à 24 MA. De façon récurrente, les palmiers se sont diversifiés *après* un optimum climatique qui a permis l'extension de leur aire de distribution, par un phénomène de radiation adaptative dans les milieux changeants et variés qui caractérisent la phase de refroidissement postérieure. Cependant, il faut relativiser le résultat de Couvreur et al. (2011) par le fait que les taux de diversification sur le long terme sont moyennés par les extinctions. La crise de la fin du Crétacé a substantiellement appauvri la flore de palmiers d'Afrique (Pan et al. 2006), et la crise de l'Eocène terminal a eu un fort impact sur les palmiers à l'échelle mondiale. Or, à partir du maximum thermique de l'Oligocène supérieur, les pics de diversification des palmiers durant les périodes favorables ne sont plus compensés par des vagues d'extinction, ce qui peut expliquer le changement de tendance à 24 MA observé par Couvreur et al. En effet, la courte glaciation de la charnière Oligocène-Miocène, vers 23-22 MA (Zachos et al. 2001b), n'a apparemment pas impacté significativement la diversité des palmiers, et les fluctuations tardives (Plio-Pléistocène) non plus, car les forêts tropicales humides, qui concentrent l'essentiel de la diversité de ces plantes, ont largement conservé les espèces au niveau de refuges durant les épisodes froids et secs (Charles-Dominique et al. 2003, Couvreur et al. 2011, Pintaud et al. 2001).

Le signal de diversification à 24 MA apparaît dans de nombreuses lignées, avec deux aires de radiation particulièrement marquées : L'Amérique Centrale-Caraïbes et les îles de l'Océan Indien à l'est de l'Afrique.

En Amérique Centrale-Caraïbes, les trois genres de Chamaedoreae apparus simultanément vers 34 MA (*Chamaedorea*, *Gaussia* et *Synechanthus*) se diversifient également simultanément à 24 MA (Cuenca et al. 2008), ce qui étaye le déterminisme climatique, supposé homogène à l'échelle régionale. Le clade des Cryosophileae et Sabaleae, apparu en Laurasie lors de l'optimum climatique de la charnière Paléocène-Eocène, initie une radiation adaptative dans les milieux secs et ouverts de l'Amérique centrale et des Caraïbes à partir de 23-21 MA (Baker & Couvreur 2013a, Roncal et al. 2008), en réponse à l'évolution de l'environnement après le pic thermique de l'Oligocène supérieur.

En Amérique du sud, cette époque marque également le début de la structuration écologique moderne des lignées de palmiers. Ainsi les genres *Bactris* (~80-100 espèces) et *Aiphanes* (~30 espèces), initient également leur diversification à 24 MA dans les sous-bois de forêt tropicales humides de basse altitude et de montagne, respectivement (Eiserhardt et al. 2011).

Dans la région paléotropicale, la date de 24 MA correspond à un signal de diversification généralisé dans le sud-ouest de l'océan Indien (Madagascar, Marscareignes, Comores, Seychelles) avec l'initiation concomitante de la diversification de *Ravenea,* des Lataniinae, Oncospermatinae et Verschaffeltiineae (Trenel et al. 2007, Baker & Couvreur 2013a). Dans le sud-est asiatique, les Caryoteae commencent à se diversifier (Baker & Couvreur 2013a).

Signal de diversification après l'optimum climatique du Miocène moyen (13-11 MA)

L'optimum thermique du Miocène moyen (17-15 MA) a de nouveau favorisé l'expansion des palmiers, qui ont ensuite eu le temps de s'adapter à l'évolution des environnements marginaux par rapport à leur optimum écologique en forêt tropicale humide (forêts de montagne, forêts sèches, savanes, steppes), et s'y diversifier, à la faveur de la baisse progressive des températures globales au cours du Miocène supérieur. Cette réponse écologique apparaît clairement vers 13-11 MA, tout particulièrement en Amérique du Sud où plusieurs genres originaires des forêts de basse altitude se répandent ou se diversifient dans d'autres habitats à cette époque (Eiserhardt et al. 2011 ; Meerow et al. 2009, 2015 ; Roncal et al. 2010, 2013). Deux biomes sont plus particulièrement concernés, aux marges sud et ouest de l'Amazonie : (1) la végétation sèche des *Cerrados* du bouclier brésilien, avec la diversification du genre *Butia*, et de clades particuliers dans les genres *Astrocaryum*, *Acrocomia*, *Attalea*, *Syagrus* ; (2) les forêts andines, avec un phénomène similaire chez *Aiphanes* et *Geonoma*. Dans le cas de *Aiphanes*, une différentiation entre un clade de forêt sèche et un clade de forêt humide apparait à cette période, alors que le genre était strictement inféodé aux forêts néphéliphiles humides andines antérieurement (Eiserhardt et al. 2011). Le genre andin *Ceroxylon* se diversifie à la même période (Trénel et al. 2007). Ce soudain rayonnement écologique est très cohérent avec l'hypothèse d'adaptation à de nouveaux milieux, plus secs et/ou plus froids, au cours du refroidissement global suivant un optimum climatique.

Dans la région paléotropicale, la dynamique écologique est quelque peu différente car la période 13-11 MA correspond au début de la radiation de grands genres de palmiers actuels au sein même de la forêt tropicale humide en différentes lieux : *Dypsis* (160 spp.) à Madagascar, *Pinanga* (130 espèces) en Asie du sud-est (Couvreur et al. 2011), *Licuala* (100 spp.) dans la région *Malesia* (Bacon et al. 2012), et à la diversification de groupes plus restreints comme les Clinospermatinae en Nouvelle-Calédonie (Baker & Couvreur 2013a).

Dynamique récente et actuelle de la diversification

A partir de la fin du Miocène, des phénomènes important de diversification prennent également place en relation avec des processus géographiquement plus limités, comme l'impact de la tectonique andine sur l'ouest de l'Amérique du Sud (*Astrocaryum*, Roncal et al. 2013, 2015 ; *Phytelephas*, Barfod et al. 2010). Des radiations insulaires se produisent dans des archipels en évolution rapide (*Pritchardia* à Hawaii, *Copernicia* dans les Caraïbes, Bacon et al. 2012). Aux latitudes supérieures, le refroidissement et l'assèchement du climat favorisent également des radiations, le meilleur exemple étant la radiation de *Livistona* en Australie, à la faveur de ces changements (Crisp et al. 2010).

Aux limites boréales de la distribution des palmiers, l'appauvrissement entamé dès la fin de l'optimum climatique de l'Eocène inférieur se poursuit et s'accélère avec les glaciations de Pléistocène, produisant des distributions clairement relictuelles comme celles de *Rhapidophyllum* dans le sud-est des U.S.A. (seul genre actuel de Rhapidinae sur le continent américain), *Chamaerops* et *Phoenix* dans l'extrême sud de l'Europe, *Nannorrhops* au Moyen-Orient.

L'Afrique a pour sa part connue une évolution atypique marquée par une succession de vagues d'extinctions depuis la fin du Crétacé, et quelques radiations d'ampleur limitée (Faye et al. 2014), conduisant à un assemblage disharmonique et singulièrement pauvre en comparaison des autres régions tropicales, y compris Madagascar (Baker & Couvreur 2013b, Kissling et al. 2012, Blach-Overgaard et al. 2013).

Globalement, la diversification des palmiers demeure très active à l'heure actuelle sous les tropiques, tant dans les régions continentales qu'insulaires.

L'exemple des Bactridinae

Une grande partie de nos travaux dans la région Néotropicale concerne la sous-tribu des Bactridinae en général, et le genre *Astrocaryum* en particulier. Les travaux réalisés récemment, en relation avec l'encadrement d'un doctorant, Wolf Eiserhardt, dans le projet FP7-PALMS (2009-2013) et l'encadrement d'une post-doc Marie Curie, Julissa Roncal, sur la diversification du genre *Astrocaryum* (2011-2012) ont permis d'établir un schéma chronologique très cohérent avec l'histoire géologique présentée ci-dessus.

Les Bactridinae constituent un groupe endémique Néotropical (environ 150 espèces) au sein de la tribu pantropicale des Cocoseae. Ces palmiers sont immédiatement reconnaissables à leur armature d'épines qui prend souvent un développement impressionnant. Ce groupe a connu un succès évolutif considérable dans la région Néotropicale, avec une diversification morphologique supérieure à celle de tout autre groupe de palmiers du Nouveau Monde. On peut citer en particulier des phénomènes originaux comme la lianescence, développée par le genre *Desmoncus*, étonnamment convergent avec les rotins paléotropicaux, très éloignés phylogénétiquement, la miniaturisation dans le genre *Bactris*, et au contraire le gigantisme dans le genre *Astrocaryum* (Kahn & de Granville 1992). Corollaire de cette explosion de formes, l'adaptation à une grande diversité d'écosystèmes et de niches différentes au sein de ceux-ci est également remarquable. On peut citer un phénomène d'adaptation convergente aux milieux secs au sud de l'Amazonie (formation des *cerrados*) de *Acrocomia* et *Astrocaryum*, ou au contraire à des conditions amphibies incluant l'ichtyochorie en Amazonie (*Astrocaryum jauari* et *Bactris riparia*), le développement de formes stolonifères coloniales dans les forêts périodiquement inondées (*Bactris bifida*, *B. bidentula*) et toute une gamme de formes dans les forêts denses humides de terre ferme, depuis les espèces sciaphiles très spécialisées (*Aiphanes ulei*, *Astrocaryum sciophilum*, *Bactris simplicifrons*, *B. hirta*, *B. aubletiana*) aux grand émergents (*Astrocaryum aculeatum*, *A. chambira*) en passant par les lianes de canopée (*Desmoncus*) et toute une gamme de types intermédiaires de sous-bois et sous-canopée (Kahn et de Granville 1992). Cette diversification prend souvent la forme de radiations taxoniques, comme dans le cas du genre *Aiphanes* dans les Andes, *Astrocaryum* en Amazonie et *Bactris* (second genre le plus diversifié de palmiers Néotropicaux avec 80 espèces) dans toutes les forêts denses humides depuis

le Mexique jusqu'à la Bolivie et le sud du Brésil. Les Bactridinae dominent certains types d'écosystèmes (en particulier les formations hydromorphes liées aux cours d'eau amazoniens) et sont particulièrement abondants dans certaines régions comme l'est des Guyanes et le bas Amazone.

De plus, les Bactridinae sont des espèces d'une grande utilité pour les populations résidentes d'Amérique tropicale, incluant le seul palmier sud-américain complètement domestiqué (*Bactris gasipaes*), de nombreuses autres espèces fruitières, sources de fibre végétale, de coeurs de palmiers, de matériel de construction etc.

L'ensemble de ces caractéristiques a conduit, dès l'origine du programme « Palmiers Néotropicaux » dans les années 1980, à prendre les Bactridinae comme modèle d'étude privilégié, et au sein de ce groupe, le genre *Astrocaryum* en particulier.

En matière de phylogénie et biogéographie, ces recherches ont culminé récemment par une phylogénie générale des Bactridinae (Eiserhardt et al. 2011) et une étude phylogénétique et biogéographique détaillée du genre *Astrocaryum* (Roncal et al. 2013).

Dans ces études, nous nous sommes plus particulièrement intéressé aux discontinuités temporelles dans l'évolution des Bactridinae, et à leur mise en relation avec les événements paléoclimatiques et tectoniques.

Méthodologie de datation phylogénétique et d'identification de variations du taux de diversification au cours du temps

Annexe I - Article 3

Eiserhardt W. L., **Pintaud J.-C.**, Asmussen-Lange C.B., Hahn W.J., Bernal R., Balslev H. and Borchsenius F. 2011. Phylogeny and divergence times of Bactridinae (Arecaceae, Palmae) based on plastid and nuclear DNA sequences. *Taxon* 60: 485-498.

Annexe I - Article 4

Roncal J., Kahn F., Millán B., Couvreur T., **Pintaud J.-C**. 2013. Cenozoic colonization and diversification patterns of tropical American palms: evidence from *Astrocaryum* (Arecaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 171: 120-139.

La mise en évidence des discontinuités évolutives et de leurs relations avec l'histoire géologique et paléoclimatique nécessite d'une part, une datation fiable de la phylogénie, et d'autre part, des outils analytiques d'évaluation du taux de diversification et de ses variations.

Datation moléculaire

Dans l'article 3, la racine de l'arbre phylogénétique a été contrainte par l'âge de la cladogenèse entre la tribu des Cocoseae, à laquelle appartiennent les Bactridinae, et la

tribu soeur des Reinhardtieae, avec une assignation à 58±3 MA, d'après les résultats d'une phylogénie datée antérieure (Cuenca et al. 2008). Au sein des Cocoseae, 6 points de calibration interne ont été utilisés sur la base de restes fossiles attribuables aux Bactridinae (3), Attaleinae (2) et Elaeidinae (1). L'utilisation de fossiles génère plusieurs sources d'incertitudes : (i) le plus vieux fossile connu indique l'âge minimum du taxon considéré, l'âge réel pouvant être significativement plus ancien si le registre fossile est incomplet ; (ii) le fossile peut être mal daté, le phylogénéticien n'a généralement pas de moyens de contrôle sur ce point ; (iii) l'identification peut être imprécise voire fausse, et donc l'assignation du fossile à un noeud particulier de l'arbre phylogénétique problématique. Afin d'évaluer l'influence de ces incertitudes sur le résultat, trois schémas de datation distincts ont été appliqués. Dans le premier schéma (A), les fossiles ont été assignés à la branche d'origine du taxon le plus récent auquel leur appartenance peut être déterminée avec certitude (exemple : *Bactris pseudocuesco* au noeud des Bactridinae), tandis que deux autres schémas (B et C) représentent des alternatives d'assignation plus précises de certains fossiles (jusqu'au niveau du genre), mais plus incertaines également. Ces trois schémas ont été incorporés dans des analyses séparées de datation de la phylogénie moléculaire utilisant une modélisation bayesienne basée sur une horloge moléculaire relachée capable de prendre en compte les variations de taux de mutation entre clades.

Dans l'article 4, une méthodologie similaire a été adoptée, en reprenant les mêmes fossiles, mais assignés au noeud du taxon probable (« crown age) plutôt qu'à la branche (« stem »). Le schéma de datation est en outre un peu différent de celui de l'article 3 avec une tentative d'assignation plus précise des fossiles de Bactridinae (schéma « D »).

<u>Évaluation des variations du taux de diversification</u>

Dans l'article 3, cette évaluation a été faite directement par l'étude de la topologie et des longueurs de branche de l'arbre phylogénétique. Dans l'article 4, ces variations ont été calculées à l'aide du logiciel dédié turboMEDUSA. Cette seconde analyse nécessite de placer phylogénétiquement les espèces non incorporées effectivement dans la phylogénie moléculaire afin d'évaluer correctement la richesse des lignées, bien que la place attendue d'une espèce non échantillonnée puisse être incertaine (deux espèces d'*Astrocaryum* ont été exclues de l'analyse pour cette raison).

Signature de la crise de la charnière Eocène-Oligocène (34 MA)

L'age des Bactridinae est estimé à 40,3-52,8 MA (schéma A), 42,6-55,5 MA (schéma B), 45,9-61,7 MA (schéma C), 39-47 MA (Schéma "D"). Ces dates sont cohérentes avec un centrage de l'origine des Bactridinae sur l'optimum climatique de l'Eocène inférieur.

Le niveau de branches courtes profondes de l'arbre phylogénétique correspondant à la différentiation quasi simultanée des genres actuels de Bactridinae est estimé à 29,4-32,1 MA (schéma A), 33,3-35,8 MA (schéma B), 35,9-38,9 MA (Schéma C). Ces dates sont parfaitement cohérentes avec une rediversification des Bactridinae juste après la crise de l'Eocène terminal (34 MA). Aucune information phylogénétique sur la diversité des Bactridinae n'apparaît avant cette date en dehors de l'âge de la branche, ce qui indique un très fort goulot d'étranglement à ce niveau.

Signature de l'accélération du taux de diversification après l'optimum climatique du Miocène moyen (13-11 MA)

Le genre *Aiphanes* montre une diversification lente entre 25 et 11 MA, puis une accélération à cette date (article 3). Le genre *Astrocaryum* montre un doublement du taux de diversification à 13,4 MA (article 4).

Radiation de la section Huicungo du genre Astrocaryum à 6 MA en relation à la structuration géologique du contact Andes-Amazonie

La totalité des espèces de la section Huicungo se différencient à partir de 6 MA dans l'ouest amazonien (article 4), ce qui est parfaitement cohérent avec une spéciation allopatrique par compartimentation physique de l'environnement, en relation avec la mise en place tectonique du piedmont andin oriental (Espurt et al. 2011).

Récapitulatif de l'évolution des Bactridinae, des origines à nos jours

La divergence entre les Bactridinae Néotropicaux et le groupe frère amphi-Atlantique des Elaeidinae a eu lieu il y a environ 50 millions d'années. Les genres actuels se sont différenciés à peu près simultanément (en moins de 3 millions d'années) autour de la charnière Eocène-Oligocène (34 MA), conformément au patron général de diversification et de dispersion de la famille des palmiers au Tertiaire. Cette radiation

produit des branches profondes courtes dans la phylogénie des Bactridinae, rendant très difficile l'établissement des relations exactes entre genres.

Après cet événement, chaque genre connaît une évolution propre mais avec des corrélations bioclimatiques entre genres remarquables :

- Le genre *Aiphanes* trouve son origine dans les forêts néphéliphiles du nord des Andes, puis se diversifie intensément dans la forêt andine fraîche qui se met en place après l'optimum climatique du Miocène moyen (13 MA), et dans les zones adjacentes à l'ouest (forêts pluviale du Choco) et à l'est (Amazonie occidentale), tendis qu'un clade s'adapte aux forêts sèches sub-andines (*A. horrida*, *A. eggersii*).
- Le genre *Desmoncus* se diversifie dans les forêts tropicales humides de toute la région Néotropicale à partir de 20 MA, probablement en liaison avec une spécialisation de niche liée à l'acquisition du port lianescent et d'un ensemble de particularités morpho-anatomiques afférentes (Isnard et al. 2005).
- La lignée *Hexopetion-Astrocaryum* se divise géographiquement en chacun de ces genres entre l'Amérique centrale (*Hexopetion*) et l'Amérique du sud (*Astrocaryum*), à la jonction Eocène-Oligocène (34 MA) en empruntant le pont GAARlandia (Iturralde-Vinent & MacPhee 1999). La diversification d'*Astrocaryum* s'amorce de façon concomitante à celle d'*Aiphanes* au maximum thermique de l'Oligocène supérieur (25 MA). Le genre *Astrocaryum* répond ensuite fortement aux changements climatiques et paléo-environementaux du Miocène supérieur. Comme dans le genre *Aiphanes*, une accélération du taux de diversification d'*Astrocaryum* est détectée à 13 MA, correspondant d'une part au début du drainage du système marin-lacustre épicontinental de Pebas en relation avec la tectonique andine, ce qui entraîne une reconfiguration des écosystèmes du bassin amazonien et une colonisation vers l'ouest d'un clade d'*Astrocaryum* originaire d'Amazonie centrale; et d'autre part une radiation adaptative dans les milieux secs qui se développement au sud de l'Amazonie (*Cerrados*) en relation avec le refroidissement progressif après l'optimum climatique du Miocène moyen (Zachos et al. 2001). Enfin, à 6-8 MA, la section Huicungo amorce une diversification intense dans l'ouest amazonien en relation avec la structuration du piedmont andin oriental.

- Le genre *Acrocomia*, spécialiste des milieux secs, amorce sa diversification après l'optimum climatique du Miocène moyen (13 MA) dans les *Cerrados* au sud de l'Amazonie, de façon concomitante à la radiation d'*Astrocaryum* dans ce même biome qui se forme à cette époque en relation avec la baisse des températures globales.
- *Bactris* amorce également sa diversification après le pic de réchauffement de l'Oligocène supérieur à 25 MA, mais la structure phylogénétique interne de ce grand genre de 80 espèces a encore été peu étudiée dans le détail.

Evolution des palmiers sous influence humaine : la domestication

La problématique évolutive des Bactridinae est directement complétée par l'étude de la dynamique de la domestication de *Bactris gasipaes*, le seul palmier d'Amérique du Sud présentant un syndrome de domestication avancé avec dépendance complète à l'homme. Dans un tout autre contexte, nous avons été amené à étudier également la domestication du dattier (*Phoenix dactylifera*) dans l'Ancien Monde. En dépit des grandes différences qui existent entre ces deux cas, leur comparaison permet de faire émerger des patrons généraux dans le processus de domestication des palmiers, très cohérents avec les résultats obtenus par ailleurs sur le cocotier (Gunn et al. 2011) et certainement instructifs pour les autres cas de domestication encore mal connus comme l'aréquier (*Areca catechu*) ou le pacaya (*Chamaedorea tepejilote*).

Histoire évolutive des complexes sauvage-domestiqué : une comparaison entre *Bactris gasipaes* et *Phoenix dactylifera*

Ces deux espèces sont cultivées dans leur aire d'origine et les relations entre les composantes sauvages et cultivées sont complexes à tout point de vue : perception et gestion paysane, distinction morphologique, interactions génétiques. Une façon en apparence simple de définir une plante cultivée est précisemment qu'elle soit en culture au contraire d'une plante sauvage. Cependant, dans le cas des populations sauvages jardinées, incorporées dans des paysages anthropisés, et progressivement transformées en cultures, la distinction devient floue. Le syndrome de domestication peut être peu marqué et eventuellement réversible après abandon des cultures (populations férales). Enfin, les flux de gènes peuvent etre intenses, dans le cas de

populations associant génotypes sauvages autochtones et génotypes cultivés introduits, et dans les cas de contiguité entre cultures et populations sauvages.

La comparaison des modèles *Bactris* (BG) et *Phoenix* (PD) permet de cerner assez bien l'histoire évolutive des complexes sauvage-domestiqué chez les palmiers au niveau génétique. Il semblerait certe de prime abord n'y avoir que peu de points de comparaison pertinents entre ces deux modèles. *Bactris gasipaes* est en effet une espèce monoïque de forêt dense tropicale humide du Nouveau Monde avec un syndrome de domestication très marqué, alors que *Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque des déserts subtropicaux de l'Ancien Monde avec un syndrome de domestication difficile à cerner. En fait, la dynamique génétique des deux espèces s'avère très comparable à de nombreux points de vue (avec cependant quelques différences), et permet de comprendre comment les génotypes cultivés s'individualisent nettement du pool sauvage, en dépit de l'intrication des deux composantes. Cette problématique est développée ci-après sur la base des articles suivants présentés en annexe.

<u>Annexe I - Article 5</u>

Couvreur T.L.P., Hahn W.J., de Granville J.-J., Pham J.-L., Ludeña B., **Pintaud J.-C**. 2007. Phylogenetic relationships of the cultivated Neotropical palm *Bactris gasipaes* (Arecaceae) with its wild relatives inferred from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Systematic Botany* 32: 519-530.

<u>Annexe I - Article 6</u>

Couvreur T.L.P., Billotte N., Risterucci A.-M., Lara C., Vigouroux Y., Ludeña B., Pham J.-L., **Pintaud J.-C**. 2006. Close genetic proximity between cultivated and wild *Bactris gasipaes* Kunth revealed by microsatellite markers in Western Ecuador. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 1361-1373.

<u>Annexe I - Article 7</u>

Pintaud J.-C., Zehdi S., Couvreur T., Barrow S., Henderson S., Aberlenc-Bertosii F., Tregear J., Billotte N. 2010. Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). pp. 267-286 In: Seberg O., Petersen G., Barfod A. and Davis J. (Eds.). Diversity, phylogeny, and evolution in the Monocotyledons. Aarhus University Press, Denmark.

<u>Annexe I - Article 8</u>

Newton C., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Paradis L., **Pintaud J.-C.**, Terral J.-F. 2013. *Phoenix dactylifera* and *P. sylvestris* in Northwestern India: a glimpse of their complex relationships. Palms 57: 37-50.

<u>Annexe I - Article 9</u>

Zehdi S., Cherif E., Rhouma S., Santoni S., Hannachi A., **Pintaud J.-C**. 2012. Molecular polymorphism and genetic relationships in date palm (*Phoenix dactylifera* L.): the utility of nuclear microsatellite markers. *Scientia Horticulturae* 148: 255-263.

Annexe I - Article 10

Cherif E., Zehdi S., Castillo K., Chabrillange N., Abdoulkader S., **Pintaud J.-C.**, Santoni S., Salhi-Hannachi A., Glémin S., Aberlenc-Bertossi F. 2013. Male-specific DNA markers provide genetic evidence of an XY chromosome system and recombination arrest, and allow to trace paternal lineages in date palm. *New Phytologist* 197: 409-415.

Annexe I - Article 11

Pintaud J.-C., Ludeña B., Aberlenc-Bertossi F., Zehdi S., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Terral J.-F., Newton C., Tengberg M., Abdoulkader S., Daher A., Nabil M., Saro-Hernandez I., Gonzalez-Perez M.A., Sosa P., Santoni S., Moussouni S., Si-Dehbi F., Bouguedoura N. 2013. Biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae): insights on the origin and on the structure of modern diversity. *Acta Horticulturae* 994: 19-38.

Le tableau suivant présente les éléments de comparaison entre les deux espèces étudiées. Les points 1 à 8 du tableau sont ensuite discutés.

Dynamique génétique dans les complexes sauvage-cultivé de *Bactris gasipaes* (BG) et de *Phoenix dactylifera* (PD).

	BG	**PD**
1. Existence d'espèces sauvages étroitement apparentées à l'espèce domestiquée	oui	oui
2. Existence de flux de gènes interspécifiques dans le processus de domestication	non	non
3. Coincidence des aires de distribution des populations sauvages et des cultures traditionnelles	oui	oui
4. Flux de gènes sauvage-cultivé dans les contextes de contact secondaire	oui	oui
5. Existence de populations férales	non	oui
6. Existence de centres de domestication indépendants	oui	oui
7. Flux de gènes sauvage-cultivé dans le contexte de primo-domestication	non	non
8. Régime de reproduction mixte (sexué et clonal) du pool génétique cultivé	oui	oui

1-2. Relation entre l'espèce domestiquée et les espèces sauvages apparentées

Bactris gasipaes et *Phoenix dactylifera* appartiennent tous deux à des genres diversifiés. *Bactris* comprend plus de 80 espèces à distribution néotropicale et *Phoenix* contient 14 espèces à distribution paléotropicale, Océanie exceptée. Dans les forêts d'Amérique tropicale où est cultivé *Bactris gasipaes*, il coexiste bien souvent avec 10-15 espèces sauvages de *Bactris*. *Phoenix dactylifera*, aux marges de son aire de culture, est sympatrique avec diverses espèces, en particulier *Phoenix reclinata* et *Phoenix sylvestris*. La question des relations entre espèces domestiquées et espèces sauvages apparentées a préoccupé des générations de botanistes aussi bien en ce qui concerne *Bactris gasipaes* que *Phoenix dactylifera*. Au cours de nos recherches, nous

avons été en mesure de clarifier définitivement la question, et ce, pour les deux espèces.

Positionnement phylogénétique de *Bactris gasipaes* et *Phoenix dactylifera*

Le positionnement phylogénétique de *Bactris gasipaes* et donc la détermination des espèces affines, a fait l'objet du stage de Maîtrise de Thomas Couvreur, encadré en 2002. Les résultats ont été publiés ultérieurement, après consolidation (Couvreur et al. 2007). La phylogénie moléculaire réalisée à partir de séquences chloroplastiques a démontré que *Bactris riparia* était l'espèce soeur de *Bactris gasipaes*, et que ces deux espèces formaient un clade isolé, très différentié, au sein du genre *Bactris*. Bien que *Bactris riparia* ait été antérieurement suspectée comme étant proche de *Bactris gasipaes*, une affinité aussi directe et exclusive constituait une découverte. En effet, *Bactris riparia* est une espèce extrêmement spécialisée sur le plan écologique, amphibie, inféodée aux marges de rivières et lagunes amazoniennes, passant la moitié de l'année partiellement ou totalement submergée, et n'ayant pratiquement aucun usage. De part ses caractéristiques, *Bactris riparia* est totalement étranger à la problématique de domestication de *Bactris gasipaes*, en dépit de sa grande proximité phylogénétique. Une espèce longtemps supposée proche de *Bactris gasipaes* et ayant en revanche une écologie similaire est *Bactris setulosa* (les deux espèces sont souvent sympatriques). La phylogénie obtenue a montré que non seulement *Bactris setulosa* était très éloigné phylogénétiquement de *Bactris gasipaes*, mais encore qu'il s'agissait d'un taxon polyphylétique avec deux composantes (ouest et est andines), sans aucun rapport phylogénétique mais remarquablement convergentes tant sur le plan morphologique qu'écologique. La résolution de ce problème reste en suspend (l'une des deux populations est le « vrai » *B. setulosa* et l'autre est une espèce non décrite) et sera reprise prochainement dans le cadre d'un nouveau développement de la collaboration avec la PUCE en Equateur. En tout état de cause, les résultats sur *Bactris riparia* et *B. setulosa* indiquent clairement que la domestication du palmier pêche n'implique qu'une espèce, *Bactris gasipaes*.

La détermination de l'identité de *Phoenix dactylifera* a fait l'objet d'un article (Pintaud et al. 2010b), basé sur la combinaison de plusieurs jeux de données de génotypage de microsatellites nucléaires, acquis au cours des ans (entre 2002 et 2009) avec Norbert Billotte (CIRAD), sur les différentes espèces de *Phoenix*, et dans le

cadre de plusieurs collaborations et encadrement d'étudiants, en particulier Salwa Zehdi, doctorante de l'Université de Tunis en 2001-2002.

Avant ce travail, *Phoenix dactylifera* était généralement considéré comme un pur produit de l'agriculture ancienne, mais de nature incertaine, soit selectionné à partir d'une autre espèce, connue à l'état sauvage (*Phoenix sylvestris* étant le meilleur candidat) ou obtenu par hybridation entre plusieurs espèces indéterminées. La circonscription des espèces par les marqueurs microsatellites a montré, avec un échantillonnage important, que *Phoenix dactylifera* est extrêmement homogène génétiquement et totalement isolé des autres espèces, en particulier par la présence d'une forte proportion d'allèles privés. La structuration génétique interspécifique montre que *Phoenix dactylifera* se présente comme toute autre espèce du genre connue à l'état sauvage, et que par conséquent sa domestication n'à pu se faire qu'à partir de populations sauvages de cette seule espèce.

Une étude ultérieure de phylogénie du genre *Phoenix* basée sur des séquences chloroplastiques (Pintaud et al. 2013), a permis de restreindre les affinités phylogénétiques de *Phoenix dactylifera* à deux espèces, *P. sylvestris* et *P. atlantica*.

Recherche de flux de gènes interspécifiques en situation de sympatrie : *Bactris gasipaes/B. setulosa* et *Phoenix dactylifera/P. sylvestris.*

Bien que le contexte taxinomique de primo-domestication de *Bactris gasipaes* et de *Phoenix dactylifera* ait été fermenent établi, nous nous sommes intéréssé à la possibilité de flux de gènes interspécifiques secondaires en situation de sympatrie d'espèces du même genre.

Dans le cas de *Bactris gasipaes*, nous avons eu l'occasion d'étudier une situation de sympatrie avec *Bactris setulosa* dans l'ouest de l'Equateur (Couvreur et al. 2007), cas particulièrement intéressant car cette dernière espèce avait été suspectée comme étant affine de *B. gasipaes*, et est interprétée par les paysans comme une forme sauvage de celui-ci dans la zone de sympatrie. Finalement, l'éloignement phylogénétique entre *Bactris gasipaes* et *Bactris setulosa* est tel que les marqueurs microsatellites du premier sont difficilement et partiellement transférables au second, de sorte que la comparaison des structures génétiques entre les deux espèces est problématique, mais nous donne l'information essentielle : ces deux espèces sont totalement isolées génétiquement, même en sympatrie.

Dans le cas de *Phoenix dactylifera*, les résultats d'un travail de master II (Claire Tito) co-encadré avec Jean-Frédéric Terral (CBAE) en 2009, laissaient supposer la possibilité de flux de gènes secondaires entre *Phoenix sylvestris* et *Phoenix dactylifera* dans la partie la plus orientale de la distribution de cette dernière espèce. Afin de tester cette hypothèse, une campagne de prospection a été organisée en 2010 par le CBAE dans la zone de sympatrie entre *Phoenix sylvestris* et *Phoenix dactylifera* dans le nord-ouest de l'Inde (Newton et al. 2013). L'analyse d'un vaste échantillonnage des deux espèces à l'aide de marqueurs microsatellites par Muriel Gros-Balthazard, doctorante co-encadrée avec Jean-Frédéric Terral, a démontré que les deux espèces étaient totalement isolées génétiquement même en sympatrie, et qu'il n'y a aucune trace de gènes de *Phoenix sylvestris* dans le pool génétique domestiqué de *Phoenix dactylifera* (Gros-Balthazard 2012).
Ainsi, pour les deux espèces étudiées, nous observons un isolement génétique total au cours du processus de domestication.

3-5. Relations génétiques entre composantes sauvages et cultivées de l'espèce domestiquée

Dans la mesure où l'interaction interspécifique est écartée aussi bien pour *Bactris gasipaes* que pour *Phoenix dactylifera*, la question de la domestication se focalise sur les relations entre pools génétiques sauvages et cultivés de chacune de ces espèces.

<u>Identification des populations sauvages et relations avec les plantes cultivées</u>
Dans le cas des plantes domestiquées, l'identification des populations sauvages affines est souvent problématique. Les populations sauvages peuvent etre divisées à la base en deux catégories : celles qui sont à l'origine de la domestication et celles qui n'ont pas été impliquées dans la primo-domestication. A la suite de ces événements historiques, les populations sauvages (des deux catégories) ont pu soit se maintenir dans leur milieu d'origine, soit disparaitre du fait de l'altération de leur milieu d'origine, soit être incorporées dans le paysage anthropisé et interagir secondairement avec le pool cultivé, soit relever partiellement de ces différents cas de figure.
En ce qui concerne *Bactris gasipaes*, la relation entre plantes cultivées et populations sauvages a été obscurcie dès le départ par la description des plantes cultivées et

sauvages sous plusieurs noms d'espèces différents au 19ème siècle. Cette situation a largement perdurée au 20ème siècle avec l'acception des noms *Bactris gasipaes* pour les plantes cultivées, *Bactris macana* et *Bactris dahlgreniana* pour les plantes sauvages. Finalement, Henderson (2000) reconnait l'unicité taxinomique du complexe sauvage-cultivée de *Bactris gasipaes* en réduisant *B. macana* et *B. dahlgreniana* sous un même nom de variété botanique de *B. gasipaes* (*B. gasipaes var. chichagui*). Une fois cette clarification taxinomique effectuée, nous sommes en présence d'une situation de sympatrie quasi-généralisée entre populations sauvages et plantes cultivées puisque la culture de *Bactris gasipaes* s'est peu étendue au-delà de l'aire de distribution des populations sauvages. En marge de celle-ci, existent quelques régions comme les Guyanes, l'Amérique Centrale au nord du Costa Rica et le Choco, où seules existent les plantes cultivées. Ces dernières ont quant à elles été introduites peu ou prou dans toutes les zones d'occurence de populations sauvages initialement isolées des dynamiques de domestication sauf dans la région du Lac Maracaibo où existent une population sauvage très différenciée et non impliquée dans la domestication (Hernandez-Ugalde et al. 2011).

En ce qui concerne *Phoenix dactylifera*, la caractérisation de populations sauvages, dont l'existence a généralement été contestée, est l'une des grandes avancées réalisées au cours de nos recherches en collaboration et de co-encadrement de thèse avec le CBAE. La encore, le parallèle avec *Bactris gasipaes* est frappant, dans la mesure où nous observons cette même superposition entre l'aire présumée de distribution des populations sauvages et des cultures traditionnelles, ces dernières s'étendant faiblement au-delà en direction de l'Inde et du Sahel où d'ailleurs la maturation des fruits est problématique en raison de la coïncidence de la fructification avec la saison des pluies. Plusieurs programmes de sélection sont en cours pour améliorer l'adaptation de la culture à ces régions marginales. Ces quasi-superpositions d'aires sauvage/cultivé s'expliquent clairement par l'absence de sélection écologique des plantes cultivées pour leur adaptation à des environnements différents de celui des plantes sauvages ancestrales. Au contraire même, les plantes cultivées ont un spectre écologique plus réduit que les populations sauvages car elles proviennent de pools génétiques étroits dont elles ont conservé les exigences écologiques. Ainsi, le dattier est essentiellement une culture de basse altitude (même les oasis dites de montagne n'excèdent pas 1000 m d'altitude) alors que les populations naturelles atteignent 2000 m à Oman. Le dattier cultivé frutitifie imparfaitement dans l'aire des populations

sauvages de Mediterranée occidentale, situées au-delà de l'optimum climatique de la plante domestiquée. Le *Bactris gasipaes* cultivé ne dépasse pas 1200 m d'altitude alors que les populations sauvages atteignent 1800 m dans les Andes du Pérou. Dans les zones sèches de l'ouest de l'Equateur, les populations naturelles sont soumises à 5-7 mois de saison sèche alors que les plantes cultivées dans ces régions, d'origine amazonienne, ne survivent pas sans irrigation. Cependant ces cultures de l'ouest de l'Equateur sont entrain de s'adapter spontanément aux conditions locales par introgression libre avec les populations sauvages locales (voir ci-dessous).

Ces faits montrent d'une part qu'il s'agit aussi bien pour *Bactris gasipaes* que pour *Phoenix dactylifera* de cultures qui sont restées spécifiques à leur contexte anthropo-écologique d'origine, et que d'autre part il existe encore un gros potentiel d'amélioration génétique, pouvant tirer partie de la diversité sauvage autant que cultivée, pour étendre l'adaptabilité de ces cultures dont la demande moderne est en constante augmentation (dattes dans les pays musulmans et coeurs de palmiers dans les pays du Nord).

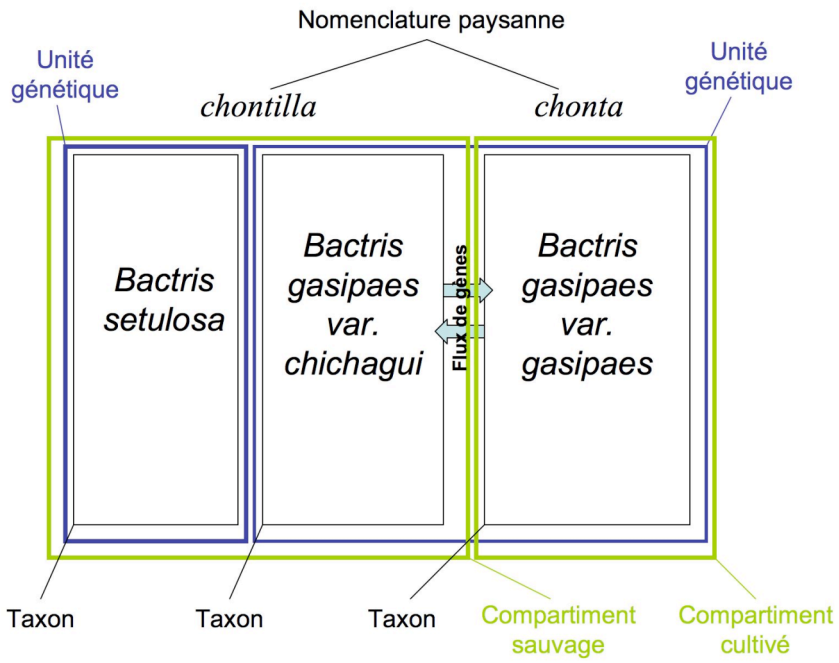
<u>Interactions secondaires entre populations sauvages et cultivées de *Bactris gasipaes*</u>

Dans le cadre du partenariat avec le laboratoire de Génétique Moléculaire des Eucaryotes de la PUCE, alors dirigé par Bertha Ludeña, et de l'encadrement conjoint des stages de DEA de Thomas Couvreur (UMII) et de Licenciatura de Carolina Lara (PUCE), nous avons particulièrement étudié les relations entre le compartiment sauvage et le compartiment cultivé du complexe de *Bactris gasipaes* dans l'ouest de l'Equateur (Couvreur et al. 2006 ; Pintaud et al. 2006, 2008a).

La région Ouest de l'Equateur (*Costa*) est constituée par le versant externe de la Cordillère Occidentale des Andes et par la partie émergée du plateau continental Pacifique. Au Sud, la plaine côtière est très étroite et les Andes arrivent à proximité de la mer. Au Nord, la plaine côtière est beaucoup plus étendue et comprend de petits massifs montagneux côtiers indépendants des Andes. Le centre est dominé par de vastes deltas et plaines marécageuses. Climatiquement, la région est caractérisée par un gradient de précipitation abrupte (de 6000 à 1000 mm du nord au Sud), en raison de la transition au niveau de la ligne équatoriale de l'influence du courant marin côtier chaud en provenance d'Amérique Centrale, à celle du courant marin côtier froid de Humboldt en provenance de l'océan Antarctique. Cependant, en raison de la complexité géographique de la région côtière, on observe au niveau de la végétation

une mosaïque d'écosystèmes secs, humides et de transition entre la forêt dense sempervirente pluviale du Choco au nord (qui trouve l'optimum de son développement dans le département du même nom en Colombie, recevant jusqu'à 10 000 mm d'eau par an) et la forêt sèche décidue à Bombacacées de Tumbes au Sud (essentiellement développée dans le département du même nom au nord du Pérou). *Bactris gasipaes* pousse à l'état naturel dans cette région (*var. chichagui*) et fait partie des espèces mésiques, qui ne poussent ni dans la forêt sèche de Tumbes, ni dans la forêt pluviale du Choco, mais seulement dans les formations intermédiaires de transition (Pintaud et al. 2008b). Au sein de ces formations, les populations naturelles de *Bactris gasipaes var. chichigui* sont relictuelles, restreintes aux quelques rares fragments forestiers laissés par la déforestation intense qui a caractérisé la région côtière. Ces populations présentent en outre une différentiation génétique nette entre un groupe sud appartenant aux forêts de transition semi-décidues, soumises à une longue saison sèche (jusqu'à 7 mois) et un groupe nord des forêts de transition sempervirentes caractérisées par une saison sèche courte (moins de 4 mois). Outre les populations naturelles des fragments forestiers, *Bactris gasipaes var. chichagui* persiste dans les milieux anthropisés, en marge des champs ou même à l'intérieur de ceux-ci, dans la végétation secondaire et dans les lambeaux forestiers. Dans ces paysages humanisés, *Bactris gasipaes var. chichagui* co-existe avec *Bactris setulosa* et se trouve à proximité immédiate des cultures de *Bactris gasipaes var. gasipaes*, introduit pour la production de coeurs de palmiers. Il s'agit clairement d'un contact secondaire entre le pool cultivé et le pool sauvage car les cultures de cette région sont établies à partir de graines importées provenant de cultivars ouest-amazoniens. Cependant, une fois mises en présence, les composantes sauvages et cultivées interagissent de façon complexe pour créer une diversité nouvelle et très originale.

Le diagramme suivant synthètise la situation :



Dans le contexte de l'ouest de l'Equateur, nous sommes en présence de trois taxons : *Bactris setulosa*, *Bactris gasipaes var. chichagui* et *B. gasipaes var. gasipaes*. Cependant, pour les agriculteurs locaux, il n'existe que deux entités : la *chontilla*, qui correspond au compartiment sauvage, et dont les fruits font l'objet d'une cueillette, formée de deux taxons que les paysans ne différencient pas (*B. setulosa* et *B. gasipaes var. chichagui*), et la *chonta*, cultivée pour les coeurs de palmiers et correspondant au compartiment cultivé (*Bactris gasipaes var. gasipaes*). Cette définition d'usage ne correspond pas non plus à la structuration génétique, en deux compartiments, d'une part *Bactris setulosa*, et d'autre part *Bactris gasipaes* (sauvage et cultivé). A l'intérieur de *Bactris gasipaes*, les flux de gènes sont intenses entre la variété sauvage autochtone (*var. chichagui*) et la variété cultivée introduite (*var. gasipaes*). Ainsi, bien que l'on conserve le statut de l'individu (cultivé ou non cultivé), on observe une évolution vers un seul pool génétique dans *Bactris gasipaes*, se formant par fusion des deux pools d'origine. Ce pool mixte, nouveau et original, phénotypiquement varié, adapté aux conditions locales, occupe toutes les composantes de l'espace anthropisé (cultivé et non cultivé).

Cette situation étonnante est possible car le palmier n'est pas cultivé dans le cadre de sa primo-domestication visant le fruit, mais pour la production de coeurs de palmiers pour lesquels aucun phénotype particulier n'est recherché (tout coeur de palmier est bon à mettre en conserve). Dans les aires de primo-domestication et de culture

traditionnelle du palmier pêche pour son fruit, aucun cas de flux de gène sauvage-domestiqué n'est documenté, bien que les situations de sympatrie existent. Dans la mesure où le volume du fruit de la plante dommestiquée peut être jusqu'à plus de cent fois supérieur à celui de la plante sauvage, on comprend facilement que les hybrides spontanés ne soient pas considérés très favorablement par les cultivateurs traditionnels.

Interactions secondaires entre populations sauvages et cultivées de *Phoenix dactylifera*

L'existence de populations sauvages de *Phoenix dactylifera* est restée longtemps élusive. Leur caractérisation est en cours dans le cadre des recherches et co-encadrement avec le CBAE et ses partenaires Claire Newton et Margareta Tengberg. Une première mission du CBAE à Oman en 2007, a permis de constituer une base de matériel de dattier (ADN et graines), étudiée dans le cadre d'un stage de Master II (Claire Tito) coencadré avec Jean-Frédéric Terral (CBAE) en 2009. Le matériel disponible à l'époque était essentiellement consitué par des cultivars omanais, mais incluait également un individu sauvage du Djebel El Akhdar, lequel présentait plusieurs allèles inconnus dans le pool cultivé. Parallèlement, nous avions démontré que *Phoenix dactylifera* avait nécessairement été domestiqué à partir de populations sauvages de la même espèce car le pool génétique cultivé ne contient pas de gènes provenant des autres espèces de *Phoenix* (Pintaud et al. 2010b). Ces deux éléments ont motivé une seconde mission du CBAE à Oman en 2010, cette fois-ci focalisée sur les populations non cultivées des oueds de montagne, en vue de leur analyse par Muriel Gros-Balthazard, doctorante également co-encadrée avec Jean-Frédéric Terral (2009-2012). Une analyse conjointe à l'aide de marqueurs microsatellites des populations non cultivées d'Oman et du référentiel domestiqué de la région orientale de culture traditionnelle a mis en evidence une situation complexe dans les oueds montagnards d'Oman (Gros-Balthazard 2012). Certaines populations sont typiquement sauvages, et distinguées par une richesse allélique et un taux d'alléles privés significativement supérieurs aux valeurs correspondantes du pool cultivé. D'autres populations en revanche montrent un mélange de génotypes sauvages et de génotypes issus du pool cultivé (populations mixtes), ou ne sont constituées que d'individus issus du pool cultivé (populations ferales).

Ces résultats très convinquants sur les populations non cultivées d'Oman, et sur la possibilité de distinguer les génotypes sauvages des génotypes féraux, même en conditions de mélange, nous conduisent à reconsidérer la question des populations sauvages dans le reste du Monde. Une carte des populations sauvages putatives a été établie (Pintaud et al. 2013), laquelle coincide largement avec l'aire de culture traditionnelle du dattier.

Une étude de diversité génétique du dattier en Tunisie (Zehdi et al. 2012) a montré que les génotypes locaux des oasis littorales ne correspodent ni au pool cultivé saharien, ni au pool cultivé moyen-oriental, mais par contre se groupent avec les génotypes présumés sauvages de l'île voisine de Kerkenah, dans le golfe de Gabès. Il semble donc que des génotypes sauvages locaux insulaires aient été introduits dans les oasis littorales, et reproduits de façon clonale, et donc traités et nommés comme des cultivars (ex. 'Lemsi', 'Tamri', 'Aguiwa'), en association avec des génotypes domestiqués importés des oasis sahariennes comme 'Kenta' et 'Rochdi' (Zehdi et al. 2004). Cette thématique est en cours d'approfondissement avec le génotypage d'échantillonnages des populations présumés sauvages des îles du golfe de Gabès (Kerkenah et Djerba).

Nous disposons de données similaires, non encore publiées, pour l'oasis de Elche, dans le sud-est de l'Espagne. Celle-ci comprend également un mélange de génotypes présumés sauvages locaux ('Iberica') et de cultivars introduits du Maghreb à l'époque mauresque. Il semblerait dans ce cas que les populations sauvages locales aient été tout simplement incorporées dans le paysage rural et complétées par des variétés dattières importées.

Des collaborations sont également en cours pour l'étude des populations sauvages putatives du Balouchistan (Pakistan) et des bords de la Mer Morte (Israel).

6-8. Conditions de primo-domestication de Phoenix dactylifera *et* Bactris gasipaes

Il apparait clairement, dans le cas des deux espèces, que l'individualisation de génotypes cultivés, distinguables des génotypes sauvages, est liée à l'isolement génétique total du pool cultivé vis-à-vis du pool sauvage, lors de la primo-

domestication, c'est-à-dire selon le processus classique de domestication (Doebley et al. 2006).

En ce qui concerne *Phoenix dactylifera*, les données sur Oman (Gros-Balthazard et al. 2012, Al-Mamari 2013) montrent que l'ensemble des cultivars locaux appartient à un pool génétique très restreint, témoingnant d'un fort goulôt d'étranglement à l'origine de la domestication (c'est précisemment cette perte de diversité en culture qui permet d'identifier, par comparaison, les populations sauvages locales). Les cultures de dattier (oasis) sont établies dans l'aire de distribution des populations sauvages, mais les flux de gènes entre les deux compartiments sont unidirectionnels (cultivé vers sauvage), lorsque par exemple une population sauvage est « enrichie » par des noyaux de dattes abandonnés sur place après consommation du fruit d'un cultivar. La pratique de la pollinisation manuelle controlée, documentée depuis la haute Antiquité, permet d'exclure le pool génétique sauvage résident de la dynamique de la domestication, tandis que les variétés fruitières développées sont pérénisées par la multiplication clonale et donc soustraite à toute interaction génétique ultérieure, ne pouvant évoluer que par mutation somatique.

En outre, les populations sauvages étant relictuelles, très fragmentées, avec une extension restreinte dans des zones peu accessibles et marginales par rapport à l'aire de culture, les possibilités d'échanges génétiques entre les pools sauvage et cultivé sont naturellement limitées.

Dans le Sahara, la diversité génétique locale provient essentiellement d'une primo-domestication nord-africaine encore énigmatique (en l'absence totale de données archéobotaniques) avec une contribution secondaire de la primo-domestication moyen-orientale (quant à elle bien documentée, Tengberg 2012). Cependant au Sahara, le pool génétique oriental, très minoritaire (provenant sans doute de quelques graines de dattes ou rejets importés de la penninsule arabique ou de la Mésopotamie), systématiquement pollinisé avec les génotypes nord-africains, est essentiellement détectable par son génome chloroplastique caractérisitique, le génome nucléaire oriental ayant été totalement dilué par le jeu des retrocroisements sur le pool africain (Gros-Balthazard et al. 2012, Pintaud et al. 2013). L'influence orientale sur la diversité génétique africaine décroit d'est en ouest, pour devenir pratiquement nulle dans certaines oasis marocaines, dans les oasis littorales de Tunisie, et absente du sud de l'Espagne. Les variétés génétiquement mixtes du Sahara (avec typiquement le

chloroplaste oriental et un génome nucléaire essentiellement occidental), sont comme les autres maintenus et propagés clonalement, par séparation des rejets.

La signature génétique des deux zones de domestication indépendantes (mediterraneo-saharienne et arabo-persique) est également visible au niveau du segment chromosomique Y, non recombinant, ce qui permet une traçabilité des deux origines dans les lignées mâles (Cherif et al. 2013), de même que le génome chloroplastique permet de retracer le parcours des lignées femelles (Pintaud et al. 2013).

Ainsi, le compartiment génétique domestiqué du dattier est-il fortement individualisé par la combinaison des facteurs suivants : domestication multi-locale dans deux aires géographiques initialement indépendantes, avec isolement génétique par rapport aux populations sauvages, interaction secondaire entre les différents pools génétiques cultivés, et contribution de la multiplication clonale à la fixation variétale.

Le compartiment génétique domestiqué est en relation avec un syndrome de domestication. L'existence d'un syndrome de domestication stable, génétiquement fixé chez le dattier a longtemps été controversée. Un doute important venait du statut incertain de *Phoenix theophrasti*. Les populations de dattier sauvage de la région de la Mer Egée sont connues depuis l'Antiquité mais n'ont été décrites qu'en 1967 sous le nom de *Phoenix theophrasti*. Barrow (1998) accepte avec doute cette espèce laissant ouverte la possibilité qu'il s'agisse de populations férales de *Phoenix dactylifera*. D'ailleurs, dans sa clé de détermination des espèces, une seule entrée mène à *Phoenix theophrasti* et aux populations férales de *Phoenix dactylifera*. Cela supposerait qu'il n'y ait pas de syndrome de domestication stable et que les populations férales perdraient les traits de domestication. Dans la clé de determination de Sasha Barrow, les plantes cultivées de *Phoenix dactylifera* se reconnaissent à leurs gros fruits (jusqu'à 4 cm de long), présentant un mésocarpe épais et des graines à extrémités pointues, alors que les populations férales et *P. theophrasti* ont de petits fruits (moins de 2 cm de long) avec un mésocarpe mince et des graines rondes.

Nous avons montré que *Phoenix theophrasti* est bien une espèce distincte, endémique égéenne, sans rapport avec *Phoenix dactylifera* (Pintaud et al. 2010), et qui présente par contre des affinités (ou au moins des symplésiomorphies) avec *Phoenix rupicola*, une autre espèce relictuelle de la marge nord de la distribution actuelle du genre, au niveau du piedmont himalayen central (Pintaud et al. 2013, Ballardini et al. 2013). Les travaux du CBAE (Terral et al. 2012, Gros-Balthazard 2012) ont quant à eux

montré que le type de graine allongé (à extremités pointues ou non) est caractéristique et exclusif du compartiment domestiqué de *Phoenix dactylifera*, et fait donc bien partie du syndrome de domestication. Ce caractère se maintient dans les populations férales (contrairement à l'assertion de Barrow 1998) et n'est donc pas influencé par l'environnement (Gros-Balthazard 2012). Au moins cet élément du syndrome de domestication est génétiquement fixé et non réversible en conditions non cultivé. Un essai de caractérisation plus complet du syndrome de domestication a été présenté (Pintaud et al. 2013) et pourra être précisé par la comparaison avec les populations sauvages, désormais possible. Dans le compartiment cultivé, il est cependant fondamental de reconnaitre que tous les génotypes n'appartiennent pas au type domestiqué. Comme nous l'avons vu, des génotypes sauvages peuvent etre présents et mutipliés dans les palmeraies cultivées. Il est vrai qu'il s'agit d'un cas de figure assez typiquement lié aux oasis marginales comme celles du golfe de Gabès ou du sud-est de l'Espagne, où les conditions climatiques ne permettent pas une maturation parfaite des fruits. Dans ces contextes, des usages alternatifs du dattier ont été particulièrement développés, comme la vannerie, la production de sève fermentée (legmi), le tressage rituel pour les fêtes juives et chrétiennes, l'ombrage pour les cultures associées, avec un parcellaire en damier typique de ces oasis marginales, que l'on retrouve de l'Espagne au Balouchistan. Cependant, l'identification d'une graine du type sauvage chez un cultivar syrien, 'Ibrahimi' (Terral et al. 2012), dans une oasis de production (Tadmor) laisse supposer que les génotypes sauvages puissent être plus largement répendus en culture, au côté des génotypes domestiqués, et sans aucun doute existe-t-il toute une gradation entre les types sauvages et les types domestiqués les plus avancés, aussi bien du fait des différents degrès du processus de domestication comme du fait d'admixture seconadaire entre génotypes variés.

Comment ces facteurs de primo-domestication du dattier peuvent-ils maintenant être comparés avec le cas de *Bactris gasipaes* ?

La forte différentiation génétique entre les popualtions sauvages (*var. chichagui*) et les populations cultivées (*var. gasipaes*), montrée en particulier par Couvreur et al. (2006, 2007) suggère également un isolement du pool génétique cultivé dès l'origine de la domestication, bien que les cultures soient établies dans l'aire de distribution des populations sauvages. Il est possible que l'autogamie chez les plantes cultivées ait favorisée l'isolement génétique par rapport aux populations sauvages ancestrales,

comme c'est le cas chez le cocotier (Gunn et al. 2011), espèce phylogénétiquement proche de *Bactris* et structuralement semblable au niveau de l'appareil reproducteur. La domestication multi-locale caractérise également *Bactris gasipaes*. Il existerait trois centres de primo-domestication indépendants du palmier pêche : sud de l'Amérique centrale-Choco, haut Amazone et périphérie sud et est de l'Amazonie (Hernandez-Ugalde et al. 2011). Dans chacune de ces trois régions, la domestication a été effectuée à partir des populations sauvages locales qui sont encore très présentes de nos jours, y compris en Amérique Centrale, à la différence du cacao qui y a d'abord été introduit d'Amazonie avant d'y être domestiqué pour un usage nouveau, le chocolat, inconnu dans l'aire d'origine (Thomas et al. 2012). Contrairement au cas du dattier, les interactions entre les différents pools génétiques cultivés seraient limitées chez le palmier pêche. Le pool occidental trans-Andin est resté isolé à cause de la barrière géographique. Les deux pools génétiques amazoniens ne se mélangent apparemment pas non plus car ils sont adaptés à des conditions bioclimatiques différentes (les populations sauvages ancestrales n'ont pas la même écologie, Clement et al. 2009). Il resterait à étudier l'origine de l'extension de la culture traditionnelle aux Guyanes et la dynamique dans cette région où n'existent pas de populations sauvages (Graefe et al. 2013). Les cultures modernes pour la production de coeurs de palmiers font évoluer ce paysage. La landrace Yurimaguas par exemple (primo-domestication du haut Amazone) a été largement diffusée pour cet usage car elle est sans épines et fournie des coeurs d'excellente qualité (Clement & Manshardt 2000). Dans l'ouest de l'Equateur, l'introduction des cultures de coeurs de palmiers, comme nous l'avons vu, a donné lieu à une sorte de domestication secondaire involontaire par interaction libre avec les populations sauvages locales. La multiplication végétative est pratiquée aussi chez *Bactris gasipaes*, qui produit des rejets. Cependant, cette pratique n'a pas la même importance que chez le dattier. En effet, la structure variétale du palmier pêche est essentiellement du type landrace (pool génétique plus ou moins homogène reproduit par graines), avec séparation géographique (Mora-Urpi et al. 1997). La multiplication végétative est surtout utilisée pour maintenir les variétés dans les collections *ex-situ*. Enfin, *Bactris gasipaes* se distingue par un syndrome de domestication très marqué et une dépendance totale à l'homme. Les formes domestiquées de *Bactris gasipaes* sont héliophiles et donc incapables de survivre en forêt, au contraire des formes sauvages qui sont forestières. Etant donné que les cultures abandonnées dans l'aire de la forêt dense humide evoluent très vite en

jachères forestières, il ne peut y avoir de populations férales de palmier pêche. L'évolution morphologique du fruit entre les populations sauvages ancestrales et les formes domestiquées est considérable (Pintaud et al. 2006) et n'a pas d'équivalent dans le reste de la famille des palmiers.

1.2.3. Conclusion sur le bilan des recherches

Les études conduites depuis le début des années 2000 ont permis de développer progressivement la connaissance des patrons évolutifs chez les palmiers, à la fois sur les pas de temps long et court. Ces résultats ont pu être acquis grâce à la mise en place et à la consolidation de plusieurs partenariats, dans le cadre desquels de nombreux étudiants ont été formés tout en contribuant à générer des données fondamentales pour la compréhension de ces phénomènes. Les résultats obtenus mettent en évidence des phénomènes tels que le caractère cyclique de l'évolution à long terme (extinction/récupération/diversification), et font évoluer les concepts relatifs à la domestication de ces plantes.

1.3. Projet de recherche

Le projet de recherche personnel s'inscrit dans le projet à 5 ans de l'équipe DYNADIV, dans le cadre du renouvellement de l'UMR DIADE à partir de Janvier 2015. La préparation du bilan et du projet d'UMR pour l'évaluation AERES de DIADE qui a eu lieu en Janvier 2014, ainsi que les conclusions du rapport d'évaluation, ont donné lieu à une réflexion de fond sur le passé, l'actualité et le futur de l'équipe DYNADIV.

D'une façon générale, les principales thématiques étudiées dans l'équipe sont arrivées à un niveau de maturité qui permet d'envisager des approches comparées et de grandes synthèses sur des sujets menés depuis 15-20 ans, ainsi que des études plus détaillées de la relation entre l'evolution génétique et l'environnement humain (domestication) et physique (effets du paléoclimat et de la tectonique), tendis que les approches novatrices de la génomique et de la transcriptomique, utilisant les

technologies NGS et les avancées de la bio-informatique afférentes, ouvrent de grandes perspectives d'approfindissement des recherches.

L'évolution la plus significative de l'équipe DYNADIV dans le nouveau mandat quinquenal de DIADE est l'émergence claire de deux axes de recherche structurant l'équipe : 1) Histoire évolutive de la domestication des plantes tropicales ; 2) Evolution des biomes tropicaux.

Mon propre projet de recherche s'inscrit dans ces deux axes.

Axe 1 : Histoire Evolutive de la Domestication des plantes tropicales

L'analyse de la diversité et des processus d'adaptation des plantes tropicales cultivées et de leurs apparentées sauvages est le coeur historique de DYNADIV, domaine dans lequel l'équipe a acquis une notoriété internationnale et un rayonnement académique important.

L'évolution des recherches dans ce domaine est clairement liée à l'intégration des technologies NGS, domaine dans lequel l'équipe est fortement impliquée, y compris au niveau de nouveaux développements méthodologiques et analytiques.

Dans ce cadre, mes propres recherches s'orientent sur trois aspects :

Développer l'approche comparative de la domestication des palmiers

L'écriture de ce mémoire a été l'occasion de réfléchir à une analyse comparative des processus de domestication chez *Phoenix dactylifera* et *Bactris gasipaes*. Cette comparaison s'est avérée très instructive. Il y a donc intérêt à poursuivre cette démarche en élargissant la comparaison à d'autres modèles afin de couvrir plus complétement la comparaison géographique (Amériques, Afrique, Asie, Océanie), écologique (forêts denses humides, savanes, déserts) et les cibles de la domestication (fruits et graine, amidon du stipe, inflorescence mâle, coeurs de palmiers, multi-usages).

Cette démarche a commencé en 2014 avec le projet Male Domestics-PACAYAPALM, financé par Agropolis Fondation sur 2 ans, pour étudier *via* l'analyse transcriptomique et la modélisation de l'architecture inflorescentielle, le cas peu connu et très original de la domestication Maya du palmier dioïque *Chamaedorea tepejilote* pour ses inflorescences mâles commestibles.

Un prochain développement envisageable est l'étude de la domestication de l'aréquier (*Areca catechu* et espèces affines) et des salaks (*Salacca* spp.) en Indonésie et Papouasie Nouvelle-Guinée, en relation avec le reforcement en cours des activités et du partenariat sur cette région (grandes expéditions La Planète Revisitée et Lengguru).

Ainsi, nous comptons à terme pouvoir comparer à l'échelle mondiale, les 8 espèces de palmiers présentant un syndrome de domestication.

Développer l'étude de la relation génotype-phénotype pour l'étude des processus sélectifs de la domestication et la caractérisation de l'agrobiodiversité

Les recherches que nous avons mené jusqu'à présent sur la domestication se basent sur la diversité génétique neutre appliquée à la recherche des centres d'origines, à la structure de la diversité et aux flux de gènes sauvage-cultivé.

Une approche complémentaire en cours de développement est de tirer parti des avancées de la génomique agronomique pour mettre en relation les caractères phénotypiques avec leurs déterminants génétiques, et aborder la question de la diversité non neutre. Il s'agit d'une avancée importante dans la compréhension de la mise en place de l'agrobiodiversité sur des bases génétiques restreintes. Nous appliquons désormais ce type d'approche en collaboration avec l'équipe BDP (qui devient F2F (Flower to Fruit) dans la nouvelle mouture de DIADE, chez le dattier et aussi chez nos modèles moins connus.

Ainsi le projet PACAYAPALM vise à caractériser le patron d'évolution morphologique de l'inflorescence mâle par effet de sélection humaine, à élucider les mécanismes d'évolution génomique sexe-dépendant (expression des gènes, polymorphisme de séquence) au cours de la domestication, par l'acquisition de données de transcriptomique NGS sur un vaste référentiel de populations sauvages du Guatemala (aire de domestication) et de Colombie (hors aire de domestication), et cultivées. En particulier, des signatures de sélection sur des gènes impliqués dans la différentiation sexuelle de l'inflorescence seront recherchées. Enfin, les patrons morphologiques et génétiques observés seront analysés au regard du contexte agro-écologique et ethnobotanique dans l'aire de culture traditionnelle.

En ce qui concerne le dattier, cette approche concerne principalement la recherche des patrons et déterminants de précocité de floraison, en collaboration avec l'équipe F2F (ex BDP), en s'appuyant sur les acquis de l'étude de la phénologie du dattier obtenus

ces dernières années, en particulier en Italie, et pouvant aussi compter sur les compétences de pointe de l'équipe DYNADIV au niveau de la selection du mil liée au changement climatique (Vigouroux et al. 2011, Clotault et al. 2012). Ce volet est centré sur un projet de séquençage génomique de variétés de dattier associant l'équipe F2F (Frédérique Aberlenc) et le Qatar, et inclut également l'encadrement d'un thèsart au Niger, Oumarou Zango (2014-2016).

La collaboration avec les équipes BDP/F2F et DESSITROP/ADvENS (Adaptation versus Environnement et Stress) sur la génomique fonctionnelle des lipides des fruits de palmiers vise en outre à développer cette approche fonctionnelle chez *Mauritia flexuosa* au Pérou et *Bactris gasipaes* en Equateur.

Des travaux récents, menés entre autres chez le palmier à huile, ont montré que l'analyse couplée du métabolome et du transcriptome des fruits et graines riches en huile au cours de leur développement est une approche efficace pour identifier les déterminants moléculaires de la biosynthèse des lipides (Joët et al. 2009; Tranbarger et al. 2011; Troncoso-Ponce et al. 2011). Par ailleurs, ces travaux ont démontré que la technologie de pyroséquençage 454 permet de réaliser des études transcriptomiques approfondies chez des espèces végétales pour lesquelles très peu de ressources génomiques sont disponibles. Ce contexte technologique récent et avantageux permet ainsi d'envisager l'étude détaillée des déterminants de la composition et de la teneur en acides gras des fruits et graines de palmiers.

Au Pérou, la consommation et la vente des fruits de *Mauritia flexuosa* et de leurs dérivés ont une grande importance dans la région amazonienne. Plus de 10 000 tonnes de fruits sont vendues annuellement au Pérou (Brokamp et al. 2011). Cette production provient essentiellement de populations naturelles, mais un programme de domestication est en cours utilisant un génotype nain apparu en culture (Delgado et al. 2007). Cependant, l'usage actuel des fruits de *Mauritia flexuosa* ne valorise que partiellement ses qualités biochimiques, lipidiques en particulier. Le mésocarpe de *Mauritia flexuosa* présente des qualités oléagineuses très intéressantes d'un point de vue nutritionnel, avec une dominance d'acide oléique (75%) et une présence non négligeable d'acides gras polyinsaturés (3-4%), pour un contenu lipidique total d'environ 20% du poids sec (Silva et al. 2009). Ces caractéristiques distinguent cette huile de celle de palme obtenue du mésocarpe de *Elaeis guineensis* (Willett, 2012). L'albumen de la graine de *Mauritia flexuosa* a également une composition très

différente de celui du palmier à huile et du cocotier, avec une teneur élevée (environ 35%, Vasquez-Ocmin et al. 2010) en acides gras essentiels (ω6 et ω3). Cette espèce représente donc une source locale très intéressante en terme de qualité d'apport nutritionnel pour les populations amazoniennes (Briend et al. 2011). Une approche de génomique fonctionnelle de l'accumulation des lipides dans le fruit et la graine de cette espèce est donc très intéressante à mener, d'une part du fait de l'originalité du modèle biologique, et d'autre part pour son importance économique et sociale, comme facteur de développement en Amazonie. Ces éléments nous ont conduit à rechercher des financements nationaux péruviens (en particulier au travers du fond pour la science et la technologie FINCyT), en partenariat avec l'UNMSM et le IIAP, et en relation avec la thèse en cours de Chloe Guerin (2012-2015), laquelle incorpore une partie de cette problématique.

Une étude similaire pourrait être menée en Equateur sur *Bactris gasipaes*. Ce pays offre une situation très privilégiée pour l'étude de la domestication de cette espèce, car il contient en partie deux des trois complexes de domestication de l'espèce, selon Hernandez-Ugalde et al. (2011) : Occidental et Haute Amazonie, avec leurs populations sauvages respectives ; des cultures traditionnelles amérindiennes à la fois du côté occidental (ethnie Awa du Choco) et du côté oriental (plusieurs ethnies amazoniennes) et enfin un contexte particulier d'introgression entre les génotypes cultivés et sauvages dans la zone de culture intensive pour la production de coeurs de palmiers (Pintaud et al. 2008a).

Cette diversité de conditions, et la diversité génétique afférente, constituent une rare opportunité d'étudier en détail les effets de sélection sur les déterminants génétiques des propriétés biochimiques recherchées des fruits durant le processus de domestication, en particulier la teneur en lipides et caroténoïdes. Un projet d'affectation en Equateur d'un collègue de l'UMR DIADE (équipe BDP/F2F, Tim Tranbarger), été déposé pour développer conjointement cette problématique en partenariat avec la PUCE.

Développer l'étude génétique et génomique des prémices de la domestication

L'étude des modèles de domestication avancée, avec syndrome de domestication marqué et isolement génétique du pool cultivé par rapport au pool sauvage est particulièrement intéressante chez les palmiers, mais restreinte aux quelques espèces qui constituent le centre d'intérêt actuel de nos recherches sur la domestication (en

particulier *Bactris gasipaes*, *Phoenix dactylifera, Chamaedorea tepejilote*). En revanche, les cas de gestion de populations naturelles avec prémice de domestication sont extrêmement nombreux, mal connus, et pourtant d'une grande importance pour la compréhension de la dynamique de la biodiversité des écosystèmes naturels, dans lesquels l'influence de la composante anthropique demeure largement sous-estimée. En d'autres termes, beaucoup de populations « naturelles » ne le sont pas autant que l'on pourrait le croire, et la prise en compte de l'élément humain est fondamentale pour élaborer des stratégies de conservation et d'utilisation durable des espèces utiles et des écosystèmes dans lesquels elles se développent. Dans un contexte de croissance démographique et de pression sans cesse accrue sur les écosystèmes, cette approche de gestion de la biodiversité est destinée à prendre une grande importance.

Avec les acquis du projet FP7-PALMS (2009-2013), et les résultats obtenus sur la structure et la dynamique des communautés et populations de palmiers, la diversité génétique des principales espèces utiles, la caractérisation des modes d'usage et de gestion des ressources, nous disposons d'une solide base pour aborder cette thématique, en particulier en Amazonie occidentale.

Les données de transcriptomique du projet ARCAD, qui incorporent la comparaison *Elaeis oleifera*/*E. guineensis*, *Mauritia flexuosa* et *Phoenix dactylifera* représentent également une ressource considérable à exploiter dans cette optique, et plusieurs planifications sont en cours à cet effet. Nous pouvons également nous rapprocher du projet PALMAZON de l'UMR ECOFOG qui recherche les signatures de sélection également par des analyses de transcriptomique dans plusieurs cas de pré-domestication précolombienne cryptique de palmiers en Guyane.

De plus, les liens existants avec l'INPA au Brésil sont destinés à se développer de sorte que l'ensemble des partenariats existants devraient pouvoir se combiner pour mettre en place une approche intégrative à l'échelle de l'ensemble du bassin amazonien. De là, une comparaison intercontinentale est envisageable au niveau des forêts tropicales humides d'Amérique, Afrique, Asie et Océanie. Cette démarche est en cours avec le démarrage des projet Agropolis Fondation CHLORODIV, qui incorpore l'étude de la dynamique de la diversité génétique du rotin africain intensément exploité dans son milieu naturel *Laccosperma secundiflorum*, en comparaison avec les espèces non exploitées, dans les forêts du Cameroun, et le projet PACAYAPALM-Male Domestics, qui prend en compte la dimension d'usage et de gestion des populations naturelles de *Chamaedorea tepejilote*.

Enfin, une nouvelle approche originale s'amorce, basée sur l'étude de la résilience écologique et génétique des espèces invasives d'*Attalea* à l'échelle de l'Amérique du Sud tropicale, et leurs conséquences socio-économiques et sanitaires (réservoirs de vecteurs de la maladie de Chagas) via una mise en réseau d'activités inter-UMR (DIADE, Espace-DEV et InterTrip) coordonnées et en partie financées par le PPR AMAZ.

Axe 2 : Evolution des Biomes Tropicaux

Historiquement, l'étude de la dynamique de la biodiversité dans les forêts tropicales humides a été intégrée dans l'équipe DYNADIV dès son s'origine en 2000, avec l'incorporation du programme « Palmiers Amazoniens » porté par Francis Kahn, devenu ensuite « Palmiers Néotropicaux » porté par moi-même. Cependant, ce volet est resté jusqu'ici quelque peu subordonné, au moins en terme d'affichage, au volet dommestication. Le second mandat de l'UMR DIADE (2015-2019) voit ce volet emerger comme un axe à part entière, avec la continuation des travaux de Thomas Couvreur et l'arrivée de Valérie Poncet en provenance de l'équipe EVODYN, tous deux travaillant sur les forêts tropicales humides d'Afrique centrale.

La structuration de cet axe est fondée sur l'approche phylogénétique et phylogéographique de familles (Arecaceae, Annonaceae, Rubiaceae) utilisées comme marqueurs de l'évolution des biomes tropicaux (Couvreur et Baker 2013). A cette apprroche, s'ajoute un aspect important de modélisation de niche écologique, en collaboration avec l'UMR AMAP. L'analyse de ces données sera poursuivie dans le cadre de la démarche interdisciplinaire menée avec les géologues de l'UMR GET et paléo-écologues de l'UMR ISEM, sur la recherche des déterminants géodynamiques et paléoclimatiques de l'évolution des taxons et des biomes dans lesquels ils se développement.

Enfin, de nouveaux développement sur les formations végétales azonales (marécages à *Mauritia flexuosa*) et les forêts sèches d'Amérique du sud, ainsi que sur leurs interractions avec les forêts tropicales humides et les savanes élargissent la couverture des écosystèmes aux principaux biomes tropicaux.

De part l'expérience géographique présente et passée des chercheurs impliqués dans cet axe (Amérique de Sud, Afrique centrale, Océanie), les études à venir seront orientées sur une comparaison entre ces trois grande zones géographiques.

Dans ce cadre, mes propres recherches sur cet axe s'orientent sur deux aspects :

Développer l'étude de la spéciation

Les travaux menés jusqu'à présent ont permis de cerner le contexte phylogénétique de la spéciation, comme dans le cas de *Astrocaryum*, chez qui le début des radiations taxoniques a été daté et ses déterminents identifiés. Cependant, la mécanique de la spéciation proprement dite n'a pas été abordée, et cela constitue un aspect essentiel des développements attendus dans l'avenir immédiat. La recherche sur la spéciation chez les palmiers a beaucoup progréssé ces dernières années, en ce qui concerne les modèles sympatrique/parapatrique (Savolainen et al. 2006, Babik et al. 2009, Papadopulos et al. 2011) et péripatriques (Crisp et al. 2010, Bacon et al. 2012a, b). Pour notre part, nous developpons l'étude du modèle allopatrique chez *Astrocaryum*, avec la caractérisation et la datation des barrières géologiques à l'origine de la vicariance, dans le cadre du PPR AMAZ et du projet de LMI ANDA (voir annexe III.). Cette approche s'appuie sur le développement de nouveaux marqueurs moléculaires et de nouvelles méthodes analytiques permettant de valoriser au mieux l'apport d'une calibration géologique précise, fournie par les collègues de l'UMR GET.

Des développements ultérieurs font l'objet d'une réfléxion visant à aborder la génomique de la spéciation par une approche comparative sur plusieurs groupes d'organismes répondant au forçage tectonique dans l'ouest amazonien.

Développer l'approche phylogénétique de l'évolution des biomes en approfondissant les modèles Bactridinae et Mauritiinae

Les recherches du programme Palmiers de l'équipe DYNADIV se sont orientées depuis quelques années, sous l'impulsion de Thomas Couvreur, sur l'utilisation de familles modèles, en particulier les Arecaceae (Couvreur et al. 2011, Couvreur & Baker 2013), pour reconstituer l'histoire évolutive et la biogéographie des forêts tropicales humides (TRF, tropical rain forest). Cette approche peut être particulièrement développée dans la région néotropicale pour l'étude de la dynamique des TRF, SDTF (seasonaly dry tropical forests) et savanes, ainsi que les interractions évolutives entre ces biomes (Pennington et al. 2010).

Bactridinae

Nos résultats indiquent que les Bactridinae constituent un modèle excellent pour tester la relation entre phylogénie, paléoclimat et évolution de la végétation au cours du Cénozoïque. De plus, ce groupe de palmiers est l'un des plus clairement identifiables à l'état fossile. La dynamique de diversification de niche que montre les Bactrinidinae au cours du Cénozoïque est sans égale parmi les palmiers néotropicaux, avec des changements de biomes et radiation aussi bien dans le sens SDTF-TRF (*Aiphanes*) que dans le sens TRF-SDTF (*Astrocaryum*), tendis que certains genres sont strictement inféodés aux TRF (*Bactris*, *Desmoncus*) ou aux SDTF (*Acrocomia*), ce qui permet de comparer tous les cas de figure.

Les différentes études partielles menées à ce jour sur la phylogénie des Bactridinae l'ont été sur la base de jeux de marqueurs en partie distincts, ce qui fait qu'aucune espèce n'est renseignée pour l'ensemble des marqueurs, chloroplastiques et nucléaires, qui ont prouvé leur utilité phylogénétique dans la sous-tribu des Bactridinae. La consolidation de ce jeu de données, en documentant toutes les espèces échantillonnées pour tous les marqueurs, donnera plus de robustesse aux noeuds récents, correspondant à la dynamique de spéciation dans chaque genre, et par la même, plus de pouvoir résolutif à la datation des cladogenèses et à l'inférence de l'évolution des biomes tropicaux riches en espèces (Pennington et al. 2006).

La représentation des espèces doit être améliorée également, en particulier en ce qui concerne les radiations d'*Astrocaryum* et d'*Acrocomia* à la périférie sud de l'Amazonie en relation à l'assèchement du climat après l'optimum climatique du Miocène moyen. A cet effet, des contacts sont en cours avec les Universités Fédérales de Bahia et de Goias (Brésil) afin de développer une collaboration dans ce sens. La dynamique de la diversification dans le grand genre *Bactris* reste entièrement à étudier, et en particulier la signification du signal de diversification à 24 MA, plus ou moins visible dans les différents genres, doit être approfondie. Dans un premier temps, une approche de bar-coding ADN dans ce genre qui pose de gros problèmes d'identification des espèces, est en cours de développement, utilisant un jeu de trois marqueurs chloroplastiques (*trnQ-rps16*, *psbA-trnH* et *rpl16-rps3*).

Mauritiinae

Les Mauritiinae constituent un groupe totalement isolé morphologiquement et phylogénéntiquement dans la région Néotropicale. En effet, ces palmiers n'ont aucune affinité avec les autres lignées du Nouveau Monde mais sont en revanche étroitement apparentés aux rotins et raphias africains, avec lesquels ils constituent la tribu des Lepidocaryeae (Dransfield et al. 2008). En dépit de leur ancienneté et de leur ample distribution géographique, les Mauritiinae ne représentent que 1,3% de la diversité spécifique des palmiers d'Amérique du Sud. En revanche, *Mauritia flexuosa* est probablement l'arbre le plus abondant du continent en raison de la grande extension des forêts marécageuses et de la haute densité de cette espèce dans ces milieux. Ce contraste entre faible diversité, vaste distribution et grande abondance n'est pas sans rappeler le cas des Rhizophoracées dans les mangroves, qui présente de nombreuses similarités fonctionnelles.

En outre, la combinaison de l'isolement phylogénétique (qui facilite l'identification des restes, en particulier le pollen) et de l'habitat hydromorphe (qui favorise la fossilisation) de *Mauritia* et *Mauritiella*, fait que ce groupe de palmiers est extrêmement bien documenté en terme paléogéographique et constitue un modèle idéal pour l'étude de l'histoire évolutive du biome amazonien et de sa périphérie, avec en particulier un suivi très précis du Pliocène tardif à Holocène (Rull 1998).

Cette caractéristique d'habitat permet à *Mauritia* et *Mauritiella* de se maintenir aussi bien dans des environnements forestiers que savanicoles et d'assurer une continuité écologique des marécages dominés par ces palmiers au cours des alternances forêt-savane induites par les fluctuations paléoclimatiques.

En outre, le fait que le groupe frère africain *Raphia* soit assez spécialisé sur les formations marécageuses et que les genres *Mauritia* et *Maurtiella* soient strictement inféodés aux sols hydromorphes suggère une origine phylogénétique des Mauritiinae dans ce type de milieux dès le Crétacé supérieur et donc une très grande ancienneté des forêts dominées par ces palmiers. Cependant, les Mauritiinae contiennent aussi un genre exclusif des forêts de terre ferme, *Lepidocaryum* (une seule espèce), qui est un petit palmier stolonifère de sous-bois, à reproduction principalement végétative, ce qui représente un changement de niche et de morphologie considérable par rapport aux grandes espèces héliophiles de sols hydromorphe (Kahn & Mejía 1987).

L'approfondissement de l'analyse phylogénétique et phylogéographique des Mauritiinae, en relation avec les études paléoécologiques, contribuera à comprendre certains aspects des interactions évolutives entre ces milieux contrastés.
De plus, la comparaison Afrique-Amérique peut être idéalement conduite dans l'équique DYNADIV, vu que le groupe frère afraicain des Mauritiinae est étudié par Thomas Couvreur.

Ces différentes études permettront en outre de consolider les différents niveaux d'interactions : intra-équipe avec deux axes bien défini, inter-équipes dans l'UMR DIADE avec la poursuite des activités en collaboration avec les équipes F2F et ADvENS, inter-UMR (AMAP, ISEM, Espace-Dev, GET) et au niveau de réseaux continentaux en Europe (EUNOPS) et en Amérique du Sud (AndA!, PPR AMAZ, Observatoire de la Biodiversité OBAAP), pour terminer par une analyse comparative au niveau de l'ensemble de la ceinture intertropicale.

2ème PARTIE

HISTORIQUE DES ACTIVITES

2.1. ACTIVITES DE RECHERCHE

Problématiques de recherche relatives aux palmiers

Principales activités dans le volet "Evolution des palmiers Néotropicaux"

Entre 2009 et 2013, l'essentiel des activités de ce volet correspondait au déroulement du projet FP7-PALMS « Palm harvest impact in tropical forests » - www.fp7-palms.org, avec en plus le renfort d'une post-doc Marie Curie en 2011-2012.

A) *Ecologie et génétique du palmier à cire andin* (genre *Ceroxylon*)

Le genre *Ceroxylon* comprend 12 espèces exclusivement andines, il représente une adaptation particulière de la famille des palmiers, originaire des basses altitudes tropicales, aux conditions de haute montagne. Beaucoup de ces palmiers dominent massivement les forêts andines dans lesquelles ils poussent, jusqu'à une altitude de 3500 m. Ces forêts font néanmoins l'objet d'une très forte pression humaine et sont actuellement très réduites et fragmentées. De plus, les palmiers à cires font l'objet d'utilisations destructrices car leur stipe est prisé pour la construction et leurs jeunes feuilles sont très utilisées pour le rituel chrétien du Dimanche des Rameaux. La dynamique des populations de *Ceroxylon* est étudiée à la fois d'un point de vue écologique et génétique.

Les activités actuelles concernent une vaste étude comparative de l'écologie de plusieurs populations et espèces de *Ceroxylon* en Colombie, Equateur, Pérou et Bolivie ; une phylogénie moléculaire et étude phylogéographique de l'ensemble du genre ; et enfin une étude d'érosion génétique en milieu perturbé de *Ceroxylon quindiuense* en Colombie (partenaires universitaires des pays andins : UN-Colombie, PUCE-Equateur, UNMSM-Pérou et UMSA-Bolivie).

B) *Structuration géographique de la diversité génétique et usages des Euterpeae*

La tribu des Euterpeae est un groupe de palmiers à vaste distribution néotropicale. Il s'agit d'espèces essentiellement non cultivées, mais dont il existe une très forte demande des produits, en particulier les coeurs de palmiers (*Euterpe edulis*), le jus des fruits d'açaï (*Euterpe oleracea*), et l'huile du mésocarpe de Patawa (*Oenocarpus bataua*), et donc une problématique de gestion des ressources naturelles. Les études menées sur ce sujet concernent la caractérisation et la variabilité de l'huile d'une part, et l'étude de la structuration géographique de la diversité génétique de trois espèces dans l'ouest de l'Amérique du Sud d'autre part (*Prestoea acuminata*, *Euterpe precatoria* et *Oenocarpus bataua*). Deux étudiants du Master de Biologie de la Conservation de l'Université Catholique d'Equateur (PUCE), on été encadrés au laboratoire de Montpellier sur cette problématique entre 2010 et 2012.

C) *Phylogénie et spéciation des Bactridinae*

La sous-tribu des Bactridinae est un autre groupe de palmiers à vaste distribution néotropicale et d'importance économique soit par la culture (du palmier pêche *Bactris gasipaes* pour les fruits et les coeurs de palmiers, du palmier oléagineux *Acrocomia aculelata* dans le sud du Brésil et au Paraguay) soit par la récolte de produits forestiers non-ligneux (fibre d'*Astrocaryum chambira*, *A. standleyanum* et *A. malybo*; fruits de tucuma (*A. aculeatum*) et d'awara (*A. vulgare*), très appréciés au Brésil et en Guyane). Outre ces intérêts appliqués, le groupe des Bactridinae est notre modèle d'étude des processus de diversification, spéciation (*Astrocaryum*) et domestication (*Bactris gasipaes*) en Amazonie. Une phylogénie de l'ensemble de la sous-tribu a été publié en 2011 ; l'étude au niveau moléculaire de la radiation taxonique dans le genre *Astrocaryum* a pu être approfondie grâce à l'obtention d'un post-doc Marie Curie sur le sujet (2011-2012).

D) *Evolution, spécialisation et biogéographie des Mauritiinae*

Les Mauritiinae (3 genres 7 espèces) constituent le seul groupe Néotropical de la sous-famille des Calamoideae, lequel contient principalement les rotins. A la différence de ceux-ci, les Mauritiinae ont des feuilles palmées et un port arbustif ou arborescent. Malgré leur isolement morphologique, les Mauritiinae ont des affinités directes avec des genres de palmiers africains (*Raphia* et rotins africains), avec lesquels ils constituent la tribu des Lepidocaryae, un exemple intéressant de groupe à

distribution amphi-Atlantique. Toutes les Calamoideae sont immédiatement reconnaissables à leurs fruits écailleux. Bien que le groupe soit peu diversifié en nombre d'espèces, il est très varié sur le plan morphologique et écologique, et largement répandu en Amérique du Sud tropicale. *Lepidocaryum* est un genre de petits palmiers rhizomateux de sous-bois, ayant un comportement colonial par multiplication végétative. *Mauritiella* est un genre de palmiers cespiteux de taille moyenne, à stipe armé d'épines provenant de la modification de racines adventives caulinaires, poussant généralement dans des habitats marginaux (lisières, savanes sur sable blanc, bords de lagunes), et enfin *Mauritia* est un genre de grands palmiers monocaules à pneumatophores habitant les marécages. *Lepidocaryum* et *Mauritia* jouent un rôle fonctionnel très important dans les écosystèmes où ils sont présents (Kahn & de Granville, 1992). *Lepidocaryum tenue* et *Mauritia flexuosa* sont en outre des espèces extrêmement importantes en ce qui concerne leurs usages et l'activité économique qui en résulte en Amazonie (les feuilles du premier pour la confection d'éléments de toiture et les fruits du second pour la consommation de la pulpe).

Contrastant avec la grande différentiation morphologique et écologique des genres de Mauritiinae, les génomes nucléaire et chloroplastique de ces palmiers présentent une grande conservation et il est difficile d'en résoudre la phylogénie, tant les espèces sont proches au niveau génétique. Une thèse est en cours sur le sujet dans le cadre du projet PALMS à l'UNMSM et le transcriptome de deux individus (mâle et femelle) de *Mauritia flexuosa* a été séquencé dans le cadre du projet ARCAD et va faire l'objet d'analyses génomiques comparatives.

E) <u>*Phylogénie et systématique du genre Attalea*</u>

Attalea est un autre genre Néotropical très important de part son abondance, sa diversité, sa large distribution et les nombreux usages dont il fait l'objet. Il s'agit le plus souvent d'espèces de très grande taille ayant un cycle reproducteur complexe rendant difficile leur adéquate documentation en herbier. Pour cette raison, d'immenses peuplements d'*Attalea* de très grande taille sont composés d'espèces encore non décrites (Pintaud 2008). La phylogénie du genre est de peu connue. Celle-ci est en cours d'étude, ainsi que la structure génétique et la systématique du complexe de *A. phalerata*, avec l'IIAP au Pérou. Un chercheur de cet institut a été accueilli à l'IRD sur cette problématique en 2011 et un projet conjoint IIAP-IRD sur

financement externe national du Pérou (FINCyT) a été obtenu sur cette thématique (2014-2015).

G) *Florule des palmiers de la Réserve Nationale Allpahuayo-Mishina (Pérou)*

Vargas Paredes V., Stauffer F.W., **Pintaud J.-C**. 2012. Richness, uses and conservation of palms (Arecaceae) in the Allpahuayo-Mishana National Reserve (Peru). Acta Botanica Venezolana 35: 53-70.

La Réserve Nationale Allpahuayo-Mishana (RNAM) est une zone critique de conservation de part son importance en terme de protection de la biodiversité des écosystèmes fragiles des forêts sur sable blanc et de part sa situation en bordure de la grande ville amazonienne d'Iquitos. Au regard de l'anthropisation rapide des environs de la ville, la RNAM sera bientôt la seule zone de forêt bien conservée accessible aux citadins, et aura un rôle de plus en plus important à jouer en matière d'éducation et de formation naturaliste. Dans cette perspective, un projet a été monté, financé par l'International Palm Society (IPS) et en collaboration avec l'IIAP et le Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève (CJBG) pour la réalisation d'un guide de terrain des palmiers de la RNAM. Une synthèse préliminaire a été publiée (Vargas et al. 2012), et la sortie du guide est prévue pour 2015.

H) *Structure des communautés des palmiers amazoniens* (2004-)

Montufar R. and **Pintaud J.-C**. 2006. Variation in species composition, abundance, and microhabitat preferences among western Amazonian *terra firme* palm communities. Botanical Journal of the Linnean Society 151: 127–140.

Cette thématique est à la base des travaux développés ensuite dans le projet FP7-PALMS (2009-2013), principalement par l'équipe danoise (Kristiansen et al. 2012).
Les résultats obtenus dans le cadre de la recherche de thèse de Rommel Montúfar ont permis de documenter la transition floristique et écologique entre le piedmont andin et l'arche d'Iquitos. Le contact entre la terminaison des Andes et l'ancienne mer Pebas, déterminé près de Pantoja (Pérou) lors de l'expédition multidisciplinaire de l'IRD Napo 2004, est encore à l'étude, avec une espèce nouvelle d'*Attalea* restant à décrire et quelques inventaires complémentaires à réaliser.

I) *Résilience des palmiers clé-de-voute des écosystèmes tropicaux* (2006-)

Pintaud J.-C. 2006. The impact of forest disturbance on the palms of New Caledonia. Palms 50: 123-135.
Anthelme F., Montúfar Galárraga R., **Pintaud J.-C**. 2010. Caracterización de la resiliencia ecológica de poblaciones de palmeras. Ecología en Bolivia 45 (3): 23-29.
Montúfar R., Anthelme F. **Pintaud J.-C.**, Balslev H. 2011. Disturbance and resilience in tropical American palm populations and communities. The Botanical Review 77: 426-461.
Sanín M.J., Anthelme F., **Pintaud J.-C**., Galeano G., Bernal R. 2013. Juvenile resilience and adult longevity

explain residual populations of the Andean wax palm *Ceroxylon quindiuense* after deforestation. PLoS ONE 8(10): e74139. doi:10.1371/journal.pone.0074139.

Cette thématique a d'abord été développée sur les palmiers de Nouvelle-Calédonie puis appliquée aux palmiers andins. Le genre *Ceroxylon* en particulier constitue le modèle d'étude du *work package* 2 « Ecosystem resilience and limit of functionning » du projet FP7-PALMS, dont je suis responsable. Les travaux réalisés dans ce cadre se font en collaboration avec l'écologue de l'IRD Fabien Anthelme, et impliquent une thèse de doctorat (María José Sanín, Colombie, soutenue en 2013).

Un concept récurrent dans l'ensemble de ces études est celui de perturbation intermédiaire, qui conduit à une augmentation considérable de la densité des palmiers dans les forêts affectées (par l'extraction sélective de bois commerciaux en particulier), tout en impactant négativement certains autres paramètres (alpha-diversité, dissémination des graines, survie des plantules, structure génétique). Ce phénomène a des implications importantes en termes de conservation et de dynamique forestière (Anthelme et al. 2011).

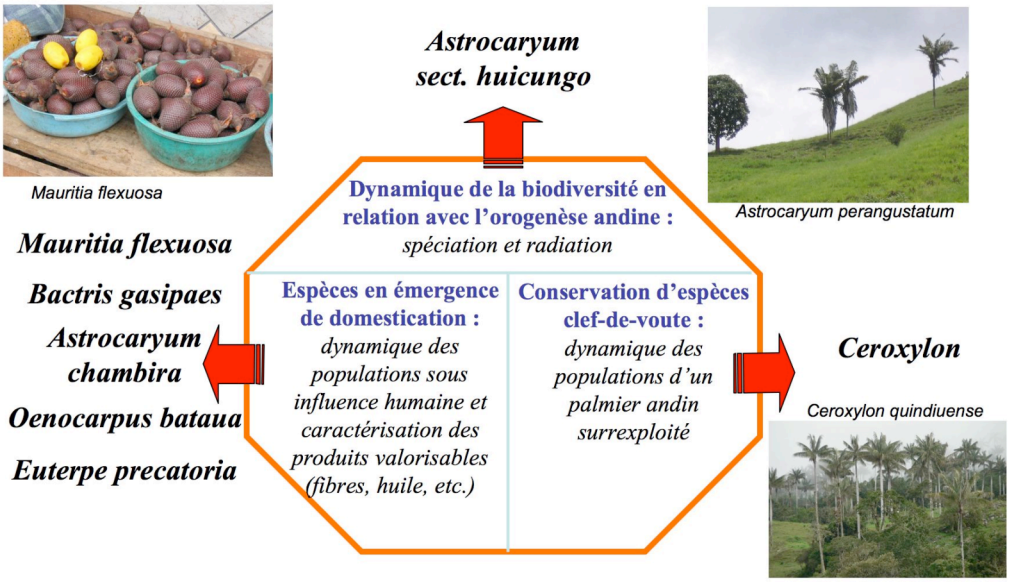
J) *Biochimie et génomique fonctionnelle de l'accumulation de lipides dans les fruits et graines de palmiers*

Montufar R., Laffargues A., **Pintaud J.-C.**, Hamon S., Avallone S. and Dussert S. 2010. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. Journal of the American Oil Chemists Society 87: 167–172.

L'étude de la composition biochimique des fruits de palmiers a été initiée en relation avec l'équipe DESSITROP de DIADE (Stéphane Dussert), en appui à la thèse de Rommel Montufar, consacrée à une espèce d'Amérique du Sud, *Oenocarpus bataua*, dont les fruits présentent un mésocarpe très riche en huile oléique d'excellente qualité nutritionnelle (plus de 50% du poids du mésocarpe sec). Les analyses réalisées sur un vaste échantillonnage du Pérou et de Guyane ont apporté des éléments nouveaux sur les qualités antioxydantes de l'huile (richesse en Δ^5-avenasterol, α-tocophérol et γ-tocotriénol) ainsi que sur la présence d'acides gras minoritaires mono- et poly-insaturés non répertoriés antérieurement. En particulier, l'acide cis-vaccenique, s'avère être une caractéristique chimiotaxinomique de la tribu des Euterpeae, présente à hauteur de 2-3% du contenu en acides gras du mésocarpe dans les genres *Oenocarpus* et *Euterpe*.

Le déterminisme génétique de l'accumulation d'acides gras dans le mésocarpe et la graine des palmiers est actuellement étudié dans le cadre d'une extension de la collaboration avec les équipes DESSITROP et BDP (Tim Tranbarger, Fabienne Morcillo) de DIADE, incluant de nouveaux développements au Pérou sur *Mauritia flexuosa*, en Equateur sur *Bactris gasipaes*, et la participatation à l'encadrement d'une thèse (Chloe Guerin), comprenant un échantillonnage de diversité mondiale portant sur un grand nombre de genres et le suivi de la cinétique de développement des fruits de quelques espèces.

« Evolution des palmiers Néotropicaux »



Principales activités dans le volet "Histoire évolutive et biogéographie de la domestication du dattier"

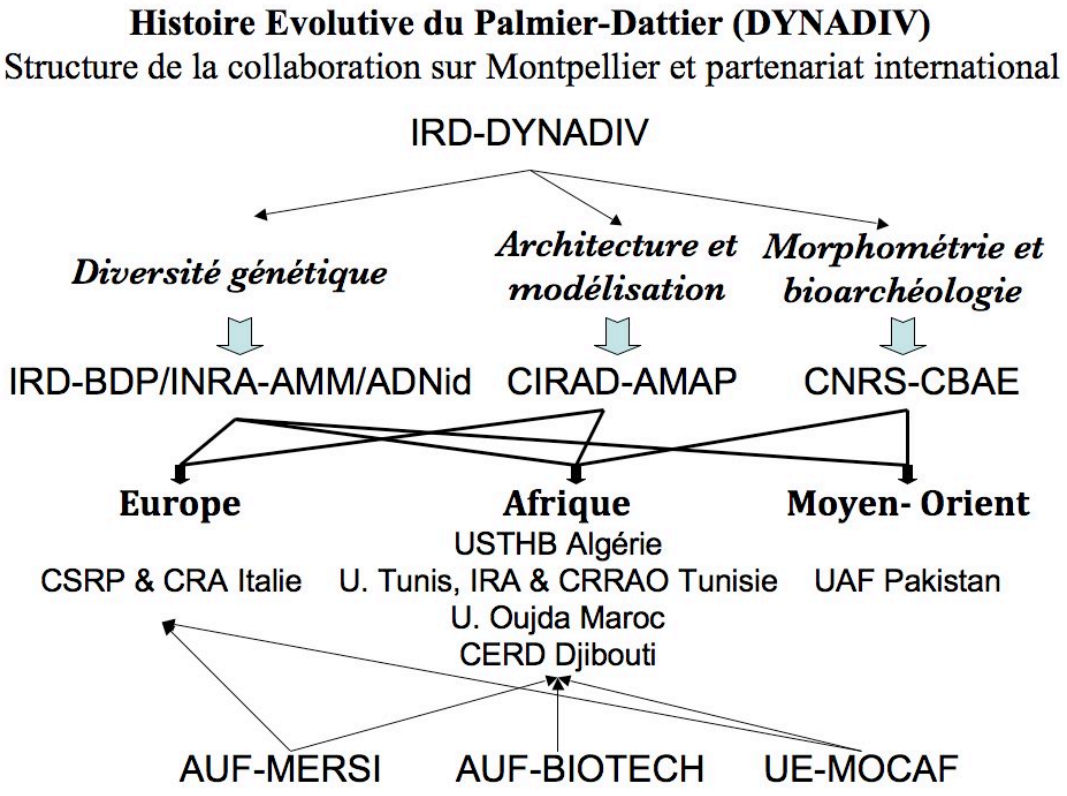
Le palmier dattier s'inscrit particulièrement bien dans la ligne de l'équipe DYNADIV, largement orientée sur les plantes alimentaires vivrières tropicales, et également dans les priorités géographiques de l'IRD (bassin méditerranéen, Sahara, Sahel, Proche Orient). Cette thématique, débutée en 2000, a connu des développements considérables à partir de mon retour à Montpellier en 2008.

Actuellement, une étude de diversité génétique au niveau mondial sur près de 1000 individus avec une vingtaine de marqueurs microsatellites est en cours, impliquant une post-doctorante, une collaboration avec l'équipe BDP, l'INRA et un partenaire privé, ADNid.

Un observatoire mondial du cycle de floraison et fructification est en cours de mise en place afin de suivre les effets du changement climatique et ses implications pour la phoeniciculture. Le protocole, validé en Italie, est en cours d'implémentation en Algérie, Tunisie, Niger et Djibouti.

Des prospections de terrain ont été réalisées en Algérie, Tunisie, îles Canaries, Djibouti et Pakistan, en liaison avec le renforcement de la collaboration au Maghreb (intégration de deux thésardes d'Algérie, extension du partenariat en Tunisie) et au Moyen-Orient, par la création d'une équipe « Dattier » à l'Université de Faisalabad au Pakistan, incluant le recrutement de deux ex-thésards pakistanais de l'UMR DIADE.

D'autres activités s'incorporent dans des projets (MOCAF et MERSI) et dans des actions incitatives des PPR SICMED et SREC (détaillées plus loin).



Principales activités dans le volet "Palmiers des forêts tropicales humides africaines"

Dans le cadre de ce volet piloté par Thomas Couvreur (avec un doctorant sénégalais, Adama Faye), une phylogénie chloroplastique de la tribu des Lepidocaryeae (avec ses

composantes africaines et néotropicales) a été réalisée, ainsi qu'une phylogénie de gènes nucléaires basée sur une technique de séquençage de nouvelle génération. Enfin, une extension de l'étude du génome chloroplastique débute dans le cadre du projet CHLORODIV et un transfert de locus microsatellites des Mauritiinae vers les rotins africains est à l'étude.

Principales activités dans le volet "Palmiers d'Océanie"

Les études de systématique sur les palmiers de Nouvelle-Calédonie se poursuivent avec la révision progressive de *Basselinia*, le genre de palmiers endémiques le plus diversifié et le plus complexe (Pintaud & Hodel 2009 ; Pintaud & Stauffer 2011). Cet aspect est réalisé en collaboration avec le MNHN et le CJBG. Un livre de synthèse sur l'ensemble des palmiers des îles du Pacifique est en préparation avec D.R. Hodel, dans le prolongement de celui réalisé sur les palmiers de Nouvelle-Calédonie (Hodel & Pintaud 1998). A cette fin, des prospection de terrain dans les archipels de Papouasie-Nouvelle-Guinée (Amirauté, Bismarck, d'Entrecasteaux, Trobriand, Louisiades et Nord-Salomons-Bougainville) sont prévues pour ces prochaines années, en collaboration avec le Forest Research Institute à Lae.
L'étude de la famille des palmiers sur l'ensemble de l'île de la Nouvelle-Guinée est en cours de développement avec le FRI côté PNG, avec de nouvelles prospections dans la partie indonésienne en collaboration avec le LIPI (Bogor), et le RBG Kew (participation à deux grandes expéditions d'inventaire de la biodiversité : PNG 2012 « La Planète Revisitée » et Lengguru 2014).

Autres activités de recherches

Ptéridologie

Développement des gamétophytes souterrains myco-hétérotrophes de ptéridophytes spécialisées du maquis minier Néocalédonien (1995-2005).

Whittier D. P. and **Pintaud, J.-C**. 1999. Spore germination and early gametophyte development in *Stromatopteris*. American Fern Journal, 89: 142–148.
Whittier D. P., **Pintaud J.-C.** and Braggins J.-E. 2005. The gametophyte of *Lycopodium deuterodensum* – Type II or I. American Fern Journal 95: 22–29.

Cette thématique a été développée en collaboration avec Dean Whittier de

l'Université Vanderbilt de Nashville pour la partie expérimentale *in vitro*.

La myco-hétérotrophie est une interaction plante-champignon apparue très tôt dans l'histoire des plantes terrestres et développée de façon récurrente et sous des formes multiples dans de nombreuses lignées végétales (Bidartondo 2005). Cette interaction permet à des organismes végétaux non photosynthétiques d'obtenir les molécules carbonées nécessaires à leur métabolisme *via* une association mycorhizienne (Winther & Friedman 2007).

Les gamétophytes myco-hétérotrophes sont communs et bien étudiés chez les ptéridophytes eusporangiées. Ils sont rares et méconnus chez les fougères leptosporangiées comme *Stromatopteris*. Il s'agit d'un genre de fougère monospécifique (*S. moniliformis*) endémique du maquis minier néo-calédonien, poussant entre les blocs rocheux de la cuirasse ferrugineuse, un milieu particulièrement inhospitalier, caractérisé par un sol squelettique essentiellement composé d'oxydes de fer et d'aluminium avec une faible capacité de rétention d'eau (Proctor 2003), et soumis à une insolation intense et des températures diurnes très élevées. Cette fougère très curieuse a développé des adaptations morphologiques et physiologiques très poussées en relation avec son habitat extrême (sclérophyllie, organes de réserve moniliformes et gamétophytes souterrains). Nos études ont montré que les spores de *Stromatopteris* ne germent que dans l'obscurité, ce qui est une caractéristique des spores de ptéridophytes à gamétophytes myco-hétérotrophes, mais par contre le gamétophyte ne présente pas de convergence morphologique avec ceux des ptéridophytes eusporangiées, et maintient les caractéristiques développementales des prothalles non mycorhiziens de Glechéniacées, la famille à laquelle appartient cette fougère. *Lycopodium deuterodensum* est une autre espèce de ptéridophyte sclérophylle pionnière de maquis minier, qui, de même, développe un gametophyte caractéristique de son genre.

La germination souterraine et l'association mycorhizienne sont certainement des facteurs clés du succès de ces espèces dans un milieu où les températures de surface peuvent dépasser les 60°C et où le sol est très pauvre en matière organique.

Inventaire, taxinomie et écologie des Cyatheaceae et Dicksoniaceae d'Océanie (1995-)

Cette ligne de recherche est développée en Nouvelle-Guinée et Nouvelle-Calédonie en collaboration avec Germinal Rouhan (MNHN), pour la partie taxinomique.

Les fougères arborescentes (*Cyathea* et *Dicksonia*) présentent un développement particulièrement important dans les milieux tropicaux d'altitude du monde entier. Cette tendance est exacerbée en Océanie où ces plantes dominent de nombreux milieux insulaires et ont développé des adaptations particulières. En Nouvelle-Guinée, où existent des formations dominées par les fougères arborescentes entre 3000 et 4000 m d'altitude, elles représentent le type arborescent monocaule dans le tropical alpin, que ne présentent pas les dicotylédones qui le développent habituellement dans cet étage (Astéracées et Lobéliacées). Sur le Mont Wilhelm (4509 m), 16 espèces de *Cyathea* ont pu être répertoriées lors de l'expédition PNG 2012 « La Planète revisitée » dans la seule vallée de Piunde-Aunde entre 2700 et 4300 m d'altitude, avec une très forte structure écologique qui fait que très peu d'espèces partagent la même niche. Elles occupent soit le même type d'écosystèmes à des altitudes différentes, soit des écosystèmes différents à la même altitude, soit exploitent différemment le même écosystème par des types biologiques distincts ou des variations de micro-habitat (drainage). L'exclusion écologique mutuelle entre espèces augmente avec l'altitude. Des communautés de fougères arborescentes existent dans les forêts aux altitudes inférieures alors qu'elles sont typiquement séparées dans des écosystèmes différents au-dessus de 3000 m. La formation la plus remarquable est la prairie humide à *Cyathea atrox* vers 3200 m d'altitude, où cette fougère arborescente présente une grande densité. Elle atteint la lisière de la forêt mais n'y pénètre pas. Les fougères arborescentes de haute altitude en milieu ouvert, avec leurs feuilles coriaces ou laineuses, sont un élément très caractéristique des hautes montagnes de Nouvelle-Guinée. A plus basse altitude, les fougères arborescentes demeurent présentes, mais discrètes dans les sous-bois de forêt dense humide. Elles interviennent aussi comme espèces pionnières, cicatricielles au niveau des ouvertures et des zones perturbées. Les fougères arborescentes ont été systématiquement récoltées, documentées et mises en herbier sur le transect altitudinal du Mont Wilhelm (3700 – 200 m), en vue de leur étude taxinomique.

En Nouvelle-Calédonie, la révision du genre *Cyathea* est en cours et le matériel de Dicksonia récolté a été utilisée dans une révision régionale du genre (Noben & Lehnert M. 2013).

Gymnospermes

Phylogénie et biogéographie des conifères austraux (1995-)

Setoguchi H., Asakawa Osawa T., **Pintaud J.-C**., Jaffré T. and Veillon J-M. 1998. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on rbcL gene sequences. American Journal of Botany 85: 1507–1516.
Ledru M.-P., Ferraz Salatino M.-L., Ceccantini G., Salatino A., Pinheiro F. and **Pintaud J.-C**. 2007. Regional assessment of the impact of climatic change on the distribution of a tropical conifer in the lowlands of South America. Diversity and Distributions 13: 761–771.

Cette thématique, développée au travers de diverses collaborations, notamment avec Hiroaki Setoguchi de l'Université de Kyoto, porte sur deux familles : Araucariacées et Podocarpacées.

Nos premières études ont porté sur la phylogénie de la famille des Araucariacées. L'article de 1998, qui fait référence en la matière, a permis de positioner le genre alors récemment découvert *Wollemia* d'Australie et mis en évidence la radiation taxonique récente du genre *Araucaria* en Nouvelle-Calédonie, où il est représenté par 13 des 17 espèces actuelles, toutes endémiques.

Dans le cadre de la même collaboration, je travaille actuellement sur la phylogénie du genre *Podocarpus*, dont j'ai pu augmenter l'échantillonnage lors de l'expédition PNG 2012, et de prospections dans les forêts andines.

J'ai également contribué à une étude biogéographique du genre *Podocarpus* au Brésil.

2.2. FORMATION, ENCADREMENT, PARTENARIAT, DIFFUSION ET VALORISATION

Encadrements scientifiques

Encadrement d'étudiants

THESES

Encadrement (à divers degrés d'implication, voir ci-dessous) de 16 thèses de doctorat entre 2001 et 2014, inscrites dans 11 universités de 10 pays (France, U.K., Espagne, Danemark, Algérie, Tunisie, Niger, Pakistan, Colombie et Pérou).

Direction de thèses

En qualité de professeur honoraire de l'Université Nationale Majeure de San Marcos (Pérou).

◆ **2012-2015. Natalia Molina.** Doctorat en Biologie de l'UNMSM. Directeur de thèse : Jean-Christophe Pintaud (IRD/UNMSM).
Thèse « Ecologie fonctionnelle, conservation et gestion des ecosystèmes terrestres de la Reserve Ecologique d'Arenillas (Equateur) ».

◆ **2013-2016. Lazaro Santa Cruz.** Doctorat en Biologie de l'UNMSM. . Directeur de thèse : Jean-Christophe Pintaud (IRD/UNMSM).
Thèse « Influence de la géomorphologie et de l'hydrologie de la déflexion Amotape-Huancabamba sur la diversité et la distribution des palmiers dans les Andes du nord du Pérou ».

Co-direction de thèses

◆ **2009-2012. Muriel Gros-Balthazard.** Doctorat de l'Université de Montpellier II. Bourse MESR de l'ED SIBAGHE. Directeur de thèse Jean-Frédérique Terral (CBAE) ; Co-directeur Jean-Christophe Pintaud (IRD).
Thèse « Sur les origines, l'histoire evolutive et biogéographique du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : l'apport de la génétique et de la morphométrie ».
Soutenue le 20 décembre 2012 à Montpellier.

Résumé:
Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), clé de voûte des agrosystèmes oasiens, est fondamental dans l'économie de subsistance des sociétés humaines traditionnelles, actuelles et passées. L'histoire de sa domestication demeure cependant mal connue. La culture du dattier, dont la première attestation remonte à la fin du 4ème millénaire BC à l'intérieur de la péninsule d'Oman, est mise en évidence tout au long du 3ème millénaire BC. Dès lors et surtout à partir du 2ème millénaire BC jusqu'au début de l'ère chrétienne, la palmeraie oasienne se développe partout autour du golfe persique et en Afrique saharienne, particulièrement en Egypte. Malgré cela, le centre d'origine du dattier est imprécis car aucune population sauvage n'est identifiée avec certitude.
Ce sujet de thèse vise à :

- identifier avec certitude l'ancêtre sauvage du dattier
- caractériser la diversité variétale actuelle et passée du palmier dattier
- comprendre les mécanismes de sa domestication et évaluer le rôle de l'hybridation interspécifique dans la création variétale
- dater et situer géographiquement les origines de sa domestication,
- identifier les centres de diversification et reconstruire les voies de dispersion des formes domestiquées.

Il est mené à travers des approches couplées, génétique et morphométrique. L'analyse morphométrique de graines archéologiques de dattes, comparés à un important référentiel actuel, permet d'accéder à certains aspects de la variabilité morphologique et ainsi de suivre l'évolution et l'histoire biogéographique de l'agrobiodiversité de l'espèce en relation avec la migration des populations humaines. L'étude de la structure génétique actuelle du dattier permet également de faire des inférences sur son évolution passée, certaines relations génotype-phénotype permettant de retrouver des variétés précises dans le registre archéologique.

- **2010-2013. María José Sanín.** Doctorat de l'Université Nationale de Colombie. Co-direction Gloria Galeano (Directrice de thèse, UN), Jean-Christophe Pintaud (Co-directeur, IRD). Bourses COLCIENCIAS et FP7-PALMS. Thèse « Etudes écologiques et génétiques sur le genre *Ceroxylon* (Arecaceae)».

Soutenue le 29 Novembre 2013 à Bogota (Colombie).

Résumé

La fragmentation est perturbante, car elle diminue la résilience des communautés végétales en modifiant la structure des populations. La fragmentation donne lieu à une diminution de la diversité par l'appauvrissement génétique des populations en raison de l'obstruction du flux de gènes (en particulier sur de larges distributions) et par l'augmentation de la dérive génétique irréversible qui accélèrent l'érosion génétique. L'effet à long terme de ces phénomènes est la perte de réactivité à l'évolution des conditions environnementales et donc une plus grande vulnérabilité à l'extinction. Les palmiers andins du genre *Ceroxylon* sont importants sur le plan écologique, car ils forment des palmeraies denses qui fournissent de la nourriture toute l'année pour de nombreuses espèces d'oiseaux et de mammifères, des sites de nidification pour un large éventail de psittacidés et présentent des syndromes de pollinisation complexes. Cependant, toutes les espèces sont menacées en raison principalement de la réduction des habitats et des pratiques agricoles non durables, l'élevage extensif et intensif et un mode de vie consumériste urbain qui augment de jour en jour dans les Andes. En outre, la vulnérabilité à l'extinction de ces espèces est exacerbée par la longueur du cycle de vie et la dioecie. Face à l'urgence environnementale à laquelle la Cordillère des Andes est confrontée aujourd'hui, les *Ceroxylon* représentent des cibles de conservation privilégiées, en raison de leur rôle clè-de-voute dans les écosystèmes andins et aussi en raison de leur caractère emblématique (*C. quindiuense* est l'arbre national de Colombie). Ce projet vise à : 1) étudier la structure écologique des populations de *C. quindiuense*, *C. ceriferum* et *C. ventricosum* en Colombie, en Equateur et au Pérou ; 2) quantifier et comparer la diversité génétique dans les différentes classes d'âge de C. quindiuense ; 3) analyser la phylogéographie du complexe d'espèces. Enfin, ce travail contribuera à fournir les informations nécessaires pour proposer un plan pour la conservation future de ces espèces.

Sanín M.J., Anthelme F., **Pintaud J.-C**., Galeano G., Bernal R. 2013. Juvenile resilience and adult longevity explain residual populations of the Andean wax palm *Ceroxylon quindiuense* after deforestation. PLoS ONE 8(10): e74139. doi:10.1371/journal.pone.0074139.

Participation à l'encadrement de thèses comme encadrant principal

- **2001-2004. Salwa Zehdi.** Doctorat de l'Université de Tunis. Co-encadrement Mohammed Marrakchi (directeur de thèse) et Jean-Christophe Pintaud.

Thèse « Diversité génétique du palmier dattier en Tunisie et identification moléculaire variétale ».

Soutenue le 20 décembre 2004 à Tunis (Tunisie).

Résumé

La Tunisie figure parmis les pays exportateurs de dattes les plus importants. Cependant, cetta activité économique repose sur une culture monovariétale industrialisée, la 'Deglet Nour'. Simultanément, l'aprobiodiversité traditionnelle, composée de près de 250 variétés distribuées dans trois régions (oasis sahariennes, oasis littorales, oasis de montagne) est sévérement menacée. La Tunisie est le pays dont

la caractérisation morphologique de l'agrobiodiversité phénicicole est la plus avancée. Cependant la caractérisation génétique est encore très limitée et aucune information n'est disponible pour les génotypes males. Dans cette thèse, 49 échantillons représentatifs des variétés et génotypes males des oasis sahariennes et littorales sont analysés à l'aide de 14 marqueurs micrisatellites nucléaires. Une clé d'identification variétale est en outre construite. Seuelement 3 marqueurs permettent de discriminer l'ensemble des variétés étudiées.

Zehdi S., Trifi M., Billotte N., Marrakchi M. and **Pintaud J.-C.** 2004. Genetic diversity of Tunisian date palms (*Phoenix dactylifera* L.) revealed by nuclear microsatellite polymorphism. *Hereditas* 141: 278–287.

- **2004-2007. Rommel Montúfar.** Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. Bourse IRD-DSF en alternance entre Quito et Montpellier. Directeur de thèse : Serge Hamon ; encadrant principal et examinateur : J.-C. Pintaud ; co-encadrants Jean-Louis Pham, Cédric Mariac, Stéphane Dussert (IRD).

Thèse « Structure génétique, biochimique, morphologique et écologique de *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae) : perspectives pour la valorisation durable d'une ressource forestière néotropicale ».

Soutenue le 7 Février 2007 à Montpellier.

Résumé

Oenocarpus bataua est depuis longtemps reconnu comme une espèce « prometteuse » des forêts tropicales d'Amérique du Sud, en raison de la teneur élevé du fruit (mésocarpe) en acides gras insaturés, en particulier oléique. Cependant, l'exploitation raisonnée et la mise en culture de cette espèce de haute valeur nutritionnelle peine à se développer. De plus, la taxinomie de cette espèce est confuse. Le genre lui-meme est sujet à controverse (*Oenocarpus* ou *Jessenia*) et deux pools morphologiquement distincts et géographiquement séparés existent, ayant été succéssivement considérés comme des espèces, des sous-espèces et des variétés (*bataua* et *oligocarpa*).

Les objectifs de cette thèse sont :

- Caractériser la différentiation morphologique et génétique des deux variétés et leurs relations phylogénétiques avec les autres espèces du genre
- Caractériser la variabilité écologique et la structuration génétique des populations de l'ouest de l'Amazonie
- Caractériser la composition lipidique des fruits et sa variabilité entre les populations de l'Amazonie péruvienne et de Guyane.

Les résulats obtenus doivent contribuer à établir les bases de la valorisation raisonnée de cette espèce.

Montufar R. and **Pintaud J.-C.** 2006. Variation in species composition, abundance, and microhabitat preferences among western Amazonian *terra firme* palm communities. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 127–140.

Montufar R., Mariac C., Pham J.-L. and **Pintaud J.-C.** 2007. Isolation of 23 polymorphic microsatellite loci in the Neotropical palm *Oenocarpus bataua* Martius (Arecaceae). *Molecular Ecology Notes* 7: 75–78.

Montufar R., Laffargues A., **Pintaud J.-C.**, Hamon S., Avallone S. and Dussert S. 2010. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. *Journal of the American Oil Chemists Society* 87: 167–172.

- **2011-2014. Syed Summar Abbas Naqvi.** Doctorat de l'Université d'Agriculture de Faisalabad (UAF), Pakistan. Co-encadrement Iqrar Ahmad Khan (Directeur de thèse, UAF) et Jean-Christophe Pintaud (IRD).

Thèse « Date palm diversity in Pakistan and its relationships with world dates germplasm: exploring the centre of origin of *Phoenix dactylifera* L. »

Soutenue le 30 Mars 2015 à Faisalabad (Pakistan).

Résumé
Les dattes représentent la 3ème production fruitière du Pakistan après les agrumes et les mangues. Le Pakistan fait potentiellement partie du centre d'origine Moyen-Orientale de la domestication du dattier (*Phoenix dactylifera* L.), mais l'origine et la diversité du pool génétique pakistanais n'ont jamais été étudiées. Dans le cadre de cette thèse, 170 échantillons de dattiers cultivés dont 75 cultivars ont été étudiés par une double approche de marquage moléculaire à l'aide de 18 marqueurs SSR et de morphométrie géométrique de la graine (en ce qui concerne les sujets femelles). Les données obtenues sont combinées à celles disponibles pour les autres pays phoenicicoles afin de positionner la diversité pakistanaise dans le contexte global. La variabilité de l'ADN chloroplastique est également étudié par le séquençage des locus psbZ-trnfM, rpoB, rpoC1, atpF intron et psbA-trnH. Ces locus ayant été choisis notamment d'après la comparaison des deux séquences complètes du génome chloroplastique du dattier disponibles (cv 'Aseel' du Pakistan et 'Khalass' d'Arabie).
Les résultats obtenus indiquent que l'agrobiodiversité pakistanaise s'intègre parfaitement dans la diversité de la région du Golfe Persique. Certains cultivars importants venus de pays voisins (Irak, Oman), renommés localement et dont la traçabilité avait été perdue, ont pu être identifiés. Le volume de données recueillies, en comparaison des pays voisins, a permis de mettre en évidence de nouveaux éléments de la diversité génétique du dattier, dont l'origine et la distribution restent à préciser.

- **2012-2015. José Olivera.** Doctorat en Sciences Biologiques de L'UNMSM, Lima (Pérou). Allocation de thèse du projet FP7-PALMS. Co-encadrement Rina Ramirez (Directrice de thèse, UNMSM) et Jean-Christophe Pintaud (IRD). Bourse FP7-PALMS.

Thèse « Phylogénie de la sous-tribu Mauritiinae et variabilité de *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) ».

Résumé
La sous-tribu des Mauritiinae, composée de 3 genres et 7 espèces, est le seul groupe Néotropical de la sous-famille des Calamoideae, laquelle contient en particulier les rottins d'Afrique et d'Asie. A la différence de ceux-ci, les Mauritiinae sont arborescent et ont des feuilles palmées. Une espèce fruitière, *Mauritia flexuosa*, est en cours de domestication. Bien qu'il s'agisse d'un groupe numériquement réduit, les Mauritiinae sont très diversifiés sur le plan morphologique et écologique. Dans le cadre de cette thèse, une phylogénie moléculaire complète au niveau spécifique est réalisée ainsi qu'une caractérisation de la diversité génétique de *Mauritia flexuosa* au Pérou à l'aide de marqueurs ISSR et SSR.

- **2012-2015. Souhila Moussouni.** Doctorat de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiene (USTHB), Alger. Co-encadrement Nadia Bouguedoura (directrice de thèse, USTHB) et Jean-Christophe Pintaud (IRD).

Thèse « Structure de la diversité génétique nucléaire et chloroplastique du palmier dattier en Algérie ».

Résumé
L'Algérie possède une riche diversité phénicicole largement distribuée dans les régions subméditerranéenne et saharienne du pays. Un millier da variétés dattières sont recencées pour l'ensemble de l'Algérie. Cependant, ces variétés n'ont pas fait l'objet d'une évaluation systématique, en particulier au niveau génétique, très peu d'entre elles ont été étudiées jusqu'à présent (Deglet Nour, Thorry). Pour cette étude, un echantillonnage de 450 individus de *Phoenix dactylifera* représentant 150 variétés provenant de 11 oasis de l'est, du centre et de l'ouest du pays a été constitué. Ce matériel est génotypé à l'aide de 18 marqueurs microsatellites nucléaires et de deux marqueurs chloroplastiques (un minisatellite et une SNP). La diversité génétique variétale et sa structuration géographique sont étudiées, et une clè de determination génétique des cultivars est réalisée à l'aide de 7 marqueurs. De plus, un ensemble de locus chloroplastiques est séquencé chez 12 variétés ayant le chlorotype dit oriental (originaire

d'Asie) et 12 variétés ayant le chlorotype dit occidental (originaire d'Afrique) afin de caractériser la divergence entre ces deux génomes.

- **2012-2015. Farida Si-Dehbi.** Doctorat de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiene (USTHB), Alger. Co-encadrement Nadia Bouguedoura (directrice de thèse, USTHB) et Jean-Christophe Pintaud (IRD).

Thèse « Etude de la variabilité génétique et phénotypique de quelques cultivars importants de palmier dattier en Algérie ».

Résumé

En Algérie, la multiplication des cultivars se fait de façon clonale, par la séparation de rejets à partir des pieds mères. Ce mode de multiplication n'exclut pas toute variabilité génétique en raison de l'existance de mutations somatiques. La variation somaclonale naturelle des cultivars n'a jamais été étudiée (les études de ce type portent sur les cultures *in vitro*). Quatre variétés ayant des comportements différents ont été choisies pour cette étude : Deglet Noor, la variété élite de culture industrielle chez qui on s'attend à ce que les variants somaclonaux soient éliminés en raison de l'exigence de stricte conformité au type standard ; Ghars, Mech Degla et Faggous, trois variétés de moindre importance chez lequelles on suppose que la variation somaclonale n'est pas controlée. Les marqueurs moléculaires utilisés sont des SSR et ISSR. Outre la caractérisation génétique, la variation phénotypique des fruits et graines de dattes sera étudiée au moyen de méthodes morphométriques. On étudiera la variabilité intra-arbre intra- et inter-infructescence, et la variabilité inter-arbres, dans différentes conditions de culture et avec l'emploi de différents pollinisateurs afin de mettre en évidence un eventuel effet métaxénique.

- **2013-2016. Oumarou Zango.** Doctorat en co-tutelle Université de Montpellier II (co-directeur Philippe de Reffye) et Université Abdou Moumouni de Niamey (co-directeur Yacoubou Bakasso). Encadrants principaux Hervé Rey (CIRAD-AMAP) et Jean-Christophe Pintaud (IRD-DIADE). Bourse de thèse Embassade de France au Niger – SCAC.

Thèse « Etude des variations des rythmes de croissance et élaboration d'un modèle ontogénique et architectural du palmier-dattier».

Résumé :

La culture du palmier dattier est un facteur de développement important, en particulier pour assurer la sécurité alimentaire au Sahel, région fortement affectée par l'aridification et l'altération des écosystèmes, dans un contexte de croissance démographique rapide.

Le sujet de thèse vise à définir les patrons de variation des rythmes de croissance au niveau des appareils végétatif aérien et reproducteur en relation avec la variabilité génétique et environnementale.

Les aspects suivants seront étudiés :

Au niveau individuel sur la station de recherche de l'ICRISAT :

- Quantification de la biomasse par organe et allocation des sucres
- Caractérisation des gradients de développement (acrotonie et autres variantes)
- Caractérisation de l'initiation et des variations du cycle de floraison
- Caractérisation génétique à l'aide de marqueurs microsatellites et recherche de corrélation entre distance génétique et différentiel de date de floraison entre génotypes
- Caractérisation architecturale et élaboration de modèles numériques permettant de rechercher des liens entre les caractéristiques structurales, la phénologie et la productivité.

Au niveau populationel dans la région des cuvettes du sud de Niger :

- Caractérisation de l'agrobiodiversité et des pratiques culturales par enquêtes auprès des cultivateurs et analyse de la diversité génétique.

Le résultat attendu est la définition des bases d'une optimisation de la culture et de la gestion des ressources génétiques du dattier au Niger.

Autres participations à l'encadrement de thèses

◆ **2009-2012. Wolf Eiserhart.** Doctorat de l'Université de Aarhus (Danemark). Directeur de thèse Henrik Balslev. Bourse FP7-PALMS.

Encadrement d'un stage de deux mois à Gènetrop (Montpellier), sur la diversité phylogénétique des communautés de palmiers de l'ouest de l'Amérique du Sud.

Thèse « Studies on the ecology, biogeography and evolution of palms (Arecaceae) with focus on the Americas».

Soutenue le 18 décembre 2012 à Aarhus (Danemark).

Abstract
The palm family (Arecaceae) increasingly serves as a model system to study the ecology and evolution of tropical ecosystems. This volume covers a wide range of topics in the areas of palm community ecology, macroecology, biogeography, and phylogeny, with a focus on the bridge between ecological and evolutionary processes. These topics fall into four categories: (i) Previous empirical evidence on the factors influencing palm species distributions, community composition, and species richness was summarised in a hierarchical scale framework. The effects of different components of the abiotic environment, biotic interactions, and dispersal are integrally dependent on spatiotemporal scale. Historical, including evolutionary factors are clearly important for palm distributions and diversity. (ii) Broad-scale patterns of palm species richness and phylogenetic turnover were studied across the Americas. Richness-environment relationships were found to be spatially variable; richness-water correlations decreased in strength, and richness-energy correlations increased in strength with latitude, indicating complex and systematic interactions between factors. Evolutionary history has a significant impact on continental-scale palm distributions, reflected in phylogenetic turnover among regional assemblages. A novel analytical framework was developed to separate the effects of phylogenetic niche conservatism and secular dispersal limitation. (iii) Local palm communities in the Americas were investigated in detail, beginning with a review of previous reports assessing diversity and growth-form composition. Western Amazon palm communities were analysed with newly collected field data. Habitat differences are integral in species richness, growth-form composition, and phylogenetic structure of American palm communities. Moreover, species richness is associated with climatic and biogeographic history, which also affects the phylogenetic structure of western Amazonian palm communities. (iv) The diversification history of the New-World-endemic palm subtribe Bactridinae was studied with nuclear and plastid DNA. The resulting well-resolved and -supported phylogeny refutes, in part, previous morphology-based classifications and phylogenetic hypotheses. Signatures of Andean uplift, and possibly Cenozoic climate change were identified from the dating of Bactridinae diversification. In summary, present day patterns of palm diversity and distributions were found to depend on both current ecological processes and the dynamics of speciation, extinction, niche evolution, and secular migration in response to past environmental change.

Eiserhardt W. L., **Pintaud J.-C.**, Asmussen-Lange C.B., Hahn W.J., Bernal R., Balslev H. and Borchsenius F. 2011. Phylogeny and divergence times of Bactridinae (Arecaceae, Palmae) based on plastid and nuclear DNA sequences. *Taxon* 60: 485-498.

◆ **2010-2013. Emira Cherif.** Doctorat de l'Université de Tunis, encadrants principaux Frédérique Aberlenc (IRD), Amel Salhi Hannachi et Salwa Zehdi (Université de Tunis).

Encadrement des aspects de développement et d'analyse de marqueurs microsatellites.

Thèse « Identification de marqueurs du sexe et évolution des chromosomes sexuels chez le palmier dattier».

Soutenue le 25 décembre 2013 à Tunis (Tunisie).

Résumé :
La stricte séparation des sexes, largement répandue dans le monde animal, est en revanche peu commune chez les plantes Angiospermes. La différenciation et l'évolution des chromosomes sexuels est un aspect important de l'étude des plantes dioïques, notamment chez le palmier dattier. Chez cette espèce, seules les femelles

productrices de dattes présentent un intérêt agronomique. Cependant, il est impossible de déterminer le sexe des individus avant l'âge reproductif, et le mécanisme de détermination du sexe est toujours inconnu. Afin de caractériser des marqueurs précoces du sexe chez le palmier dattier, une étude génétique à l'aide de marqueurs microsatellites a été menée en suivant une approche populationnelle. Cette approche a permis l'identification de trois loci liés au sexe qui génèrent des allèles mâles spécifiques permettant la discrimination du sexe à 100%. Ceci nous a permis également de confirmer l'existence d'un système chromosomique XY avec une région XY non-recombinante dans le génome du palmier dattier. De plus, une très faible diversité associée aux haplotypes Y est générée par ces loci, ce qui est cohérent avec une transmission paternelle clonale de la région non-recombinante mâle. Les résultats obtenus permettent d'établir le palmier dattier comme un modèle biologique possédant des chromosomes sexuels parmi les plus anciens rencontrés chez les angiospermes.

Cherif, E., Zehdi, S., Castillo, K., Chabrillange, N., Abdoulkader, S., **Pintaud, J.-C.**, Santoni, S., Salhi-Hannachi, A., Glémin, S. and Aberlenc-Bertossi, F. 2013. Male-specific DNA markers provide genetic evidence of an XY chromosome system and recombination arrest, and allow to trace paternal lineages in date palm. New Phytologist 197: 409-415.
Zehdi S., Cherif E., Rhouma S., Santoni S., Hannachi A., **Pintaud J.-C**. 2012. Molecular polymorphism and genetic relationships in date palm (*Phoenix dactylifera* L.): the utility of nuclear microsatellite markers. *Scientia Horticulturae* 148: 255-263.

- **2010-2013. Isabel Saro-Hernandez.** Doctorat de l'Université de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Directeur de thèse Pedro Sosa.

Encadrement sur les aspects d'analyse de données de génotypage microsatellites et de combinaison de jeux de données de *Phoenix canariensis* et *P. dactylifera*.

Thèse « Biologie reproductive et génétique des populations de *Phoenix canariensis* dans l'archipel des Canaries ».

Soutenue le 22 décembre 2013 à Las Palmas de Gran Canaria (Espagne).

Résumé :
Phoenix canariensis est le seul palmier spontané, et endémique, de l'archipel canarien. Présent sur 7 îles, il participe à différents écosystèmes de basse et moyenne altitude. Dans le cadre de cette thèse, la structuration intra-îles et inter-îles de la diversité génétique est étudiée, ainsi que le problème de la pollution génétique des populations naturelles par le dattier (*Phoenix dactylifera*) introduit, et devenu subspontané en divers endroits. Cette thèse se base sur une approche flux de gènes (intra-*canariensis* et interspécifiques), appuyée par des études sur les mécanismes de pollinisation et le transfert de pollen dans ce genre de palmiers dioiques.

- **2010-2013. Al-Ghaliya Humaid Al-Mamari.** Doctorat de l'Université de Nottingham. Directeur de thèse Sean Mayes.

Encadrement sur les aspects d'échantillonnage et d'analyse de données de génotypage microsatellites et examinateur.

Thèse « Application of genomics and molecular genetics in data palm (*Phoenix dactylifera* L.)».

Soutenue le 8 décembre 2013 à Nottingham (Royaume Uni).

Résumé :
Date palm (Phoenix dactylifera L.) is a diploid species with 18 pairs of chromosomes and an estimated genome size of 658 Mb. It is a dioecious perennial monocot, with a long generation time. Date palm is one of the major fruit crops grown in the Gulf countries and particularly in the Sultanate of Oman. Approximately 250 varieties of date palm are recorded throughout the country with evaluation and characterization based on morphological and reproductive traits. Limited molecular characterization work has been undertaken for date palm germplasm in general and Omani date palm germplasm, in particular.

The objectives of this study were:
- Investigate the genetic diversity of Omani date palm germplasm and compare it with world germplasm
- Differentiate female and male plants at the molecular level
- Construct an initial genetic map for date palm.

Samples were taken from eight parents of the available Omani date palm controlled crosses (Khalas 4, Khalas 13 male, Um-Alsela, Khori male, Barni, Naghal, Bahlani male, and Khasab) with 90 date palms from the BC1 and F1 populations, from 194 Omani date palm accessions (151 female cultivars and 43 male trees), together with samples from Sanremo, Bordighera, (USDA- ARS), France, Iraq, Libya, Sudan and Iran.
The F-statistics analysis showed that the genetic variation between female and male accessions based on random markers was only 2.1%, while within the broader group of Omani female and male accessions the molecular variation was 97%, suggesting that the Omani female and male accessions have little consistent divergence, compared to the large-scale divergence within Omani germplasm, so male palm have been derived from most genetic origins in Oman. Additionally, the Principal Coordinates Analysis (PCA) and bootstrap consensus phenetic tree showed that the Omani accessions were closely related to each other and there was no clear genetic differentiation between female and male cultivars.
A high degree of genetic variation was observed between germplasm from Oman, Sanremo, Bordighera, USDA-ARS, France, Iraq, Libya, Sudan and Iran as measured by Fst (19.7 %). The PCA showed that the Europe-Africa (Sanremo, Bordighera, France, Libya and Sudan) accessions are distinguished from West-Asia (Oman, Iraq and Iran) accessions and have their own autochthonous origin, a finding which was strongly validated by bootstrap consensus tree test.
A medium density genetic map in date palm was constructed using 53 individuals from BC1 and 30 individuals from F1 populations. The BC1 map consisted of 270 markers (28 SSR and 242 SNP) distributed into 29 linkage groups with total genetic length of 1,486.7 cM, while the F1 map consisted of 591 markers (21 SSR and 570 SNP) distributed into 30 linkage groups with total genetic length of 2,385.6 cM. A total of 25 combined linkage groups were possible by combining both BC1 and F1 maps through common markers.
A sex-link marker locus was developed and found to predict a high level of discrimination between male and female date palms among multiple varieties distributed across the wide range of cultivation, with an accuracy of 100% in the Omani crosses, 96% in the broad Omani material and 86% in the broadest date palm germplasm. This marker was also mapped in both BC1 and F1 at 42.8 cM and 4.9 cM in linkage groups 18 and 29, respectively and on combined group 19 at 42.8cM.

◆ **2012-2015. Chloé Guerin.** Doctorat de l'Université de Montpellier II. Encadrants principaux Stéphane Dussert et Fabienne Morcillo.

Participation à la définition du plan d'échantillonnage multispécifique et à l'analyse des données correspondantes, logistique et encadrement de certais aspects du travail de terrain en Equateur (étude des populations sauvages de palmiers).

Thèse « Déterminisme moléculaire de la composition en acides gras de l'huile accumulée dans le fruit et la graine des Arecaceae ».

Résumé :
Les matières grasses (MG) végétales jouent un rôle économique et social de tout premier plan au Nord comme au Sud. Bien que les usages alimentaires ou industriels (détergents, cosmétiques, biocarburants, etc) d'une MG soient principalement déterminés par sa composition en acides gras (AG), les mécanismes impliqués dans la variation considérable existant chez les plantes pour la composition en AG des lipides accumulés dans les graines et les fruits sont encore très mal connus. Les huiles extraites du mésocarpe et de la graine des palmiers cultivés (palmier à huile, cocotier, ...) sont respectivement les principales sources d'acide palmitique et d'acide laurique. La demande industrielle mondiale pour des MG riches en ces deux AG connait une croissance spectaculaire. Néanmoins, il existe de très grandes différences au sein des palmiers pour la composition en AG des MG stockées dans le mésocarpe et la graine. Ce projet de thèse vise à identifier les déterminants moléculaires de cette variabilité interspécifique. Deux niveaux de diversité seront explorés. Au sein du genre *Elaeis*, il s'appuiera sur population d'hybrides rétro-croisés entre le palmier africain *E. guineensis* et son cousin américain *E. oleifera*. Dans un second temps, une centaine d'espèces de la grande famille des Arécacées sera étudiée. Dans les deux cas, une approche récente de la biologie des systèmes, l'analyse des réseaux de co-expression génique, sera utilisée après obtention des transcriptomes et des lipidomes des tissus étudiés au cours de leur développement.

◆ **Membre de jury de thèses de doctorat**

2004 – Hélène Adam. Thèse "Caractérisation de gènes appartenant à la famille MADS Box chez le palmier à huile et étude de leur rôle dans la mise en place de la structure florale". UMII.
Examinateur.

2007 – Rommel Montúfar. Thèse "Structure génétique, biochimique, morphologique et écologique de *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae) : perspectives pour la valorisation durable d'une ressource forestière néotropicale". Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
Encadrant principal.

2011 – Romain Thomas. Thèse "Anatomie comparée des palmiers, identification assistée par ordinateur, applications en paléobotanique et archéobotanique". Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
Examinateur.

2012 – Muriel Gros-Baltzard. Thèse "Sur les origines, l'histoire evolutive et biogéographique du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : l'apport de la génétique et de la morphométrie". UMII.
Co-directeur.

2013 – Al-Ghaliya Humaid Al-Mamari. Thèse "Application of genomics and molecular genetics in date palm (*Phoenix dactylifera* L.)". The University of Nottingham.
Examinateur (external examiner).

2013 – María José Sanín. Thèse « Estudios ecológicos y evolutivos en *Ceroxylon* (Palmae: Ceroxyloideae). Universidad Nacional de Colombia, Bogota.
Co-directeur.

MASTERS ET EQUIVALENTS

Incluant les anciens diplômes français de 3ème cycle (DEA, DESS), les équivalents master I : maîtrises (France) et Licenciatura (Equateur, Pérou), et master II : masters et maestrias étrangers. 29 étudiants encadrés entre 1999 et 2014

DEA

◆ **2001. Eduardo Morillo.** DEA (Agro Montpellier).
Stage IRD Montpellier « Diversité génétique et introgression interspécifique chez le manioc ».
Co-encadrement Gérard Second, Jean-Louis Pham et J.-C. Pintaud (IRD).

◆ **2003. Thomas Couvreur.** DEA Biologie Ecologie Evolution, Université de Montpellier II.

Stage IRD Montpellier et PUCE Equateur « diversité génétique et domestication chez *Bactris gasipaes* ». Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD) et Bertha Ludeña (PUCE).

Couvreur T. L. P., Billotte N., Risterucci A.-M., Lara C., Vigouroux Y., Ludeña B., Pham J.-L. and **Pintaud J.-C.** 2006. Close genetic proximity between cultivated and wild *Bactris gasipaes* Kunth revealed by microsatellite markers in Western Ecuador. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 1361–1373.

◆ **2003. Rommel Montúfar**. DEA Ressources Phytogénétiques et Interactions Biologiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.

Stage IRD Montpellier « Phylogénie moléculaire et diversité génétique du genre *Jessenia* dans les forêts tropicales humides de l'Amérique du Sud ». Co-encadrement J.-C. Pintaud, Jean-Louis Pham et Cédric Mariac (IRD).

DESS

◆ **1999. Orane Bishoff.** DESS « Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux » (Paris).

Stage IRD Equateur « Botanique, écologie et usages d'*Astrocaryum standleyanum* Bailey (Palmier) sur la côte équatorienne ». Co-encadrement Francis Kahn et J.-C. Pintaud (IRD).

◆ **2003. Céline Camps.** DESS Bioingénierie, option Biotechnologies végétales, Université Paul Sabatier, Toulouse.

Stage PUCE Equateur « Etude de la diversité génétique et caractérisation du déséquilibre de liaison entre locus microsatellites au sein de populations naturelles de *Elaeis oleifera* ». Co-encadrement Norbert Billotte (CIRAD), J.-C. Pintaud (IRD) et Bertha Ludeña (PUCE).

MASTER II et MASTERS ETRANGERS

◆ **2006. Cecilia Vegas.** Master Botanique tropicale UNMSM, Lima (Pérou).

Stage MHN Lima « Caracterisación anatomica del pericarpio de especies de *Astrocaryum* (Palmae) ». Co-encadement Francis Kahn, J.-C. Pintaud (IRD) et Betty Millán (UNMSM).

Vegas C., Millán B., **Pintaud J.-C.** and Kahn F. 2008. Anatomy of fruit and perianth in Peruvian species of the genus Astrocaryum (Arecaceae): description and taxonomical importance. Revista Peruana de Biología 15(supl. 1): 85-96.

◆ **2006. Victor Vargas.** Master Ecologie forestière, UNAP, Iquitos, Pérou.

Stage UNAP Iquitos « Inventario y ecología de las palmeras de Loreto ». Encadrement J.-C. Pintaud.

Vargas V.H. and **Pintaud J.-C.** 2008. Caracterization of a parapatric contact zone between *Astrocaryum macrocalyx* and *Astrocaryum urostachys* at the boundary of the Marañón-Pastaza flood plain and the Iquitos arch. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 79-83.

Vargas V.H, Stauffer F.W., **Pintaud J.-C**. 2012. Richness, uses and conservation of palms (Arecaceae) in the Allpahuayo-Mishana National Reserve (Peru). Acta Botanica Venezolana 35: 53-70.

◆ **2007. María José Sanín.** Master Biologie végétale, Université Nationale de Colombie. Stage UN Medellin « Phylogénie et systématique du genre *Ceroxylon* (Arecaceae) ». Co-encadrement Gloria Galeano (UN) et J.-C. Pintaud (IRD).

◆ **2009. Claire Tito de Morais.** Master II Biologie et Evolution des Plantes (BEP), UMII.

Stage INRA-AMM et CBAE Montpellier « Mise en évidence du rôle de l'hybridation interspécifique dans la création variétale traditionnelle chez le dattier ». Co-encadrement Jean-Frédéric Terral (CNRS-CBAE) et J.-C. Pintaud (IRD).

◆ **2010. Karina Castillo.** Master II Intégration des compétences/Bioinformatique - UMII.

Stage IRD Montpellier « *PhoenixDB* : une base de donnée pour l'identification des cultivars de palmier dattier ». Co-encadrement Frédérique Aberlenc, J.-C. Pintaud (IRD) et Isabelle Mougenot (UMII-LIRM).

Aberlenc-Bertossi F., Castillo K., Tranchant-Dubreuil C., Chérif E., Ballardini M., Abdoulkader S., Gros-Balthazard M., Chabrillange N., Santoni S., Mercuri A., **Pintaud J.-C.** 2014. In silico mining of microsatellites in coding sequences of the date palm (Arecaceae) genome, characterization, and transferability. *Applications in Plant Sciences* 2: 1300058.

◆ **2011. Sabira Abdoulkader.** Master II Biologie Végétale Intégrative. Université d'Angers. Stage INRA-AMM Montpellier « Diversité du genre *Phoenix* à Djibouti ». Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD), Sylvain Santoni (INRA) et Frédérique Aberlenc (IRD).

◆ **2011. José Manuel Barreiro.** Master Biologie de la Conservation. PUCE (Equateur).

Stage IRD Montpellier « Diversité génétique de *Euterpe precatoria* en Amérique du Sud ». Co-encadrement J.-C. Pintaud, Yves Vigouroux, Cédric Mariac, Marie Couderc (IRD) et Rommel Montúfar (PUCE).

◆ **2011. Sebastian Escobar.** Master Biologie de la Conservation. PUCE (Equateur).

Stage IRD Montpellier « Diversité génétique de *Oenocarpus bataua* en Amérique du Sud ». Co-encadrement J.-C. Pintaud, Yves Vigouroux, Cédric Mariac, Marie Couderc (IRD) et Rommel Montúfar (PUCE).

◆ **2011. Muhammad Salman Haider.** Master Horticulture. Université d'Agriculture de Faisalabad (Pakistan).

Stage Date Palm Research Station, Jhang « Morpho-biochemical analysis of date palm germplasm in Pakistan ». Co-encadrement J.-C Pintaud (IRD) et Iqrar Khan (UAF).

◆ **2012. Oumarou Zango.** Master II Biologie Végétale Tropicale (BVT), UMII.

Stage AMAP Montpellier « Modélisation de l'architecture de l'inflorescence femelle du palmier dattier ». Co-encadrement Hervé Rey, René Lecoustre (CIRAD) et J.-C. Pintaud (IRD).

◆ **2012. Marinoli Rivas.** Master Botanique tropicale UNMSM (Pérou).

Stage MHN Lima « Développement foliaire dans le genre *Astrocaryum* ». Co-encadrement Francis Kahn, J.-C. Pintaud (IRD) et Betty Millán (UNMSM).

- **2013. Adama Faye.** Master II Taxonomie, Biodiversité, Ethnobotanique et Conservation des Ressources Naturelles (Université de Dakar) / Sciences de l'Univers, Environnement Ecologie (Paris Sorbonne) / Evolution, Patrimoine Naturel et Sociétés (MNHN). Spécialité : Systématique, Evolution et Paleobiodiversité ; Parcours : Biodiversité et Environnement des Végétaux Tropicaux (BEVT).

Stage IRD Montpellier « Phylogénie moléculaire et évolution des caractères morphologiques chez les rotins d'Afrique (Arecaceae/Palmae) ». Co-encadrement Thomas Couvreur et J.-C. Pintaud (IRD).

Faye A., **Pintaud J.-C.**, Baker W.J., Sonké B., Couvreur T.L.P. (in press). A plastid phylogeny of the African rattans (Ancistrophyllinae, Arecaceae). Systematic Botany.

- **2013-2014. Maria del Carmen David Salas.** Master Biologie Moléculaire UNMSM (Pérou).

Stage Universidad Agraria de La Molina, Lima « Identifications de séquences homologues du gène orfH522 de *Helianthus annuus* dans le complexe sauvage-domestiqué de *Smallanthus sonchifolius* (Asteraceae) ». Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD/UNMSM) et Université Agraire de La Molina (Pérou).

- **2013. Sophie Bourguet.** Master II Biologie des Plantes et des Micro-organismes, Biotechnologies, Bioprocédés ; Spécialité : Biologie des Plantes ; Parcours : Biologie Fonctionnelle des Plantes. UMII.

Stage CSRP Sanremo et CBAE Montpellier « Dynamique de l'hybridation dans le genre *Phoenix* sur la Riviera italienne : caractérisation génétique et phénotypique ». Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD), Jean-Frédéric Terral (CBAE) et Claudio Littardi (CSRP).

- **2013-2014. Victor Jimenez.** Master Biologie Moléculaire UNMSM (Pérou).

Stage UNMSM Lima « Dynamique de la spéciation du genre *Astrocaryum* dans la vallée inter-andine du Huallaga ». Encadrement J.-C. Pintaud (IRD/UNMSM).

- **2013-2014. Jenny Rojas Fox.** Master Botanique Tropicale UNMSM (Pérou). Caractérisation de la flore vasculaire et phytogéographie de la forêt tumbesienne. Co-encadrement Asunción Cano (UNMSM) et J.-C. Pintaud (IRD).

MASTER I, MAITRISES et LICENCIATURA

- **1999. Loïc Braida.** Maîtrise (Nancy).

Stage PUCE Equateur « *contribution à l'étude des caractères cyto-histo-chimiques du système racinaire du palmier à huile en relation avec la maladie de la pourriture du cœur* ». Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD) et Bertha Ludeña (PUCE).

- **2002. Thomas Couvreur.** Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université de Montpellier II.

Stage IRD Montpellier « Phylogénie du genre *Bactris* et origine du palmier domestiqué *Bactris gasipaes* ». Encadrement J.-C. Pintaud.

Couvreur T.L.P., Hahn W.J., de Granville J.-J., Pham J.-L., Ludeña B. and **Pintaud J.-C.** 2007. Phylogenetic relationships of the cultivated Neotropical palm *Bactris gasipaes* (Arecaceae) with its wild relatives inferred from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Systematic Botany* 32: 519–530.

- **2004. Mauricio Vallejo.** Licenciatura PUCE (Equateur).

Stage PUCE Equateur « Comparación de la ecología y de la diversidad genética de dos especies hermanas de palmeras : *Astrocaryum urostachys* Burret y *A . macrocalyx* Burret. » Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD) et Bertha Ludeña (PUCE).

Vallejo M., Vegas C. and **Pintaud J.-C.** 2004. Comparative study of the distribution of *Astrocaryum macrocalyx* Burret and *Astrocaryum urostachys* Burret in function of the topography, drainage and architecture of the forest in western Amazonia (Ecuador and Peru). *Lyonia* 7 (1), pp. 99-106.

- **2006. Germania Karolys.** Licenciatura PUCE (Equateur).

Stage PUCE Equateur « Caracterisación de la diferenciación genética entre especies cercanas de *Astrocaryum sect. Ayri* (Palmae) ». Co-encadrement J.-C Pintaud (IRD) et Bertha Ludeña (PUCE).

- **2006. Carolina Lara.** Licenciatura PUCE (Equateur).

Stage PUCE Equateur « Estudio de la diversidad genética y flujo génico en *Bactris gasipaes* (Palmae) ». Co-encadrement J.-C Pintaud (IRD) et Bertha Ludeña (PUCE).

- **2006. Nesly Ortega.** Licenciatura en Biologia, UNMSM, Lima (Pérou)

Stage MHN Lima « Morfometria de las plantulas de especies del género *Astrocaryum* (Palmae) ». Co-encadement Francis Kahn, J.-C. Pintaud (IRD) et Betty Millán (UNMSM).

- **2008. Sabira Abdoulkader.** Master I Biologie et technologie du végétal, parcours BVI, Université d'Angers.

Stage INRA-AMM Montpellier « Etude 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 ». Co-encadrement Frédérique Aberlenc, J.-C. Pintaud (IRD) et Sylvain Santoni (INRA).

- **2011. Oumarou Zango.** Master I Biologie Végétale Tropicale (BVT), UMII.

Stage AMAP Montpellier « Etude comparative de l'architecture et de la géométrie de l'inflorescence mâle et femelle du palmier dattier ». Co-encadrement Hervé Rey (CIRAD), J.-C. Pintaud et Frédérique Aberlenc (IRD).

Zango O., Littardi C., **Pintaud J.-C**., Rey H. 2013. Comparative study of architecture and geometry of the date palm male and female inflorescences. Acta Horticulturae 994 : 175-191.

LICENCES, DUT

- **1998. Sarah Triki-Teurkoy.** Licence (ENS Lyon).

Stage IRD Equateur « *structuration d'un peuplement de palmiers le long d'une toposéquence en Amazonie équatorienne* ». Co-encadrement Francis Kahn et J.-C. Pintaud (IRD).

- **2009. Flavie Bidel.** DUT, IUT de Caen.

Stage IRD et CIRAD Montpellier « Etude de la différentiation inter- et intraspécifique dans le genre *Phoenix* par phénotypage SPIR ». Co-encadrement J.-C. Pintaud (IRD) et Fabrice Davrieux (CIRAD).

Accueil et encadrement de chercheurs et autres professionnels

- **2001. Bertha Ludeña.** professeur de l'université PUCE, Quito (Equateur). Echange Scientifique de Courte Durée (ESCD), Août-Septembre 2001, à Montpellier.
- **2001. Carole Moreau.** Encadrement d'une stagiaire Espace Cadres ANPE post-DEA à Montpellier (Novembre-Décembre 2001) sur un projet Génopole de séquençage d'ADN chloroplastique de *Elaeis*.
- **2001. Djibril Sané.** Chercheur UCAD Sénégal. Initiation au marquage moléculaire chez le dattier au laboratoire Genetrop.
- **2002. Delphine Gluchy.** CSN IRD affectée à la PUCE.

Pintaud J.-C., Gluchy D. & Ludeña B. 2003. Diversidad genética y filogenia molecular del genero *Astrocaryum* (Arecaceae). Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 71 : 249-259.

- **2009-2011. Marco Ballardini.** Chercheur CRA, Italie. Projet MeRSI. Séquençage de marqueurs chloroplastiques et génétypage microsatellite chez le palmier-dattier.
- **2009-2010. Bertha Ludeña.** CDD 9 mois sur le projet FP7-PALMS.

Ludeña B., Chabrillange N., Aberlenc-Bertossi F., Adam H., Tregear J.W., **Pintaud J.-C.** 2011. Phylogenetic utility of the nuclear genes Agamous 1 and phytochrome B in palms (Arecaceae): an example within Bactridinae. *Annals of Botany* 108: 1433-1444.

- **2011. Angel Martin Rodriguez del Castillo.** Chercheur IIAP Pérou. Stage phylogénie du genre *Attalea* (Bourse d'excellence Ambassade de France).

- **2011-2012. Julissa Roncal.** Bourse Marie Curie *People* Intra European Fellowship (IEF).

Encadrement en qualité de responsable scientifique du projet.

Titre « A multilocus approach to the phylogenetic inference of an island and continental plant radiations » (Plant Speciation).

Publishable summary

The tropical region harbors the world's richest plant biodiversity, yet it is the most poorly known ecologically and genetically. Through the reconstruction of evolutionary trees we can understand the time and manner this biodiversity arose. Understanding the evolution of economically important plant species and their wild relatives is of importance to human society because it will inform decisions on sustainable use and conservation of our plant resources. *Coffea* and *Astrocaryum* are two large tropical plant genera that include economically important species such as coffee and non-timber forest products, thus they constitute good case studies of tropical evolution. The general goal of this project was to conduct a comparative analysis of two plant radiations, one occurring in continental south America (the palm genus *Astrocaryum*), and the other occurring in the island of Madagascar (wild coffee trees in the genus *Coffea*). Phylogenetic trees based on DNA evidence were constructed to achieve this goal.

For the continental palm case, we have carefully selected and sequenced a set of five nuclear and five chloroplast genes not commonly used toward species tree reconstructions. Selection criteria were mainly the low copy number of the gene within the whole genome and the adequate mutation rate needed at this taxonomic scale. The *Astrocaryum* phylogeny consisted of a total of 51 species (30 species in *Astrocaryum* and 21 in related palm genera). Cloning was performed when necessary to achieve good-quality sequences. This tree was then dated using the fossil record to obtain the divergence time (ca. 6 million years) of a subgroup of 13 Astrocaryum species growing mostly in the western Amazon. We used novel methods on biogeographical analysis to show that colonization of the western Amazon occurred after the disappearance of a big aquatic system called Pebas that existed until the middle Miocene, 11 million years ago. Our results also suggested a role for the Guiana Shield as an area that harbored the ancestral populations of plants in South America. We found an increased speciation rate of palms at a time that coincided with a period of climatic change and the elevation of the Andean mountains (13 million years ago). These results have been presented at a major International Botanical Congress in Australia in 2011 and published as part of a special issue in the Botanical Journal of the Linnean Society.

Once we revealed the divergence time of the western Amazonian palm subgroup (section Huicungo), we carried out a phylogeographic analysis to unravel the geographic distribution of genetic units (haplotypes) that could provide insight on the speciation pattern of lowland Amazonian plant species. Our sampling consisted of 87 individuals from 13 Huicungo species and six other *Astrocaryum* species. We inferred the divergence times and phylogeny of these haplotypes using a Bayesian-based modeling approach. Huicungo species had unique mutation events with respect to other palms. The ancestral population of this radiation likely originated south of the Western Andean Portal (a south American marine incursion localized at 3-5°S) as revealed by the wide geographic distribution of the ancestral haplotype south of this formation. A speciation pattern of populations from the central to the northern Andes was thus found reflecting the Andean elevation history. This central (or south) to north Andean speciation pattern has also been proposed for other plant and animal groups.

An extensive molecular phylogenetic study of the genus *Coffea* was developed as part of a PhD thesis at the host institution. This phylogeny allowed selection of a recent radiation of Malagasy species, which includes the C. millotii species complex, a mostly humid forest group of around six species in active diversification. Through the availability of the entire commercial coffee genome, the host institution is characterizing a set of 1700 "virus-like" DNA fragments called retrotransposons. Using these genomic resources we have characterized a set of 10 putatively active retrotransposons in C. millotii. We optimized a fingerprinting technique, which detects the "copy and paste" activity of retrotransposons. The insertion of the same DNA fragment in the same genomic region is inherited from ancestors to descendents and thus can be a useful tool to track the evolutionary history of plants. We analyzed the "copy and paste" activity of four of the ten characterized retrotransposons in a sampling scheme of 136 coffee individuals distributed in humid and dry forests of Madagascar. Using a distance tree we found well to moderately supported clusters corresponding to different species and populations. These results support the morphological evidence for species boundaries, and the synonymy of previously recognized species. However, the evolutionary relationships among species were not clear in the tree. We mapped habitat type and geographic region for each individual in the tree. No interesting pattern emerged from the habitat types, however individuals grouped by geographic regions separating the northwest from the east and southeast of Madagascar. These results support the hypothesis of a north to south speciation pattern as suggested by an increased genome size in Coffea in the south.

Ecosystems and the biodiversity harbored within them provide human society the fundamental goods and services required for life on earth. These natural products are currently threatened by climate change and shifts in land-

use. It is therefore imperative that biodiversity is integrated in mitigation and conservation efforts. Research on speciation patterns like the one we have conducted is fundamental for biodiversity conservation because the environmental and genetic factors that promote speciation must be considered in the design and management of protected natural areas and in restoration actions. Through a better understanding of how species evolve, conservation scientists and practitioners can strive to preserve an environment that will sustain current and potentially new species.

Roncal J., Kahn F., Millán B., Couvreur T., **Pintaud J.-C.** 2013. Cenozoic colonization and diversification patterns of tropical American palms: evidence from *Astrocaryum* (Arecaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 171: 120-139.

Enseignements

Conception et dispense de modules d'enseignement

◆ SYSTEMATIQUE PHYLOGENETIQUE (40 h)

Ce module enseigné au niveau *Licenciatura* (Equateur), master et doctorat (Pérou) comprend des cours magistraux et des travaux dirigés, il aborde les principes généraux de la reconstruction phylogénétique (terminologie, structure des arbres, propriété des caractères), les aspects spécifiques à l'utilisation d'information provenant de séquence d'ADN (types de mutation, alignements, modèles d'évolution moléculaire, horloge et dation moléculaire), les principales méthodes (phénétique, cladistique, méthodes probabilistes, analyse spectrale, décomposition de partitions, méthodes bayesiennes, méthodes de coalescence).

Réalisations (dispensé en espagnol) :

- Juillet 1999 : PUCE, Quito (Equateur)
- Juillet 2001 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Janvier 2002 : PUCE, Quito (Equateur)
- Octobre 2002 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Octobre 2003 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Mars 2004 : PUCE, Quito (Equateur)
- Octobre 2004 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Juillet 2005 : PUCE, Quito (Equateur)
- Juillet 2006 : PUCE, Quito (Equateur)
- Novembre 2006 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Septembre 2007 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Novembre 2008 : UNMSM, Lima (Pérou)

- Mai 2012 : UNMSM, Lima (Pérou) – *Pro parte* (caractère et homologie, 4h ; incongruence ef conflis en phylogénie, 4h, dans le cadre du module de doctorat « Biodiversité ».
- Septembre 2013 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Mai 2014 : UTPL, Loja (Equateur)
- Juin 2014 : UNMSM (Lima)

◆ METHODES CLADISTIQUES EN BIOGEOGRAPHIE HISTORIQUE (40 h)

Ce module enseigné au niveau master et doctorat (Pérou) comprend des cours magistraux et des travaux dirigés : bases de la cladistique, cladogrammes taxons-aires, recherche des aires ancestrales, PAE (Parcimony Analysis of Endemicity), vicariance, Parcimonie de Brooks.

Réalisations (dispensé en espagnol) :

- Novembre 2005 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Novembre 2009 : UNMSM, Lima (Pérou)
- Janvier 2013 : UNMSM, Lima (Pérou)

◆ BIOGEOGRAPHIE ECOLOGIQUE (40 h)

Ce module enseigné au niveau master et doctorat (Pérou) comprend des cours magistraux, des travaux dirigés et une sortie sur le terrain : écologie des communautés (facteurs déterminant la coexistence d'espèces, théorie de la sélection relachée, théorie neutre, théorie de la partition de niches, théorie de la facilitation, résilience), diversité phylogénétique des communautés, endémisme, gradient altitudinal.

Réalisations (dispensé en espagnol) :

- Septembre 2012 : UNMSM, Lima et UNAS, Tingo Maria (Pérou)

◆ ECOSYSTEMES NEOTROPICAUX (40 h)

Ce module du doctorat en Sciences Biologiques de l'UNMSM aborde les méthodes d'analyse des écosystèmes appliquées aux formations végétales Néotropicales. Dans sa première édition (2012), il était couplé au module de biogéographie écologique (voir ci-dessus).

Ce cours est organisé en collaboration avec une université de province du Pérou (différente chaque année), afin de renforcer les liens académiques inter-universitaires

et d'aborder différents types d'éco/agro-systèmes. Le cours comprend un aspect culturel/archéologique d'interprétation des paysages anthropisés.

Réalisations (dispensé en espagnol) :

- Septembre 2012 : UNMSM, Lima et UNAS, Tingo Maria (Pérou) – Ecosystèmes forestiers humides sub-andin.
- Juillet 2013 : UNMSM, Lima et UNTRM, Chachapoyas (Pérou) – Ecosystèmes forestiers andins (forêt néphéliphile) et héritage de la civilisation Chachapoya.
- Septembre 2014 : UNMSM, Lima et UNSCH, Ayacucho (Pérou) – Ecosystèmes alto-andins suproforestiers, agrosystèmes précolombiens (héritage de la civilisation Wari).

◆ BIOLOGIE, SYSTEMATIQUE, ECOLOGIE ET USAGES DES PALMIERS (40 h).

Ce module enseigné au niveau *Licenciatura* (Equateur), master et doctorat (Pérou), réalisé en partie ou en totalité sous forme d'une sortie sur le terrain comprend des cours magistraux, des travaux dirigés et des travaux pratiques. Son contenu varie suivant les contextes (forêt tropicale humide de basse altitude ou de montagne, agrosystèmes, plantations ornementales).

Réalisations (dispensé en espagnol) :

- Novembre 2000 (avec Francis Kahn) : UNMSM-IIAP, Jenaro Herrera (Pérou)
- Septembre 2003 : PUCE, Quito et Puerto Quito, Pichincha (Equateur)
- Novembre 2003 : UNMSM-IIAP, Jenaro Herrera (Pérou)
- Septembre 2004 : PUCE, Quito et Mindo Loma, Pichincha (Equateur)
- Novembre 2004 : UNMSM-IIAP, Jenaro Herrera (Pérou)
- Juillet 2006 : UNMSM-UNAS, Tingo Maria (Pérou)
- Juillet 2007 : PUCE, Quito et Cerro Bomboli, Pichincha (Equateur)
- Novembre 2007 : UNMSM Amazonas & San Martin (Pérou)
- Novembre 2008 : UNMSM San Ramon (Pérou)
- Novembre 2009 : UNMSM Lima (Pérou)
- Juin 2012 : UNMSM Sullana (Pérou)
- Juillet 2013 : UNMSM Chachapoyas (Pérou)
- Août 2014 : UNMSM/UNSM Moyobamba (Pérou)

Autres cours

◆ **CHLOROPLASTE ET MITOCHONDRIE (4 h)**

Origine des organelles des Eucaryotes, histoire évolutive de l'endosymbiose chloroplastique, cas particuliers des Dinoflagellés, structure et évolution de l'ADN chloroplastique chez les plantes, la mitochondrie, variabilité structurale de l'ADN mitochondrial végétal, interactions structurales et fonctionnelles entre compartiments génomiques, cas du cycle de Calvin.

Réalisations (dispensé en espagnol) :

- Juillet 2005 : PUCE, Quito (Equateur)
- Mai 2012, Mai 2013, Mai 2014 : UNMSM, Lima (Pérou), intégré dans un module semestriel de cours de doctorat intitulé « Biodiversité ».

Animation scientifique

Développement de réseaux scientifiques, collaborations et partenariats

◆ **EUROPEAN NETWORK OF PALM SCIENTISTS (EUNOPS)**

L'idée de mettre en réseau la recherche académique et muséologique en matière de systématique des palmiers est née en 2000 de discussions entre deux chercheurs, William J. Baker, des Jardins Botaniques Royaux de Kew, en Angleterre, et Anders Barfod, de l'Université de Århus au Danemark. Suite à ces discussions, fut organisée à l'Université de Århus, la première rencontre du « Réseau Européen des Systématiciens des palmiers », en Mai 2001. De Montpellier, j'y participais avec Marie-Charlotte Anstett (CNRS-CEFE). Celle-ci, spécialiste d'écologie fonctionnelle, proposa de remplacer « Systematists » par « Scientists » afin d'élargir le champ d'action du réseau et de mieux correspondre à la diversité déjà émergente des chercheurs présents à cette première rencontre, sans changer l'acronyme EUNOPS, qui resta ainsi défini.

Nous nous proposâmes en outre d'organiser la seconde réunion à Montpellier en 2002. Au cours de la préparation de cette seconde rencontre, deux faits me sont clairement apparus : (1) la recherche académique sur les palmiers en France était restreinte, dispersée et les rares acteurs du domaine n'interagissaient pas entre eux ; (2) la recherche agronomique sur les palmiers en Europe était très développée, mais

relevait d'une toute autre culture scientifique, et aucune communication d'existait entre la composante agronomique appliquée (essentiellement au palmier à huile et au cocotier) et la composante académique, en particulier des systématiciens ; même les termes descriptifs du palmier utilisés par les deux communautés étaient totalement différents.

Étant basé à Montpellier, où le site Agropolis était historiquement l'un des principaux centres de recherche en agronomie tropicale en général et sur les palmiers en particulier, il m'a paru important de m'investir pour faire évoluer cette situation, qui se présentait comme une sérieuse limitation au progrès de la recherche sur les palmiers en France et en Europe en général.

Mise en réseau des recherches de type académique françaises sur les palmiers

En ce qui concerne les acteurs français de la recherche en botanique des palmiers, l'IRD avait une longue tradition, particulièrement en Nouvelle-Calédonie et en Amérique du Sud. En Nouvelle-Calédonie, les travaux de M. Schmid, P. Morat, T. Jaffré, J.-M. Veillon faisaient référence. En Amérique de Sud, F. Kahn était le spécialiste reconnu de longue date des palmiers d'Amazonie, avec qui j'ai préparé mon recrutement à l'IRD, et eu ensuite le privilège de travailler. Jean-Jacques de Granville était quant à lui le grand spécialiste de la Guyane et de ses palmiers en particulier. Au MNHN, le groupe de Brunoy (P. Charles-Dominique et B. Riera) était actif dans le domaine de l'écologie d'une espèce de Guyane, *Astrocaryum sciophilum*. Les recherches sur cette espèce ont été dynamisées par le recrutement de Jérôme Chave au CNRS et de Hélène Fréville au MNHN, avec lesquels j'ai immédiatement collaboré, d'autant qu'*Astrocaryum*, étudié de longue date par F. Kahn, est notre modèle de référence pour les palmiers amazoniens. Les liens avec la Guyane se sont ensuite renforcés grâce à la collaboration avec le laboratoire ECOFOG de l'INRA à Kourou, intervenu dans la recherche et le jury de thèse (2007) de mon doctorant équatorien Rommel Montúfar sur le palmier *Oenocarpus bataua*, et ensuite en appui à l'obtention de matériel génomique pour le séquençage du transcriptome de *Mauritia flexuosa*. En Amazonie, j'ai en outre eu l'occasion, en 1998, lors d'une visite exploratoire en Equateur à l'invitation de Francis Kahn, d'encadrer une étudiante de licence, Sarah Triki-Teurkoy, qui était en relation avec le laboratoire de Sophie Nadot à l'université d'Orsay, développant des recherches sur l'ontogenèse du pollen chez les palmiers et sa signification évolutive. Lorsque je préparais l'EUNOPS II (2002), j'ai

pu faire la connaissance de Sophie Nadot à Orsay, qui par la suite a joué un rôle très actif dans le réseau.

Michel Ferry, grand spécialiste du dattier à l'INRA, également présent à la première réunion de l'EUNOPS au Danemark, m'a, bien plus tard (2008), vivement incité à me rapprocher de René Lecoustre et son équipe au CIRAD (UMR AMAP), et de Jean-Frédéric Terral et Claire Newton au Centre de Bioarchéologie et d'Ecologie de Montpellier (CBAE), lesquels menaient des recherches très innovantes sur le dattier. Une collaboration étroite s'est rapidement nouée entre nos laboratoires avec des développements importants, incluant le projet MOCAF sur la modélisation de l'architecture du dattier, puis l'encadrement conjoint d'un doctorant, avec R. Lecoustre et H. Rey au CIRAD ; l'encadrement de deux étudiantes de master II, et d'une doctorante avec le CBAE et ses collaboratrices Claire Newton et Margareta Tengberg.

Rapprochement de la recherche agronomique appliquée et de la recherche académique systématique et muséologique

La recherche agronomique sur les palmiers, tout particulièrement à Montpellier, bien que très importante en termes d'effectifs et de moyens, n'avait qu'une visibilité internationale réduite dans le domaine académique et muséologique. Gérard Second (IRD) fut un pionnier du rapprochement entre ces deux domaines. Alors qu'il participait à l'encadrement de la thèse du brésilien Edson Barcellos au CIRAD sur le palmier à huile, il donna à celle-ci une orientation phylogénétique et biogéographique, et fut l'un des tout premiers généticiens à utiliser les AFLP, méthode alors nouvelle, dans cette optique. Barcellos, avec Gérard Second, Francis Kahn et les collègues du CIRAD, fit une communication au symposium international sur la biologie et la systématique des palmiers au New York Botanical Garden en 1997, laquelle fut publiée dans les actes du colloque (Barcellos et al., 1999). Gérard Second incitait également un collègue du CIRAD, Norbert Billotte, spécialiste du palmier à huile, à publier ses avancées techniques dans une optique comparative plus large. Ainsi, la publication de la première banque de marqueurs microsatellites pour un palmier (Billotte et al. , 2001) incluait-elle un essai de transférabilité à de nombreuses autres espèces de palmiers ainsi qu'une analyse évolutive de deux locus entre espèces phylogénétiquement éloignées, à une époque où les marqueurs phylogénétiques de palmiers étaient encore dans l'enfance. Gérard Second avait également développé une

collaboration avec un chercheur de l'Université de Columbia à New York, le Dr. William J. Hahn, sur la diversité génétique et la phylogénie de *Bactris* et *Astrocaryum*. G. Second s'était intéressé à ces genres en particulier en Guyane et s'était attelé aux problèmes techniques posés par l'extraction d'ADN de palmiers. C'est par l'entremise de G . Second que j'ai pu faire un post-doc chez W.J. Hahn en 1999, et commencer avec lui des recherches sur la variabilité de locus chloroplastiques nouveaux à l'époque, lesquels ont eu un grand essor par la suite dans les analyses de phylogénie et de diversité génétique des palmiers. Ces quelques faits montraient l'énorme potentiel de développement scientifique et de bénéfices mutuels que pouvait avoir le rapprochement entre la communauté agronomique appliquée et la communauté académique, des systématiciens en particulier. La communauté agronomique manquait d'ouverture sur les problématiques scientifiques larges et la communauté académique des systématiciens manquait des moyens de la génomique. A cette époque, j'étais sans doute le seul à pouvoir dynamiser substantiellement ce rapprochement, et l'organisation de la rencontre de l'EUNOPS à Montpellier en 2002 était l'opportunité rêvée d'oeuvrer en ce sens. Je me suis donc attaché à faire participer, non sans réticence parfois, quelques chercheurs d'Agropolis, en particulier Norbert Billotte (CIRAD) et Frédérique Aberlenc (IRD), mais malheureusement, James Tregear (CIRAD), en voyage en Malaisie, n'avait pas pu assister. J'ai également fait venir le professeur Heslop-Harrison de l'Université de Leicester, très en vue dans le domaine de la recherche agronomique, chez qui j'avais fait un séjour l'année précédente, dans le cadre d'une action de notre UMR naissante (DGPC). Cependant, l'EUNOPS II n'eut pas les retombées que j'espérais en ce qui concerne ce rapprochement, chacun retournant essentiellement à ses activités habituelles sans interagir plus qu'avant. Une autre opportunité m'était donnée peu après avec James Tregear, alors au CIRAD, qui préparait le concours de directeur de recherche à l'IRD, avec une thématique sur la génomique du développement floral du palmier à huile. Je lui ai fourni une importante bibliographie sur la structure et le développement floral de diverses espèces de palmiers, en provenance en particulier du laboratoire de Nathalie Uhl à Cornell University, avec laquelle j'étais en contact régulier pendant ma thèse. Ainsi, avec James Tregear, avons-nous commencé des discussions de biologie comparée dépassant enfin le cadre du palmier à huile. Celles-ci se poursuivent encore aujourd'hui et se sont étendues à de nombreux sujets. De plus, l'intérêt de James Tregear pour le domaine de « l'Evo-Devo », considérant sa spécialité en génomique

fonctionnelle des palmiers, l'amena naturellement à se rapprocher de Sophie Nadot, très impliquée dans le réseau EUNOPS. Par cette entremise, James s'impliqua lui-même de plus en plus dans le réseau (actuellement James et Sophie font partie du comité scientifique de l'EUNOPS), et il en résulta l'organisation du symposium mondial sur la biologie des palmiers à Montpellier en 2010. L'implication d'Alain Rival, du CIRAD et directeur adjoint de l'UMR DIADE, spécialiste réputé du palmier à huile et grand amateur de palmiers en général, contribua en outre à la convivialité et à l'éclectisme des thématiques du colloque, où enfin les aspects génomiques, agronomiques, taxinomiques, phylogénétiques ou écologiques étaient réunis. Le professeur Heslop-Harrison, éditeur en chef de la revue *Annals of Botany*, approché par James pour publier les actes du colloque, proposa de faire un numéro spécial « Palm Biology », lequel inclut finalement une collection d'articles de la sphère Agropolis de Montpellier, avec une introduction générale de la part des organisateurs du symposium (Tregear, Rival & Pintaud 2011). Ainsi, il est devenu clair que la recherche sur les palmiers en Europe était passée de bipolaire (Kew et Århus) à tripolaire (Kew, Århus et Montpellier).

L'EUNOPS XII, à Sanremo en 2012, a marqué l'intégration définitive de la recherche agronomique dans le réseau des palmologues européens. Une table ronde sur la génomique des palmiers a opportunément permis aux chercheurs des différents horizons d'interagir. Pour moi, cette rencontre, à laquelle je n'ai pu assisté étant en affectation récente au Pérou, a marqué la consécration de 10 ans d'efforts, pour d'une part, rapprocher la recherche agronomique et la recherche académique, et d'autre part, intégrer l'Italie dans le réseau.

Développement du réseau en Italie .

Lors de la première réunion de l'EUNOPS au Danemark en Mai 2001, l'absence de l'Italie, et pratiquement de tout lien avec ce pays, et d'une façon générale la tendance très nordique de la réunion consacrée à une plante des régions chaudes, m'ont particulièrement frappé. L'Italie a une grande tradition palmologique et l'herbier de Beccari à Florence en particulier (FI-BECC), ainsi que l'immense oeuvre de ce botaniste, sont des références incontournables dans ce domaine. De plus, étant originaire de Nice, je connaissais bien la richesse botanique et historique des collections de palmiers de la Riviera, et je trouvais regrettable que l'EUNOPS, regardant très au sud depuis le Grand Nord, ne s'appuyât pas sur ce patrimoine

européen. Justement, en décembre 2001, j'étais invité à la "II Biennale Europea Delle Palme" *Dies Palmarum*, a Sanremo. Il s'agissait d'une rencontre palmophile dirigée vers le grand public, dont la genèse provenait de la relation entre Daniel Jacquemin, un pépinièriste érudit d'acclimatation de l'association « Fous de Palmiers », et Claudio Littardi, chef du service des espaces verts de la ville de Sanremo, également passionné d'histoire de la région, et transformant progressivement sa ville en palmeraie de collection et d'agrément. De plus, *Dies Palmarum* s'appuyait sur un patrimoine extraordinaire et gravement menacé, l'« oasis » médiévale du village voisin de Bordighera, représentant l'isolat le plus septentrional de la culture du dattier à des fins de production agricole. Ce n'est cependant qu'en 2007, en cherchant quelques activités de proximité en vue de mon retour à Montpellier après une affectation en Equateur, que j'entrepris de développer l'axe Montpellier-Sanremo. En Février 2007, je suis allé à Bordighera exposer à Claudio Littardi et à Robert Castellana, un sociologue spécialiste des plantes à usage rituel en Méditerranée, et grand spécialiste de la palmeraie de Bordighera, un projet que j'avais préalablement rédigé, le « Projet Phoenix ». L'idée était de valoriser scientifiquement les riches ressources biologiques représentées par les collections de palmiers d'ornement de la ville de Sanremo et par la palmeraie historique de Bordighera, tout en développant un plan de sauvegarde pour cette dernière. J'ai ainsi commencé à intéresser au sujet des collègues du CIRAD (Marc Lebrun, sur la détection du charançon rouge, ravageur redouté des dattiers ; René Lecoustre, sur la modélisation de l'architecture du dattier), du CNRS (Jean-Frédérique Terral sur la morphométrie des graines), une thésarde colombienne à l'IRD, Harling Caro-Riano, sur la morphométrie des palmes, et les collègues de l'équipe Biologie du Développement des Palmiers de DIADE, James Tregear et Frédérique Aberlenc, sur le développement floral et inflorescentiel. Après une première visite d'une délégation de l'équipe BDP en Octobre 2007, les activités se sont très vite développées dans tous les domaines et Sanremo est devenu incontournable dans tous les projets relatifs au dattier montés à Agropolis (CIRAD et IRD). Une clé de ce succès est d'avoir pu intégrer un partenaire scientifique de Sanremo, à savoir l'Unité de Recherche sur la Floriculture et Espèces Ornementales du Conseil de la Recherche Scientifique italien (CRA-FSO), à travers le laboratoire d'Antonio Mercuri et de l'un de ses chercheurs, Marco Ballardini, qui s'est vite avéré être un collaborateur solide et efficace. L'organisation de l'EUNOPS XII à Sanremo a marqué la consécration de l'importance du groupe italien dans le paysage européen de

la recherche sur les palmiers, tandis que *Dies Palmarum* n'a cessé de se développer et de faire état des nouvelles recherches réalisées, et dont la VII biennale s'est tenue fin 2013 avec une forte participation des chercheurs IRD et CIRAD et de leurs partenaires du Maghreb. Parallèlement, nous nous étions employé à raccrocher à la mouvance de Sanremo, en premier lieu Florence (Chiara Nepi à l'herbier du Muséum d'Histoire Naturelle, dépositaire de la collection Beccari, et Milvia Racchi à l'université, travaillant sur la diversité génétique du dattier en Lybie), mais aussi Gène, sur la problématique de *Chamaerops humilis*, le seul palmier indigène d'Europe, (Laura Cornara et Adriana La Rocca à l'université, travaillant sur l'anatomie et l'ethnobotanique) et Portofino, dont le parc naturel recèle la station naturelle la plus septentrionale du palmier nain. Un pôle Ligurie-Toscane de recherche sur les palmiers est donc maintenant bien établi. Quant au groupe historique, nous avons publié un livre sur le « Projet Phoenix » (Castellana, Littardi, Pintaud & Vezziano 2010), tandis que l'initiative de conservation participative de la palmeraie de Bordighera s'est considérablement développée en lien avec les associations locales.

Développement du réseau en Suisse

La venue d'un collaborateur suisso-vénézuélien de longue date, Fred Stauffer, à Genève (Conservatoire et Jardins Botaniques de la ville), a eu également un impact très positif sur la dynamique du réseau EUNOPS, et des recherches conjointes sont menées avec lui dans les équipes DYNADIV et BDP.

Maturation du réseau et efforts vers l'Espagne, la Grèce, l'Angleterre, l'Allemagne et la Finlande

A l'heure actuelle, on peut considérer qu'aucune recherche significative, de quelque nature que ce soit, menée sur les palmiers en Europe, n'échappe au réseau EUNOPS. Les russes, apparu *ex nihilo* en 2008 au symposium Monocots IV à Copenhague sont immédiatement devenus très actifs dans le réseau et ont accueilli la 11ème réunion annuelle à Saint Petersburg. L'organisation d'un symposium mondial tous les 5 ans au lieu d'une réunion européenne est bien établie, avec les précédentes éditions à Kew en 2005 et Montpellier en 2010, et la prochaine en Colombie en 2015, mais avec une co-organisation Århus, IRD et CIRAD. Il est à noter qu'il n'y a plus eu de colloque de cette nature aux USA depuis 1997 et que les réunions européennes attirent les

américains depuis quelques années, vu que le centre de gravité de la recherche sur les palmiers est revenu en Europe après s'être déplacé aux Etats-Unis entre 1945 et 1995. De plus, les étudiants et partenaires des laboratoires européens, provenant d'Amérique du Sud, d'Afrique, d'Asie et d'Océanie fréquentent assidûment les réunions de l'EUNOPS, leur donnant une dimension réellement internationale.
Néanmoins, certains groupes restent un peu en marge, ne participant pas ou rarement aux réunions du réseau, notamment en Espagne, en Grèce, en Angleterre (hors Londres et Kew), en Allemagne et en Finlande, mais je m'efforce de maintenir particulièrement le contact avec eux et quand l'occasion se présente, de renforcer la collaboration afin de favoriser peu à peu une meilleure intégration.

Vers une formalisation du réseau ?
Le concept d'origine de l'EUNOPS est une structure très simple, informelle, incluant des réunions annuelles peu coûteuses et d'organisation légère, afin de faciliter au maximum les rencontres et les échanges, et en particulier la participation des étudiants, qui peuvent s'essayer à présenter leurs recherches sans intimidation et interagir avec la communauté.
La question reste posée, cependant, d'une possible formalisation, *via* les financements incitatifs, notamment européens, au montage de réseaux, et de l'intérêt de pouvoir mettre en avant une structure reconnue, en particulier pour répondre aux appels à projets.

◆ INTERACTIONS ET TRANSVERSALITE SUR LES CAMPUS DE MONTPELLIER

Le campus de Montpellier concentre un très important vivier de compétences réparties entre de nombreuses institutions offrant de nombreuses possibilités de collaboration à l'échelle locale. La plupart des activités réalisées dans le cadre des recherches sur les palmiers bénéficient de cette richesse, et présentent un caractère multidisciplinaire. Les étudiants encadrés s'inscrivent dans ce contexte et réalisent autant que possible au moins deux activités différentes dans des laboratoires distincts (co-encadrements), telles que génétique (IRD ou INRA) et morphométrie (CBAE), ou architecture (CIRAD) et développement (IRD).

Participation au renforcement des capacités analytiques du laboratoire commun Gènetrop (Centre IRD Montpellier)

- Bioinformatique : contribution à la mise en place et à l'utilisation de la suite bioinformatique LASERGENE de DNAstar pour l'analyse des séquences d'ADN (2001)
- Formation à l'utilisation du séquenceur LICOR et du logiciel d'analyse SAGA (2001).
- Réalisation d'une action commune prospective de l'UMR DGPC au laboratoire du Pr. Heslop-Harisson à l'Université de Leicester (U.K.). Acquisition et développement de méthodes d'étude de la diversité génétique à partir d'éléments transposables et de micro-arrays sur ADN (20 Mai-5 Juillet 2001).

Collaboration avec le CIRAD

- 15 Janvier-15 Mars 2001 : accueil au CIRAD BIOTROP. Développement de banques de microsatellites sur diverses espèces de palmiers avec Norbert Billotte (*Elaeis*, *Phoenix*, *Bactris*, *Astrocaryum*, *Burretiokentia*, *Printchardia*, *Mauritia*, *Mauritiella*).
- Co-encadrement d'étudiants sur la diversité génétique de palmier-dattier *Phoenix dactylifera* (2001-2002) et *Phoenix atlantica* (2003-2004), du palmier à huile américain *Elaeis oleifera* (2003) et du palmier pêche *Bactris gasipaes* (2001-2002), avec Norbert Billotte.
- 2009-2013, collaboration avec Fabrice Davrieux sur le phénotypage SPIR chez le palmier dattier et avec Marc Lebrun sur le phénotypage par nez électronique.
- Depuis 2009, collaboration avec l'UMR AMAP sur la modélisation de l'architecture végétative et reproductive du dattier, avec René Lecoustre et Hervé Rey, en relation avec le projet MOCAF. Deux stages de Master ont été réalisés et une thèse est en cours avec un co-encadrement CIRAD/DYNADIV.

Collaboration avec l'INRA (AMM)

- Réalisation d'activités d'acquisition de données moléculaires (génotypage de microsatellites et séquençage) pour plusieurs projets et stages d'étudiants et

partenaires, à l'Atellier de Marquage Moléculaire (AMM), dirigé par Sylvain Santoni.

Collaboration avec le Centre de Bioarchéologie et d'Ecologie (CBAE)

- Approches conjointes de la morphométrie des graines et de la génétique chez le palmier-dattier (depuis 2009), avec Jean-Frédéric Terral, Sarah Ivorra, Claire Newton (actuellement au Canada). Deux stages de master II et une thèse ont été réalisés avec un co-encadrement CBAE/DYNADIV entre 2009 et 2013.

Synergies au sein de l'UMR DIADE

- Proposition d'une Action Incitative IRD sur la thématique des gènes de floraison, associant l'équipe DYNADIV et l'équipe Biologie du Développement des Palmiers (BDP), ayant permis de mettre en commun des ressources moléculaires nouvelles développées à l'origine sur différentes espèces (2009-2010)
- Proposition d'une Animation Transversale dans l'UMR sur le thème de la phylogénie, initiative concrétisée par l'obtention d'une bourse de Post-Doctorat Marie Curie sur le thème de la spéciation, associant trois équipes de l'UMR (DYNADIV, BDP et EVODYN), dont j'étais le responsable scientifique et gestionnaire administratif (postdoctorante Julissa Roncal, 2011-2012)
- Intégration des activités liées au palmier-dattier entre les équipes DYNADIV et BDP (Frédérique Aberlenc) et rapprochement des activités sur les palmiers néotropicaux (James Tregear, Fabienne Morcillo, Tim Tranberger)
- Participation au proje Agropolis ARCAD , dirigé par Jean-Louis Pham, qui génère une dynamique très fédératrice au niveau du campus agronomique de Montpellier. La famille des palmiers est l'un des modèles d'étude du sous-projet de génomique comparative de la domestication, géré par BDP, DYNADIV-Palmiers et le CIRAD.
- Collaboration avec l'équipe DESSITROP (Stéphane Dussert) et BDP (Fabienne Morcillo, Tim Tranberger), sur la biochimie et la génomique fonctionnelle des lipides des fruits et graines de palmiers.
- Collaboration avec l'équipe Rhizogenèse. Développement d'activités concernant les plantes d'importance agro-écologique en Algérie dans le cadre du PPR SICMED.

Articulation des recherches en collaboration sur le campus de Montpellier

Les différentes thématiques abordées fonctionnent désormais sur des modes de collaboration bien établis et fortement intégrés sur le campus de Montpellier. Le programme sur le dattier associe DIADE-BDP, DIADE-DYNADIV, INRA-AMM, CNRS-CBAE, CIRAD-AMAP avec des activités complémentaires dans les domaines de la génétique, du développement, de la morphométrie et de l'architecture de la plante. Le programme Palmiers Néotropicaux associe DIADE-DYNADIV, DIADE-BDP, DIADE-DESSITROP, permettant d'aborder l'évolution à l'aide de méthodes variées (diversité génétique neutre, génomique fonctionnelle, éléments transposables, variabilité biochimique).

◆ PROGRAMMES PILOTES REGIONAUX DE l'IRD (PPR)

Une autre dynamique favorisant le développement et la consolidation des collaborations entre équipes de l'IRD et partenaires, en particulier de domaines différents (sciences biologiques, sciences de la terre, sciences humaines) provient du dispositif des PPR, qui est devenu un outil important pour la structuration des activités de recherche de l'IRD, en adéquation avec les missions et priorités de l'Institut. Initiés en 2010, les Programmes Pilotes Régionaux ont pour objectif de structurer les recherches menées par l'IRD avec ses partenaires pour mieux répondre aux priorités scientifiques des pays du Sud. Ces dispositifs doivent permettre d'aboutir à une programmation scientifique pluridisciplinaire Nord-Sud. Ils ont pour vocation de renforcer l'impact des actions de recherche sur la construction de la connaissance au Sud, sur la formation, sur l'innovation, et sur le développement des sociétés. Chaque PPR est doté de structures de coordination et d'animation Nord-Sud. Les programmes de recherche développés par les équipes doivent, autant que possible, s'intégrer dans les PPR. Ceux-ci canalisent en effet une partie du budget de la recherche à l'IRD, à travers des actions incitatives en particulier. Les activités du volet Dattier s'insèrent dans deux PPR (SICMED et SREC), celles du volet Palmiers Néotropicaux dans le PPR AMAZ et celles du volet palmiers africains dans le PPR FTH (voir annexe III).

◆ APPEL A PROPOSITIONS PARRAF 2013

Le ministère français des Affaires étrangères (MAE) développe un "Programme d'Appui à la Recherche en Réseau en Afrique" (PARRAF), dont la gestion et la coordination sont assurées par l'Agence Inter-établissements de Recherche pour le Développement (AIRD).

L'enjeu du programme est, d'une part, de favoriser l'émergence de réseaux de recherche autour de projets fédératifs et régionaux et, d'autre part, de renforcer les capacités de recherche des pays africains les moins développés.

Une proposition de réseau "Modélisation de l'architecture et alimentation hydrique du palmier dattier en Afrique" a été déposée par l'équipe dattier du CIRAD-AMAP, associant les partenaires habituels du nord (IRD-DYNADIV, Italie) et du Maghreb, et proposant une vaste interconnexion des recherches sur le palmier dattier en Afrique sub-saharienne (Mauritanie, Niger, Nigeria, Tchad, Mali, Sénégal). Cette proposition n'a pas été retenue en 2013 mais le projet sera consolidé et resoumis en 2014.

◆ RESEAU DE RECHERCHE SUR LES MILIEUX TROPICAUX D'ALTITUDE

Les études menées dans les Andes depuis plusieurs années (notamment sur le genre *Ceroxylon*), ainsi que celles conduites dans les montagnes de Nouvelle-Calédonie (endémisme sommital, vicariance édaphique dans le genre *Basselinia*) et plus recemment en Nouvelle-Guinée (transect altitudinal du Mont Wilhelm) et sur le piedmont himalayen (*Phoenix loureiroi* au Pakistan) concourent à constituer une base de connaissances sur la dynamique de la biodiversité dans les montagnes tropicales. Dans la mesure où ces milieux sont le centre d'intérêt de beaucoup de chercheurs, notamment à l'IRD, l'idée a germé au cours d'une réunion IRD-MNHN consacrée aux convergences interinstitutionnelles en matière de botanique et d'entomologie (Paris, Septembre 2012), de monter un réseau de recherche sur les milieux tropicaux d'altitude, sous l'impulsion de Stéphane Dupas (IRD). Cette proposition s'est rapidement structurée et ouvre des perspectives interessantes.

◆ DEVELOPPEMENT ET CONSOLIDATION DES PARTENARIATS AU SUD

Cet aspect correspond à la mission de base de l'IRD. J'ai acquis au fil des ans une expérience en matière de renforcement des capacités de recheche des laboratoires du

Sud. Je considère les programmes et projets de recherche que je mène comme des supports pour cette finalité, j'accorde une grande attention aux attentes et aspirations des partenaires, et je soutiens les étudiants locaux ayant un projet de carrière centré le développement de leur pays. Ce sont, à mon sens, les clès de la réussite de la recherche pour le développement en coopération.

Dans les universités partenaires, mon implication comporte un volet important d'enseignements et d'encadrement d'étudiants, prolongé par des collaborations à long terme avec les étudiants formés et insérés professionellement dans les structures d'enseignement et de recherche locale (Rommel Montúfar, PUCE, Equateur ; Salwa Zehdi, Université de Tunis ; Summar Abbas, UAF, Pakistan).

Mes activités dans ce domaine se distribuent en Afrique, Moyen-Orient, Amérique du Sud et Océanie.

AFRIQUE DU NORD (MAGHREB)

Bien que la formalisation des programmes de recherche sur le dattier à l'IRD, avec des équipes constituées, résulte d'une dynamique récente (initiée en 2001 et consolidée à partir de 2006-2008 dans les équipes BDP et DYNADIV), il existe une longue trajectoire de collaboration entre les pays du Maghreb francophone et les laboratoires de biologie végétale de Montpellier (CIRAD et IRD) sur le thème du dattier, s'appuyant sur des partenariats historiques et sur le réseau AUF. Le développement rapide dans les années 2000 des études sur la diversité génétique d'une part, et sur la biologie du développement inflorescentiel d'autre part, n'a été possible que grâce aux solides bases édifiées antérieurement avec les collaborateurs d'Algérie (Malika Bennaceur, Abderahmane Benkhalifa et Nadia Bouguedoura en particulier) et du Maroc (Hassan Sedra).

Les premiers travaux sur la diversité génétique du dattier ont été réalisés par Malika Bennaceur (LRZA Oran, Algérie) à partir de 1987, au CIRAD, dans le laboratoire de Marie-Hélène Chevallier. Les premières recherches ont porté sur les marqueurs isozymes (Bennaceur et al. 1991), puis sur les marqueurs ADN dominants (RAPD) et codominants (microsatellites transférés du cocotier et du palmier à huile). Parallélement, Hassan Sedra (INRA Maroc) effectuait des analyses RAPD au laboratoire GENETROP de l'IRD (Sedra et al. 1998).

L'expérience acquise a ensuite été prolongée sous forme d'une collaboration entre le CIRAD et l'IRD, axée sur le développement de marqueurs microsatellites spécifiques du palmier dattier, à partir d'un génotype algérien (Billotte et al. 2004).

En ce qui concerne la biologie du développement, les données de base ont été établies par Nadia Bouguedoura (actuellement directrice du LRZA) au cours de ses travaux de thèse. La caractérisation détaillée des bourgeons axillaires, dont le développement est très particulier chez le dattier (Bouguedoura 1980), a été essentielle aux travaux de biologie du développement inflorescentiel menées ultérieurement à l'IRD (Daher et al. 2010), et qui continuent à se développer avec la recherche des mécanismes de l'induction florale.

Mes propres activités dans le domaine de la collaboration avec l'Afrique du Nord ont commencé dès 2001 avec l'encadrement d'une étudiante de doctorat de l'Université de Tunis sur la diversité génétique du dattier (Salwa Zehdi), laquelle a ensuite été recrutée dans son laboratoire de thèse (Laboratoire de génétique moléculaire, immunologie et biotechnologie). Cette collaboration étant très prometteuse, j'ai ensuite conseillé à Frédérique Aberlenc (équipe BDP) de la considérer en priorité pour le volet transcriptome du dattier du projet ARCAD SP1, et de réaliser l'acquisition du matériel ARN en Tunisie. Ce renforcement de la collaboration s'est traduit par l'encadrement d'une seconde thèse, en cours, dans ce laboratoire (Emira Cherif). Parralèlement, Frédérique Aberlenc a développé une autre collaboration en Tunisie avec le CRRAO de Degache (oasis sahariennes), tandis que l'Institut des Régions Arides (IRA) intervient comme partenaire dans le projet MOCAF, coordonné par René Lecoustre (CIRAD), sur les oasis littorales. Actuellement, les activités avec ces trois partenaires sont étroitement interconnectées, constituant un réseau efficace de recherche sur le palmier-dattier en collaboration avec l'IRD et le CIRAD en Tunisie. De plus, par l'entremise du projet MOCAF d'une part, et du projet AUF-MeRSI, coordonné par Frédérique Aberlenc d'autre part, une étroite collaboration s'est développée avec les partenaires historiques du Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides (LRZA) de l'USTHB (Algérie), Nadia Bouguedoura et Malika Bennaceur. Actuellement, deux thèses sont en cours, menées par deux jeunes enseignantes-chercheuses recemment recrutées au LRZA (Souhila Moussouni et Farida Si-Dehbi), effectuant une partie de leurs recherches sous forme de stages à Montpellier. Enfin, par le biais du MOCAF d'une part, et par un projet de collaboration bilatérale France-Maroc avec le CBAE d'autre part, une collaboration

s'est développée avec l'Université de Oujda (Mohammed Aziz El Houmaizi), sur laquelle s'est appuyée en particulier la recherche de thèse de Muriel Gros-Balthazard. Nous disposons donc actuellement d'un excellent réseau sur le palmier-dattier au niveau des trois pays de l'Afrique du Nord francophone.

AFRIQUE SAHELIENNE

Le développement du partenariat de l'IRD sur le palmier dattier en Afrique sahelienne s'est fait notamment sous l'impulsion de Alain Borgel puis de Frédérique Aberlenc (IRD, équipe BDP), d'abord avec l'UCAD au Sénégal où une jeune équipe associée à l'IRD (JEAI) a été montée en 2003 sur l'embryogenèse somatique du palmier dattier, avec un appui financier de l'IRD jusqu'en 2006, puis avec des collaborations en Mauritanie, et le développement d'un nouveau partenariat avec Djibouti où une JEAI a été créée en 2008 au CERD sur le thème de la culture *in vitro* du palmier-dattier. Ces partenariats ont été consolidés par des projets obtenus par l'équipe BDP : CORUS2 « Maitrise de la multiplication du palmier-dattier pour une agriculture durable dans le Sahel », et le réseau AUF–BIOVEG « Utilisation des biotechnologies végétales pour le développement de la culture du palmier dattier dans le Sahel ». En 2001-2002, j'ai encadré Djibril Sané, le partenaire de l'UCAD, au laboratoire GENETROP de l'IRD à Montpellier, sur l'extraction d'ADN de palmiers et l'acquisition de données de génotypage microsatellite sur séquenceur LICOR. A partir de 2008, je me suis investi sur le partenariat à Djibouti, en encadrant Sabira Abdoulkader, chercheuse du CERD, en master I puis en master II, à Montpellier et sur le terrain à Djibouti. Enfin, nous développons la coopération sur le dattier au Niger, implantation secondaire de l'équipe DYNADIV, avec le démarrage d'une thèse (bourse MAE-SCAC), en partenariat avec l'Université Abdou Moumouni de Niamey et l'ICRISAT. Des développements supplémentaires sont envisagés avec la Mauritanie, le Cap Vert et le Soudan, et à terme dans l'ensemble de la bande sahélienne.

MOYEN-ORIENT

Le Moyen-Orient anglophone est un peu en marge à la fois des priorités géographiques de l'IRD, et des réseaux des chercheurs francophones sur le dattier. En ce qui concerne le deuxième aspect, certains de nos collaborateurs, en particulier Mohammed Aziz El Houmaizi (Maroc) et Mohammed Ben Salah (Tunisie), ont

constitué un pont entre les réseaux francophones et anglophones, en particulier du fait de leurs activités d'expert auprès de la FAO. Enfin, le symposium sur le palmier dattier d'Alger en 2011 (SYMPADA), dont j'étais membre du comité scientifique, a réuni conjointement et de manière très significative les chercheurs des deux réseaux.

Le développement de la collaboration avec le CBAE à partir de 2009 a été aussi un moteur de rapprochement avec les problématiques du Moyen-Orient, à travers les centres d'intérêt de ses collaboratrices Claire Newton (actuellement au Canada) et Margareta Tengberg (MNHN), bioarchéologues spécialistes du Moyen-Orient (Egypte, Oman, Iran et Pakistan en particulier). L'incorporation des recherches sur ces régions a été dynamisée par la thèse de Muriel Gros-Balthazard (avec une co-direction CBAE/DYNADIV), laquelle a intégrée les données de prospection du CBAE sur la diversité actuelle du dattier à Oman, en Egypte et en Inde, et les données bioarchéologiques d'Egypte de Claire Newton et du golfe persique de Margareta Tengberg.

Cependant, la marge orientale de l'aire d'origine et de domestication du dattier, avec les populations présumées sauvages du Balouchistan et l'ancienne civilisation de la vallée de l'Indus notamment, restait incomplètement intégrée dans notre dispositif de recherche. Aussi, à partir de 2010, ai-je pris l'initiative de développer une collaboration sur le dattier avec l'Université d'Agriculture de Faisalabad (UAF) au Pakistan, en m'appuyant sur une collaboration en cours dans l'équipe BDP concernant le palmier à huile, avec la direction d'une thèse d'un étudiant Pakistanais, Rashad Qadri, par James Tregear et Stéphane Jouannic. Cette initiative a eu un répondant extraordinaire de la part du directeur de l'UAF, Iqrar Kahn, qui est venu à Montpellier avec une délégation de son université poser les bases de cette collaboration, puis avec l'incorporation d'un étudiant de thèse sur le palmier dattier, Summar Naqvi, et enfin avec la création d'une jeune équipe dattier à l'UAF avec le recrutement des deux thésarts encadrés dans l'UMR DIADE, tout ceci en l'espace de deux ans. (voir annexe III pour un plus ample développement de cet aspect).

Des prises de contact sont également en cours avec les universités de Bassora et de Duhok en Irak et des développements sont attendus à Oman.

AMERIQUE DU SUD

Les activités du programme « Palmiers Néotropicaux » s'appuient sur un réseau de collaboration tissé de longue date en Amérique du Sud par Francis Kahn, concernant

le Brésil, le Pérou, l'Equateur, la Colombie et la Bolivie. Le projet FP7-PALMS (2009-2013) a consolidé le réseau des partenaires historiques dans les pays andins et l'a considérablement dynamisé.

Mes activités en terme de partenariat se sont surtout concentrées en Equateur (affectation de 2002 à 2007) et au Pérou (affectation depuis 2012). Un aspect important est le renforcement des capacités de recherche et d'enseignement des universités des pays du Sud.

Les actions menées sont de plusieurs ordres :

- Equipement et transfert de compétences dans les laboratoires partenaires. Grace à l'appui de l'IRD (soutien de base, actions incitatives de type I) et de projets sur financements externes, des équipements ont pu etre achetés pour les facultés de Sciences Biologiques de la PUCE (Equateur) et de l'UNMSM (Pérou), principalement pour développer les laboratoires de biologie moléculaire, mais également pour améliorer la fonctionnalité des herbiers. En matière de transfert de compétences, différentes techniques de laboratoire ont été implémentées (extraction d'ADN végétal, génotypage, analyse bioinformatique), soit par appui direct dans les laboratoires, soit par des séjours des étudiants et partenaires à Montpellier via plusieurs dispositifs (bourses d'échange scientifique, bourses de thèse, missions).
- Ecandrement d'étudiants dans les laboratoires des partenaires (stages de 2ème et 3ème cycles universitaires)
- Enseignement. Une forte implication dans l'enseignement (dispense de cours mais aussi organisation des cursus) est le complément indispensable au renforcement de la recherche dans les universités, et un facteur important d'appréciation de l'action de l'IRD par les partenaires.
- Participation au montage d'un LMI régional (Laboratoire Mixte Internationnal) dans les pays andins et avec le Brésil, impulsé par Patrice Baby, géologue de l'IRD (en cours d'évalduation). Le LMI est un autre dispositif de l'IRD permettant un appui financier sur des projets d'intégration inter-institutionnelle Nord-Sud. Le projet se nomme **LMI AndA** "Des Andes à l'Amazonie, contrôle géodynamique et climatique des transferts de matière dans le système andino-amazonien: implications pour la compréhension des changements globaux et la distribution des ressources naturelles". Cette

initiative vise à rassembler tous les projets collaboratifs de l'IRD sur cette problématique (voir annexe III).

- Interactions SUD-SUD : intégration des activités dans un réseau Pays Andins (Colombie, Equateur, Pérou, Bolivie) avec des échanges d'étudiants, des missions internationales, co-publications.

OCEANIE

Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie demeure l'un des secteurs géographiques où mon expertise en matière de biodiversité terrestre est la mieux connue. A ce titre, je suis fréquemment sollicité pour apporter des conseils, informations et documentation sur différents sujets et projets, soit par des chercheurs intéressés à tester mes hypothèses biogéographiques (en particulier sur les refuges du Pléistocène), soit par des organismes et entités diverses, en particulier sur des questions de conservation. Je fais partie du comité d'experts de l'ONG Noé Conservation.

Nouvelle-Guinée

L'expédition PNG 2012 du cycle « La planète revisitée » a été l'occasion d'initier un nouveau partenariat dans la région, en particulier avec l'herbier LAE du Forest Research Institute (FRI) de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Une convention de recherche entre le FRI et l'IRD est en préparation concernant l'étude des palmiers et des écosystèmes alpins tropicaux. Une Nouvelle Expédition, Lengguru 2014, est en préparation, cette fois du côté indonésien, avec le développement d'un partenariat avec le LIPI (Bogor).

RENFORCEMENT DES COLLABORATIONS SUD-SUD

D'une façon générale, dans les divers projets, les collaborations s'organisent assez naturellement autour d'interactions bilaterales nord-sud et plus difficilement entre les pays du sud eux-mêmes. Cette situation concerne les pays andins aussi bien que les pays du Maghreb. Avec la maturation des partenariats, cette situation commence à évoluer et nous nous attachons à favoriser ou à accompagner des initiatives de collaboration directes entre pays voisins (Algérie et Tunisie, Equateur et Pérou,

Papouasie occidentale et PNG). D'autre part, nous commençons à établir des liens Sud-Sud à l'échelle intercontinentale (dattier, montagnes tropicales).

Organisation de colloques et ateliers internationaux

- Co-organisation à Montpellier en Mai 2002 du second colloque de l'EUNOPS (European Network of Palm Scientists), avec un co-financement IRD (DIC). Co-organisé avec le CNRS-CEFE (Marie-Charlotte Anstett).
- Co-organisation du colloque « Les palmiers et la recherche pour le développment en Amérique du Sud » à Lima en Novembre 2007, avec un co-financement IRD (DIC). Co-organisé avec l'UNMSM (Betty Millán).
- Co-organisation du colloque international sur la biologie des palmiers à Montpellier en Mai 2010 (avec James Tregear et Alain Rival).
- Membre du comité scientifique du colloque international SYMPADA sur le palmier dattier à Alger en Novembre 2011, et co-éditeur scientifique des actes du colloque (Acta Horticulturae vol. 994).
- Membre du comité scientifique et d'organisation du colloque international 'Palm Harvest Impact in Tropical Forests' à Tingo Maria, Pérou, en Septembre 2013.
- Co-organisation de l'atelier international « Les forêts sèches de l'ouest de l'Amérique du Sud : caractérisation et défis de conservation », à Chachapoyas, Pérou, en Juillet 2014. Co-organisé avec l'Université Toribio Rodriguez de Mendoza.
- Co-organisation de l'atelier international « Diversité , distribution et systématique des palmiers de l'Amazonie Occidentale », région Madre de Dios, Pérou, en Août 2014, avec un financement du PPR AMAZ. Co-organisé avec le IIAP.
- Membre du comité scientifique et d'organisartion du symposium mondial sur les palmiers en Colombie en 2015, et co-éditeur scientifique des actes du colloque.

Participation aux outils de communication de l'IRD

Réalisation d'une Fiche d'Actualité Scientifique (FAS N° 142) avec Marie-Lise Sabrié (DIC) et d'un article dans Sciences au Sud à propos de mon article dans les Comptes

Rendus de l'Académie des Sciences concernant les refuges forestiers du Pléistocène en Nouvelle-Calédonie. Répercussions médiatiques : chronique sur France Info, interview sur RFO, brève dans le Nouvel Observateur, articles sur Infoscience.fr, dans la Dépêche de Tahiti, Terre Sauvage, et Le Monde.
Participation à la réalisation du numéro 3 de DIADE Newsletter, avec plusieurs articles.

Soutien à la publication d'ouvrages de vulgarisation

Contribution à trois livres grand public sur les palmiers en qualité de membre du comité scientifique de l'association "Fous de Palmiers" :

(1) "Palmiers pour climats tempérés", par Daniel Jacquemin, publié par Champflour (2000) : relecture du manuscrit et fourniture de plusieurs photos.

(2) "Les palmiers", par Patrice Fauchier, publié chez Ulmer (2000) : relecture du manuscrit et fourniture de la moitié des photos illustrant l'ouvrage.

(3) "La connaissance des palmiers", par Pierre-Olivier Albano, publié chez Edisud (2002) : relecture du manuscrit, écriture de la préface et fourniture de 20 photographies.

Audiovisuel

◆ Participation au documentaire « A la recherche de la mer disparue », diffusé sur France 2 dans l'emission "Faut pas réver" (2004)
◆ Participation au documentaire "L'Odysée papoue" diffusé sur ARTE dans la série ARTE Reportage : le rendez-vous du grand reportage (2013).

Résumé
Sur les traces des grands naturalistes du 19ème siècle, une centaine de scientifiques venus du monde entier ont exploré pendant trois mois les pentes du mont Wilhelm, en Papouasie-Nouvelle Guinée, à la recherche de nouvelles espèces animales et végétales. Culminant à 4500 mètres, ce trésor de biodiversité est le plus haut sommet d'Océanie. Dans ses forêts se cachent des milliers de plantes et d'insectes encore inconnus. Botanistes et entomologistes ont ainsi passé la forêt au peigne fin, dans le but d'affiner le nombre d'espèces vivant sur terre. A ce rythme, il faudrait encore 1000 ans pour terminer l'inventaire. L'urgence s'impose, car les forêts disparaissent. Mais dans cette course contre la montre, les scientifiques occidentaux ont un allié de choix, les Papous. Pour une fois, le Peuple " visité " ne s'est pas contenté de fournir porteurs et cuisiniers aux savants de passage. Les Papous ont été, avant tout, les acteurs de ces recherches. Nombre d'entre eux ont étudié la biologie à l'Université et connaissent mieux que quiconque les forêts primaires de la région des Hautes-Terres. Enfin, la pression exercée sur la région par les grandes compagnies minières et forestières les pousse de plus en plus à se tourner vers les scientifiques pour protéger leur principal trésor: la forêt.

Conférences grand public

Pintaud J.-C. 2002. Les palmiers de l'Amazonie. Savoirs Partagés, Agropolis Museum, Montpellier, Juin 2002.

Pintaud J.-C. 2004. Les palmiers de l'Equateur. Les Jeudis de la Science, Alliance Française, Quito, Equateur, Avril 2004.

Pintaud J.-C. 2011. Des conifères sur le déclin ? Leçons du Gondwana. Journées Gondwana, Domaine du Rayol, 1-2 Octobre 2011, France.

Pintaud J.-C. 2012. Des palmiers et des hommes. Alliance Française de Lima, 19 Juin 2012, Miraflores, Pérou.

Historique des projets sur financement externe

- **Biologie, écologie et prospection chimique des palmiers du genre *Attalea* au Pérou (2014-2015).** CONCYTEC/FINCyT. Projet IIAP, Université Nationale de San Martin (Pérou) et IRD.
- **Male Domestics-PACAYAPALM (2013-2015)** « Domestication of *Chamaedorea tepejilote*». Agropolis Fondation Open Science. Projet DIADE (BDP/DYNADIV) en collaboration avec l'UN (Colombie), l'USAC (Guatemala), le CJBG (Genève) et l'Université de Californie.
- **CHLORODIV (2013-2015)** « Chloroplast genomes for crop evolution ».

Agropolis Fondation Open Science. Projet de l'équipe DYNADIV sur le séquençage complet du génome chloroplastique de plantes cultivées et de leurs ancêtres sauvages comme outil de génétique des populations, phylogéographie et phylogénie appliquée à l'étude de l'agrobiodiversité.

- **FP7-PALMS (2009-2013)** « Palm harvest impact in tropical forests ».

Cet important projet (3,1 millions d'euros) sur l'impact de l'utilisation des palmiers et la gestion des écosystèmes dans lesquels ils poussent dans l'ouest de l'Amérique du Sud associe 9 institutions d'Europe, de Colombie, Equateur, Pérou et Bolivie. Dans le cadre de ce projet, je suis responsable du Work Package 2 « Ecosystem resilience and limit of functionning », ainsi que responsable scientifique institutionnel pour l'IRD.

- **Progetto Phoenix (2008 – cont.)**. Projet consacré à la valorisation de la phoeniciculture rituelle et ornementale sur la Riviera-Côte d'Azur (France-Italie).
- **Euromed MOCAF (2009-2014)**. Modélisation de l'architecture végétative et inflorescentielle du palmier dattier (CIRAD-AMAP, IRD-DYNADIV, Italie, Maroc, Algérie, Tunisie, Niger, Tchad).
- **AUF-MeRSI (2010-2012)**. Projet Mediterranéen de Coopération Inter-Universitaire, intitulé « ressources génétiques et moléculaires du palmier-dattier », associe le programme dattier de

BDP, le programme Palmiers de DYNADIV, le Centre de Recherche Agronomique (CRA) de Sanremo (Italie), l'Université d'Alger et l'Université de Tunis.

- **Palmerales Canarias (2010-2012)**. Associe DYNADIV-Palmiers et l'Université de Las Palmas de Gran Canaria. Etude de la diversité génétique et conservation des palmeraies naturelles de *Phoenix canariensis* sur 6 îles de l'archipel canarien.

- **Post doc Marie Curie Fellowship pour Julissa Roncal (2011-2012) « IEF Plant Speciation »**

Associe DYNADIV-Palmiers et EVODYN (UMR DIADE). Etude comparative de la spéciation radiative avec un modèle continental (*Astrocaryum* en Amazonie) et un modèle insulaire (*Coffea* à Madagascar).

- **ARCAD (Agropolis Resource Center for Crop Conservation, Adapatation and Diversity, depuis 2010).** Sous-projet 1 (SP1) "Comparative population genomics in wild and crop plants: a genome and phylogenetic wide approach". Participation au volet transcriptome des Arecaceae (*Elaeis*, *Phoenix* et *Mauritia*).
- **BRG (2004-2005).** Dynamique de la diversité génétique du palmier *Bactris gasipaes* en Equateur.

Valorisation de la recherche et transfert de compétences

- Collaboration avec l'équipe BDP sur le developpement, le brevetage et le transfert vers le privé (entreprise ADNid) de systèmes de génotypage microsatellites appliqués à l'identification, le sexage et la certification variétale chez le palmier-dattier (Appel à projet IRD-DEV Maturation de projet innovant « PhoenixID — Développement d'outils moléculaires et bioinformatiques pour le génotypage et la determination du sexe du palmier dattier ».

Collaborations et partenariats scientifiques

Soulignés : organismes liés à l'UMR DIADE par une convention de recherche ou de consorsium de projet

LISTE DES PRINCIPALES COLLABORATIONS EN FRANCE

- CIRAD. Norbert Billotte, Marc Lebrun, Hervé Rey, René Lecoustre
- CNRS. Jérôme Chaves, Mélanie Roy (EDB, Toulouse) ; Hélène Fréville (CEFE, Montpellier) ; Jean-Frédéric Terral (CBAE, Montpellier).
- INRA. Sylvain Santoni (Montpellier).
- MNHN. Germinal Rouhan, Margareta Tengberg, Romain Thomas (Paris).

- Université de Paris Sud. Sophie Nadot (Orsay).

LISTE DES PRINCIPALES COLLABORATIONS A L'ETRANGER – NORD

- Conservatoire et Jardin Botanique de Genève (Suisse). Fred Stauffer.
- Fairchild Tropical Botanical garden (USA). Carl Lewis.
- Missouri Botanical Garden (USA). Pete Lowry.
- New York Botanical Garden (USA). Andrew Henderson.
- Montgomery Botanical Center (USA). Larry Noblick.
- Royal Botanic Gardens, Kew (U.K.). John Dransfield, William Baker.
- Royal Veterinary and Agricultural University of Copenhagen (DK). Conny Asmussen.
- Université de Aarhus (Danemark). Henrik Balslev, Finn Borchsenius, Anders Barfod.
- Université de Californie (USA). Donald Hodel.
- Université de Nottingham (U.K.). Sean Mayes.
- Université de Leicester (U. K.). Pat Heslop-Harrison.
- Université de Saint John, Terre-Neuve (Canada). Julissa Roncal.
- Université de Las Palmas de Gran Canaria (Iles Canaries). Pedro Sosa, Miguel Angel Gonzales-Perez.
- Kyoto University (Japon). Hiroaki Setoguchi.

LISTE DES PRINCIPALES COLLABORATIONS A L'ETRANGER – SUD

- Centre d'Etudes et de Recherches de Djibouti (CERD). Abdourahman Daher, Sabira Abdoulkader.
- Centre Régional de Recherche en Agriculture Oasienne (CRRAO), Degache (Tunisie). Karim Kadri, Ahmed Othmani.
- Forest Research Institute (FRI), Lae (Papouasie Nouvelle-Guinée). Kipiro Damas, Robert Kiapranis, Michael Lovave.
- Institito de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), Pérou. Kember Mejía, Carmen García-Dávila (Iquitos), Miguel Angel Rodriguez del Castillo (Tarapoto).
- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brésil. Charles Clement (Manaus), Evandro Ferreira (Cruzeiro do Sul).
- Institut des Régions Arides (IRA), Gabès (Tunisie). Mohammed Ben Salah.
- LIPI-Biologi, Bogor (Indonésie). Johanes Purwanto.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Quito (Equateur). Rommel

Montúfar, Renato Valencia.

- Universidad Nacional, Colombia, sede Bogotá y sede Leticia (UN). Colombie. Gloria Galeano.
- Universidad Tecnológica del Chocó (UTCh). Colombie. Eva Ledezma Alicia Mena.
- Universidad Tecnica Particular de Loja (UTPL), Loja (Equateur). Augusta Cueva, Carlos Iván Espinoza.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima (Pérou). Betty Millán, Manuel Marín, César Arana, Rina Ramirez, José Olivera.
- Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz (Bolivie). Mónica Moraes.
- Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Guatemala. Juan José Castillo Mont.
- Université de Oujda (Maroc). Mohammed Aziz El Houmaizi.
- Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédienne (USTHB), Alger (Algérie). Nadia Bouguedoura.
- Université de Tunis (Tunisie). Salwa Zehdi.
- University of Agriculture, Faisalabad (Pakistan). Iqrar Khan, Summar Abbas, Rashad Qadri.

Communications à des colloques scientifiques et techniques

Communications orales (*comme conférencier invité)

Pintaud J.-C., Kahn F. 2001. Endémisme et spéciation radiative chez les palmiers de forêt dense humide : les Iguanurinae de Nouvelle-Calédonie et le genre *Astrocaryum* en Amazonie. Journées annuelles de la Société Française de systématique "systématique et biogéographie", Paris, 25-26 Septembre 2001.

***Pintaud J.-C.** 2001. Ecologie et potentiel de culture des palmiers de Nouvelle-Calédonie. Dies Palmarum II, Sanremo, Italie, Décembre 2001.

***Pintaud J.-C.** 2002. Speciation patterns and Biogeography of Amazon Palms. IPS Biennal 2002, Hyères, France, 18-24 Septembre 2002.

***Pintaud J.-C.** 2002. Comparison of taxonic radiation in Araucariaceae and Arecaceae in New Caledonia. Symposium de Ecologia Insular, AEET, La Palma, Islas Canarias, 18-24 Novembre 2002.

Pintaud J.-C., Ludeña B. 2003. Utilidad de secuencias cloroplásticas no codificantes para la filogenia y la diversidad genética del género *Astrocaryum (Palmeras).* 2ndo Congreso Internacional para la Conservación de la Biodiversidad Amazónica y Andina, Loja, Equateur, Août 2003.

Pintaud J.-C., Millán B., Kahn F. 2004. Filogenia y diversidad genética de las palmeras peruanas. Xème congrès national de botanique du Pérou (CONABOT 10), Trujillo, Pérou, Mai 2004.

***Pintaud J.-C.** 2005. Apport du génotypage de locus microsatellites pour l'étude de la diversité intra- et interspécifique dans le genre *Phoenix*. In : Dies Palmarum IV, San Remo, Italie, 24-26 Novembre 2005.

***Pintaud J.-C.** 2006. Filogenia, ecologia y biogeografia de las palmeras amazonicas. In : Primer congreso cientifico amazonico de la OTCA. Iquitos, Pérou, Février 2006.

Pintaud J.-C., Millán B., Hahn W.J. and Kahn F. 2006. *Hexopetion* Burret, a misunderstood genus of Bactridinae. In : 6th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), Genève, 27-28 Mai 2006.

Pintaud J.-C., Ludeña B., Karolys G., Hahn W. J. 2006. Molecular evolution of hypervariable polymorphisms in non-coding chloroplastic sequences, and their use in plant systematics. 10th Evolutionary Biology Meeting at Marseilles, 20-22 Septembre 2006.

Pintaud J.-C. 2007. Building a total evidence matrix for the Areceae tribe and related groups. In : 7th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), Paris, 2-3 Juin 2007.

Pintaud J.-C. 2007. An overview of the genus *Attalea*. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Pintaud J.-C & Billotte N. 2008. Méthodes de génotypage et de phénotypage pour l'identification des hybrides dans le genre *Phoenix*. Vème biennale européenne des palmiers Dies Palmarum, San Rémo, Italie, 12-14 Mars 2008.

Pintaud J.-C., Caro-Riano H., Castellana R., Littardi C. 2008. Geometric morphometry: a tool for the study of leaf variation in *Phoenix*. 8th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), Meran (Italy), 24-25 Mai 2008.

J.-C. Pintaud, T. Couvreur, S. Barrow, N. Billotte, S. Zehdi, S. Henderson, W.J. Hahn, F. Aberlenc-Bertossi, and J. Tregear. 2008. An evaluation of the taxonomy of the genus *Phoenix*. Fourth International Symposium on the Comparative Biology of the Monocotyledons (Monocots IV), Copenhaguen, Denmark, 11-15 Agust 2008.

Pintaud J.-C., Malaurie B., Kahn F. 2008. Promissing palms for bioenergy production. VANATROP workshop, Montpellier, 22-24 Octobre 2008.

Pintaud J.-C.. 2008. Diversité génétique du genre *Phoenix*. 3ème séminaire du Réseau AUF « Biotechnologies du Palmier Dattier », Montpellier 18-20 Novembre 2008.

Pintaud J.-C., Caro-Riano H., Castellana R., Littardi C. 2009. Evaluation de la distinction traditionnelle entre palmes 'juives' et 'chrétiennes' de la palmeraie historique de Bordighera (Italie) par une étude de morphométrie géométrique des apex foliaires. SMEF 6, Montpellier, 27-28 Mai 2009.

Pintaud J.-C. 2009. Méthodes et apports du génotypage et du phénotypage chez le dattier. Kick-off meeting du projet MOCAF. CIRAD, 20-23 Juillet 2009.

Pintaud J.-C. 2010. Further evidences for the distinction of *Hexopetio*n from *Astrocaryum*. PALMS 2010, International Symposium on the Biology of the Palm Family, Montpellier, 5-7 Mai 2010.

***Pintaud J.-C.** 2011. Biogeography of the genus *Phoenix* and domestication history of the date palm. International symposium on date palm: domestication, distribution, production and marketing, April 4-5, 2011, University of Agriculture of Faisalabad, Pakistan.

Pintaud J.-C., Roncal J., Couvreur T. 2011. Biogeography speciation patterns in Amazonian palms (Arecaceae). International symposium : Palm harvest impact in tropical forests: 6-7 August 2011, Universidad Nacional de Colombia sede Letica, Colombia.

***Pintaud J.-C**, Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., Ludeña B., Picq S., Terral J.-F. 2011. Origine, histoire de la domestication et biogeographie du dattier. 1er Symposium International sur le Palmier Dattier (Sympada), 13-14 Novembre 2011, Alger, Algérie.

***Pintaud J.-C.** 2012. Diversidad et biocomercio de las palmeras amazónicas. II Expo BioAmazónica, 16-18 Août 2012, Tarapoto, Pérou.

Pintaud J.-C., Ludeña B., Seveno M., Ballardini M., Mercuri A., Gros-Balthazard Muriel., Vigouroux, Y., Aberlenc-Bertosi, F. 2012. Species identification in the genus *Phoenix* L. (Arecaceae): A comparison of performances between barcoding with 3 plastid loci and genotyping with 20 SSR loci. 3rd ECBOL conference, 17-20 Septembre, Bruxelles, Belgique.

Pintaud J.-C., Roncal J., Sanín M.J., Anthelme F., Couvreur T., Kahn F., Millán B., Baby P. 2012. Orogenèse andine et dynamique de la spéciation chez les palmiers de l'ouest de l'Amérique du Sud. Rencontres MNHN-IRD : biodiversité des plantes et insectes des pays du Sud, 20-21 Septembre 2012, Paris, France.

Pintaud J.-C. 2013. Diversidad, prioridades de inventario y de conservación de las palmeras de Amazonas. Atelier « Conservation des palmiers dans la région d'Amazonas », Huambo, 3 Août 2013.

Pintaud J.-C. 2013. Biodiversidad y conservación del bosque nublado del contacto andino-amazónico : el caso de la Divisoria (Cordillera Azul). Taller MINAG de capacitación sobre ecosistemas frágiles y su proceso de reconocimiento, 19-20 Septembre 2013, Tingo María, Pérou.

Pintaud J.-C., Montúfar R., Anthelme F., Sanín M.J., Olivera J., Ramirez R., Millán B. 2013. Natural and human-induced genetic and ecological patterns in North-Western South American palms unraveled by population-level studies. International symposium: palm harvest impact in

tropical forests: results and proposals, 20-21 September 2013, Tingo María, Peru.

*__Pintaud J.-C__. 2014. Biogeografía de Arecaceae Sudamericanas. Simposio Internacional Biogeografía del Neotrópico. Museo de Historia Natural, Lima, 15 Avril 2014.

__Pintaud J.-C__. 2014. Distribución et caracterización de los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos del oeste de América del Sur. Taller internacional: Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos del oeste de América del Sur: biodiversidad y desafíos de conservación, UNTRM, Chachapoyas, 14 Juillet 2014.

__Pintaud J.-C__. 2014. Patrones evolutivos de las palmeras (Arecaceae) en los ecosistemas mesófilos y xéricos de América del Sur. Taller internacional: Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos del oeste de América del Sur: biodiversidad y desafíos de conservación, UNTRM, Chachapoyas, 14 Juillet 2014.

*__Pintaud J.-C__. 2014. Evolución de la vegetación y dinámica de la biodiversidad en América del Sur durante el Cenozoico: inferencia por el registro fósil y la filogenia molecular de palmeras. Simposio ICBAR 2014, UNMSM, Lima 12-14 Août 2014.

__Pintaud J.-C.__ 2014. El Observatorio de los Bosques Andino-Amazónicos del Perú OBAAP. Feria Voces por el Clima, 20th Conference of the Parties of the United Nation Framework Convention on Climate Change UNFCCC COP20, Lima 1-12 Décembre 2014.

Communications orales – co-auteur

Gluchy D., __Pintaud J.-C.__, Ludeña B. 2002. Diversidad genética y filogenia molecular del género *Astrocaryum* (Arecaceae). Jornadas anuales de Biologia, Quito, Septembre 2002.

Bayas R., __Pintaud J.-C.,__ Ludeña B. 2002. Identificación molecular de poblaciones andinas de *Anastrepha fraterculus* (mosca de la fruta), Diptera : Tephritidae, en el Ecuador. Jornadas anuales de Biologia, Quito, Septembre 2002.

Vallejo M., Vegas C., __Pintaud J.-C.__ 2003. Comparative study of the distribution of *Astrocaryum macrocalyx* Burret and *Astrocaryum urostachys* Burret in function of the topography, drainage and architecture of the forest in western Amazonia (Ecuador and Peru). 2ndo Congreso Internacional para la Conservación de la Biodiversidad Amazónica y Andina, Loja, Equateur, Août 2003.

Montúfar R., Mariac C., Pham J.-L., __Pintaud J.-C.__ 2003. Diversité génétique du palmier *Jessenia bataua* dans les forêts tropicales d'Amérique du Sud. 25ème réunion du groupe de Génétique et Biologie des Populations (PPD), Toulouse, France, Août 2003.

Couvreur T., __Pintaud J.-C.__ 2003. Chloroplast phylogeny of *Bactris gasipaes* and related species : towards the end of the controversy ? 3rd annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), Kew, UK, Avril 2003.

Couvreur T., __Pintaud J.-C.__ 2004. An evaluation of the taxonomy of the genus *Phoenix* based on hypervariable molecular markers. 4th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), La Gomera, Iles Canaries, Avril 2004.

Couvreur T., Vigouroux Y., Pham J.-L., Ludeña B., **Pintaud J.-C.** 2004. Genetic diversity and phylogeny of *Bactris gasipaes* and related species. Southern Connexion Symposium, Cape Town, RSA, Janvier 2004.

Millán B., **Pintaud J.-C.** 2004. Estructura de las comunidades de palmeras en los ecosistemas silvaticos de Villa Trompeteros, Rio Corrientes. Xème CONABOT, Trujillo, Pérou, Mai 2004.

Couvreur T.L.P., Lara C., Ludena B., Pham J.-L., **Pintaud J.-C.** 2005. Reciprocal introgression between wild and cultivated compartments of the peach palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae) in Western Ecuador. In: First International Conference on Crop Wild Relative Conservation and Use. 14-17 September 2005, Agrigento, Sicily, Italia.

Montufar R. and **Pintaud J.-C.** 2005. **Diversity and ecology of Western Amazonian palms.** In: The Palms An international symposium on the biology of the palm family: The Linnean Society of London and the Royal Botanic Gardens. 6-8 April 2005, Kew, United Kingdom.

Millán B., Vegas C., **Pintaud J.-C.** 2006. Taxonomia y biogeografia de *Astrocaryum* (Arecaceae). IX Congreso Latinoamericano de Botanica. Santo Domingo, Republica Dominicana, 20-27 Juin 2006.

Millán B., **Pintaud J.-C**., Montufar R., Vegas C., Ortega N. 2006. Contribucion al conocimiento sobre las palmeras del Peru. Parte I: Loreto. IX Congreso Latinoamericano de Botanica. Santo Domingo, Republica Dominicana, 20-27 Juin 2006.

Ludeña B., Karolys G., Caro-Riano H. & **Pintaud J-C.** 2007. Genetic diversity, morphometric variation and speciation processes in *Astrocaryum* section *Ayri* . VII EUNOPS meeting, Paris, France, 2-3 June 2007.

Ludeña B. and **Pintaud J-C.** 2007. The use of VNTRs as speciation markers. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Millan B., Mejia K., **Pintaud J.-C.** and Kahn F. 2007. Diversidad de palmeras en Peru – estado actual. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Castellana R., Littardi C et **Pintaud J.-C.**. 2008. Compte-rendu des recherches menées dans le cadre du Projet Phoenix à Bordighera et San Remo (Italie). 3ème séminaire du Réseau AUF « Biotechnologies du Palmier Dattier », Montpellier 18-20 Novembre 2008.

Littardi C., Caro-Riano H., **Pintaud J.-C.** 2008. Distinction des palmes juives et chrétiennes par une approche de morphométrie géométrique. 3ème séminaire du Réseau AUF « Biotechnologies du Palmier Dattier », Montpellier 18-20 Novembre 2008.

Gros-Balthazard M., **Pintaud J.-C**., Ivorra S., Tito de Morais C., Newton C., Terral J.-F.2010. A combined morphometric and genetic approach of the domestication history and agrobiodiversity of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). PALMS 2010, International Symposium on the Biology of the Palm Family, Montpellier, 5-7 Mai 2010.

Ballardini M., Mercuri A., Littardi C., **Pintaud J.-C**. 2010. Variation of a chloroplast minisatellite among *Phoenix* species (Arecaceae): implications for species identification. PALMS 2010, International Symposium on the Biology of the Palm Family, Montpellier, 5-7 Mai 2010.

Girod C., Leblois R., Vitalis R**., Pintaud J .-C**., Riera B., Fréville H. 2010. Influence of past climate changes on the phylogeography of the palm *Astrocaryum sciophilum* in French Guiana. PALMS 2010, International Symposium on the Biology of the Palm Family, Montpellier, 5-7 Mai 2010.

Ballardini M., Chérif E., Castillo K ., Mercuri A., Littardi C., **Pintaud J.-C**., Aberlenc-Bertossi F. 2010. Validation of a new set of SSR markers for genetic variability studies in the genus *Phoenix* L. Dies Palmarum, VI Biennale Europea delle Palme, Sanremo, Italie, 17-19 Novembre 2010.

Castillo C., **Pintaud J.-C**., Tranchant C., Chérif E., Mougenot I., Aberlenc-Bertossi F. 2010. PhoenixDB: a database for date palm identification based on SSR markers. Dies Palmarum, VI Biennale Europea delle Palme, Sanremo, Italie, 17-19 Novembre 2010.

Tregear J., Adam H., Aberlenc-Bertossi F., Chabrillange N., Collin M., Daher A., **Pintaud J.-C.** 2010. Sexual diversification in the palm family. Dies Palmarum, VI Biennale Europea delle Palme, Sanremo, Italie, 17-19 Novembre 2010.

Millán B., **Pintaud J.-C.**, Kahn F. 2010. Dinámica de la diversidad y evolución de complejos de especies de palmeras andino-amazónicas. Workshop Internacional Amazonia Occidental : origen de la biodiversidad y utilizaciones innovadoras de la diversidad molecular y genética, Iquitos, Peru, 24-26 Novembre 2010.

Ballardini M., Cherif E., Castillo K., Aberlenc-Bertossi F., Santoni S., Mercuri A., Littardi C. and **Pintaud J.-C.** 2011. Transferability of nuclear SSR markers from *Phoenix dactylifera* L. to *Chamaerops humilis* L. : preliminary results and perspectives. 11th annual meeting of the European Network of Palm Scientists, St Petersburg, Russia, 16-17 April 2011.

Borchsenius F., Balselv H., Barfod A., Bernal R., Eiserhardt W., Kissling D.W., **Pintaud J.-C**., Trenel P. and Svenning J.-C. 2011. Evolution of the Andean palm genus *Aiphanes*. 11th annual meeting of the European Network of Palm Scientists, St Petersburg, Russia, 16-17 April 2011.

Roncal J., **Pintaud J.-C.,** Borchsenius F. Henderson A., Svenning J.-C., Overgaard A., Balslev H. 2011. Palm phylogenies reveal patterns of evolution in the Neotropics. Symposium on Neotropical Plant Evolution, International Botanical Congress 2011 in Melbourne, Australia, July 23-30.

Sanín M.J., Pintaud J.-C., Galeano G. 2011. Evolutionary studies in *Ceroxylon* (Arecaceae). International symposium : Palm harvest impact in tropical forests: 6-7 August 2011, Universidad Nacional de Colombia sede Letica, Colombia.

Moussouni S., **Pintaud J.-C**., N. 2011. Etude du polymorphisme chloroplastique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) en Algérie. 1er Symposium International sur le Palmier Dattier (Sympada), 13-14 Novembre 2011, Alger, Algérie.

Zango O., Littardi C., **Pintaud J.-C**., Rey H. 2011. Etude comparative de l'architecture et de la morphométrie des inflorescences mâles et femelles de *Phoenix dactylifera* L. 1er Symposium International sur le Palmier Dattier (Sympada), 13-14 Novembre 2011, Alger, Algérie.

Zehdi S., Chérif E., Dkhil S.D., Rhouma S., Ould Mohamed Salem A., **Pintaud J.-C**. , Trifi M. 2011. Genetic diversity of Tunisian date palm revealed by molecular markers. 1er Symposium International sur le Palmier Dattier (Sympada), 13-14 Novembre 2011, Alger, Algérie.

Castillo K., **Pintaud J.-C.**, Dubreuil-Tranchant C., Chabrillange N., Aberlenc-Bertossi F. 2012. PhoenixDB, a bioinformatic application for date palm genotype identification. Plant and Animal Genome XX. San Diego, CA, January 14-18, 2012.

Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., **Pintaud J.-C**. 2012. Wild date palms (*Phoenix dactylifera* L.) found in Oman: Evidence from genetic and morphometric analyses. Plant and Animal Genome XX. San Diego, CA, January 14-18, 2012.

Aberlenc-Bertossi F., Castillo Perez K., Tranchant C., Ludeña B., Chabrillange N., **Pintaud J.-C.** 2012. PhoenixDB : a database and information system for date palm (*Phoenix dactylifera* L.) genotype identification based on microsatellite markers. EUNOPS XII, 12-13 Mai 2012, Sanremo, Italie.

Ballardini M., Ludeña B., Castillo Perez K., Moussouni S., Gros-Balthazard M., Cherif E., Chabrillange N., Mercuri A., Littardi C., Aberlenc F., **Pintaud J.-C**. 2012. *Phoenix* hybrids in the Italian Riviera and identification of parents by means of molecular markers. EUNOPS XII, 12-13 Mai 2012, Sanremo, Italie.

Couvreur T.L.P., Faye A., Sonké B., Baker W.J., **Pintaud J.-C**. 2012. Evolution of the African rattan clade Ancistrophyllinae. EUNOPS XII, 12-13 Mai 2012, Sanremo, Italie.

Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., **Pintaud J.-C**., Terral J.-F. 2012. First evidence of wild date palms (*Phoenix dactylifera* L.) as demonstrated by genetic and morphometric analyses**.** EUNOPS XII, 12-13 Mai 2012, Sanremo, Italie.

Roncal J., Kahn F., Millan B., Couvreur T., **Pintaud J.-C**. 2012. Cenozoic colonization and diversification patterns of tropical American palms: evidence from *Astrocaryum***.** EUNOPS XII, 12-13 Mai 2012, Sanremo, Italie.

Abbas S., Hameed M., **Pintaud J.-C**., Khan I.A. 2012. First insights onto the distribution and diversity of *Phoenix loureiroi* in Pakistan. EUNOPS XII, 12-13 Mai 2012, Sanremo, Italie.

Rodríguez A.M., Mejía K., García-Dávila C., Couderc M., **Pintaud J.-C**. 2012. Análisis filogenético del género *Attalea* inferido por secuencias del ADN cloroplástico y nuclear. XXI Reunión científica del ICBAR, 7-9 Août 2012, Lima, Pérou.

Rodríguez A.M., Mejía K., García-Dávila C., Ramirez R., Couderc M., **Pintaud J.-C**. 2012. Análisis filogenético del género *Attalea* inferido por secuencias del ADN cloroplástico y nuclear. XIV Congreso Nacional de Botánica, 9-12 Octobre 2012, Trujillo, Pérou.

Cherif E., Zehdi S., Castillo K., Chabrillange N., Abdoukader S., **Pintaud J.-C**., Santoni S., Salhi-Hannachi A., Glemin S., Aberlenc-Bertossi F. 2013. A very ancient XY chromosome system in

plant revealed by sex-linked molecular markers in Date Palm. Palm genomics & genetics session, Plant & Animal Genome XXI, 11-16 Janvier 2013, San Diego, CA, USA.

Gros-Balthazard M., Ivorra S., Newton C., Terral J.F., **Pintaud J.-C**. 2013. First identification of wild date palm in Oman. Palm genomics & genetics session, Plant & Animal Genome XXI, 11-16 Janvier 2013, San Diego, CA, USA.

Sanín M.J., **Pintaud J.-C**., Borchsenius F., Galeano G. Trénel P., Kissling D. 2013. South to north diversification in the Andean was palms, genus *Ceroxylon*. EUNOPS XIII, Mai 2013, Aarhus, Danemark.

Couvreur T.L.P., Faye A., **Pintaud J.-C**., Baker W.J., Sonké B. 2013. Phylogenetics and evolution of the African rattans using next generation sequencing methods: insights into African rain forest evolution. Monocots V, Juillet 2013, New York, USA.

Ramirez N., Molina N., Arakaki M., **Pintaud J.-C**. 2013. El Tambillo de Sztolcman después de 136 años y topotipos de *Guestieria branickii* (Mollusca, Gastopoda). XXII Reunión científica del ICBAR, 6-8 Août 2013, Lima, Pérou.

Escobar S., Montúfar R., **Pintaud J.-C**. 2013. Population genetic structure of *Oenocarpus bataua* (ungurahua): a tool for the conservation of a forest resource in the Neotropics. International symposium: palm harvest impact in tropical forests: results and proposals, 20-21 September 2013, Tingo María, Peru.

Olivera J., Bernal R., Galeano G., Sanín M.J., Faye A., Couvreur T., Millán B., **Pintaud J.-C.**, Ramirez R. 2013. Phylogenetic relationships and genetic variability of subtribe Mauritiinae (Arecaceae: Calamoideae) studied with chloroplast sequences. International symposium: palm harvest impact in tropical forests: results and proposals, 20-21 September 2013, Tingo María, Peru.

Sanín M.J., Thome J., Zapata P., Møller M., Galeano G., Anthelme F., **Pintaud J.-C**. 2013. Conservation y resilience of a key stone taxon of the Andean flora: the wax palms (*Ceroxylon*). International symposium: palm harvest impact in tropical forests: results and proposals, 20-21 September 2013, Tingo María, Peru.

Aberlenc-Bertossi F., Cherif E., Zehdi-Azouzi S., Castillo K., **Pintaud J.-C.**, Salhi-Hannachi A., Glémin S., Santoni S., Chabrillange N. 2013. Marqueurs du sexe et évolution des régions non recombinantes liées au sexe dans le genre Phoenix. VII Biennale Europea Delle Palme - Dies Palmarum, 5-7 Décembre 2013, Sanremo, Italie.

Ballardini M., Castillo K., Cherif E., Littardi C., Santoni S., Aberlenc-Bertossi F., **Pintaud J-C.**, Mercuri A. 2013. Genetic diversity of Italian date palms (*Phoenix dactylifera* L.) investigated by means of nuclear and cpDNA markers . VII Biennale Europea Delle Palme - Dies Palmarum, 5-7 Décembre 2013, Sanremo, Italie.

Ballardini M., Mercuri A., Littardi C., Abbas S., Couderc M., Ludeña B., **Pintaud J.-C.** 2013. DNA barcoding in the genus *Phoenix* L. (Arecaceae). VII Biennale Europea Delle Palme - Dies Palmarum, 5-7 Décembre 2013, Sanremo, Italie.

Ludeña-Pintaud B., **Pintaud J.C.**, Castillo K., Aberlanc-Bertossi F. 2013. Genetic identification

key of *Phoenix dactylifera* cultivars. VII Biennale Europea Delle Palme - Dies Palmarum, 5-7 Décembre 2013, Sanremo, Italie.

Zehdi S., Cherif E., Gros-Balthazard M., Abbas S., Ludeña B., Abdoulkader S., Bouguedoura N., Moussouni S., Si-Dehbi F., Terral J.F., Santoni S., Salhi-hannachi A., **Pintaud J.C.**, Aberlenc-Bertossi F. 2013. Population structure and genetic diversity of date-palm. VII Biennale Europea Delle Palme - Dies Palmarum, 5-7 Décembre 2013, Sanremo, Italie.

Aberlenc-Bertossi F., Cherif E., Zehdi S., Castillo K., **Pintaud J.-C.**, Salhim-Hannachi A., Glémin S., Santoni S., Chabrillange N. 2014. W703 - Evolution of Sex-Linked Regions in the Genome of Dioecious Phoenix Species. Sex Chromosomes session, Plant & Animal Genome XXII, 11-15 Janvier 2014, San Diego, CA, USA.

Aberlenc-Bertossi F., Cherif E., Zehdi S., Castillo K., **Pintaud J.-C.**, Salhim-Hannachi A., Glémin S., Santoni S., Chabrillange N. 2014. Identification of date palm gender with molecular markers. 5th International Date Palm Conference, Abu Dhabi, UAE, 16-18 March 2014.

Moussouni S., Boughedoura N., **Pintaud J.-C.** 2014. Molecular characterization and genetic diversity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Algeria. 5th International Date Palm Conference, Abu Dhabi, UAE, 16-18 March 2014.

Castaño F., Stauffer F., Marquinez F., Crèvecoeur M., Collin M., **Pintaud J.C.**, Tregear J. 2014. Floral structure and development in the monoecious palm *Gaussia attenuata* (Arecaceae; Arecoideae). EUNOPS XIV, Mai 2014, Valencia, Espagne.

Communications par voie d'affiche

Couvreur T., **Pintaud J.C.** 2004. An evaluation of the taxonomy of the genus *Phoenix* based on hypervariable molecular markers. 4th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), La Gomera, Iles Canaries, Avril 2004.

Couvreur T.L.P., **Pintaud J.-C.** 2005. Phylogenetic relationships and genetic diversity of *Bactris gasipaes* Kunth (Arecaceae) and its wild relatives. In: The Palms. An international symposium on the biology of the palm family. The Linnean Society of London and the Royal Botanic Gardens Kew; 6-8 April 2005.

Millán B., Vegas C. **Pintaud J.-C.** 2006. Sistemática y ecología de *Astrocaryum* (Arecaceae). In: Primer simposio científico amazónico de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA). Iquitos, Pérou, 3-5 Février 2006.

Anthelme F., **Pintaud J.-C.** 2006. Andean mountain palms: linking speciaton processes with adaptation to altitude – *Ceroxylon* spp. and *Geonoma* spp. In : 6th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), Genève, 27-28 Mai 2006.

Montufar R., Laffargue A., Dussert S., Mariac C. Pham J.-L. and **Pintaud J.-C.** 2006. Molecular and biochemical differentiation of *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) populations in the tropical forest of South America. In : 6th annual meeting of the European Network of Palm Scientists (EUNOPS), Genève, 27-28 Mai 2006.

Ludeña B., Escobar J.-C. and **Pintaud J.-C.** 2006. Genomic diversity of Ecuadorean Monkeys (Platyrrhini). 10th Evolutionary Biology Meeting at Marseilles, 20-22 Septembre 2006.

Pintaud J.-C., Couvreur T., Lara C., Billotte N., Ludeña B. and Jean-Louis Pham. 2006. Structure et dynamique de la diversité génétique dans un complexe sauvage-cultivé tropical : le cas du palmier sud-américain *Bactris gasipaes*. 6ème Colloque National, Bureau des Ressources Génétiques, La Rochelle 2-4 Octobre 2006.

Caro-Riano H., Ortega N., Karolys G., Ludeña B., Millán B., **Pintaud J.-C**. La morfométria geométrica como herramienta para el estudio de la taxonomia del género *Astrocaryum*. 4to Congreso Colombiano de Botanica, Medellín, 22-27 de Abril de 2007.

Karolys G., Ludena B., **Pintaud J.-C.** 2007. Diferenciacion genética en cinco especies parapatricas de *Astrocaryum sect. Ayri* en la Amazonia occidental. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Millan B**., Pintaud J.-C.,** Ortega N., Talavera P. 2007. Diversidad de palmeras en Pantoja, Maynas, Loreto. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Montufar R., **Pintaud J.-C**. 2007. Analisis morfometrico de las categorias infraespecificas de la palmera *Oenocarpus bataua* Mart. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Ortega N., Caro-Riano H., Millan B., **Pintaud J.C.** 2007. Morfometria geometrica aplicada al analisis de la variacion morfologica de plantulas de *Astrocaryum* para la Amazonia peruana. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Santa Cruz L., **Pintaud J.-C**., Lianka Cairampoma. 2007. Las palmeras del area de conservacion privada Abra Patricia Alto Nieva. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Vegas C., Millan B., **Pintaud J.-C.** 2007. Anatomia del fruto del género *Astrocaryum* (Arecaceae) en el Peru. Colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-9 Novembre 2007.

Daher A., Castellana R., Littardi C., **Pintaud J.-C**., Chabrillange N., Mohamed N., Tregear J.W., Aberlenc-Bertossi F. 2010. Flowering phenology of date palm (*Phoenix dactylifera*). PALMS 2010, International Symposium on the Biology of the Palm Family, Montpellier, 5-7 Mai 2010.

Barreiro J.M., Montúfar R.J., **Pintaud J.-C**. 2011. Genetic structure of *Euterpe precatoria* Mart. in tropical and subtropical forest of the Andean region. International symposium : Palm harvest impact in tropical forests: 6-7 August 2011, Universidad Nacional de Colombia sede Letica, Colombia.

Pintaud J.-C., Ludeña B. 2011. Evolution of plastid minisatellites in the palm family. 11th annual meeting of the European Network of Palm Scientists, St Petersburg, Russia, 16-17 April 2011.

Gros-Balthazard M., Ivorra S., Newton C., Picq S., **Pintaud J.-C.** and Terral J.-F. 2011. Morphometric study of *Phoenix dactylifera* L. and allied species: are there wild date palms in Oman? 11th annual meeting of the European Network of Palm Scientists, St Petersburg, Russia, 16-17 April 2011.

Pintaud J.-C., Ludeña B., Couvreur T.. 2012. Barcoding in the genus *Bactris* (Arecaceae) with trnq-rps16 and psba-trnH plastid loci. 3rd ECBOL conference, 17-20 Septembre 2012, Bruxelles, Belgique.

Ballardini M., Castillo K., Cherif E., Littardi C., Santoni S., Aberlenc F., **Pintaud J.-C**., Mercuri A. 2012. Genetic diversity of Italian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) investigated by means of nuclear and CpDNA markers. XXIV EUCARPIA symposium on ornamentals, 2-5 Septembre 2012, Varsovie, Pologne.

Mariac C., Couderc M., Scarcelli N., Billot C., Barnaud A., Faye A., Sonké B., **Pintaud J.-C**., Vigouroux Y., Couvreur T. 2014. P667 - Whole Chloroplast Genomes of Crop Species as a Tool for Population Genetics, Phylogeography and Phylogeny in Agrobiodiversity Research. Plant & Animal Genome XXII, 11-15 Janvier 2014, San Diego, CA, USA.

Séminaires et conférences scientifiques

Pintaud J.-C. 2000. *Estudio de palmeras con marcadores moleculares*. Séminaire de l'IIAP, Iquitos, Pérou, Novembre 2000.

Pintaud J.-C. 2001. *Biogeography and speciation of New Caledonian Palms*. Séminaire du Fairchild Tropical Garden, Miami, USA, Avril 2001.

Pintaud J.-C. 2002. *Marqueurs chloroplastiques de diversité et phylogénie*. Séminaire GENETROP, Montpellier, Mai 2002.

Pintaud J.-C. 2002. *Le genre* Astrocaryum *: un modèle pour l'étude de la spéciation en forêt tropicale humide.* Séminaire LET, Toulouse, Septembre 2002.

Pintaud J.-C. 2012. *Biogeografía de las palmeras amazónicas*. Université UNMSM, 30 Juin 2012, Lima, Pérou.

Pintaud J.-C. 2012. *Biogeografía, usos y cultivos de las palmeras en la zona de transición Chocó-Tumbes (costa Pacífica del Ecuador)*. Université UEES, 8 Août 2012, Guayaquil, Equateur.

Pintaud J.-C. 2013. *Origen y diversificación de las palmeras de America del Sur.* Universidad Nacional de Colombia, 30 Novembre 2013, Bogota, Colombie ; Universidad Tecnológica del Chocó, 4 Avril 2014, Quibdo, Colombie.

Pintaud J.-C. 2014. Une approche de la biodiversité du Pérou : usage des palmiers comme marqueurs écologiques des types de forêts et état d'altération. Université UNSCH, 2 Juillet 2014, Ayacucho, Pérou.

HISTORIQUE DES MISSIONS DE RECHERCHE, EXPERTISE ET FORMATION

Statistiques :

- Deux expatriations (Equateur 2002-2007 et Pérou 2012-2016)
- 85 missions hors du pays d'affectation dont 2 longue durée
- 18 pays visités dont 7 en Europe, 5 en Amérique du Sud, 4 en Afrique, un en Amérique du Nord, un en Asie et un en Océanie

* 15 Octobre 2000 : 1ère affectation : Centre IRD de Montpellier

♦ 30 Octobre - 4 Décembre 2000 : EQUATEUR-PEROU

Objet : récoltes d'échantillons de palmiers, participation à un cours de terrain pour l'Université San Marcos à Iquitos et Jenaro Herrera (Pérou), prise de contact avec l'IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana), soutien d'étudiants à l'Université de Loja (Equateur), conférence à l'Université PUCE (Quito, Equateur).

♦ 6 Avril 2001 : Toulouse

Objet : Réunions de travail au Laboratoire d'Ecologie Terrestre (LET, CNRS/UPS) : collaboration sur *Astrocaryum*, et avec l'UR de géodynamique IRD de G. Hérail concernant les relations entre dynamique géologique et biogéographie dans l'ouest amazonien.

♦ 15-20 Avril 2001 : USA : Miami

Objet : collecte d'échantillons de palmiers (*Bactris*, *Astrocaryum* et autres) dans les collections du Fairchild Tropical Garden (FTG) et du Montgomery Botanical Center (MBC), discussions avec collègues et séminaire.

♦ 25-29 Mai 2001 : DANEMARK : Århus

Objet : participation à la première réunion de l'European Network of Palm Scientists (EUNOPS). Candidature proposée et retenue à l'organisation de l'EUNOPS II en 2002 à Montpellier.

♦ 4-5 Juillet 2001 : Lyon

Objet : Participation au 10ème colloque « Eléments Transposables ».

♦ 12 Juillet-4 Août 2001 : EQUATEUR-PEROU

Objet : organisation d'un cours de phylogénie d'une semaine à l'Université San Marcos (Lima), récoltes d'échantillons de palmiers en Amazonie péruvienne avec Betty Millán (partenaire et étudiante en thèse sur notre programme), visite et discussion de projets avec l'INIA-Peru sur la

station de Yurimaguas (collections nationales et internationales de cultivars de *Bactris gasipaes*), visite et discussion de projets avec l'IIAP (Iquitos).

♦ 27-29 Août 2001 : Orsay

Objet : participation au colloque "Le petit pois déridé" du groupe de Génétique et Biologie des Populations

♦ 17 Septembre 2001 : Paris

Objet : discussion et mise en place d'une collaboration avec le groupe "*Astrocaryum sciophilum*" du MNHN/CNRS. Coordination du développement d'outils microsatellites sur le genre *Astrocaryum*.

Réunion de travail au siège de l'IRD avec Marie-Lise Sabrié et à la base Indigo pour la fiche d'actualité scientifique N° 142.

♦ 25-26 Septembre 2001 : Paris

Objet : Participation aux journées annuelles de la SFS (Société Française de Systématique)

♦ 1-4 Novembre 2001 : Nice - Cannes

Objet : Récoltes d'échantillons de *Phoenix*.

♦ 6-9 Décembre 2001 : ITALIE : Sanremo

Objet : Participation au colloque "II Biennale Europea Delle Palme" comme conférencier invité et récoltes d'échantillons de *Phoenix* dans le jardin Winter à Bordighera.

♦ 4-12 Janvier 2002 : EQUATEUR

Objet : Participation aux journées des 25 ans du département de biologie de la PUCE et dispense d'un cours de phylogénie moléculaire.

♦ 25 Février 2002 : ITALIE : Bordighera

Objet : Récoltes d'échantillons de dattiers dans la palmeraie médiévale du vallon de Sasso.

♦ 20-24 Mars 2002 : Paris, Orsay

Objet : Visite d'équipes MNHN et CNRS en préparation du colloque EUNOPS II à Montpellier.

♦ 8-25 Avril 2002 : EQUATEUR et USA

Objet : En Equateur, mise en place des analyses moléculaires sur *Astrocaryum* au laboratoire de Génétique Moléculaire de la PUCE (une CSN affectée au laboratoire) ; aux USA, récolte d'échantillons de palmiers dans les jardins botaniques FTG et MBC à Miami, visite de collaborateurs à New York.

♦ 18 Juin 2002 : île de Porquerolle

Objet : Récoltes d'échantillons de dattiers dans la collection du Conservatoire Botanique Méditerranéen.

*** 15 Juillet 2002 : 2ème affectation : PUCE, Quito (Equateur)**

♦ 10-25 Septembre 2002 : Montpellier, Hyère

Objet : Suivi des activités au laboratoire Genetrop de Montpellier, communication au colloque de l'Internationnal Palm Society à Hyère.

♦ 4-20 Octobre 2002 : PEROU

Objet : Dispense d'un cours de phylogénie d'une semaine à Lima, terrain en Amazonie (Madre de Dios).

♦ 6-22 Novembre 2002 : France et La Palma (ILES CANARIES)

Objet : Communication au colloque de biologie insulaire de La Palma, suivi des activités au laboratoire Genetrop à Montpellier.

♦ 10-26 Mai 2003 : ROYAUME UNI et FRANCE

Objet : Participation au colloque EUNOPS III à Londres et encadrement d'un étudiant de DEA au laboratoire Genetrop à Montpellier.

♦ 27 Octobre – 6 Novembre2003 : PEROU

Objet : Dispense d'un cours de phylogénie à Lima, et d'un cours de terrain sur les palmiers à Iquitos, récolte d'échantillons.

♦ 14 Novembre-4 Décembre 2003 : FRANCE et USA

Objet : Participation aux journées de l'UMR DGPC à Montpellier, visite de collaborateurs à Washington et à Miami, et récoltes d'échantillons de palmiers.

♦ 6-16 Février 2004 : PEROU

Objet : Récolte d'échantillons de palmiers dans la région de Oxapampa.

♦ 20 Mars – 4 Avril 2004 : PEROU

Objet : Récolte d'échantillons de palmiers le long des rios Marañon et Tigre.

♦ 26 Avril – 10 Mai 2004 : PEROU

Objet : Etude des palmiers de la région nord-occidentale, et communication au Xème CONABOT à Trujillo.

♦ 15 Octobre – 1er Novembre 2004 : PEROU

Objet : Participation à la mission fluviale interdisciplinaire de l'IRD « Napo 2004 »

♦ 29 Novembre-3 Décembre 2004 : PEROU

Objet : Dispense d'un cours de phylogénie à l'UNMSM, Lima.

♦ 8-15 Décembre 2004 : Montpellier

Objet : Participation au jury de thèse de Hélène Adam (comme examinateur invité) à l'UMII, « Caractérisation de gènes MADS-BOX chez le palmier à huile ». Réunion d'UR à Montpellier.

♦ 11-24 Avril 2004 : PEROU

Objet : Dispense d'un cours de terrain sur les méthodes d'étude des palmiers pour étudiants équatoriens et péruviens en Amazonie.

♦ 23-30 Mai 2005 : FRANCE

Objet : Réunion d'UR à Montpellier. Participation au 1er séminaire internationnal du CCDE « Y-a-t-il une étique propre à la recherche pour le Développement ? », Collège de France, 27 Mai 2005.

♦ 30 Septembre-10 Octobre 2005 : PEROU

Objet : Mission de terrain d'étude des palmiers dans le nord-ouest de l'Amazonie péruvienne. Formation d'étudiants aux techniques de terrain.

♦ 7-11 Novembre 2005 : PEROU

Objet : Dispense d'un cours de biogéographie à l'UNMSM, Lima.

♦ 24-26 Novembre 2005 : ITALIE : Sanremo

Objet : Conférencier invité au congrès Dies Palmarum IV, « Palmiers du genre *Phoenix* ».

♦ 1-6 Février 2006 : PEROU

Objet : Inventaire des palmiers dans la réserve Alpahuayo-Mishana près de Iquitos. Conférencier invité au Primer Simposio Cientifico Amazonico, OTCA/CONCYTEC, Iquitos, 2-4 Février 2006.

♦ 22 Mars -4 Avril 2006 : PEROU

Objet : Etude du genre de palmiers andin *Ceroxylon* dans le nord du Pérou.

♦ 22 Mai-7 Juin 2006 : EUROPE

Objet : Participation au 6ème colloque annuel de l'European Network of Palm Scientists (EUNOPS) à Genève, Suisse (27-28 Mai), réunion d'équipe à Montpellier, visite de collaborateurs à Paris, expertise sur la conservation de la palmeraie historique de Bordighera (Italie).

♦ 21-23 Juin 2006 : COLOMBIE

Objet : étude en herbiers (COL, COAH) du genre *Astrocaryum*.

♦ 1 -9 Juillet 2006 : PEROU

Objet : dispense d'un cours de terrain sur la systématique des palmiers à Tingo Maria (UNMSM/UNAS).

♦ 2 -11 Août 2006 : PEROU

Objet : étude des palmiers du haut Rio Napo (Pantoja).

♦ 20 Septembre-4 Octobre 2006 : FRANCE - SUISSE

Objet : Participation au 10ème colloque EBM de Marseilles, visite de collègues à Montpellier, Séminaire au Jardin Botanique de Genève, participation au 6ème Colloque National du Bureau des Ressources Génétiques, La Rochelle 2-4 Octobre 2006.

♦ 22 Novembre-4 Décembre 2006 : PEROU

Objet : Dispense d'un cours d'une semaine de phylogénie et biogéographie à l'UNMSM (Lima) et suivi d'étudiants du programme.

♦ 5-10 Février 2007 : FRANCE

Objet : Participation au jury de thèse de Rommel Montufar à Montpellier (comme examinateur). Visite de collègues au MNHN, Paris.

♦ 21-28 Avril 2007 : COLOMBIE

Objet : Participation au 4to congreso Colombiano de Botanica, Medellin (Poster). Visite d'un laboratoire partenaire de l'IRD (Universidad de Antioquia).

♦ 6-13 Mai 2007 : PEROU

Objet : Séminaire « Buscando la raíz filogenética de las Angiospermas », Museo de Historia Natural, Lima. Questions d'hygiène et de sécurité, représentation de l'IRD, Lima. Travail de terrain dans les Andes centrales (*Geonoma*), programme Palmiers Néotropicaux.

♦ 22 Mai-6 Juin 2007 : FRANCE et SENEGAL

Objet : Réunions d'équipe à Montpellier ; participation au colloque EUNOPS VII à Paris ; Participation à la formation ACMO à Dakar.

♦ 3-7 Septembre 2007 : PEROU

Objet : cours « sistematica filogenetica » pour masters et doctorat de l'UNMSM (Lima). 40h.

♦ 4-20 Novembre 2007 : PEROU

Objet : organisation et participation au colloque « Les palmiers et la recherche pour le développement en Amérique du Sud », Lima 7-10 Novembre 2007, et cours de terrain « Palmiers » pour masters et doctorat de l'UNMSM, 11-19 Novembre 2007, dans le nord du Pérou.

* 1er Janvier 2008 : 3ème affectation : Centre IRD de Montpellier

♦ Janvier-Décembre 2008 : ITALIE

Objet : 8 missions à Bordighera et San Remo dans le cadre d'un projet de conservation du patrimoine phoenicicole local et participation au colloque Dies Palmarum.

♦ 20-27 Mai 2008 : EUROPE

Objet : Dispense d'un cours et réunion de travail sur le projet FP7-Palms a Aarhus (Danemark), participation à la réunion annuelle du réseau EUNOPS (European Network of Palm Scientists) à Merano (Italie) et visite de collaborateurs au jardin botanique de Genève (Suisse).

♦ 5-20 Juin 2008 : EQUATEUR

Objet : Préparation du premier comité de pilotage du projet FP7-Palms avec la PUCE (Quito).

♦ 11-15 Août 2008 : DANEMARK : Copenhague

Objet : Participation au colloque « Monocots IV ».

♦ 24 Octobre-11 Novembre 2008 : EQUATEUR – PEROU

Objet : Suivi du projet FP7-Palms et deux cours à l'UNMSM (systématique et palmiers)

♦ 9-14 Mars 2009 : : DANEMARK : Århus

Objet : Coordination du projet FP7-PALMS, Université de Aarhus. Séminaire « Molecular evolution of plasts. »

♦ 25-29 Avril 2009 : ROYAUME UNI : Kew

Objet : Réunion annuelle du réseau EUNOPS et réunion de coordination FP7-PALMS au RBG.

♦ 25 Mai 2009 : Porquerolles

Objet : Récolte d'échantillons pour analyse SPIR dans la collection de dattiers du CBM.

♦ 1-10 Juin 2009 : : DANEMARK : Århus

Objet : Projet FP7-PALMS. Réunions de travail avec les collaborateurs des WP1 et 2.

♦ 8-20 Juillet 2009 : EQUATEUR et PEROU

Objet : Projet FP7-PALMS. Coordination et terrain en Equateur. Kick-off meeting, Lima 16-17 Juillet 2009.

♦ 7 Octobre-24 Décembre 2009 : PEROU et EQUATEUR

Objet : Mission Longue Durée (MLD). Activités du projet FP7-PALMS, dispense de 2 cours à l'UNMSM (Lima), étude et classement du genre *Geonoma* dans l'herbier USM.

♦ 26 Février 2010 : SUISSE : Genève

Objet : Visite de collaborateurs au CJBG et étude de l'herbier G.

♦ 11-13 Mars 2010 : Gran Canaria

Objet : Réunion de démarrage du projet « conservation de la palmeraie canarienne ». Séminaire à Université de Las Palmas de Gran Canaria, faculté de Géographie : « Biogéographie des palmiers » et visite du terrain.

♦ 19-21 Avril 2010 : Paris : MNHN

Objet : Visite de collaborateurs et étude de l'herbier P.

♦ Juin et Juillet 2010 : ITALIE : Florence

Objet : Contacts à l'université et étude de l'herbier Fi-Becc.

♦ Progetto Phoenix 2010 : ITALIE : Sanremo

Objet : Mars (MOCAF), Avril (PALMS 2010), Mai, Juin, Juillet, Septembre (MOCAF).

♦ Projet FP7-PALMS Juillet-Août 2010 : BOLIVIE et PEROU

Objet : Atelier annuel du projet FP7-PALMS en Bolivie et terrain au Pérou

♦ 7 Octobre-23 Décembre 2010 : PEROU et EQUATEUR

Objet : Mission Longue durée (MLD). Activités du projet FP7-PALMS et sympsoium Amazonie occidentale à Iquitos.

♦ 22-30 Janvier 2011 : DJIBOUTI

Objet : Prospections des populations du genre *Phoenix* et autres palmiers, encadrement d'une étudiante de Master 2.

♦ 20-26 Février 2011 : ITALIE : Sanremo et Portofino

Objet : Suivi phénologique du dattier, prospection des populations naturelles de Chamaerops.

♦ 14-18 Mars 2011 : ITALIE : Sanremo

Objet : Atelier du projet MOCAF avec collègues du CIRAD et encadrement d'un étudiant de master 1.

♦ 1-10 Avril 2011 : PAKISTAN

Objet : Diversité et systématique du genre *Phoenix*, prospections dans la province du Punjab, participation au symposium international sur le dattier à l'université de Faisalabad, encadrement d'un étudiant de doctorat et d'un étudiant de master, réunion à l'ambassade de France à Islamabad à propos de la coopération scientifique au Moyen Orient.

♦ 15-18 Avril 2011 : RUSSIE

Objet : 11ème colloque annuel de l'European Network of Palm Scientists (EUNOPS) à Saint Petersburg.

♦ 24-30 Avril 2011 : TUNISIE : Gabès

Objet : Projet MOCAF, architecture et phénologie du dattier, à IRA Gabès. Séminaire à l'Université de Tunis.

♦ 16-24 Juin 2011 : GUYANE

Objet : Projet ARCAD. Récolte et conditionnement des échantillons en vue du séquençage du transcriptome de *Mauritia flexuosa*. Prise de contact avec le laboratoire ECOFOG (INRA).

♦ 3-9 Juillet 2011 : ITALIE : Sanremo

Objet : Projet MOCAF, architecture et phénologie du dattier, avec les collègues du CIRAD-AMAP et de IRA-Gabès.

♦ 25 Juillet -12 Août 2011 : COLOMBIE

Objet : Projet FP7 Palms. Medellin : supervision d'une doctorante ; Bogota et Leticia : atelier annuel du projet.

♦ 26-30 Septembre 2011 : ITALIE : Sanremo

Objet : Activités du projet Phoenix, collaboration avec le CRA.

♦ 7 Octobre 2011 : CBM Porquerolles

Objet : Récolte d'échantillons de cultivars élite de dattier pour séquençage et génotypage.

♦ 12-17 Novembre 2011 : ALGERIE

Objet : Participation au colloque Sympada à Alger et post-tour dans la vallée du M'Zab.

♦ 21-25 Novembre 2011 : TUNISIE : Djerba

Objet : Projet MOCAF, architecture et phénologie, avec les collègues du CIRAD-AMAP et de l'IRA-Gabès.

♦ 5-8 Janvier et 1-4 Février 2012 : ITALIE : Sanremo

Objet : Réunion de coordination activités projet Phoenix 2012, Projet MOCAF, architecture, suivi de croissance et phénologie.

*** 30 Mars 2012 : 4ème affectation : UNMSM Lima (Pérou)**

♦ 2-20 Mai 2012 : Sullana-Quito-Bogota-Medellin

Objet : Activités du projet FP7-PALMS.

♦ 1-17 Juin 2012 : Sullana-Tarapoto-Iquitos

Objet : Activités du projet FP7-PALMS et du PPR Amazonie.

♦ 4-20 Juillet 2012 : Montpellier

Objet : Réunion de prospective de l'équipe DYNADIV, encadrement d'étudiants.

♦ 25 Juillet-19 Août 2012 : Guayaquil-Medellin-Tarapoto

Objet : Activités du projet FP7-PALMS et du PPR Amazonie.

♦ 14-16 Septembre 2012 : Tingo María

Objet : volet terrain du cours de Biogéographie à l'UNMSM.

♦ 16 Septembre-5 Octobre 2012 : Bruxelles, Paris, Montpellier

Objet : Participation au colloque ECBOL III à Bruxelles, aux rencontres IRD-MNHN entomologie et botanique à Paris, visite de collègues à Orsay, intervention dans l'école thématique "Palmier Dattier" à Montpellier, encadrement d'étudiants à Montpellier.

♦ 8 Octobre-18 Novembre 2012 : Nouvelle Guinée

Objet : Participation à l'expédition PNG 2012 "La Planète revisité".

♦ 18 Janvier-1er Février 2013 : nord du Pérou et Equateur

Objet : agro-écologie, usages et économie des palmiers dans la région de Piura (Pérou) ; écologie de *Ceroxylon ventricosum* dans le centre de l'Equateur ; réunions de partenariat et du projet FP7-PALMS à Quito.

♦ 11-22 Mars 2013 : nord du Pérou et Equateur

Objet : agro-écologie, usages et économie des palmiers dans la région de Piura (Pérou) ; collecte et conditionnement de fruits de palmiers pour extraction d'ARN dans l'ouest de l'Equateur; réunions de partenariat et du projet FP7-PALMS à Quito.

♦ 9-31 Mai 2013 : EUROPE

Objet : participation au colloque annuel du réseau EUNOPS au Danemark, participation à un jury de thèse en Angleterre, encadrement d'une étudiante de Master en Italie, réunions d'équipe et de projets à Montpellier.

♦ 17 Novembre-10 Décembre 2013 : nord du Pérou, Equateur et Colombie

Objet : encadrement d'étudiants sur le terrain, participation à un jury de thèse en Colombie, à un atelier sur le projet d'université amazonienne IKIAM en Equateur.

♦ 1-24 Janvier 2014 : France, Montpellier

Objet : préparation et participation à l'évaluation AERES de l' UMR Diade.

♦ 14 Février 2014 : Espagne, Barcelone

Objet : sortie de terrain avec deux professeurs et trois élèves du Lycée Jean Monnet dans le Parc Naturel de Garraf (encadrement TPE « Evolution des palmiers sur karsts » en relation avec l'expédition Lengguru 2014 en partie financée par la région Languedoc-Roussillon).

♦ 21 Mars-12 Avril 2014 : Nord du Pérou, Equateur, Colombie

Objet : étude de la flore et de la végétation littorale et des systèmes agroforestiers à palmiers du nord du Pérou (Mancora, Sullana) ; cours de phylogénie à l'UTPL (Loja) ; Projet « Male Domestics » : étude de l'architecture inflorescentielle de *Chamaedorea tepejilote* dans la vallée du Rio Cauca (Cali) ; Etude de l'appareil végétatif de *Mauritiella macroclada* et conférence à l'Universté Technologique du Chocó (Quibdó).

♦ 19 Avril-15 Mai 2014 : France et Espagne

Objet : participation à la formation collective organisée par l'UMR DIADE à Montpellier « Statistiques sous R », réunion de collaboration avec l'UMR Espace-DEV sur le développement d'un réseau de recherche sur le genre *Attalea* en Amérique du Sud,

participation à la 14ème réunion annuelle du réseau européen des scientifiques du palmier (EUNOPS XIV) à Valencia.

♦ 18 Mai-11 Juin 2014 : Nord du Pérou et Equateur

Objet : étude de la flore et de la végétation littorale du nord du Pérou (régions de Piura et Tumbes), encadrement de deux étudiantes de l'UNMSM sur ce thème. Réunion de démarrage du projet FINCyT IIAP/IRD *Attalea* à Tarapoto (Pérou). Dispense d'une formation à l'utilisation des logiciels de statistiques en génétique des populations à l'UTPL (Loja, Equateur).

♦ 14-20 Juin 2014 : Iquitos (Pérou)

Objet : projet Attalea FINCyT IRD/IIAP, encadrement d'étudiants.

♦ 28 Juin – 3 Juillet 2014 : Ayacucho (Pérou)

Objet : préparation du cours UNMSM/UNSCH « Ecosystèmes Néotropicaux 2014 », séminaire scientifique « Usage des palmiers comme marqueurs écologiques des types de forêts et état d'altération ».

♦ 11-25 Juillet 2014 : Nord et centre Pérou

Objet : Organisation d'un séminaire-atelier « Les forêts sèches de l'ouest de l'Amérique du Sud : caractérisation et défis de conservation » à l'Université de Chachapoyas ; étude et collecte de terrain des genres *Astrocaryum* et *Attalea* (projet Attalea FINCyT IRD/IIAP et projet *Attalea* PPR AMAZ DIADE/ESPACE-DEV)

♦ 29 Juillet-8 Août 2014 : Nord du Pérou

Objet : Etude de la forêt sèche de la vallée de l'Utcubamba, étude de terrain et collecte des genres *Geonoma* et *Ceroxylon*, encadrement d'étudiants de doctorat, cours « Systématique et Ecologie des Palmiers » UNMSM/UNSM à Moyobamba.

♦ 14-23 Août 2014 : Equateur

Objet : Projet *Attalea* PPR AMAZ DIADE/ESPACE-DEV : étude morphologique et écologie de *Attalea colenda* dans la province d'Esmeraldas.

♦ 24-29 Août 2014 : Trois frontières Pérou-Brésil-Bolivie

Objet : Attalier régional « Diversité, Distribution et Systématique des Palmiers de l'Amazonie Occidentale ».

♦ 14-20 Septembre 2014 : Ayacucho, Pérou

Objet : Cours « Ecosystèmes Néotropicaux » UNMSM/UNSCH

♦ 4 Septembre -27 Novembre 2014 : Indonésie

Objet : Participation à l'expédition multidisciplinaire « Lengguru 2014 » en Papouasie Occidentale.

LISTE COMPLETE DES PUBLICATIONS

◆ ***Revues de rang A à facteur d'impact supérieur à 0,8*** (étudiants encadrés soulignés)

1. Setoguchi H., Asakawa Osawa T., **Pintaud J.-C.,** Jaffré T. and Veillon J-M. 1998. Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on *rbcL* gene sequences. *American Journal of Botany* 85: 1507–1516. **IF 2.6**
2. Chapin M., Essig F. and **Pintaud J.-C.** 2001. The morphology and histology of the fruits of *Pelagodoxa* (Arecaceae) : taxonomic and biogeographical implications. *Systematic Botany* 26: 779–785. **IF 1.3**
3. **Pintaud J.-C.,** Jaffré T. & Puig H. 2001. Chorology of New Caledonian palms and possible evidence of Pleistocene rain forest refugia. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Sciences de la Vie* 324: 453–463. **IF 1.8**
4. **Pintaud J.-C.** and Jaffré T. 2002. Patterns of diversity and endemism of palms on ultramafic rocks in New Caledonia. Proceedings of the Third International Symposium on Serpentine Ecology. *South African Journal of Science* 97: 548–550. **IF 0.8**
5. 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. **IF 5.6**
6. Billotte N., Couvreur T., Marseillac N., Brottier P., Perthuis B., Vallejo M., Noyer J.-L., Jacquemoud-Collet J.-P., Risterucci A.-M., **Pintaud J.-C.** 2004. A new set of microsatellite markers for the peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth); characterization and across-taxa utility within the tribe Cocoeae. *Molecular Ecology Notes* 4: 580–582. **IF 5.6**
7. Zehdi S., Trifi M., Billotte N., Marrakchi M. and **Pintaud J.-C.** 2004. Genetic diversity of Tunisian date palms (*Phoenix dactylifera* L.) revealed by nuclear microsatellite polymorphism. *Hereditas* 141: 278–287. **IF 0.8**
8. Montufar R. and **Pintaud J.-C.** 2006. Variation in species composition, abundance, and microhabitat preferences among western Amazonian *terra*

firme palm communities. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 127–140. **IF 2.7**

9. Asmussen C. B., Dransfield J., Deickmann V., Barfod A. S., **Pintaud J.-C.** and Baker W. J. 2006. A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae): evidence from plastid DNA phylogeny. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 15–38. **IF 2.7**
10. Henderson S. A., Billotte N. and **Pintaud J.-C.** 2006. Genetic isolation of Cape Verde Island *Phoenix atlantica* (Arecaceae) revealed by microsatellite markers. *Conservation Genetics* 7: 213–223. **IF 1.8**
11. Couvreur T. L. P., Billotte N., Risterucci A.-M., Lara C., Vigouroux Y., Ludeña B., Pham J.-L. and **Pintaud J.-C.** 2006. Close genetic proximity between cultivated and wild *Bactris gasipaes* Kunth revealed by microsatellite markers in Western Ecuador. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 1361–1373. **IF 1.5**
12. Montufar R., Mariac C., Pham J.-L. and **Pintaud J.-C.** 2007. Isolation of 23 polymorphic microsatellite loci in the Neotropical palm *Oenocarpus bataua* Martius (Arecaceae). *Molecular Ecology Notes* 7: 75–78. **IF 5.6**
13. Couvreur T.L.P., Hahn W.J., de Granville J.-J., Pham J.-L., Ludeña B. and **Pintaud J.-C.** 2007. Phylogenetic relationships of the cultivated Neotropical palm *Bactris gasipaes* (Arecaceae) with its wild relatives inferred from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Systematic Botany* 32: 519–530. **IF 1.3**
14. Ledru M.-P., Ferraz Salatino M.-L., Ceccantini G., Salatino A., Pinheiro F. and **Pintaud J.-C.** 2007. Regional assessment of the impact of climatic change on the distribution of a tropical conifer in the lowlands of South America. *Diversity and Distributions* 13: 761–771. **IF 5.5**
15. Montufar R., Laffargues A., **Pintaud J.-C.**, Hamon S., Avallone S. and Dussert S. 2010. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. *Journal of the American Oil Chemists Society* 87: 167–172. **IF 1.6**
16. Eiserhardt W. L., **Pintaud J.-C.**, Asmussen-Lange C.B., Hahn W.J., Bernal R., Balslev H. and Borchsenius F. 2011. Phylogeny and divergence times of Bactridinae (Arecaceae, Palmae) based on plastid and nuclear DNA sequences. *Taxon* 60: 485–498. **IF 3.0**

17. Scarcelli N., Barnaud A., Eiserhardt W., Treier U., Seveno M., d'Anfray A., Vigouroux Y., **Pintaud J.-C**. 2011. A set of 100 DNA primer pairs to study population genetics and phylogeny in Monocotyledons. *PLoS ONE* 6(5): e19954. doi:10.1371/journal.pone.0019954. **IF 3.5**

18. Baker W.J., Norup M.V., Clarkson J.J., Couvreur T.L.P., Dowe J.L., Lewis C.E., **Pintaud J.-C**., Savolainen V., Wilmot T., Chase M.W. 2011. Phylogenetic relationships among arecoid palms (Arecaceae: Arecoideae). *Annals of Botany* 108: 1417–1432. **IF 3.3**

19. Ludeña B., Chabrillange N., Aberlenc-Bertossi F., Adam H., Tregear J.W., **Pintaud J.-C.** 2011. Phylogenetic utility of the nuclear genes Agamous 1 and phytochrome B in palms (Arecaceae): an example within Bactridinae. *Annals of Botany* 108: 1433–1444. **IF 3.3**

20. Montúfar R., Anthelme F., **Pintaud J.-C**., Balslev H. 2011. Disturbance and resilience in tropical American palm populations and communities. *The Botanical Review* 77: 426–461. **IF 2.2**

21. Tregear J., Rival A., **Pintaud J.-C.** 2011. A family portrait: unravelling the complexities of palms. *Annals of Botany* 108: 1387–1389. **IF 3.3**

22. Terral J.-F., Newton C., Ivorra S., Gros-Balthazard M., Tito de Morais C., Picq S., Tengberg M., **Pintaud J.-C**. 2012. Insights into the historical biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) using geometric morphometry of modern and ancient seeds. *Journal of Biogeography* 39: 929–941. **IF 5.0**

23. Zehdi S., Cherif E., Rhouma S., Santoni S., Hannachi A., **Pintaud J.-C**. 2012. Molecular polymorphism and genetic relationships in date palm (*Phoenix dactylifera* L.): the utility of nuclear microsatellite markers. *Scientia Horticulturae* 148: 255–263. **IF 1.9**

24. Roncal J., Kahn F., Millán B., Couvreur T., **Pintaud J.-C.** 2013. Cenozoic colonization and diversification patterns of tropical American palms: evidence from *Astrocaryum* (Arecaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 171: 120–139. **IF 2.7**

25. Cherif E., Zehdi S., Castillo K., Chabrillange N., Abdoulkader S., **Pintaud J.-C.**, Santoni S., Salhi-Hannachi A., Glémin S., Aberlenc-Bertossi F. 2013. Male-specific DNA markers provide genetic evidence of an XY chromosome system and recombination arrest, and allow to trace paternal lineages in date

palm. *New Phytologist* 197: 409–415. **IF 6.4**

26. Sanín M.J., Anthelme F., **Pintaud J.-C**., Galeano G., Bernal R. 2013. Juvenile resilience and adult longevity explain residual populations of the Andean wax palm *Ceroxylon quindiuense* after deforestation. PLoS ONE 8(10): e74139. doi:10.1371/journal.pone.0074139. **IF 3.5**
27. Ballardini M., Mercuri A., Littardi C., Abbas S., Couderc M., Ludeña B., **Pintaud J.-C.** 2013. The chloroplast DNA locus *psbZ-trnfM* as a potential barcoding marker in *Phoenix* L. (Arecaceae). *Zookeys* 365: 71-82. **IF 0.8**
28. Aberlenc-Bertossi F., Castillo K., Tranchant-Dubreuil C., Chérif E., Ballardini M., Abdoulkader S., Gros-Balthazard M., Chabrillange N., Santoni S., Mercuri A., **Pintaud J.-C.** 2014. In silico mining of microsatellites in coding sequences of the date palm (Arecaceae) genome, characterization, and transferability. *Applications in Plant Sciences* 2: 1300058.
29. Domenech B., Asmussen-Lange C.B., Baker W.J., Alapetite E., **Pintaud J.-C.**, Nadot S. 2014. A phylogenetic analysis of palm subtribe Archontophoenicinae (Arecaceae) based on 14 DNA regions. *Botanical Journal of the Linnean Society* 175: 469-481. **IF 2.7**
30. Castaño F., Stauffer F., Marquinez X., Crèvecoeur M., Collin M., **Pintaud J.-C.,** Tregear J. 2014. Floral structure and development in the monoecious palm *Gaussia attenuata* (Arecaceae ; Arecoideae). *Annals of Botany* 114: 1483-1495. **IF 3.3**
31. Faye A., **Pintaud J.-C**., Baker W.J., Sonké B., Couvreur T.L.P. 2014. A plastid phylogeny of the African rattans (Ancistrophyllinae, Arecaceae). *Systematic Botany* 39:1099-1107. **IF 1.3**
32. Roncal J., Couderc M., Baby P., Kahn F., Millán B., Meerow A.W., **Pintaud J.-C.** 2015. Plant diversification in two geologically contrasting regions of Western Amazonia. Journal of Biogeography (in press). **IF 5.0**

◆ ***Autres publications dans des revues internationales à comité de lecture***

1. **Pintaud J.-C.** and Hodel D. R. 1998. A revision of *Kentiopsis*, a genus endemic to New Caledonia. *Principes*, ***42*** (1), pp. 32-33, 41-53.
2. **Pintaud J.-C.** and Hodel D. R. 1998. Three new species of *Burretiokentia*. *Principes*, ***42*** (3), pp. 152-155, 160-166.

3. **Pintaud J.-C.**, Jaffré T. and Veillon J.-M. 1999. Conservation status of New Caledonia palms. *Pacific Conservation Biology* ***5*** (1), pp. 9-15.
4. **Pintaud J.-C.** and Setoguchi H. 1999. *Satakentia* revisited. *Palms* ***43*** (4), pp. 194-199.
5. Whittier D. P. and **Pintaud, J.-C.** 1999. Spore germination and early gametophyte development in *Stromatopteris*. *American Fern Journal*, 89: 142–148.
6. **Pintaud J. –C.** 2000. An introduction to the palms of New Caledonia. *Palms* **44** (3), pp. 132-140.
7. Savolainen, V., M. F. Fay, D. C. Albach, A. Backlund, M. van der Bank, K. M. Cameron, S. A. Johnson, L. Lledó, **J.-C. Pintaud**, M. Powell, M. C. Sheanan, D. E. Soltis, P. S. Soltis, P. Weston, W. M. Whitten, K. J. Wurdack & M. W. Chase . 2000. Phylogeny of the eudicots: a nearly complete familial analysis based on rbcL gene sequences. *Kew Bulletin* **55**, pp. 257-309.
8. **Pintaud J.-C.** 2002. From Barcelona to Bordighera : Palm Gardens on Mediterranean shores. *Palms* 46(3), pp.149-153.
9. **Pintaud J.-C.** and Millán B. 2004. Vegetative transformation of inflorescences in *Socratea salazarii. Palms* 48(2), pp. 86-89.
10. **Pintaud J.-C.** and Millán B. 2004. Notes on *Chamaedorea* in Peru. *Palms* 48(4), pp. 167-174.
11. **Pintaud J.-C.** 2005. A journey along the Rio Napo. *Palms* 49(2) : 85-91.
12. **Pintaud J.-C.** 2005. *Rhopalostylis baueri* on Norfolk Island. *Palms* 49(2) : 92-96.
13. Whittier D. P., **Pintaud J.-C.** and Braggins J.-E. 2005. The gametophyte *of Lycopodium deuterodensum* – Type II or I. *American Fern Journal* 95: 22–29.
14. Zehdi S., **Pintaud J.-C**., Billotte N., Ould Mohamed Salem A., Sakka H., Rhouma A., Marrakchi M. and Trifi M. 2006. Etablissement d'une clé d'identification variétale chez le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) par les marqueurs microsatellites. *Plant Genetic Resources Newsletter* 145: 11-18.
15. **Pintaud J.-C.** 2006. The impact of forest disturbance on the palms of New Caledonia. *Palms* 50(3) : 123-135.
16. **Pintaud J.-C.** and Baker W.J. 2008. A revision of the palm genera (Arecaceae) of New Caledonia. *Kew Bulletin* 63: 61-73.

17. **Pintaud J.-C.** and Anthelme F. 2008. *Ceroxylon echinulatum* in an agroforestry system of northern Peru. *Palms* 52: 96-102.

18. **Pintaud J.-C**., Galeano G., Balslev H., Bernal R., Borchsenius F., Ferreira E., de Granville J.-J., Mejía K., Millán B., Moraes M., Noblick L., Stauffer F. W. and Kahn F. 2008. The palms of South America: diversity, distribution and evolutionary history. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 7-29.

19. **Pintaud J.-C.,** Millán B. and Kahn F. 2008. The genus *Hexopetion* Burret (Arecaceae). *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 49-54.

20. **Pintaud J.-C.** 2008. An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 55-63.

21. Galeano G., Sanín M. J., Mejía K., **Pintaud J.-C.** and Millán B. 2008. Novelties in the genus *Ceroxylon* (Arecaceae) from Peru, with description of a new species. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 65-72.

22. Montúfar R. and **Pintaud J.-C**. 2008. Taxonomic status of *Oenocarpus bataua* (Euterpeae, Arecaceae) inferred from plastid sequences. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 73-78.

23. Vargas V. H. and **Pintaud J.-C.** 2008. Caracterization of a parapatric contact zone between *Astrocaryum macrocalyx* and *Astrocaryum urostachys* at the boundary of the Marañón-Pastaza flood plain and the Iquitos arch. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 79-83.

24. Vegas C., Millán B., **Pintaud J.-C.** and Kahn F. 2008. Anatomy of fruit and perianth in Peruvian species of the genus *Astrocaryum* (Arecaceae): description and taxonomical importance. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 85-96.

25. **Pintaud J.-C.** and Ludeña B. 2008. Andean palms in Ecuadorean cities. *Palms* 52 : 165-173.

26. Anthelme F., Montúfar Galárraga R., **Pintaud J.-C.** 2010. Caracterización de la resiliencia ecológica de poblaciones de palmeras. *Ecología en Bolivia* 45 (3): 23-29.

27. Ludeña B., Bayas R., **Pintaud J.-C.** 2010. Phylogenetic relationships of Andean-Ecuadorian populations of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann 1830) (Diptera: Tephritidae) inferred from COI and COII gene sequences. *Annales de la Société Entomologique de France* 46 (3-4): 344–350.

28. **Pintaud J.-C**., Millán B. and Kahn F. 2010. Neotypification of *Ceroxylon weberbaueri*. *Revista Peruana de Biología* 17(2): 163- 166.

29. **Pintaud J.-C.**, Stauffer F.W. 2011. A revision of the large-flowered group of *Basselina* Vieill. sect. *Taloua* H.E. Moore &Uhl (Arecaceae). *Candollea* 66: 147-154.

30. Castaño F., Crèvecoeur M., **Pintaud J.-C.,** Stauffer F.W. 2011. Floral structure in the Neotropical palms *Cheliocarpus* Dammer, *Cryosophila* Blume and *Itaya* H.E. Moore (Arecaceae). *Candollea* 66 : 65-79.

31. Kahn F., Millán B., **Pintaud J.-C**., Machahua M. 2011. Detailed assessment of the distribution of Astrocaryum sect. Huicungo (Arecaceae) in Peru. *Revista Peruana de Biología* 18: 279-282.

32. Vargas Paredes V., Stauffer F.W., **Pintaud J.-C**. 2012. Richness, uses and conservation of palms (Arecaceae) in the Allpahuayo-Mishana National Reserve (Peru). Acta Botanica Venezolana 35: 53-70.

33. Newton C., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Paradis L., **Pintaud J.-C.**, Terral J.-F. 2013. *Phoenix dactylifera* and *P. sylvestris* in northwestern India: a glimpse of their complex relationships. PALMS 57: 37-50.

34. Newton C., Terral J.-F., Ivorra S., Gros-Balthazard M., Tito de Morais C., Picq S., Tengberg M., **Pintaud J.-C.** 2013. Graines d'histoire: approche morphométrique de l'agrobiodiversité du palmier dattier, actuelle et d'Egypte ancienne. Revue d'Ethnoécologie 4, DOI 10.4000/ethnoecologie.1580.

35. Gros-Balthazard M., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., **Pintaud J.-C**., Terral J.-F. 2013. Origines et domestication du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Revue d'Ethnoécologie 4, DOI 10.4000/ethnoecologie.1524.

- ***Actes de colloques***

1. **Pintaud J.-C.**, Jaffré T., Veillon J.-M. and Albano P.-O. 1997. Palm communities as a key to forest types and soils on ultramafic rocks in southern New Caledonia. *In* : Jaffré, T., Reeves, R. D. & Becquer, T. (eds.). *The ecology of ultramafic and metalliferous areas*. Proceedings of the Second International Conference on Serpentine Ecology, pp. 171-172 . Documents scientifiques et techniques, III2, volume special.

2. Jaffré T., Veillon J.-M. and **Pintaud J.-C.** 1997. Comparaison de la diversité floristique des forêts denses humides sur roches ultramafiques et sur substrats différents en Nouvelle-Calédonie. *In* Jaffré, T., Reeves, R. D., & Becquer T. : *Ecologie des milieux sur roches ultramafiques et sur sols métallifères*. Documents scientifiques et techniques, III_2, volume spécial, ORSTOM Nouméa, pp. 163-170.
3. Dumas M. and **Pintaud J.-C.** 1999. Ecology and propagation of rare Pacific palms. Proceedings of the 2nd International Symposium on ornamental palms and other Monocots from the tropics. Tenerife, 1997. *Acta Horticulturae* 486, pp. 115-122.
4. **Pintaud J.-C.** 1999. A cladistic analysis of the Archontophoenicinae (Palmae, Areceae) based on morphological and anatomical characters. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, ***83***, pp. 279-284.
5. Vallejo M., Vegas C. and **Pintaud J.-C.** 2004. Comparative study of the distribution of *Astrocaryum macrocalyx* Burret and *Astrocaryum urostachys* Burret in function of the topography, drainage and architecture of the forest in western Amazonia (Ecuador and Peru). *Lyonia* 7 (1), pp. 99-106.
6. **Pintaud J.-C.**, Couvreur T., Lara C., Billotte N., Ludeña B. & Pham J.-L. 2006. Structure et dynamique de la diversité génétique dans un complexe sauvage-cultivé tropical : le cas du palmier sud-américain *Bactris gasipaes*. Les Actes du BRG, 6, pp. 355-370.
7. **Pintaud J.-C.**, Couvreur T.L.P., Lara C., Ludeña B. and Pham J.-L. 2008. Reciprocal introgression between wild and cultivated peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) in western Ecuador. pp. 296-308 In: Maxted N., Ford-Lloyd B.V., Kell S.P., Iriondo J.M., Dulloo M.E. and Turok J. (Eds.). Crop wild relatives conservation and use. CAB International, U.K.
8. **Pintaud J.-C**., Zehdi S., Couvreur T., Barrow S., Henderson S., Aberlenc-Bertosii F., Tregear J., and Billotte N. 2010. Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). pp. 267-286 In: Seberg O., Petersen G., Barfod A. and Davis J. (Eds.). Diversity, phylogeny, and evolution in the Monocotyledons. Aarhus University Press, Denmark.

9. **Pintaud J.-C.** 2010. Modèle de domestication et structure de l'agrobiodiversité du dattier. pp. 107-112 In: Aberlenc-Bertossi (Ed.). Biotechnologies du palmier dattier. IRD Editions, France.
10. Castellana R., Littardi C. and **Pintaud J.-C.** 2010. Présentation du projet PHOENIX et des recherches en cours. pp. 79-94 In: Aberlenc-Bertossi (Ed.). Biotechnologies du palmier dattier. IRD Editions, France.
11. Zehdi S., Rhouma S., Chérif E., Billotte N., Trifi M. and **Pintaud J.-C.** 2010. Génotypage d'une collection tunisienne de palmiers dattier par les marqueurs microsatellites. pp. 113-118. In: Aberlenc-Bertossi (Ed.). Biotechnologies du palmier dattier. IRD Editions, France.
12. Terral J.-F., Newton C., Ivorra S., Tengberg M., Tito C., **Pintaud J.-C.** 2010. De la diversité actuelle aux vestiges archéologiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Developpement de descripteurs géométriques des graines de dattes. pp. 127-138 In: Aberlenc-Bertossi (Ed.). Biotechnologies du palmier dattier. IRD Editions, France.
13. Caro-Riaño H., Castellana R**., Pintaud J.-C**., Littardi C. 2010. Evaluation des différences de forme entre palmes "juives" et "chrétiennes" à Bordighera (Italie). Une approche de morphométrie géométrique. pp. 139-150 In: Aberlenc-Bertossi (Ed.). Biotechnologies du palmier dattier. IRD Editions, France.
14. **Pintaud J.-C**., Ludeña B., Aberlenc-Bertossi F., Zehdi S., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Terral J.-F., Newton C., Tengberg M., Abdoulkader S., Daher A., Nabil M., Saro-Hernandez I., Gonzalez-Perez M.A., Sosa P., Santoni S., Moussouni S., Si-Dehbi F., Bouguedoura N. 2013. Biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae): insights on the origin and on the structure of modern diversity. *Acta Horticulturae* 994: 19-38.
15. Zango O., Littardi C., **Pintaud J.-C**., Rey H. 2013. Comparative study of architecture and geometry of the date palm male and female inflorescences. Acta Horticulturae 994 : 175-191.

Ouvrages

Hodel D. R. and **Pintaud J. C**., 1998. *The Palms of New Caledonia / Les Palmiers de Nouvelle-Calédonie*. Allen Press, Lawrence, Kansas, USA. 115 p.

Castellana R., Littardi C., **Pintaud J.-C.**, Vezzanio P. 2010. Projet Phoenix/Progetto Phoenix. TheBookEdition.

Bouguedoura N., Bennaceur M., **Pintaud J.-C.** (eds). 2013. Proceedings of the first international symposium on date palm. Acta Horticulturae 994, ISHS. 394 p.

Chapitres d'ouvrage

Pintaud J.-C., 1998. Key to the genera of *Archontophoenicinae*. *In* : Dransfield J. & Uhl N. W. Palmae, *in* Kubitzki K. (ed.): Flowering plants. Monocotyledons. Alismatanae and Commelinanae. *The Families and Genera of Vascular Plants*, Vol IV, p. 360. Springer Verlag, Berlin.

Mejía K., **Pintaud J.-C.**, Rodríguez del Castillo A.M., Santa Cruz L., Rojas-Fox J., Jímenez V. Ramirez R. 2014. Del bosque húmedo al bosque seco: adaptabilidad de las palmeras al cambio climático. Pp. 101-111 *in* Grégoire A. (ed.): El Perú frente al cambio climático. IRD éditions.

Salas-Gismondi R., Baby P., Roncal J., Junquas C., Espinoza J.-C., **Pintaud J.-C.**, Tejada J., Calderon Y., Antoine P.O., Roddaz M. 2014. Control geológico y climático del sistema Andino-Amazónico y de su biodiversidad. Pp. 19-30 *in* Grégoire A. (ed.): El Perú frente al cambio climático. IRD éditions.

- ***Publications dans des revues de portée nationale***

1. Salanon R., Gandioli J.-F., Kulesza V. and **Pintaud J.-C.** 1994. La flore littorale des Alpes Maritimes : évolution depuis le 19ème siècle et bilan actuel. *Biocosme mésogéen*, ***11*** (3-4), pp. 53-329.
2. **Pintaud J.-C.** and Kahn F. 2002. Endémisme et spéciation radiative chez les palmiers de forêt dense humide : les Iguanurinae de Nouvelle-Calédonie et le genre *Astrocaryum* en Amazonie. *Biosystema* 20, pp. 81-87.

3. Bayas R., **Pintaud J.-C.**, and Ludeña B. 2003. Identificación molecular de poblaciones andinas de *Anastrepha fraterculus* (Mosca de la fruta), Diptera : Tephritidae, en el Ecuador. *Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 71, pp. 101-115.
4. **Pintaud J.-C.**, Gluchy D. and Ludeña B. 2003. Diversidad genética y filogenia molecular del genero *Astrocaryum* (Arecaceae). *Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 71, pp. 249-259.
5. Ludeña B., Escobar J.-C. and **Pintaud J.-C.** 2005. Elementos Alu en el análisis filogenético molecular del infraorden Platyrrhini, Primates. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 27: 47-51.
6. Mora M., **Pintaud J.-C.** and Ludeña B. 2007. Evolución del complejo mayor de histocompatibilidad en monos del Nuevo Mundo (Platyrrhini). *Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador* 80: 5-20.
7. Ballardini M., Mercuri A., Chérif E., Santoni S., Littardi C., Castillo K., Aberlenc-Bertossi F., **Pintaud J.-C**. 2012. Mise au point de marqueurs moléculaires pour l'étude de la variabilité génétique de *Chamaerops humilis* L. : résultats préliminaires. Le Palmier, Hors-série N°1 : *Chamaerops humilis*, pp. 48-52.

Articles de vulgarisation

1. **Pintaud J.-C.** 1995. Les palmiers de Nouvelle-Calédonie, leurs utilisations sur le Territoire et leurs potentialités de culture en région méditerranéenne. *Le Palmier*, 11, pp. 10-13.
2. **Pintaud J.-C.** 1995. Oncothecaceae & Paracryphiaceae. *The world of Plants*, 78, pp. 170-172, Asahi Shinbun Press, Tokyo (traduit en japonais).
3. **Pintaud J.-C.** 1996. Découverte d'un palmier inconnu. *Le Palmier*, 14, pp. 8-11.
4. **Pintaud J.-C.** 1996. Les palmiers. *In* : Serre P. ed. L'île Nature, p. 10. ASNNC, Nouméa.
5. **Pintaud J.-C.** 1999. La saga des palmiers de Nouvelle-Calédonie. *Hommes et Plantes*, 29, pp. 54-63, CCVS, Paris.
6. **Pintaud J.-C.** 2002. From Barcelona to Bordighera : palm gardens on Mediterranean shores. *Palms* 46 (3) : 149-153.

7. **Pintaud J.-C.** 2002. Les variétés de *Livistona chinensis*… et autres curiosités japonaises. *Le Palmier* 30 : 9-13.
8. **Pintaud J.-C.**, Ludeña B. 2003. Dinámica de la diversidad genética de especies de palmeras en Ecuador. *Nuestra Ciencia* 5, pp. 10-13.
9. **Pintaud J.-C.** 2004. Las palmeras ornamentales del Ecuador. Nuestra Ciencia 6, pp. 36-40.
10. **Pintaud J.-C.** 2005. Sur les rives du Rio Napo. *La Garance voyageuse* 69, pp. 21-26.
11. Hodel D. R. and **Pintaud J.-C.** 2005. The origin and distribution of New Caledonia palms. *The Palm Journal* 180, pp. 4-11.
12. Hodel D. R. and **Pintaud J.-C.** 2008. Name changes in New Caledonia palms. *The Palm Journal* 188: 46-48.
13. **Pintaud J.-C.** and Hodel D. R. 2009. A reassessment of *Basselinia gracilis*, a rare palm from northeastern New Caledonia. *The Palm Journal* 190: 32–37.
14. **Pintaud J.-C.** 2014. *Ceroxylon parvifrons*, le palmier le plus haut du Monde. *Le Palmier* 80: 14-17.
15. **Pintaud J.-C.** 2015. L'énigme du Palmier. *Princeps* 1: 5-10.

Bibliographie générale

Abbas B., Bintoro M.H., Sudarsono, Surahman M., Ehara H. 2009. Genetic relationship of sago palm (*Metroxylon sagu*) in Indonesia based on RAPD markers. Biodiversitas 10: 168-174.

Aberlenc-Bertossi F., Castillo K., Tranchant-Dubreuil C., Chérif E., Ballardini M., Abdoulkader S., Gros-Balthazard M., Chabrillange N., Santoni S., Mercuri A., Pintaud J.-C. 2014. In silico mining of microsatellites in coding sequences of the date palm (Arecaceae) genome, characterization, and transferability. Applications in Plant Sciences 2: 1300058.

Adam H, Jouannic S, Morcillo F, Verdeil J-L, Duval Y, Tregear JW. 2007. Determination of flower structure in *Elaeis guineensis*: do palms use the same homeotic genes as other species? Annals of Botany 100: 1-12.

Adam H., Marguerettaz M., Qadri R., Adroher B., Richaud F., Collin M., Thuillet A.C., Vigouroux Y., Laufs P., Tregear J.W., Jouannic S. 2010. Divergent expression patterns of miR164 and CUP-SHAPED COTYLEDON genes in palms and other Monocots: Implication for the evolution of meristem function in Angiosperms. Molecular Biology and Evolution 28:1439-1454.

Al-Dous E.K., George B., Al-Mahmoud M.E., Al-Jaber M.Y., Wang H., Salameh Y.M., Al-Azwani E.K., Chaluvadi S., Pontaroli A.C., DeBarry J., Arondel V., Ohlrogge J., Saie I.J., Suliman-Elmeer K.M., Bennetzen J.L., Kruegger R.R., Malek J.A. 2011. De novo genome sequencing and comparative genomics of date palm (*Phoenix dactylifera*). Nature Biotechnology 29: 521-527.

Al-Mamari, G. 2013. Applications of genomics and molecular genetics in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). PhD Thesis, the University of Nottingham.

Anthelme F., Lincango J., Gully C., Duarte N., Montúfar R. 2011. How anthropogenic disturbances affect the resilience of a keystone palm tree in the threatened Andean cloud forest ? Biological Conservation 144: 1059-1067.

APG III 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161: 105-121.

Asmussen C.B., Chase M.W. 2001. Coding and non-coding plastid DNA in palm

systematics. American Journal of Botany 1103-1117.

Asmussen C. B., Dransfield J., Deickmann V., Barfod A. S., Pintaud J.-C. and Baker W. J. 2006. A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae): evidence from plastid DNA phylogeny. Botanical Journal of the Linnean Society 151: 15-38.

Babik W., Butlin R., Baker W.J., Papadopulos A.S.T., Boulesteix M., Anstett M.-C., Lexer C., Hutton I., Savolainen V. 2009. How sympatric is speciation in the Howea palms of Lord Howe Island? Molecular Ecology 18: 3629-3638.

Bacon C.D., Baker W.J. 2011. *Saribus* resurected. PALMS 55: 109-116.

Bacon C.D., Baker W.J., Simmons M.P. 2012a. Miocene dispersal drives island radiation in the palm tribe Trachycarpeae (Arecaceae). Systematic Biology 61: 426-442.

Bacon C.D., McKenna M.J., Simmons M.P., Wagner W.L. 2012. Evaluating multiple criteria for species delimitation: an empirical example using Hawaiian palms (Arecaceae: *Pritchardia*). BMC Evolutionary Biology 12: 23.

Baker W.J. 2015. A revised delimitation of the rattan genus *Calamus* (Arecaceae). Phytotaxa 197: 139-152.

Baker W.J., Asmussen C.B., Barrow S., Dransfield J., Hedderson T.A. 2000. A phylogenetic study of the palm family (Palmae) based on chloroplast DNA sequences from the *trnL-trnF* region. Plant Systematics and Evolution 219: 111-126.

Baker W.J., Couvreur T.L.P. 2013a. Global biogeography and diversification of palms sheds light on the evolution of tropical lineages. I. Historical biogeography. Journal of Biogeography 40: 274-285.

Baker W.J., Couvreur T.L.P. 2013b. Global biogeography and diversification of palms sheds light on the evolution of tropical lineages. II. Diversification history and origin of regional assemblages. Journal of Biogeography 40: 286-298.

Baker W.J., Norup M.V., Clarkson J.J., Couvreur T.L.P., Dowe J.L., Lewis C.E., Pintaud J.-C., Savolainen V., Wilmot T., Chase M.W. 2011. Phylogenetic relationships among arecoid palms (Arecaceae: Arecoideae). Annals of Botany 108: 1417-1432.

Ballardini M., Mercuri A., Littardi C., Abbas S., Couderc M., Ludeña B., Pintaud J.-

C. 2013. The chloroplast DNA locus psbZ-trnfM as a potential barcoding marker in Phoenix L. (Arecaceae). Zookeys 365: 71-82.

Balslev H., Grandez C., Paniagua Zambrana N.Y., Møller A.L., Lykke Hansen S. 2008. Useful palms (Arecaceae) near Iquitos, Peruvian Amazon. Revista Peruana de Biología 15(supl. 1): 121-132.

Barcelos E., Second S., Kahn F., Amblard P., Lebrun P., Seguin M. 1999. Molecular markers applied to the analysis of genetic diversity and to the biogeography of *Elaeis* (Palmae). In. Henderson A. and Borchsenius F. Evolution, variation and classification of palms. Memoirs of the New York Botanical Garden 83: 191-201.

Barfod A.S., Trénel P., Borchsenius F. 2010. Drivers of diversification in the vegetable ivory palms (Arecaceae: Ceroxyloideae, Phytelepheae) – vicariance or adaptative shifts in niche traits ? pp. 225-243 In: Seberg O., Petersen G., Barfod A. and Davis J. (Eds.). Diversity, phylogeny, and evolution in the Monocotyledons. Aarhus University Press, Denmark.

Barot S., Mitja D., Miranda I., Meija G.D., Grimaldi M. 2005. Reproductive plasticity in an Amazonian palm. Evolutionary Ecology Research 7: 1051-1065.

Barrett C.F., Davis J.I., Leebens-Mack J., Conran J.G., Stevenson D.W. 2013. Plastid genomes and deep relationships among the commelinid monocot angiosperms. Cladistics 29: 65-87.

Barrow S. 1994. In search of *Phoenix roebelenii*: the Xishaungbanna palm. Principes 34: 177-181.

Barrow S. 1998. A monograph of *Phoenix* L. (Palmae, Coryphoideae). Kew Bulletin 53: 513-575.

Bennaceur M., Lanaud C., Chevallier M.-H., Bounaga N. 1991.- Genetic diversity of the date palm from Algeria revelead by enzymes markers. Plant Breeding 107: 56-69.

Bernal R., Manrique H.F. 2012. The critically endangered *Ceroxylon sasaimae* rediscovered in the wild. PALMS 56: 31-35.

Bernal R., Montes M.E., Marmolejo D. 2007. Eastern Tukanoan names of the palm *Iriartea deltoidea*: an evidence of its possible preagricultural use as a starch source. Journal of Ethnobiology 27: 174-181.

Bidartondo M. I. 2005. The evolutionary ecology of myco-heterotrophy. New

Phytologist 167: 335-352.

Billotte N., Risterucci A.-M., Barcelos E., Noyer J.-L., Amblard P. and Baurens F.C. 2001. Development, characterization, and across-taxa utiliy of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) microsatellite markers. Genome 44: 413-425.

Billotte N, Marseillac N., Brottier P., Noyer J.-L., Jacquemoud-Collet J.-P., Moreau C., Couvreur T., Chevallier M.-H., Pintaud J.-C and 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.

Blach-Overgaard A., Kissling W.D., Dransfield J., Balslev H., Svenning J.C. 2013. Multimillion-year climatic effects on palm species diversity in Africa. Ecology 94: 2426-2435.

Blach-Overgaard A., Svenning J.-S., Dransfield J., Greve M., Balslev H. 2010. Determinants of palm species distributions across Africa: the relative roles of climate, non-climatic environmental factors, and spatial constraints. Ecography 33: 380-391.

Borchsenius F., Borgtoft Pedersen H., Balslev H. 1998. Manual to the palms of Ecuador. AAU Reports 37.

Borgtoft Pedersen H. 1992. Uses and management of *Aphandra natalia* (Palmae) in Ecuador. Bull. Inst. fr. études andines 21: 741-753.

Boughedoura N. 1980. Morphologie et ontogenèse des productions axillaires du palmier dattier. Compte Rendus Acad. Sci. Série D 291. N°10, p. 857-860.

Bremer K. 2000. Early Cretaceous lineages of Monocots flowering plants. PNAS 97: 4707-4711.

Briend A., Dewey K.G., Reihart G.A. 2011. Fatty acid status in early life in low-income countries – overview of the situation, policy and research priorities. Maternal and Child Nutrition, 7: 141-148.

Brokamp G., Valderrama N., Mittelbach M., Grandez C.A., Barfod A.S., Weigend M. 2011. Trade in palm products in North-Western South America. Botanical Review 77: 571-606.

Carrington M.E., Mullahey J.J., Krewer G., Boland B., Affolter J. 2000. Saw palmetto (*Serenoa repens*): An emerging forest resource in the Southeastern United States. Journal of Applied Forestry 24: 129-134.

Castellana R., Littardi C., Pintaud J.-C., Vezzanio P. 2010. Projet Phoenix/Progetto Phoenix. TheBookEdition.

Castillo Mont J.J., Gallardo N.R., Johnson D.V. 1994. The pacaya palm (*Chamaedorea tepejilote*, Arecaceae) and its food use in Guatemala. Economic Botany 48: 68-75.

Charles-Dominique P., J. Chave, M.-A. Dubois, de J.-J. Granville, B. Riera & C. Vezzoli. 2003. Colonization front of the understorey palm *Astrocaryum sciophilum* in a pristine rain forest of French Guiana. Global Ecology and Biogeography, 12: 237-248.

Cherif E., Zehdi S., Castillo K., Chabrillange N., Abdoulkader S., Pintaud J.-C., Santoni S., Salhi-Hannachi A., Glémin S., Aberlenc-Bertossi F. 2013. Male-specific DNA markers provide genetic evidence of an XY chromosome system and recombination arrest, and allow to trace paternal lineages in date palm. *New Phytologist* 197: 409-415.

Chowdhury M.S.H., Halim M.A., Muhammed N., 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: 245-251.

Clement C.R. 1992. Domesticated palms. Principes 36: 70-78.

Clement C.R., Manshardt R.M. 2000. A review of the importance of spines for pejibaye hart-of-palm production. Scientia Horticulturae 83: 11-23.

Clement C.R, Santos R.P, Desmouliere S.J.M, Ferreira E.J.L, Farias Neto J.T. 2009. Ecological adaptation of wild peach palm, its *in situ* conservation and deforestation-mediated extinction in Southern Brazilian Amazonia. PLoS ONE 4(2): e4564. doi:10.1371/journal.pone.0004564.

Clotault J., Thuillet A.-C., Buiron M., De Mita S., Couderc M., Haussmann B.I.G., Mariac C., Vigouroux Y. 2012. Evolutionary history of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.)R. Br.) and selection on flowering genes since its domestication. Molecular Biology and Evolution 29: 1199-1212.

Corner H.J. 1966. The natural history of palms. Weidenfeld and Nicolson, London.

Couvreur T.L.P, Baker W.J. 2013. Tropical rain forest evolution: palms as a model group. BMC Biology 11: 48.

Couvreur T.L.P., Billotte N., Risterucci A.-M., Lara C., Vigouroux Y., Ludeña B.,

Pham J.-L., Pintaud J.-C. 2006. Close genetic proximity between cultivated and wild *Bactris gasipaes* Kunth revealed by microsatellite markers in Western Ecuador. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 1361-1373.

Couvreur T.L.P., Forest F., Baker W.J. 2011. Origin and global diversification patterns of tropical rain forests: inferences from a complete genus-level phylogeny of palms. BMC Biology 9: 44.

Couvreur T.L.P., Hahn W.J., de Granville J.-J., Pham J.-L., Ludeña B., Pintaud J.-C. 2007. Phylogenetic relationships of the cultivated Neotropical palm *Bactris gasipaes* (Arecaceae) with its wild relatives inferred from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. Systematic Botany 32: 519-530.

Crisp M.D., Isagi Y., Kato Y., Cook L.G., Bowman D.M.J.S. 2010. *Livistona* palms in Australia: ancient relicts or opportunistic immigrants? Molecular Phylogenetics and Evolution 54: 512-523.

Cuenca A., Asmussen-Lange C.B., Borchsenius F. 2008. A dated phylogeny of the palm tribe Chamaedoreae supports Eocene dispersal between Africa, North and South America. Molecular Phylogenetics and Evolution 46: 760-775.

Daher A., Adam H., Chabrillange N., Collin M., Mohamed N., Tregear W.J., Aberlenc-Bertosi F. 2010. Cell cycle arrest characterizes the transition from a bisexual floral bud to a unisexual flower in *Phoenix dactyifera*. Annals of Botany 106: 255-266.

del Castillo D., Otarola E., Freitas L. 2006. Aguaje. The amazing palm tree of the Amazon. Ed. IIAP, Iquitos, Pérou.

Delgado C., Couturier G., Mejia K. 2007. *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. Fruits, 62: 157-169.

Demesure B., Sodzi N., Petit R.J. 1995. A set of universal primers for amplification of polymorphic non-coding regions of mitochondrial and chloroplast DNA in plants. Molecular Ecology 4: 129-131.

Doebley, J.F., Gaut, B.S., and Smith, B.D. 2006. The molecular genetics of crop domestication. Cell 127: 1309-1321.

Donoghue M.J. 2008. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. PNAS 105: 11549-11555.

Dowe J.L., Cabalion P. 1996. A taxonomic account of Arecaceae in Vanuatu, with descriptions of three new species. Australian Systematic Botany 9: 1-60.

Dowe J.L., Benzie J., Ballment E. 1997. Ecology and genetics of *Carpoxylon macrospermum* H. Wendl. & Drude (Arecaceae), an endangered palm from Vanuatu. Biological Conservation 79: 205-216.

Dransfield J. 1999. Species and species concepts in Old World palms. Memoirs of the New York Botanical Garden 83: 5-20.

Dransfield J., Beentje H. 1995. The Palms of Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew and the International Palm Society.

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, Kew, Richmond, U.K. 732 p.

Duminil J., Kenfack D., Viscosi V., Grumiau L., Hardy O.J. 2012. Testing species delimitation in sympatric species complexes: the case of an African tropical tree, *Carapa* spp. (Meliaceae). Molecular Phylogenetics and Evolution 62: 275-285.

Eiserhardt W. L., Pintaud J.-C., Asmussen-Lange C.B., Hahn W.J., Bernal R., Balslev H. and Borchsenius F. 2011. Phylogeny and divergence times of Bactridinae (Arecaceae, Palmae) based on plastid and nuclear DNA sequences. Taxon 60: 485-498.

Ellen R. 2006. Local knowledge and management of sago palm (*Metroxylon sagu*) diversity in south-central Seram, Maluku, eastern Indonesia. Journal of Ethnobiology 26: 258-298.

Emperaire L., Lescure J.-P. 2000. Activités extractivistes pour gérer la forêt. pp. 39-51 *In*: Gillon Y., Chaboud C., Boutrais J., Mullon C., Weber J. (eds.), *Du bon usage des ressources renouvelables*, IRD Editions (Latitudes 23), Paris.

Espurt N., Barbarand J., Roddaz M., Brusset S., Baby P., Saillard M., Hermoza W. 2011. A scenario for the Late Neogene Andean shortening transfer in the Camisea Subandean zone (Peru, 12°S): implications for growth of the northern Andean Plateau. *Geological Society of America Bulletin,* 123, 9-10, 2050-2068.

Faye A., Pintaud J.-C., Baker W.J., Sonké B., Couvreur T.L.P. 2014. A plastid phylogeny of the African rattans (Ancistrophyllinae, Arecaceae). *Systematic*

Botany 39:1099-1107.

Ferrero M.D. 1996. *Ptychococcus lepidotus*: In from the cold? A promising palm from the highlands of New Guinea. Palms & Cycads (Austral.) 52/53: 48–54.

Fisher J.B., Jayachandran K. 1999. Root structure and arbuscular mycorrhizal colonization of the palm *Serenoa repens* under field conditions. Plant and Soil 217: 229-241.

Futey M.K., Gandolfo M.A., Zamaloa M.C., Cunéo R., Cladera G. 2012. Arecaceae fossil fruits from the Paleocene of Patagonia, Argentina. Botanical Review 78: 205-234.

Galeano G., Bernal R. 2010. Palmas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Galeano G., Bernal R. 2013. *Sabinaria*, a new genus of palms (Cryosophileae, Coryphoideae, Arecaceae) from the Colombia-Panama boarder. Phytotaxa 144: 27-44.

Galeano G., Sanín M.J., Mejía K., Pintaud J.-C., Millán B. 2008. Novelties in the genus *Ceroxylon* (Arecaceae) from Peru, with description of a new species. Revista Peruana de Biología 15(supl. 1): 65-72.

Gari N.M. 2011. Multivariate analysis of bali salak cultivars (*Salacca zalacca var. amboinensis* (Becc.) Mogea) based on leaf micromorphological characters. Jurnal Biologi 15: 15-18.

Gaut B.S., Morton B.R., McCaig B.C., Clegg M.T. 1996. Substitution rate comparisons between grasses and palms: synonymous rate differences at the nuclear gene Adh parallel rate differences at the plastid gene rbcL. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 93: 10 274 -10 279.

Gentry A. 1982. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connexions between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean Orogeny? Annals of the Missouri Botanical Garden 69: 557-593.

Gerritsma W., Wessel M. 1997. Oil palm: domestication achieved? Netherlands Journal of Agricultural Science 45: 463-475.

Gómez-Navarro C., Jaramillo C., Herrera F., Wing S.L., Callejas R. 2009. Palms (Arecaceae) from a Paleocene rainforest of northern Colombia. American Journal of Botany 96: 1300-1312.

González-Pérez M.A., Sosa P.A. 2009. Hybridization and introgression between the endemic *Phoenix canariensis* and the introduced *P. dactylifera* in the Canary Islands. The Open Forest Science Journal 2:78-85.

Graefe S., Dufour D., van Zonneveld M., Rodriguez F., Gonzalez A. 2013. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. Biodiversity and Conservation 22: 269-300.

Gros-Balthazard M. 2012. Sur les origines, l'histoire evolutive et biogéographique du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) : l'apport de la génétique et de la morphométrie. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier II.

Guillaumet J.-L., Grenand P., Bahri S., Grenand F., Lourd M., Sandos A. A. dos, Gély A. 1990. Les jardins-vergers familiaux d'Amazonie centrale : un exemple d'utilisation de l'espace. Turrialba 40: 63-81.

Gunn B., Baudouin L., Olsen K.M. 2011. Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Old World tropics. PLoS ONE 6(6): e21143. doi:10.1371/ journal.pone.0021143.

Heatubun C.D., Dransfield J., Flynn T., Tjitrosoedirdjo S.S., Mogea J.P., Baker W.J. 2012. A monograph of the betel nut palms (Areca: Arecaceae) of East Malesia. Botanical Journal of the Linnean Society 168: 147-173.

Heatubun C.D., Zona S., Baker W.J. 2014. Three new genera of Arecoid palm (Arecaceae) from Eastern Malesia. Kew Bulletin 69: 9525.

Heckenberger M.J., Kuikuro A., Kuikuro U.T., Russel J.C., Schmidt M., Fausto C., Franchetto B. 2003. Amazonia 1492: pristine forest or cultural parkland? Science 301: 1710-1714.

Henderson A. 1995. The palms of the Amazon. Oxford University Press, New York.

Henderson A. 1999. Species, species concepts, and palm taxonomy in the New World. Memoirs of the New York Botanical Garden 83: 21-28.

Henderson A. 2000. *Bactris* (Palmae). Flora Neotropica Monograph 79. The New York Botanical Garden, Bronx, NY, USA.

Henderson H. 2004. A multivariate analysis of *Hyospathe* (Palmae). American Journal of Botany 91: 953-965.

Henderson H. 2005a. The methods of herbarium taxonomy. Systematic Botany 30: 456-459.

Henderson H. 2005b. A multivariate study of *Calyptrogyne* (Palmae). Systematic

Botany 30: 60-83.

Henderson A.J, Bacon C.D. 2011. *Lanonia* (Arecaceae), a new genus from Asia, with a revision of the species. Systematic Botany 36: 883-895.

Hernandez-Ugalde J.A., Mora-Urpi J., Rocha O.J. 2011. Genetic relationships among wild and cultivated populations of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae): evidence for multiple independent domestication events. Genetic Resources and Crop Evolution 58: 571-583.

Hodel D.R. 1998. The palms and cycads of Thailand. Allen Press, Lawrence, Kansas.

Hodel D.R. 2007. A review of the genus *Pritchardia*. International Palm Society, USA.

Hodel D.R., Pintaud J.-C. 1998. *The Palms of New Caledonia / Les Palmiers de Nouvelle-Calédonie*. Allen Press, Lawrence, Kansas, USA. 115 p.

Isnard S., Speck T., Rowe N.P. 2005. Biomecanics and development of the climbing habit in two species of the South American palm genus *Desmoncus* (Arecaceae). American Journal of Botany 92: 1444-1456.

Iturralde-Vinent M.A., MacPhee R.D.E. 1999. Palaeogeography of the Caribbean region: implications for Cenozoic biogeography. Bulletin of the American Museum of Natural History 238: 1-95.

Janick J., Paull R.E. 2006. The encyclopedia of fruits and nuts. CABI Publishing.

Jaramillo C., Hoorn M.C., Silva S., Leite F., Herrera F., Quiroz L., Dino R., Antonioli L. 2010. The origin of the modern Amazon rainforest: implications from the palynological and paleobotanical record. pp. 317-334 *In* Hoorn M.C., Wesselingh F.P. (eds.) Amazonia, landscape and species evolution. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Janssen T., Bremer K. 2004. The age of major monocot groups inferred from 800+ rbcL sequences. Botanical Journal of the Linnean Society 146: 385-398.

Joët T., Laffargue A., Salmona J., Doulbeau S., Descroix F., Bertrand B., de Kochko A., Dussert S. 2009. Metabolic pathways in tropical dicotyledonous albuminous seeds: *Coffea arabica* as a case study. New Phytologist 182: 146-162.

Johnson D. 1992. Palm utilization and management in Asia: examples for the Neotropics. Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines 21: 727-740.

Jouanninc S., Collin M., Vidal B., Verdeil J.-L., Tregear J.W. 2007. A class I KNOX gene from the palm species *Elaeis guineensis* (Arecaceae) is associated with

meristem function and a distinct mode of leaf dissection. New Phytologist 174: 551-568.

Kahn F. 1996. Les palmeraies amazoniennes : ressources alimentaires et aménagement des ecosystèmes forestiers. pp. 261-274 *In*: Hladik C.M., Hladik A., Pagezy H., Linares O.F., Koppert G.J.A., Froment A. (eds.), *L'alimentation en forêt tropicale : interactions bioculturelles et perspectives de développement : 1. Les ressources alimentaires : production et consommation*. Editions UNESCO, Paris.

Kahn F. 2008. The genus *Astrocaryum*. Revista Peruana de Biología. 15(supl. 1): 31-48.

Kahn F., Ferreira E.J.L. 1995. A new species of *Astrocaryum* (Palmae) from Acre, Brazil. Candollea 50: 321-328.

Kahn F., de Granville J.-J. 1992. Palms in forest ecosystems of Amazonia. Springer Verlag.

Kahn F., Mejía K. 1987. Notes on the biology, ecology and use of a small Amazonian palm: *Lepidocaryum tessmanii*. Principes 31: 14-19.

Kahn F., Luxereau A. 2008. Doum palm habit and leaf collecting practices in Niger. PALMS 52: 23-29.

Kahn F., Millán B. 1992. *Astrocaryum* (Palmae) in Amazonia. A preliminary treatment. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines 21: 459-531.

Kahn F., Millán B. 2009. *Astrocaryum ulei* (Arecaceae) newly discovered in Peru. Revista Peruana de Biología 16: 161-164.

Kahn F., Millán B., Pintaud J.-C., Machahua M. 2011. Detailed assessment of the distribution of *Astrocaryum sect. Huicungo* (Arecaceae) in Peru. Revista Peruana de Biología 18: 279-282.

Kahn F., Moussa F. 1995. Les migrations de palmiers provoquées par l'homme en Amazonie et à sa périphérie. Biogeographica 71: 161-177.

Kahn F., Souza Cravo M.J. de, Couturier G. 2003. L'invasion du Roraima (Amazonie brésilienne) par le palmier *Maximiliana maripa* : sous l'effet des activités anthropiques. pp. 309-314 *In*: Froment A., Guffroy J. (eds.), *Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales*. Actes du séminaire-atelier. Coll. Colloques et Séminaires, IRD Editions, Paris.

Kissling W.D., Eiserhardt W.L., Baker W.J., Borchsenius F., Couvreur T.L.P, Balslev

H., Svenning J.C. 2012. Cenozoic imprints on the phylogenetic structure of palm species assemblages worldwide. PNAS 109: 7379-7384.

Kondo T., Crisp M.D., Linde C., Bowman D., Kawamura K., Kanedo S., Isagi Y. 2012. Not an ancient relict: the endemic *Livistona* palms of arid central Australia could have been introduced by humans. Proceedings of the Royal Society B 279: 2652-2661.

Kristiansen T., Svenning J.-C., Wolf L. Eiserhardt W.L., Pedersen D., Brix H., Søren Munch Kristiansen S.M., Knadel M., Grandez C., Balslev H. 2012. Environment versus dispersal in the assembly of western Amazonian palm communities . Journal of Biogeography 39: 1318-1332.

Kronborg M., Grandez C.A., Ferreira E., Balslev H. 2008. *Aphandra natalia* (Arecaceae) – A little known source of piassaba fibers from the Western Amazon. Revista Peruana de Biología 15 (Supl. 1): 103-113.

Lebot V. 1999. Biomoleclar evidence for plant domestication in Sahul. Genetic Resources and Crop Evolution 46: 619-628.

Lebot V. 2002. La domestication des plantes en Océanie et les contraintes de la voie asexuée. Journal de la Société des Océanistes 114/115: 45-61.

Ludeña B., Chabrillange N., Aberlenc-Bertossi F., Adam H., Tregear J.W., Pintaud J.-C. 2011. Phylogenetic utility of the nuclear genes Agamous 1 and phytochrome B in palms (Arecaceae): an example within Bactridinae. *Annals of Botany* 108: 1433–1444.

Macía M.J. 2004. Multiplicity in palm uses by the Huaorani of Amazonian Ecuador. Botanical Journal of the Linnean Society 144: 149-159.

Macía M.J., Armesilla P.J., Cámara-Leret R., Paniagua-Zambrana N., Villalba S., Balslev H., Pardo-de-Santayana M. 2011. Palm uses in Northwestern South America: a quantitative review. Botanical Review 77: 462-570.

McKamey L. 1983. Secret of the Orient: dwarf *Rhapis excelsa*. Grunwald Printing Co., Texas.

Meerow A.W., Noblick L., Borrone J.W., Couvreur T.L.P., Mauro-Herrera M., Hahn W.J., Kuhn D.N., Nakamura K., Oleas N.H., Schnell R.J. 2009. Phylogenetic analysis of seven WRKY genes across the palm subtribe Attaleinae (Arecaceae) identifies *Syagrus* as sister group of the coconut. PLoS ONE 4(10): e7353. doi:10.1371/ journal.pone.0007353.

Meerow A.W, Noblick L., Salas-Leiva D.E., Sanchez V., Francisco-Ortega J., Jestrow

B. and Nakamura K. 2015. Phylogeny and historical biogeography of the cocosoid palms (Arecaceae, Arecoideae, Cocoseae) inferred from sequences of six WRKY gene family loci. Cladistics (in press).

Meyer R.S., Duval A.E., Jensen H.R. 2012. Patterns and process in plant domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. New Phytologist 196: 29-48.

Meyer J.-Y., Lavergne C., Hodel D.R. 2008. Time bombs in gardens: invasive ornamental palms in tropical islands, with emphasis on French Polynesisa (Pacific ocean) and the Mascarenes (Indian ocean). Palms 52: 71-83.

Michon G., Mary F., Bompard J. 1986. Multistory agroforestry garden system in West Sumatra, Indonesia. Agroforestry systems 4: 315-338.

Millán B., Kahn F. 2010. Characterization of leaf anatomy in species of *Astrocaryum* and *Hexopetion* (Arecaceae). Revista Peruana de Biologia 17: 81-94.

Miller R.H. 1964. The versatile sugar palm. Principes 8: 115-147.

Montúfar R., Anthelme F. Pintaud J.-C., Balslev H. 2011. Disturbance and resilience in tropical American palm populations and communities. *The Botanical Review* 77: 426-461.

Moore H.E., Uhl N.W. 1984. The indigenous palms of New Caledonia. Allertonia 3: 313-402.

Mora A., Baby P., Roddaz M., Parra M., Brusset S., Hermoza W., Espurt N. 2010. Tectonic history of the Andes and sub-Andean zones: implications for the development of the Amazon drainage basin. *In*: *Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past*, 1st edition. Edited by C. Hoorn and F.P. Wesselingh, Wiley-Blackwell, 38-60.

Mora-Urpi J., Weber J.C., Clement C.R. 1997. Peach palm, *Bactris gasipaes* Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops vol. 20. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Morcote-Ríos G. & Bernal R. 2001. Remains of palms (Palmae) at archaeological sites in the New World: a review. Botanical Review 67: 309-350.

Morici C. 2008. Villa Beccari – One century latter. PALMS 52: 175-179.

Morley R.J. 2000. Origin and evolution of tropical rain forests. Chichester: John Wiley & Sons.

Namoff S., Veloz A., Jimenez F., Rodriguez-Pena R.A., Pegueri B., Lewis C.,

Moynihan J., Abdo M., Maunder M., von Wettberg E., Meerow A.W., Griffith M.P., Francisco-Ortega J. 2011. Sweet drinks are made of this: conservation genetics of an endemic palm species from the Dominican Republic. Journal of Heredity 102: 1-10.

Newton C., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Paradis L., Pintaud J.-C., Terral J.-F. 2013. *Phoenix dactylifera* and *P. sylvestris* in northwestern India: a glimpse of their complex relationships. PALMS 57: 37-50.

Noben S., Lehnert M. 2013. The genus *Dicksonia* (Dicksoniaceae) in the western Pacific. Phytotaxa 155: 23-34.

Nowak J.S., Bolduc N., Dengler N.G., Pozluszny U. 2011. Compound leaf development in the palm *Chamaedorea elegans* is KNOX-independant. American Journal of Botany 98: 1575-1582.

Ouinsavi C., Gbénavo C., Sokpon N. 2011. Ecological structure and fruit production of the African fan palm (*Borassus aethiopum*) populations. American Journal of Plant Sciences 2: 733-743.

Pan A.D., Jacobs B.F., Dransfield J., Baker W.J. 2006. The fossil history of palms (Arecaceae) in Africa and new records from the Late Oligocene (28-27 Mya) of North-Western Ethiopia. Botanical Journal of the Linnean Society 151: 69-81.

Papadopulos A.S.T., Baker W.J., Crayn D., Butlin R.K., Kynast R.G., Hutton I., Savolainen V. 2011. Speciation with gene flow on Lord Howe Island. PNAS 108: 13188-13193.

Pennington R.T., Richardson J.E., Lavin M. 2006. Insights into the historical construction of species-rich biomes from dated plant phylogenies, neutral ecological theory and phylogenetic community structure. New Phytologist 172: 605-616.

Pennington R.T., Lavin M., Särkinen T., Lewis G.P., Klitgaard B.B., Hughes C.E. 2010. Contrasting plant diversification histories within the Andean Biodiversity hotspot. PNAS 107: 13783-13787.

Pintaud J.-C. 1999. La saga des palmiers de Nouvelle-Calédonie. Hommes et Plantes, 29: 54-63.

Pintaud J.-C. 1999b. Phylogénie, biogéographie et écologie des palmiers de Nouvelle-Calédonie. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse III.

Pintaud J.-C. 1999c. A cladistic analysis of the Archontophoenicinae (Palmae, Areceae) based on morphological and anatomical characters. Memoirs of the New York Botanical Garden, 83: 279-284.

Pintaud J.-C. 2002. From Barcelona to Bordighera : Palm Gardens on Mediterranean shores. *Palms* 46: 149-153.

Pintaud J.-C. 2006. The impact of forest disturbance on the palms of New Caledonia. Palms 50: 123-135.

Pintaud J.-C. 2008. An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). Revista Peruana de Biología 15 (Supl. 1): 55-63.

Pintaud J.-C., Anthelme F. 2008. *Ceroxylon echinulatum* in an agroforestry system of northern Peru. Palms 52: 96-102.

Pintaud J.-C. and Baker W.J. 2008. A revision of the palm genera (Arecaceae) of New Caledonia. Kew Bulletin 63: 61-73.

Pintaud J.-C., Couvreur T., Lara C., Billotte N., Ludeña B. & Pham J.-L. 2006. Structure et dynamique de la diversité génétique dans un complexe sauvage-cultivé tropical : le cas du palmier sud-américain *Bactris gasipaes*. Les Actes du BRG, 6, pp. 355-370.

Pintaud J.-C., Couvreur T.L.P., Lara C., Ludeña B. and Pham J.-L. 2008a. Reciprocal introgression between wild and cultivated peach palm (Bactris gasipaes Kunth, Arecaceae) in western Ecuador. pp. 296-308 In: Maxted N., Ford-Lloyd B.V., Kell S.P., Iriondo J.M., Dulloo M.E. and Turok J. (Eds.). Crop wild relatives conservation and use. CAB International, U.K.

Pintaud J.-C., Galeano G., Balslev H., Bernal R., Borchsenius F., Ferreira E., de Granville J.-J., Mejía K., Millán B., Moraes M., Noblick L., Stauffer F. W., Kahn F. 2008b. The palms of South America: diversity, distribution and evolutionary history. Revista Peruana de Biología 15(supl. 1): 7-29.

Pintaud J.-C., Hodel D. R. 1998a. A revision of *Kentiopsis*, a genus endemic to New Caledonia. Principes, 42: 32-33, 41-53.

Pintaud J.-C., Hodel D. R. 1998b. Three new species of *Burretiokentia*. Principes, 42: 152-155, 160-166.

Pintaud J.-C and Hodel D. R. 2009. A reassessment of *Basselinia gracilis*, a rare palm

from northeastern New Caledonia. The Palm Journal 190: 32–37.

Pintaud J.-C., Jaffré T., Puig H. 2001. Chorology of New Caledonian palms and possible evidence of Pleistocene rain forest refugia. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Sciences de la Vie 324: 453-463.

Pintaud J.-C. and Ludeña B. 2008. Andean palms in Ecuadorean cities. *Palms* 52 : 165-173.

Pintaud J.-C., Ludeña B., Aberlenc-Bertossi F., Zehdi S., Gros-Balthazard M., Ivorra S., Terral J.-F., Newton C., Tengberg M., Abdoulkader S., Daher A., Nabil M., Saro-Hernandez I., Gonzalez-Perez M.A., Sosa P., Santoni S., Moussouni S., Si-Dehbi F., Bouguedoura N. 2013. Biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L., Arecaceae): insights on the origin and on the structure of modern diversity. *Acta Horticulturae* 994: 19-38.

Pintaud J.-C., Millán B., Kahn F. 2008c. The genus *Hexopetion* Burret (Arecaceae). Revista Peruana de Biología 15(supl. 1): 49-54.

Pintaud J.-C., Millán B., Kahn F. 2010. Neotypification of *Ceroxylon weberbaueri*. *Revista Peruana de Biología* 17(2): 163- 166.

Pintaud J.-C. and Setoguchi H. 1999. *Satakentia* revisited. Palms 43: 194-199.

Pintaud J.-C., Stauffer F.W. 2011. A revision of the large-flowered group of *Basselina* Vieill. sect. *Taloua* H.E. Moore &Uhl (Arecaceae). *Candollea* 66: 147-154.

Pintaud J.-C., Zehdi S., Couvreur T., Barrow S., Henderson S., Aberlenc-Bertosii F., Tregear J., Billotte N. 2010b. Species delimitation in the genus *Phoenix* (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). pp. 267-286 In: Seberg O., Petersen G., Barfod A. and Davis J. (Eds.). Diversity, phylogeny, and evolution in the Monocotyledons. Aarhus University Press, Denmark.

Poetsch J., Haupenthal D., Lewandowski I., Oberlander D., Hilger T. 2012. *Acrocomia aculeata* - A sustainable oil crop. Rural21: 41-44.

Prebble M., Dowe J.L. 2008. The late Quaternary decline and extinction of palms of oceanic Pacific islands. Quaternary Science Reviews 27: 2546-2567.

Proctor J. 2003. Vegetation and soil and plant chemistry on ultramafic rocks in the

tropical Far East. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6: 105-124.

Prothero D.R. 1994. The Late Eocene-Oligocene extinctions. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 22: 145-165.

Räsänen M., Salo J., Kalliola R. 1987. Fluvial perturbance in the western Amazonian river basin: regulation by long-term sub-Andean tectonics. Science, 238: 1398-1401.

Räsänen M., Salo J., Jungner H., Romero-Pitman L. 1990. Evolution of the western Amazon relief: impact of Andean foreland dynamics. Terra Nova 2: 320-332.

Retallack G.J., Prothero D.R., Duncan R., Kester P.R., Ambers C.P. 2004. Eocene-Oligocene extinction and paleoclimatic change near Eugene, Oregon. GSA Bulletin 116: 817-839.

Richardson J.E., Pennington T.R., Pennington T.D., Hollingsworth P.M. 2001. Rapid diversification of a species-rich genus of Neotropical rain forest trees. Science 293: 2242-2245.

Roca F. 2010. *Parajubaea cocoides*, a new record for Peru. PALMS 54: 133-136.

Roncal J., Borchsenius F., Asmussen-Lange C.B., Balslev H. 2010. Divergence times in tribe Geonomateae (Arecaceae) coincide with Tertiary geological events. pp. 245-265 In: Seberg O., Petersen G., Barfod A. and Davis J. (Eds.). Diversity, phylogeny, and evolution in the Monocotyledons. Aarhus University Press, Denmark.

Roncal J., Couderc M., Baby P., Kahn F., Millán B., Meerow A.W., Pintaud J.-C. 2015. Plant diversification in two geologically contrasting regions of Western Amazonia. Journal of Biogeography (in press).

Roncal J., Kahn F., Millán B., Couvreur T., Pintaud J.-C. 2013. Cenozoic colonization and diversification patterns of tropical American palms: evidence from *Astrocaryum* (Arecaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 171: 120-139.

Roncal J., Zona S., Lewis C.E. 2008. Molecular phylogenetic studies of Caribbean palms (Arecaceae) and their relationships to biogeography and conservation. Botanical Review, 74: 78-102.

Rull V., Cañellas-Boltà N., Sáez A., Giralt S., Pla S., Margalef O. 2010. Paleoecology of Easter Island: Evidence and uncertainties. Earth-Science Reviews 99: 50-

60.

Sankaralingam A., Khan H.H. 2001. Palmyrah palms in Tamil Nadu, India. PALMS 45: 97-99.

Sanín M.J., Galeano G. 2011. A revision of the Andean wax palms, *Ceroxylon* (Arecaceae). Phytotaxa 34: 1-64.

Savolainen V., Anstett M.C., Lexer C., Hutton ., Clarkson J.J., Norup M.V., Powell M.P., Springate D., Salamin N., Baker W.J. 2006. Sympatric speciation in palms on an oceanic island. Nature 441: 210-213.

Scarcelli N., Barnaud A., Eiserhardt W., Treier U., Seveno M., d'Anfray A., Vigouroux Y., Pintaud J.-C. 2011. A set of 100 DNA primer pairs to study population genetics and phylogeny in Monocotyledons. PLoS ONE 6(5): e19954. doi:10.1371/journal.pone.0019954.

Sedra M.H., Lashermes P., Trouslot P., Combes M.-C. 1998. Identification and genetic diversity analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties from Morocco using RAPD markers. Euphytica 103: 75-82.

Silva S.M., Sampaio K.A., Taham T., Rocco S.A., Ceriani R., Meirelles A.J.A. 2009. Characterization of oil extracted from Buriti fruit (*Mauritia flexuosa*) grown in the Brazilian amazon region. Journal of the American Oil Chemist Society 86: 611-616.

Singh R., Tan S.G., Panadam J.M., Rhaman R.A., Ooi L.C.L., Low E.T.L., Sharma M., Jansen J., Cheah S.C. 2009. Mapping quantitative trait loci (QTLs) for fatty acid composition in an interspecific cross of oil palm. BMC Plant Biology 9: 114.

Svenning J.-C. 2002. Non-native ornamental palms invade a secondary tropical forest in Panama. PALMS 46: 81-86.

Systma K.J., Hahn W.J., Smith J.F., Wagner W.L. 1993. Characterisation and phylogenetic utility of a large inversion in the chloroplast genome of some species in *Oenothera* (Onagraceae) Am. J. Bot. Suppl.1993; 80:79.

Taberlet P., Gielly L., Pautou G., Bouvet J. 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. *Plant Molecular Biology* 17: 1105-1109.

Tanner G.W., Mullahey J.J. 2012. Saw-palmetto: an ecologically and economically important native palm. University of Florida IFAS extension publication

#WEC 109.

Tengberg, M. 2012. Beginnings and early history of date palm garden cultivation in the Middle East. Journal of Arid Environments 86: 139-147.

Terral J.-F., Newton C., Ivorra S., Gros-Balthazard M., Tito de Morais C., Picq S., Tengberg M., Pintaud J.-C. 2012. Insights into the historical biogeography of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) using geometric morphometry of modern and ancient seeds. Journal of Biogeography 39: 929-941.

Terrel J.E. 2004. 'Austronesia' and the great Austronesian migration. World Archaeology 36: 586-590.

Thomas E., van Zonneveld M., Loo J., Hodgkin T., Galluzzi G. van Etten J. 2012. Present spatial diversity patterns of *Theobroma cacao* L. in the Neotropics reflect genetic differentiation in Pleistocene refugia followed by human-influenced dispersal. PLoS ONE 7(10): e47676. doi:10.1371/ journal.pone. 0047676.

Thomas R. 2011. Anatomie comparée des palmiers. Identification assistée par ordinateur, applications en paléobotanique et en archéobotanique. Thèse de doctorat du MNHN, Paris.

Thomas R., De Franceschi D. 2012. First evidence of fossil Cryosophileae (Arecaceae) outside the Americas (early Oligocene and late Miocene of France): Anatomy, palaeobiogeography and evolutionary implications. Review of Palaeobotany and Palynology 171: 27-39.

Tomlinson P.B. 1990. The structural biology of palms. Oxford University Press.

Tomlinson P.B., Horn J.W., Fisher J.B. 2011. The anatomy of palms. Oxford University press.

Tomlinson P.B., Hugget B.A. 2012. Cell longevity and sustained primary growth in palm stems. American Journal of Botany 99: 1891-1902.

Tournay F. (ed.). 2012. *Chamaerops humilis*. Le Palmier, Hors-série N°1.

Townsend P.K. 2003. Palm sago: further thoughts on a tropical starch from marginal lands. Resource Management in Asia-Pacific Program publ. 49. The Australian National University, Camberra.

Tranbarger T.J., Dussert S., Joët T., Argout X., Summo M., Champion A., Cros D., Omore A., Nouy B., Morcillo F. 2011. Regulatory mechanisms underlying oil palm fruit mesocarp maturation, ripening and functional specialization in lipid

and carotenoid metabolism. Plant Physiology 156: 564-584.

Tregear J., Rival A., Pintaud J.-C. 2011. A family portrait: unravelling the complexities of palms. *Annals of Botany* 108: 1387-1389.

Trénel P., Gustafsson M.H.G., Baker W.J., Asmussen-Lange C.B., Dransfield J., Borchsenius F. 2007. Mid-Tertiary dispersal, not Gondwanan vicariance explains distribution patterns in the wax palm subfamily (Ceroxyloideae: Arecaceae). Molecular Phylogenetics and Evolution 45: 272-288.

Troncoso-Ponce M.A., Kilaru A., Cao X., Durrett T.P., Fan J., Jensen J.K., Thrower N.A., Pauly M., Wilkerson C., Ohlrogge J.B. 2011. Comparative deep transcriptional profiling of four developing oilseeds. Plant Journal 68: 1014-1027.

Trudgen M., Weber B.L., Scott J.K. 2012. Human-mediated introduction of *Livistona* palms into central Australia: conservation and management implications. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences, 279: 4115-4117.

Uhl N.W., Dransfield J. 1987. Genera Palmarum. Allen Press, Lawrance, Kansas.

Vargas V. H. and Pintaud J.-C. 2008. Caracterization of a parapatric contact zone between *Astrocaryum macrocalyx* and *Astrocaryum urostachys* at the boundary of the Marañón-Pastaza flood plain and the Iquitos arch. *Revista Peruana de Biología* 15(supl. 1): 79-83.

Vargas Paredes V., Stauffer F.W., Pintaud J.-C. 2012. Richness, uses and conservation of palms (Arecaceae) in the Allpahuayo-Mishana National Reserve (Peru). Acta Botanica Venezolana 35: 53-70.

Vásquez J., Delgado C., Couturier G., Mejia K., Freitas L., del Castillo D. 2008. Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. *Fruits*, 63: 227-238.

Vásquez-Ocmín P.G., Freitas Alvarado L., Sotero Solís V., Paván Torres R., Mancini-Filho J. 2010. Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* L.f, from the Peruvian Amazon. Grasas y Aceites 61: 390-397.

Vigouroux Y., Mariac C., De Mita S., Pham J.L., Gérard B., Kapran I., Sagnard F., Deu M., Chantereau J., Ali A., Ndjeunga J., Luong V., Thuillet A.C., Saïdou A.A., Bezançon G. 2011. Selection for earlier flowering crop associated with climatic variations in the Sahel. PLoS One 6:e19563.

Wijaya C.H., Ulrich D., Lestari R., Schippel K., Ebert G. 2005. Identification of

potent odorants in different cultivars of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss) using gas chromatography-olfactometry. Journal of Agricultural and food chemistry 53: 1637-1641.

Willett W.C. 2012. Dietary fats and coronary heart disease. Journal Intern. Med. 272: 13-24.

Wing S.L., Herrera F., Jaramillo C.A., Gomez-Navarro C., Wilf P., Labandeira C.C. 2009. Late Paleocene fossils from the Cerrejón formation, Colombia, are the earliest record of Neotropical rainforest. PNAS 106: 18627-18632.

Winther J.L., Friedman W.E. 2008. Arbuscular mycorrhizal associations in Lycopodiaceae. New Phytologist 177: 790-801.

Yaméogo J., Ouédraogo M., Bayala J., Ouédraogo M.B., Guinko S. 2008. Uses and commercialization of *Borassus akeassii* Bayton, Ouédraogo, Guinko non-wood timber products in South-Western Burkina Faso, West Africa. Biotechnology, Agronomy, Society and Envirronment 12: 47-55.

Zachos F.E. 2009. Gene trees and species trees – mutual influences and interdependences of population genetics and systematics. Journal of Zooligical Systematics and Evolutionary Research 47: 209-218.

Zachos J.C., Kump L.R. 2005. Carbon cycle feedbacks and the initiation of the Antarctic glaciation in the earliest Oligocene. Global and Planetary Change 47: 51-56.

Zachos J.C., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups K. 2001a. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to Present. Science 292: 686-693.

Zachos J.C., Shackleton N.J., Revenaugh J.S., Pälike H., Flower B.P. 2001b. Climatic response to orbital forcing across the Oligocène-Miocène Boundary. Science 292: 274-278.

Zehdi S., Cherif E., Rhouma S., Santoni S., Hannachi A., Pintaud J.-C. 2012. Molecular polymorphism and genetic relationships in date palm (*Phoenix dactylifera* L.): the utility of nuclear microsatellite markers. Scientia Horticulturae 148: 255-263.

Zehdi 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.

Liste des acronymes utilisés

ACMO	Agent Chargé de la Mise en Oeuvre des règles d'hygiène et de sécurité du travail
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphisme (marqueurs moléculaires ADN)
AMAP	Botanique et Bioinformatique de l'Architecture des Plantes, Montpellier (UMR)
ARCAD	Agropolis Resource Center for Crop Conservation, Adaptation and Diversity
AUF	Agence Universitaire de la Francophonie
BDP	Equipe Biologie du Développement des Palmiers (UMR DIADE)
CBAE	Centre de Bio-Archéologie et d'Ecologie, Montpellier (UMR)
CDD	Contrat à Durée Déterminée (personnel temporaire)
CEFE	Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, Montpellier (UMR)
CERC	Center for Environmental Research and Conservation (New York, U.S.A.).
CERD	Centre d'Etude et de Recherche de Djibouti
CESBIO	Centre d'Etude Spatial de la Biosphère, Toulouse (UMR)
CIRAD	Centre International de Recherche en Agronomie pour le Développement.
CJBG	Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève (Suisse)
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique (France).
CRRAO	Centre Régional de Recherche en Agriculture Oasienne (Tunisie)
CR1,2	Chargé de Recherche de 1ère, 2ème Classe (Nomenclature fonction publique).
CSS2	Commission Scientifique Sectorielle n°2 Biologie et Santé (IRD)
DIADE	Diversité, Adaptation, Développement des plantes, Montpellier (UMR)
DIA-PC	Diversité et Adaptation des Plantes Cultivées, Montpellier (actuellement UMR DIADE)
DIC	Direction à l'Information et à la Communication (IRD)
DGPC	Diversité et Génome des Plantes Cultivées, Montpellier (actuellement UMR DIADE)
DR1	Directeur de Recherche de 1ère Classe (IRD)
DRI	Direction aux Relations Internationales (IRD)
DYNADIV	Equipe Anthropisation et Dynamique de la Diversité Génétique des Plantes.
ET	Elément Transposable.
EUNOPS	European Network of Palm Scientists (Réseau européen de chercheurs).
FTG	Fairchild Tropical Garden (Miami, USA).
GET	Géosciences Environnement Toulouse (UMR)
IEF	Intra-European Fellowship (programme de bourses Marie Curie de l'UE)
IIAP	Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (Pérou).
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria (Pérou).
INIAP	Instituto Nacional de Investigación Agro-Pecuaria (Equateur).
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique (France).
IPS	International Palm Society
IRA	Institut des Régions Arides (Tunisie)
IRD	Institut de Recherche pour le Développement (France).
JEAI	Jeune Equipe Associée à l'IRD (dispositif de consolidation de partenariats au Sud)
LET	Laboratoire d'Ecologie Terrestre (CNRS-UPS, Toulouse).
LRZA	Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides (Algérie)
LIRMM	Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Micro-électronique de Montpellier
LMI	Laboratoire Mixte International (dispositif de consolidation de partenariats au Sud)
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle (France).
MBC	Montgomery Botanical Center (Miami, USA).
NGS	Next Generation Sequencing (nouvelles technologies de séquençage de l'ADN)
NHM	Natural History Museum (Londres, U.K.)
NTBG	National Tropical Botanical Garden (Hawaii, USA).

PPD	Petit Pois Déridé. Colloque du Groupe de Génétique et Biologie des Populations.
PPR	Programme Pilote Régional (dispositif de programmation scientifique de l'IRD)
PUCE	Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Quito, Equateur)
RBG Kew	Royal Botanic Gardens, Kew (U.K.)
RNAM	Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana (Pérou)
SFS	Société Française de Systématique (France)
SPIR	Spectrométrie Proche Infra-Rouge (NIRS en anglais, méthode de phénotypage)
SSR, ISSR	Simple Sequence Repeat, Inter-SSR (marqueurs moléculaires ADN)
UAF	Université d'Agricilture, Faisalabad (Pakistan)
UE	Union Européenne
UMR	Unité Mixte de Recherche
UR	Unité de Recherche
US	Unité de Service
UCAD	Université Cheikh Anta Diop (Sénégal)
ULPGC	Université de Las Palmas de Gran Canaria
UMII	Université de Montpellier II
UMSA	Universidad Mayor de San Andres (Bolivie)
UN	Universidad Nacional (Colombie)
UNL	Universidad Nacional de Loja (Equateur).
UNMSM	Universidad National Mayor San Marcos (Pérou)
UNTRM	Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza (Pérou)
UPS	Université Paul Sabatier (Toulouse).
USTHB	Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédienne (Alger, Algérie)