

Contributions à la solution des problèmes posés par la conservation des ressources génétiques végétales et animales

Emile Frison¹, Ehsan Dulloo², Florent Engelmann³, Dominique Planchenault⁴ et Laura Snook⁵

Dans les initiatives conjointes de conservation des ressources génétiques, tant d'origine animale que végétale, menées avec les Centres du CGIAR, les compétences offertes par des scientifiques français conjuguées aux points forts des instituts nationaux de recherche contribuent, de diverses manières importantes, à faire en sorte que la biodiversité agricole dans le monde devienne le fondement d'un type d'intensification de la production agricole plus durable, qui repose non sur la simplification, mais sur l'intégration de la biodiversité dans les systèmes agricoles. Le succès de la cryoconservation de graines de café au Costa Rica, qui permet de conserver une précieuse collection de cette espèce, représente un exemple significatif de collaboration destinée à préserver et à utiliser la biodiversité agricole pour répondre à des besoins futurs imprévisibles et améliorer la productivité.

Une part significative des ressources végétales les plus précieuses du monde ne peuvent être conservées dans des collections de banques de gènes classiques parce que leurs graines ne peuvent être stockées dans un endroit sec et frais, qui permet de maintenir les céréales ou les haricots dans un état viable pendant des années. De nombreuses productions arboricoles, notamment le café (*Coffea arabica*), culture endémique dans les tropiques de l'ancien monde d'Afrique et de Madagascar, ont des graines dites « non orthodoxes » ou « récalcitrantes », qui germent immédiatement ou meurent. Il est d'une importance cruciale de conserver la diversité de ces produits végétaux et de les utiliser pour fournir aux paysans des pays tropicaux des variétés adaptées à des altitudes et des conditions climatiques différentes, à une panoplie d'ennemis des cultures et de maladies et à des marchés très diversifiés. Auparavant, la seule façon de conserver la diversité de ces arbres était de créer des collections vivantes cultivées à partir de semences obtenues de différentes sources. Si les ressources génétiques conservées dans les collections vivantes sont facilement accessibles et observables, ce qui permet une évaluation détaillée, cette méthode de conservation présente certains inconvénients. Les collections vivantes sont exposées aux ennemis des cultures, aux maladies et à d'autres aléas naturels tels que la sécheresse, les dommages climatiques, l'erreur humaine et le vandalisme. Les banques de gènes de terrain sont coûteuses à entretenir, de sorte qu'elles peuvent tomber sous le coup de décisions économiques qui risquent de limiter la replication des accessions, la qualité de l'entretien, et même leur survie en période de rigueur économique. Même dans les circonstances les plus favorables, les banques de gènes de terrain exigent des intrants très importants, sous forme de terre, de main-d'œuvre, de gestion et d'équipement. En outre, elles sont limitées à une ou quelques situations climatiques et pédologiques, qui ne sont pas toujours idéales pour les variétés représentées.

La recherche de moyens plus efficaces de conservation des espèces à graines non orthodoxes est l'un des domaines de recherche prioritaires de l'IPGRI depuis de nombreuses années. Les instituts français apportent une collaboration essentielle dans cette entreprise, en particulier pour le développement et l'application à grande échelle de la cryopréservation, méthode de stockage de matériel biologique à une température ultra basse, habituellement celle de l'azote liquide (-196°C), à laquelle la division cellulaire et les processus métaboliques sont arrêtés. C'est la seule méthode dont on dispose à l'heure actuelle pour assurer, dans de bonnes conditions de sécurité et de coût-efficacité, la conservation du germoplasme d'espèces à graines non orthodoxes. Toutefois, la cryoconservation qui associe dessiccation et congélation peut tuer la semence ou l'embryon à moins que des protocoles spécifiques ne soient mis au point et suivis.

La conservation des ressources génétiques animales (Farm Animal Genetic Resources, FAnGR) représente un autre défi important car le coût de la conservation est très élevé. En outre, en comparaison, peu d'informations sont disponibles sur la diversité présente dans les pays en développement et sur les risques posés par l'érosion génétique. Les stratégies de conservation et d'utilisation des FAnGR, basée sur l'utilisation optimale de méthodes de conservation complémentaires qui sont disponibles pour chaque espèce font cruellement défaut compte tenu de la pression croissante de l'érosion génétique dans de nombreuses régions du monde.

En dehors des problèmes liés à la conservation et à l'utilisation des ressources phylogénétiques (Plant Genetic Resources, PGR) et des FAnGR, une approche plus intégrée pour la gestion durable de la biodiversité agricole mérite de retenir

l'attention. De fait, la Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB) a unanimement reconnu qu'il était important de générer de nouvelles connaissances et d'avoir une idée plus précise de la gestion et de l'utilisation de la biodiversité agricole. Le volume des travaux dans ce domaine a augmenté, mais il reste beaucoup à faire. Il faut approfondir la recherche tant dans des domaines spécifiques ou sur des éléments individuels de la biodiversité agricole — cultures végétales, forêts, pollinisateurs, élevage, pêche, agroforesterie, biodiversité des sols, etc.— que sur l'intégration des connaissances concernant ces différents éléments ainsi que sur des domaines pluridisciplinaires tels que les fonctions de la diversité, la détermination et la réalisation de la totalité de sa valeur et sa gestion dans le cadre de l'intensification.



Cryopréservation d'une collection de café importante pour le monde au Costa Rica

Les efforts déployés antérieurement pour cryopréserver des graines de café ont échoué, mais à partir de la fin des années 90, l'IRD a effectué des études sur la sensibilité des graines de café à la dessiccation, à la congélation et au dégel, appliquées de différentes façons et à des degrés différents, et mis au point des protocoles permettant de procéder dans des conditions satisfaisantes à la cryopréservation des graines de café. L'IPGRI a collaboré de différentes manières avec l'IRD à ces travaux de recherche et à leur application. Un scientifique de l'IPGRI (F. Engelmann) a supervisé la thèse de doctorat de Stéphane Dussert, assistant de recherche à l'IRD, qui a étudié la tolérance des graines de café à la dessiccation et aux températures ultra basses. L'IPGRI a aussi collaboré avec l'IRD pour transférer ces protocoles dans une banque génétique d'un pays en développement — le Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica — et les tester dans le cadre de la mise au point de stratégies de conservation complémentaires pour ces espèces commerciales de valeur.

Le CATIE possède l'une des plus importantes collections de terrain de café au monde: 1 852 accessions représentées par 9 760 arbres, dont la plupart ont plus de 30 ans d'âge. Le centre est aussi doté d'un laboratoire biotechnologique entièrement équipé, et ses scientifiques et agents techniques sont hautement qualifiés. Il a en outre un long passé de collaboration fructueuse avec l'IPGRI, l'IRD et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) dans divers domaines, dont la cryopréservation du germoplasme des plantes tropicales. Le protocole de cryopréservation de l'IRD a été transféré au CATIE et adapté aux conditions locales grâce à trois missions de travail de l'IRD au Costa Rica. Il a ensuite été appliqué à une collection de base de 67 accessions de café. Les chercheurs ont constaté que la viabilité ultérieure des graines variait selon les accessions, avec une proportion maximum de 74 % de graines viables. La cryopréservation des embryons de café a donné près de 100 % de viabilité, sans variabilité entre les accessions.

Les échantillons de graines de ces 67 accessions sont maintenant stockés dans de l'azote liquide, à l'intérieur d'un petit tambour d'acier d'un volume de moins de 0,5 m³, qui est la première cryobanque opérationnelle de germoplasme de café du monde. À notre connaissance, c'est le premier exemple d'application de la cryopréservation dans une banque génétique située dans un pays en développement. Les caféiers vieillissants de la collection de terrain se meurent, ce qui accroît le taux d'érosion génétique de la collection, qui atteint 51% dans certaines séries d'accessions. Dans le même temps, un grand nombre des populations sources d'où provenaient ces collections à l'origine ont disparu. L'application des protocoles de cryopréservation élaborés par l'IRD et adaptés au CATIE est une contribution très importante à la sauvegarde de ce précieux germoplasme, qui permettra aux planteurs de continuer à cultiver le café et aux consommateurs de continuer à l'apprécier malgré le changement de climat et la propagation des ennemis des cultures et des maladies.

L'annexe I donne la liste d'un certain nombre d'études publiées dans le cadre de cette collaboration.

Application des enseignements tirés au sujet du café à d'autres ressources phylogénétiques

Les travaux de recherche de l'IRD sur la cryopréservation des espèces et des variétés de café montrent que, pour que les graines de café puissent survivre, il faut éviter la formation de glace intracellulaire et qu'il existe une corrélation négative entre la teneur aqueuse non congelable et la teneur lipidique de la graine. Les chercheurs ont constaté en outre que la variabilité interspécifique de cette réaction était très faible: il paraissait probable qu'une dessiccation des graines jusqu'à un taux d'humidité relative de 75–85 % représentait le niveau optimal d'hydratation pour la cryopréservation des graines oléagineuses non orthodoxes.

Pour vérifier si ces observations étaient applicables à d'autres espèces, un projet a été réalisé en collaboration entre

l'IRD, l'IPGRI et l'Universiti Putra Malaysia (UPM) à Serdang, en Malaisie. L'UPM, qui travaille depuis de longues années en étroite collaboration avec l'IPGRI sur la récalcitrance et la cryopréservation des semences tropicales, est l'un des centres de recherche les plus avancés dans ce domaine. Ce projet a été conçu pour évaluer si les graines dites « intermédiaires » des espèces du genre *Citrus* (*C. aurantifolia*, *C. grandis*, *C. madurensis* et *C. reticulata*) avaient le même type de réponse à la cryopréservation que les graines de café. La plus grande partie des travaux de recherche a été effectuée en Malaisie, mais le projet prévoyait aussi des visites de travail de trois agents de l'UPM à l'IRD de Montpellier et deux visites d'agents de l'IRD à l'UPM.

Les résultats ont montré que, pour ces graines de *Citrus* aussi, quelle que soit leur tolérance à la dessiccation des semences, l'humidité relative optimale après dessiccation pour assurer la tolérance des graines à la cryopréservation dans l'azote liquide se situait entre 75 et 80 %. Ce taux d'hydratation optimal coïncidait toujours au taux auquel l'eau congelable ne pouvait être décelée dans les tissus de la graine pendant le processus de refroidissement/réchauffement. La teneur aqueuse non congelable des graines variait selon les espèces et elle était négativement corrélée avec la teneur lipidique. Lorsque les données de l'étude sur le *Citrus* ont été combinées avec celles obtenues précédemment pour les

Ni Nord ni Sud: des questions qui relient le Nord et le Sud

D'après « *Sciences et pays en développement, Afrique sub-saharienne francophone* »,
Académie des Sciences, Paris, mars 2006, p. 118-125

Les ressources génétiques pour l'agriculture et l'alimentation sont probablement le meilleur exemple de questions qui relient le Nord et le Sud. Leur connaissance repose sur des collections et des moyens d'investigation, terrains et plate formes génomiques lourdes, réparties entre le Nord et Sud. Leur exploitation est cruciale pour les travaux de sélection et d'adaptation des espèces domestiques, comme de lutte contre les ravageurs de plus en plus envahissants et peu soucieux des barrières biogéographiques. Leur protection au niveau mondial relève de réflexions et de modalités opératoires sur les droits de propriété intellectuelle, et de structures juridiques qui doivent associer centres internationaux et établissements publics de recherche des pays industrialisés afin de traiter ces questions au niveau mondial. Elles représentent un bien commun de l'humanité.

L'agronomie située entre les sciences du vivant et sciences de l'homme fait le lien entre des approches localisées et des processus génériques. Elle a besoin des deux pour progresser: trop localisée elle s'engloutit dans le contextuel, trop générique elle en perd toute facilité de re-contextualisation, indispensable à l'application. Ce n'est pas un découpage entre amont et terrain, mais des boucles qui nécessitent que des travaux soient conduits avec certains types de moyens (plate forme lourde ou observations de terrains) à certains moments de recherches et avec d'autres approches à d'autres moments, pour des questions qui concernent aussi bien le Nord que le Sud.

Enfin, un nombre de plus en plus grand de questions ne seront comprises qu'en les abordant à la fois au Nord et au Sud, pas seulement par souci de comparaison, mais tout simplement de compréhension de processus qui se jouent à l'échelle du globe ou de partie de globe: échanges économiques, politiques publiques, réseaux écologiques continentaux, mais également circulation de pathogènes, de semences, d'espèces cultivées dont les origines sont à l'autre bout du monde et c'est là qu'on peut encore trouver des gènes de résistances à certaines maladies. Au niveau fondamental, on peut même probablement dire que la spéciation n'est pas un processus strictement localisé.

Des instruments porteurs d'enjeux politiques et sociétaux pour les pays industriels comme la protection des appellations d'origine (AOP) ou des indications géographiques (IGP) ou les procédures d'autorisation de la diffusion d'OGM s'entrechoquent de plein fouet avec les problématiques portées par les pays en développement sur la scène internationale.

- *AOP et IGP peuvent se transformer en de redoutables barrières non tarifaires à l'encontre des produits des pays en développement, même si le concept vise à s'internationaliser et à être reconnu dans les accords mondiaux, il privilégiera assurément ceux des pays qui pourront garantir les procédures de certifications et de contrôle et en exclura les autres.*
- *le droit d'accès aux OGM est dans la plupart des cas revendiqué comme un droit d'accès à toute technologie innovante et qui peut procurer des avantages concurrentiels; les précautions instaurées en Europe pour contrôler leur diffusion sont vite perçues comme des mesures discriminatoires visant in fine à réserver leur usage aux seuls pays industriels quand ceux-ci se jugeront prêts à les assumer.*

On se trouve ici plongé dans des problématiques mondialisées de bio-politique avec l'émergence de nouveaux pouvoirs économiques et politiques sur le vivant et sur la reproduction de la santé des hommes, comme des autres êtres vivants, qui génère des controverses nouvelles prenant à rebours autant les droits des agriculteurs du Sud à produire à l'aide des 'meilleures' technologies que les positions des environnementalistes occidentaux qui revendiquent de longue date la nécessaire diminution des intrants et les économies d'énergie et s'inquiètent justement des conséquences sur la faune et la flore d'un usage excessif des pesticides!

sept espèces de café et les données communiquées par d'autres auteurs pour cinq autres espèces, les chercheurs ont constaté qu'il existait une relation linéaire inverse importante entre le contenu lipidique et le contenu aqueux non congelable des graines.

Cette étude a confirmé que les graines oléagineuses intermédiaires ne supportent pas la présence d'eau congelable dans leurs tissus pendant le processus de refroidissement/réchauffement. Ces observations peuvent trouver une application utile dans la cryopréservation. Premièrement, le test de la viabilité des graines d'espèces oléagineuses après équilibrage à 75–80 % de l'humidité relative à 25°C et l'exposition à l'azote liquide donne une indication rapide et fiable de la possibilité cryopréserver les graines entières des espèces. Deuxièmement, il est désormais possible de calculer, en fonction du contenu lipidique de la graine, les niveaux de contenu aqueux auquel les graines oléagineuses non orthodoxes d'une espèce donnée pourront probablement soutenir l'exposition à l'azote liquide.



Autres domaines de collaboration sur la conservation des plantes

L'IRD et l'IPGRI continuent de travailler en collaboration sur la recherche et l'application de la cryopréservation. Ils ont organisé ensemble un atelier à l'IRD, à Montpellier en octobre 2005 sur la « Cryopréservation comme support de la conservation des ressources phylogénétiques européennes » dans le cadre du projet CRYMCEPT, projet sur la cryopréservation financé par l'Union Européenne et auquel les deux instituts participent aux côtés de plusieurs autres instituts européens.

D'autres travaux menés en collaboration sont aussi centrés sur le café, mais pas sur la cryopréservation: l'IPGRI a collaboré avec des scientifiques de l'IRD et du CIRAD pour créer le Réseau international sur la génomique du café (ICGN) et il abrite actuellement le secrétariat de ce réseau dans les locaux du Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain (International network for the improvement of banana and plantain ou INIBAP) à Montpellier. L'objectif de l'initiative est de déchiffrer les bases génétiques et moléculaires de caractères biologiques importants des espèces de café. Ces connaissances sont fondamentales pour permettre une utilisation efficiente des ressources génétiques du café pour le développement de cultivars de meilleure qualité et d'un coût économique et environnemental réduit. L'ICGN représente la concrétisation d'un engagement international de collaborer au développement d'un ensemble commun d'outils génomiques, de concepts et de populations de plantes. Parmi les objectifs spécifiques du Réseau, citons: définir une stratégie mondiale et coordonnée pour la génomique du café, renforcer la collaboration entre les instituts de recherche à travers le monde, éviter les doubles emplois, produire de la valeur ajoutée avec la mise en place de partenariats complémentaires et promouvoir des opportunités de financement de travaux de recherche communs.

Options et stratégies pour la conservation des ressources génétiques des animaux de ferme

Beaucoup d'arguments militent en faveur d'une collaboration internationale étroite dans le domaine des ressources génétiques des animaux de ferme (FAnGR). Il faudrait en effet gérer et conserver les ressources génétiques pour faire face à des besoins futurs imprévisibles ou des objectifs de productivité modifiés. En Europe, on pourrait diversifier davantage les structures de production et la demande de races plus adaptées à des systèmes de production plus extensifs pourrait fort bien augmenter. Les races ayant une tolérance ou une résistance aux maladies, une parturition facile, une bonne aptitude à mater ou des facilités d'adaptation alimentaires particulières peuvent devenir demandées si l'opinion publique souhaite réduire la dépendance aux médicaments et aux interventions vétérinaires.

Dans le cadre de la Stratégie mondiale pour la gestion des ressources génétiques des animaux de ferme de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), une plateforme européenne (ERFP/AnGr) a été créée avec le soutien de la FAO et de l'Association européenne de production animale (EAAP) afin d'échanger des expériences et des informations sur la gestion des FAnGR. La plateforme, qui est coordonnée depuis 2000 par le Bureau des ressources génétiques (BRG) compte 37 pays membres. Elle a organisé avec succès un Atelier international sur la cryopréservation en Europe ainsi que plusieurs programmes de recherche et de formation.

Le Programme mondial de ressources génétiques (System-wide Genetic Resources Program, SGRP) à l'échelle du CGIAR a organisé, en association avec la FAO, AGROPOLIS, le BRG et l'Office allemand de la coopération technique (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ), un Atelier international sur les options et stratégies pour la conservation des ressources génétiques des animaux de ferme, qui s'est tenu dans les locaux d'AGROPOLIS, à Montpellier, du 7 au 10 novembre 2005.

L'Atelier a rassemblé 63 scientifiques, gestionnaires de programmes de conservation et autres experts en FAnGR provenant de 22 pays et des Centres internationaux de recherche agricole du CGIAR, de la FAO, de la communauté scientifique française (INRA et CIRAD) et allemande (GTZ).

L'objectif de l'Atelier était d'identifier les priorités d'action et de contribuer à l'élaboration d'un cadre de référence mondial pour la conservation des FAnGR. Il visait aussi à aider les Centres internationaux de recherche du CGIAR et le Programme SGRP à redéfinir leur rôle et leur contribution à la conservation des FAnGR. Les résultats de l'Atelier devraient aider la FAO à élaborer le premier Rapport sur la situation des ressources génétiques animales du monde et l'état d'avancement de la Stratégie mondiale de gestion des ressources génétiques des animaux de ferme.

L'Atelier a présenté une évaluation de l'état actuel de la conservation des FAnGR. Il a permis d'identifier les domaines où les données d'information et les connaissances font défaut et a proposé 13 priorités d'action, en particulier des priorités générales, des priorités d'action pour la conservation et des priorités d'action pour la recherche et l'information.

Les participants à l'Atelier ont reconnu qu'il existe une différence importante entre les ressources génétiques des animaux de ferme et les ressources phytogénétiques. Les méthodes utilisées pour les ressources phytogénétiques ne peuvent être appliquées directement pour les FAnGR et des structures organisationnelles différentes sont requises. Toutefois, le savoir-faire de l'ensemble des acteurs, tels que l'IPGRI et l'Institut international de recherche sur l'élevage (ILRI) est fondamental. En Europe, il existe des informations sur les races et leur utilisation, mais on sait relativement peu de choses sur les mouvements internationaux récents de matériel génétique du bétail, notamment entre les pays en développement et les pays développés. Actuellement, aucune organisation n'est directement chargée de la gestion de ces données d'information.

L'IPGRI et l'ILRI peuvent jouer un rôle important en facilitant les échanges d'expériences entre les pays européens et les pays en développement. La France a une longue pratique de la gestion des associations d'éleveurs et de l'identification des animaux, qui constituent les premières étapes pour une bonne caractérisation des FAnGR et l'accès à ces ressources. Le processus intergouvernemental de la FAO sur les FAnGR fournit un cadre de référence pour aider les pays à définir leur politique, mais ce n'est pas un cadre suffisant pour l'action concernant les FAnGR. Maintenant, il est indispensable de procéder, avec le soutien de l'IPGRI et de l'ILRI, à un large échange de vues sur les aspects juridiques et stratégiques associés aux FAnGR pour répondre aux besoins futurs et planifier l'avenir, tant dans les pays développés que dans les pays en développement.

Une plateforme mondiale pour la recherche sur la biodiversité agricole

La diminution de la biodiversité agricole peut réduire de façon substantielle l'aptitude des paysans à réagir et s'adapter aux changements environnementaux et à améliorer leur production. Elle augmente leur sensibilité à de tels changements et les expose au risque d'une plus grande pauvreté. Il est donc évident qu'il faut des méthodes améliorées pour aider les paysans à conserver et utiliser au mieux la biodiversité agricole afin de pourvoir à leurs divers besoins, mais l'état de nos connaissances est actuellement trop limité pour nous permettre de relever efficacement ce défi. La cinquième Conférence des parties à la Convention sur la biodiversité biologique a mis en lumière notre manque de connaissances sur l'importance, les causes et les conséquences de la perte de biodiversité agricole. Elle a aussi souligné les lacunes de nos connaissances quant aux avantages d'un niveau élevé de biodiversité agricole et aux pratiques de gestion qui permettrait d'aider la biodiversité agricole à renforcer la durabilité de l'agriculture. Pour combler ces lacunes, il faut une action concertée. Ce point a été reconnu lors de plusieurs réunions internationales importantes et notamment lors de l'Atelier technique international sur la diversité biologique dans l'agriculture organisé par l'IPGRI en 2003 à Nairobi. Les participants à cet atelier ont encouragé l'IPGRI à réunir un large éventail de partenaires travaillant dans les diverses disciplines liées aux différents éléments de la diversité biologique pour traiter ce problème, qui revêt une importance particulière dans les zones marginales où sévit la plus grande pauvreté.

La septième Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique, qui s'est tenue en Malaisie au mois de février 2004, a proposé que l'IPGRI crée une « Unité de facilitation de la recherche sur l'agrobiodiversité » afin de fournir une plateforme pour une recherche plus intégrée et participative sur la biodiversité agricole et son application. Le CIRAD a détaché à l'IPGRI un de ses scientifiques les plus éminents en tant que premier coordinateur de l'initiative. Une réunion des différents acteurs concernés, organisée par l'IPGRI entre le 29 et le 31 mai 2006 en vue de lancer la Plateforme, a demandé à l'IPGRI de poursuivre la collaboration avec un large éventail de partenaires afin de renforcer l'initiative et de fournir un soutien au secrétariat assuré par l'IPGRI.

La plateforme nouvellement créée fournit d'excellentes occasions de collaboration entre l'IPGRI, d'autres Centres internationaux de recherche agricole du CGIAR et les institutions françaises de recherche dans ce domaine de travail important.

Conclusions

La conservation et l'utilisation de la biodiversité agricole continuent de poser de nouveaux problèmes et d'offrir de nouvelles opportunités. La ratification récente du Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, ainsi que les efforts déployés pour instituer un système mondial efficace de conservation des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, qui dépasse le cadre des Centres internationaux de recherche agricole du CGIAR et de leur banques de gènes pour englober d'autres institutions et d'autres nations du monde, crée de nouveaux besoins plus importants entre les partenaires. L'expérience des scientifiques français et les atouts qu'offrent les institutions françaises peuvent, dans le cadre d'une action concertée avec les Centres internationaux de recherche agricole du CGIAR, contribuer à jeter les bases d'une forme plus durable d'intensification agricole, fondée, non sur la simplification, mais sur l'intégration de la biodiversité dans les systèmes agricoles, afin d'obtenir une production plus importante et de meilleure qualité pour des populations toujours plus nombreuses en dépit du changement climatique, de la dégradation des sols et de l'incertitude qui pèse sur l'offre des combustibles fossiles.

¹ Emile Frison est directeur général de l'Institut international des ressources phylogénétiques (IPGRI) depuis août 2003. Diplômé en pathologie des plantes il a consacré une part importante de sa carrière à la recherche agricole internationale pour le développement.

² Ehsan Dulloo, est coordonnateur des programmes concernant la conservation et la gestion de la biodiversité et de la biodiversité agricole de l'IPGRI depuis juin 2002. Diplômé en écologie, il est spécialiste en biologie de la conservation.

³ Florent Engelmann est cryobiologiste à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et chercheur honoraire à l'IPGRI. Il a acquis une grande expérience dans la conservation des ressources phylogénétiques particulièrement dans la conservation *in vitro* et la cryoconservation.

⁴ Dominique Planchenault, est directeur du Bureau des ressources génétiques (BRG). Très impliqué dans le Plan de stratégie mondiale de gestion des ressources génétiques animales de la FAO depuis 2000 il est en charge du point focal européen pour la gestion des ressources génétiques animales.

⁵ Laura Snook est directrice du programme sur la connaissance et la gestion de la biodiversité de l'IPGRI depuis juin 2005. Elle a reçu une formation en foresterie et biologie et a travaillé plusieurs années sur la gestion durable des forêts tropicales.

Annexe I: Productions scientifiques issues de la collaboration IPGRI/IRD sur la cryopréservation

Documents de recherche

Vasquez N., Salazar K., Anthony F., Chabrilange N., Engelmann F. and Dussert S. (2005) Variability in response of seeds to liquid nitrogen exposure in wild coffee (*Coffea arabica* L.). *Seed Sci. Technol.* 33:293–301.

Dussert S., Chabrilange N., Vasquez N., Engelmann F., Anthony F., Guyot F. and Hamon S. (2000) Beneficial effect of post-thawing osmoconditioning on the recovery of cryopreserved coffee (*Coffea arabica* L.) seeds. *CryoLetters* 21: 47–52.

Hor H.Y., Kim Y.J., Ugap A., Chabrilange N., Sinniah U.R., Engelmann F. and Dussert S. (2005) Optimal hydration status for cryopreservation of intermediate oily seeds: *Citrus* as a case study. *Annals Bot.* 95:1153–1161.

Chapitres de livres

Dussert S., Vasquez N., Salazar K., Anthony F. and Engelmann F. Cryopreservation of coffee genetic resources. In: Complementary strategies for *ex situ* conservation and use of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources (F. Engelmann, E. Dulloo, C. Astorga, S. Dussert and F. Anthony, eds). IPGRI Handbooks for Genebanks, submitted.

Dussert S., Chabrilange N., Engelmann F., Anthony F., Vasquez N. and Hamon S. (2002) Cryopreservation of *Coffea* (coffee). In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry* Vol. 50. Cryopreservation of Plant Germplasm II. (L.E. Towill and Y.P.S. Bajaj, eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany. pp. 220–233.

Aguilar M.E., Vasquez N., Engelmann F. and Côte F. (2000) Cryopreservation at CATIE: an additional tool for the conservation of tropical agricultural crops and forest species. In: *Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm—Current Research Progress and Applications* (F. Engelmann and H. Takagi, eds). JIRCAS, Tsukuba, Japan/IPGRI, Rome, Italy. pp. 449–452.

Actes de conférences

Dussert S., Chabrilange N., Engelmann F., Anthony F. and Hamon S. (2000). Cryopreservation of coffee (*Coffea arabica* L.)

seeds: towards a simplified protocol for routine use in coffee genebanks. In: Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm—Current Research Progress and Applications (F. Engelmann and H. Takagi, eds). JIRCAS, Tsukuba, Japan/IPGRI, Rome, Italy. pp. 161–166.

Dussert S., Chabrilange N., Vasquez N., Anthony F., Engelmann F. and Hamon S. (1999) Cryopreservation of seeds for long-term conservation of coffee germplasm and elite varieties: successful application at CATIE. In: Proceedings of the 18th International Conference on Coffee Science (ASIC'99), Helsinki, 2–6 August 1999. pp. 308–313.

Posters

Engelmann F., Vasquez N., Dussert S., Anthony F., Salazar K., Chabrilange N., Astorga C. and Etienne H. (2002) Improved conservation of *Coffea arabica* germplasm in CATIE (Costa Rica) using biotechnologies. Simposio Subregional REDBIO/CATIE: Biodiversidad, Biotecnología y Bioseguridad: Un Enfoque hacia Mesoamerica y El Caribe, CATIE, Costa Rica, 3–5 July 2002.

Vasquez N., Dussert S., Salazar K., Anthony F. and Engelmann F. (2001) Método alternativo para el almacenamiento y conservación de *Coffea arabica* a largo plazo. IV Congreso Latinoamericano de REDBIO, Goiania-Brasil, 4–8 June 2002.

Vásquez N., Salazar K., Dussert S., Anthony F. and Engelmann F. (2001) Método alternativo para el almacenamiento y conservación de *Coffea arabica* a largo plazo. XLVII Reunión Anual del PCCMCA, 2–6 April 2001, San José, Costa Rica.

Dussert S., Anthony F., Chabrilange N., Vasquez N. and Engelmann F. (2000) Use of biotechnologies to improve the conservation of *Coffea arabica* germplasm in CATIE (Costa Rica). In: Abst. International Conference on Science and Technology for Managing Plant Genetic Diversity in the 21st Century, Kuala Lumpur, Malaysia, 12–16 June 2000. p. 23.

Dussert S., Chabrilange N., Rocquelin G., Engelmann F., Anthony F., Vasquez N., Louarn J., Charrier A. and Hamon S. (2000) Cryoconservation des semences non-orthodoxes: recherche de l'état hydrique optimal en relation avec la composition en lipides des semences. In: Proc. Ressources génétiques: Connaissances et gestion, 3^e colloque national, 9–11 Octobre 2000, Toulouse, France.

Dussert S., Chabrilange N., Vasquez N., Anthony F., Engelmann F. and Hamon S. (1999) Cryopreservation of *C. arabica* seeds. In: III Seminario Internacional sobre Biotecnología ne Agroindustria Cafeeria, Londrina, Brazil, 24–28 May 1999.

Publications conjuntas IPGRI/IRD

In 1996, two IRD coffee specialists produced jointly with IPGRI the Descriptors for Coffee (*Coffea* spp. and *Psilanthus* spp.).

Engelmann F., Dulloo E., Astorga C., Dussert S. and Anthony F. (eds). (in press) Complementary strategies for *ex situ* conservation and use of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources. IPGRI Handbooks for Genebanks, submitted.

Contributions to overcoming challenges to the conservation of plant and animal genetic resources

Emile Frison,¹ Ehsan Dulloo,² Florent Engelmann,³ Dominique Planchenault⁴ and Laura Snook⁵

New challenges and opportunities in the conservation and use of agricultural biodiversity, both animal and plant, continue to arise. The expertise of French scientists and the strengths of French institutions, in joint efforts with the Centers supported by the CGIAR, can contribute in important ways to ensuring that the world's agricultural biodiversity can provide the foundation for a more sustainable kind of agricultural intensification, based not on simplification but on integrating biodiversity into agricultural systems. The successful cryopreservation of coffee seeds in Costa Rica, conserving an invaluable collection of this crop, represents an important advance in collaborative efforts to conserve and use agricultural biodiversity to meet unpredictable future needs and changing productivity targets.

Many of the world's most valuable plant resources cannot be conserved in standard gene bank collections because their seeds cannot be stored in the dry, cool conditions that keep grains or beans viable for years. Many tree crops endemic to the Old World tropics of Africa and Madagascar, including coffee (*Coffea arabica*), have so-called "non-orthodox" or "recalcitrant" seeds that germinate immediately or die. It is crucial that the diversity of these crops be conserved and tapped to provide farmers across the tropics with varieties adapted to a range of elevations and conditions, resistant to a panoply of pests and diseases, and suitable for a spectrum of markets. In the past, the only way to conserve the diversity of these trees was to grow live collections from seed obtained from different sources. Although the genetic resources conserved in live collections can be readily accessed and observed, thus permitting detailed evaluation, this approach to conservation has certain drawbacks. Live collections are exposed to pests, diseases and other natural hazards, such as drought, weather damage, human error and vandalism. Field gene banks are costly to maintain and, as a consequence, prone to economic decisions that may limit the replication of accessions, quality of maintenance and even the very survival of accessions in times of economic stringency. Even under the best circumstances, field gene banks require considerable inputs in the form of land, labor, management and materials. In addition, they are limited to one or a few sets of climatic and soil conditions, which may not be ideal for all the varieties represented.

Seeking more effective ways of conserving species with non-orthodox seeds has been a priority area of research for the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) for many years. French institutions have been key collaborators in this effort, notably in the development and large-scale application of cryopreservation, the storage of biological material at ultra-low temperature, usually that of liquid nitrogen (–196°C), at which cellular division and metabolic processes cease. This is the only method currently available to ensure the safe and cost-effective conservation of germplasm of species with non-orthodox seeds. However, the associated desiccation and freezing can kill the seed or embryo unless specific protocols are developed and followed.

Conserving farm animal genetic resources (FAnGR) is another major challenge, as its costs are very high. Furthermore, comparatively little information is available about the diversity present in developing countries or the threats to that diversity posed by genetic erosion. Strategies for conserving and using FAnGR, based on the optimal use of the complementary conservation methodologies that are available for each species, are badly needed, considering the rapidly increasing pressure of genetic erosion in many parts of the world.

Besides the problems of conserving and using plant genetic resources (PGR) and FAnGR, a more integrated approach to sustainably managing agricultural biodiversity deserves attention. The importance of generating new knowledge and understanding of the management and use of agricultural biodiversity has indeed been widely recognized by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. While work in this area has increased, a lot remains to be done. Research is needed on specific areas and individual components of agricultural biodiversity — crops, forests, pollinators, livestock, fish, agroforestry, soil biodiversity, etc. — and on integrating knowledge on these different components, as well as on key crosscutting areas such as diversity function, determining and realizing diversity's full value, and managing it under intensification.

Cryopreservation of a globally important coffee collection

Previous efforts to cryopreserve coffee seeds had failed, but starting in the late 1990s, the Institut de recherche pour le développement (IRD) in Montpellier, France, carried out studies on the sensitivity of coffee seeds to desiccation, freezing and thawing, applied in different ways and to different degrees, and developed protocols for the successful cryopreservation of coffee seeds. IPGRI collaborated with IRD in various ways on this research and its application. IPGRI scientist F. Engelmann supervised the PhD thesis of Stéphane Dussert, a research assistant at IRD, who studied coffee seeds' tolerance to desiccation and ultra-low temperatures. IPGRI also worked with IRD to transfer and test these protocols in a gene bank in a developing country — Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) in Costa Rica — as part of the development of complementary conservation strategies for this valuable commercial species.



CATIE holds one of the world's largest field collections of coffee: 1,852 accessions represented by 9,760 trees, most of them over 30 years old. The Center also has a fully equipped biotechnology laboratory with all the facilities required for cryopreservation, as well as highly skilled scientific and technical staff. Moreover, CATIE has a history of successful collaboration with IPGRI, IRD and the Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) in various areas, including cryopreservation of tropical plant germplasm. The IRD cryopreservation protocol was transferred to CATIE and adapted to local conditions through three working missions of IRD staff to Costa Rica. It was then applied to a core collection of 67 coffee accessions. Subsequent seed viability was found to vary among accessions, with up to 74% of seeds viable. The cryopreservation of coffee embryos yielded close to 100% viability, with no variability among accessions.

Seed samples of these 67 accessions are now stored in liquid nitrogen, in a small steel drum of less than half a cubic meter that is the world's first operational cryobank of coffee germplasm. To our knowledge, this represents the first example of the application of cryopreservation in a gene bank located in a developing country. The aging coffee trees in CATIE's field collection trees are dying, increasing the collection's rate of genetic erosion, which has reached 51% among some sets of accessions. Meanwhile, many of the source populations from which these collections were originally collected have disappeared. Applying the coffee cryopreservation protocols developed by IRD and adapted at CATIE represents a very important contribution to maintaining this valuable germplasm to ensure that farmers and consumers can continue to grow and enjoy coffee despite climate change and the spread of pests and diseases.

Annex I lists some of the scientific literature produced through this collaboration.

Applying lessons learned with coffee to other plant genetic resources

IRD's research on the cryopreservation of coffee species and varieties revealed that seed survival depended on avoiding the intracellular formation of ice, and that the unfreezable water content was negatively correlated with seed lipid content. Furthermore, it was found that interspecific variability in this response was very low; desiccating seeds to 75-85% relative humidity seemed to be the optimal hydration level for cryopreservation of non-orthodox oily seeds.

To learn whether these insights were applicable to other species, a collaborative project was established by IRD, IPGRI and Universiti Putra Malaysia (UPM) in Serdang, Malaysia. UPM has been working for many years in close collaboration with IPGRI on the recalcitrance and cryopreservation of tropical seeds and is one of the leading research centers in this area. This project was developed to evaluate whether the so-called intermediate seeds of species of the *Citrus* genus (*C. aurantifolia*, *C. grandis*, *C. madurensis* and *C. reticulata*) showed the same patterns of response to cryopreservation as the orthodox seeds of coffee. Most of the research was performed in Malaysia, but the project also included working visits of three UPM staff to IRD in Montpellier and two visits of IRD staff to UPM.

Results revealed that, for these *Citrus* seeds, too, irrespective of their tolerance of seed desiccation, the optimal desiccation relative humidity for seed tolerance to cryopreservation in liquid nitrogen was 75-80%. This optimal hydration status always coincided with that at which freezable water could not be detected in seed tissues during the cooling or warming process. The unfreezable water content of seeds varied among species and was negatively correlated with seed lipid content. When the data from the *Citrus* study was combined with that obtained previously on seven coffee species and that reported by other authors on five other species, a significant inverse linear relationship was found between the lipid content and the unfreezable water content of seeds.

This study provided additional evidence that intermediate oily seeds cannot withstand the presence of freezable water in their tissues during the cooling or warming process. These insights can be usefully applied to cryopreservation. First, testing the viability of seeds of an oily seed species after being brought to moisture equilibration of 75-80% relative humidity at 25°C and exposed to liquid nitrogen gives a rapid and reliable indication of the possibility of cryopreserving whole seeds of the species. Second, it is now possible to calculate, as a function of seed lipid content, the water content range in which non-orthodox oily seeds of a given species are likely to withstand exposure to liquid nitrogen.

Additional collaboration on plant conservation

IRD and IPGRI continue collaborative research on cryopreservation and its application. They co-organized a workshop hosted by IRD in Montpellier in October 2005 on “Cryopreservation in support of the conservation of European plant genetic resources” in the framework of the EU-funded project “Establishing cryopreservation methods for conserving European plant germplasm collections” (CRYMCEPT), in which both institutes are involved along with several other European institutes.

Other collaborative undertakings also focus on coffee but not on cryopreservation. IPGRI collaborated with scientists in

Neither North nor South: Issues that bind North and South together

From Academy of Sciences. 2006. Sciences et pays en développement, Afrique sub-saharienne francophone.

Paris. pp 118-125.

Genetic resources for food and agriculture are probably the best examples of issues that connect the North and South. Knowledge of such resources is based on collections and means of investigation, and extensive genomic platforms and areas, split between the North and South. The use of these resources is crucial for breeding and adapting domestic species and efforts to control increasingly invasive pests that easily circumvent geographic barriers. Worldwide protection of genetic resources requires consideration and procedures regarding intellectual property rights, relying on legal entities that must bring together international centers and public research institutions in the industrialized countries to address these issues worldwide. These resources represent the common heritage of humanity.

Situated between the life sciences and the social sciences, agricultural science forms the link between localized approaches and generic processes. Both are needed for progress to occur. If too localized, agricultural science is engulfed by specific context; if too generic, it loses all ability to fit a particular context, which is indispensable for practical applications. This is not a division between upstream research and the field, but rather a pattern of loops requiring that activities be carried out with certain types of resources (extensive platforms or field observations) at certain points of the research, and with other approaches at other points, addressing issues that concern both North and South.

Finally, a growing number of issues will not be resolved unless they are addressed simultaneously in the North and South, not just for purposes of comparison, but simply to develop an understanding of the processes unfolding worldwide or in particular parts of the world: trade, public policies and continental ecological networks, not to mention the movement of pathogens, seeds and cultivated species (originally from halfway around the world, which is where genes providing resistance to certain diseases may still be found). Fundamentally, it is probably fair to say that speciation is not a strictly localized process.

Instruments of political and societal significance to industrialized countries, such as assured product traceability or geographic designations, and procedures for authorizing the distribution of genetically modified organisms (GMOs), clash with the issues raised by developing countries on the international scene:

- *Assured product traceability and geographic designations can be transformed into formidable nontariff barriers against the products of developing countries. Even if the concept is to internationalize protection and achieve recognition through worldwide agreements, the benefits will clearly accrue to those countries in a position to guarantee certification and control procedures, to the exclusion of all others.*
- *The right of access to GMOs is claimed, in most cases, as a right of access to all innovative technology that can convey competitive advantages. The precautions adopted in Europe to control the distribution of GMOs were quickly perceived to be discriminatory measures ultimately aimed at limiting their use to industrialized countries alone, when they deem themselves ready to use them.*

These concerns raise global challenges combining biology and politics as new economic powers and policies emerge concerning human life and reproductive health, as well as the health of other living beings. This leads to new controversies that undercut both the rights of farmers in the South to produce their crops with the best technologies and the positions of Western environmentalists who have long called for a necessary reduction in inputs and greater energy savings, and who rightly worry about the effects on wildlife of excessive pesticide use.

IRD and CIRAD to establish the International Coffee Genomics Network (ICGN) and currently hosts the secretariat of this network at IPGRI's International Network for the Improvement of Banana and Plantain office in Montpellier. The goal of the initiative is to decipher the genetic and molecular bases of important biological traits in coffee species. This knowledge is fundamental to allowing the efficient use of coffee genetic resources for developing cultivars with higher quality and reduced economic and environmental costs. ICGN represents an international commitment to work jointly to develop common sets of genomic tools, concepts and plant populations. Specific objectives include (i) formulating a global and coordinated strategy for coffee genomics, (ii) enhancing collaboration among research institutions worldwide, (iii) avoiding duplication of effort, (iv) adding value through complementary partnerships, and (v) promoting opportunities to fund common research.



Options and strategies for conserving farm animal genetic resources

Many arguments exist for strong international collaboration in the field of FAnGR. Indeed, genetic resources should be managed and conserved to meet unpredictable future needs and changing productivity targets. In Europe, patterns of production may become more diversified, and breeds better adapted to more extensive systems of production may be demanded. Breeds with disease resistance, easy parturition (birthing), high mothering ability or particular dietary adaptations may become favored if public opinion calls for reduced dependency on drug and veterinary interventions.

In the framework of the Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a European platform (ERFP/AnGR) to exchange experiences and information in the management of FAnGR was created with the support of FAO and the European Association of Animal Production. ERFP/AnGr has been coordinated since 2000 by the Bureau des ressources génétiques (BRG) of France and has 37 member countries. It has organized a successful international workshop on cryopreservation in Europe, as well as several research and training opportunities.

The System-wide Genetic Resources Program (SGRP) of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), in association with FAO, Agropolis in France, BRG, and the Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) of Germany, convened the International Workshop on Options and Strategies for the Conservation of Farm Animal Genetic Resources, hosted by Agropolis in Montpellier from 7 to 10 November 2005. The workshop brought together 63 scientists, conservation program managers and other FAnGR experts from 22 countries representing the Centers supported by the CGIAR, FAO, the French scientific community (including the Institut national de la recherche agronomique [INRA] and CIRAD) and GTZ.

The aim of the workshop was to identify priorities for action and to contribute to developing a global framework for FAnGR conservation. It also aimed to help the CGIAR Centers and SGRP refine their roles and contributions to conserving FAnGR. The outputs of the workshop are expected to contribute to FAO's preparation of its *First Report on the State of the World's Animal Genetic Resources* and the advancement of the Global Strategy for the Management of Farm Animal Genetic Resources.

The workshop provided an assessment of the status of FAnGR conservation, identified areas where information and knowledge are lacking, and proposed 13 priorities for action, including general priorities, priority actions for conservation, and priority actions for research and information.

The workshop recognized the important difference between farm animal and plant genetic resources. The methods used for PGR cannot be applied directly for FAnGR, and different organizational structures are required. However, the know-how of all the actors, such as IPGRI and the International Livestock Research Institute (ILRI), are fundamental. In Europe, some information exists on breeds and their use, but relatively little information exists with respect to recent global flows of livestock germplasm, including recent movements of livestock germplasm from developing to developed countries. No organization currently is directly involved in managing this information.

IPGRI and ILRI can play an important role in facilitating the exchange of experiences among European countries and developing countries. France has long experience in the management of breeders' associations and animal identification, which are the first steps for access to FAnGr and good characterization. The FAO intergovernmental process on FAnGR provides a framework for assisting countries in policy development but is insufficient as a framework for action regarding

FAnGR. Now, with the support of IPGRI and ILRI, a broad exchange of views on the legal and strategic aspects of FAnGR is necessary to meet the future needs and plan the way forward in both developed and developing countries.

A global platform for agricultural biodiversity research

Reduced agricultural biodiversity (ABD) can significantly diminish farmers' ability to respond and adapt to environmental changes and improve their production. This increases their vulnerability to change and exposes them to the risk of deeper poverty. Improved ways of helping farmers maintain and make the best use of ABD to meet their diverse needs are therefore clearly required, but our current knowledge is too limited to enable us to effectively address this challenge. The Fifth Conference of the Parties (COPV) to the Convention on Biological Diversity (CBD) highlighted our lack of understanding of the magnitude, causes and consequence of lost ABD. It also stressed the gaps in our knowledge regarding the benefits of high ABD and the management practices that can help ABD to improve agricultural sustainability. Filling these gaps requires concerted efforts. This has been recognized at several major international meetings, including the International Technical Workshop on Sustaining Agricultural Biodiversity organized by IPGRI in 2003 in Nairobi. Participants at this workshop encouraged IPGRI to bring together a broad range of partners working in different disciplines related to different components of ABD to address this problem, which is particularly important in marginal areas where the greatest poverty occurs.

COPVII of the CBD, held in Malaysia in February 2004, proposed that IPGRI establish a facilitation unit for research on agrobiodiversity to provide a platform for more integrated and collaborative research on agricultural biodiversity and its application. CIRAD seconded to IPGRI one of its top scientists as the first coordinator of the initiative. A stakeholder meeting aiming to launch the platform was held at IPGRI on 29-31 May 2006 and requested IPGRI to continue the collaboration with a wide range of partners to strengthen the initiative and secure support for the secretariat provided by IPGRI.

The newly formed platform provides excellent opportunities for collaboration among IPGRI, other CGIAR Centers and French research institutions in this important area of work.

Conclusions

New challenges and opportunities in the conservation and use of agricultural biodiversity continue to arise. The recent ratification of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture, along with efforts to develop an efficient, global system for conserving these genetic resources that extends beyond the CGIAR Centers and their gene banks to those of other institutions and nations across the globe, is creating new and greater needs among partners. The expertise of French scientists and the strengths of French institutions, in joint efforts with the CGIAR Centers, can contribute in important ways to ensuring that the world's agricultural biodiversity can provide the foundation for a more sustainable kind of agricultural intensification, based not on simplification but on integrating biodiversity into agricultural systems so that higher production of better-quality goods can be obtained for growing populations despite climate change, land degradation and an uncertain supply of fossil fuels.

¹ *Emile Frison, PhD, has been Director General of the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) since August 2003. He is a plant pathologist by training and has spent most of his career in international agricultural research for development.*

² *Ehsan Dulloo, Senior Scientist and Project Coordinator, Conservation and Management of Agricultural Biodiversity, Understanding and Managing Biodiversity Programme at the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) since June 2002. He is a plant ecologist specializing in conservation biology.*

³ *Florent Engelmann, of the Institut de recherche pour le développement (IRD), and Honorary Research Fellow at IPGRI. He is a cryobiologist and has extensive experience in conservation of plant genetic resources with a speciality in in vitro conservation and cryopreservation.*

⁴ *Dominique Planchenault, Director, Bureau des ressources génétiques, France, is directly involved in the FAO Global Strategy for the Management of Animal Genetic Resources and, since 2000, in charge of European Regional Focal Point for the Management of Animal Genetic Resources.*

⁵ *Laura Snook has been Director since June 2005 of IPGRI's Programme on Understanding and Managing Biodiversity. She is a forester and conservation biologist who has worked for many years on the sustainable management of tropical forests.*

Annex I: Publications from IPGRI/IRD collaboration on cryopreservation

Research papers

Vasquez N, Salazar K, Anthony F, Chabrilange N, Engelmann F, Dussert S. 2005. Variability in response of seeds to liquid nitrogen exposure in wild coffee (*Coffea arabica* L.). *Seed Sci. Technol.* 33:293-301.

Dussert S, Chabrilange N, Vasquez N, Engelmann F, Anthony F, Guyot F, Hamon S. 2000. Beneficial effect of post-thawing osmoconditioning on the recovery of cryopreserved coffee (*Coffea arabica* L.) seeds. *CryoLetters* 21: 47-52.

Hor HY, Kim YJ, Ugap A, Chabrilange N, Sinniah UR, Engelmann F, Dussert S. 2005. Optimal hydration status for cryopreservation of intermediate oily seeds: *Citrus* as a case study. *Annals Bot.* 95:1153-1161.

Book chapters

Dussert S, Vasquez N, Salazar K, Anthony F, Engelmann F. Cryopreservation of coffee genetic resources. In: Complementary strategies for ex situ conservation and use of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources (Engelmann F, Dulloo E, Astorga C, Dussert S, Anthony F, eds.). IPGRI Handbooks for Genebanks, submitted.

Dussert S, Chabrilange N, Engelmann F, Anthony F, Vasquez N, Hamon S. 2002. Cryopreservation of *Coffea* (coffee). In: Biotechnology in agriculture and forestry Vol. 50. Cryopreservation of plant germplasm II. (Towill LE, Bajaj YPS, eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany. pp 220-233.

Aguilar ME, Vasquez N, Engelmann F, Côte F. 2000. Cryopreservation at CATIE: An additional tool for the conservation of tropical agricultural crops and forest species. In: Cryopreservation of tropical plant germplasm — current research progress and applications (Engelmann F, Takagi H, eds.). JIRCAS, Tsukuba, Japan/IPGRI, Rome, Italy. pp 449-452.

Conference proceedings

Dussert S, Chabrilange N, Engelmann F, Anthony F, Hamon S. 2000. Cryopreservation of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds: Towards a simplified protocol for routine use in coffee genebanks. In: Cryopreservation of tropical plant germplasm — current research progress and applications (Engelmann F, Takagi H, eds.). JIRCAS, Tsukuba, Japan/IPGRI, Rome, Italy. pp 161-166.

Dussert S, Chabrilange N, Vasquez N, Anthony F, Engelmann F, Hamon S. 1999. Cryopreservation of seeds for long-term conservation of coffee germplasm and elite varieties: Successful application at CATIE. In: Proceedings of the 18th International Conference on Coffee Science (ASIC'99), Helsinki, 2-6 August 1999. pp 308-313.

Posters

Engelmann F, Vasquez N, Dussert S, Anthony F, Salazar K, Chabrilange N, Astorga C, Etienne H. 2002. Improved conservation of *Coffea arabica* germplasm in CATIE (Costa Rica) using biotechnologies. Simposio Subregional REDBIO/CATIE: Biodiversidad, Biotecnología y Bioseguridad: Un Enfoque hacia Mesoamerica y El Caribe, CATIE, Costa Rica, 3-5 July 2002.

Vasquez N, Dussert S, Salazar K, Anthony F, Engelmann F. 2001. Método alternativo para el almacenamiento y conservación de *Coffea arabica* a largo plazo. IV Congreso Latinoamericano de REDBIO, Goiania-Brasil, 4-8 June 2002.

Vásquez N, Salazar K, Dussert S, Anthony F, Engelmann F. 2001. Método alternativo para el almacenamiento y conservación de *Coffea arabica* a largo plazo. XLVII Reunión Anual del PCCMCA, 2-6 April 2001, San José, Costa Rica.

Dussert S, Anthony F, Chabrilange N, Vasquez N, Engelmann F. 2000. Use of biotechnologies to improve the conservation of *Coffea arabica* germplasm in CATIE (Costa Rica). In: Abst. International Conference on Science and Technology for Managing Plant Genetic Diversity in the 21st Century, Kuala Lumpur, Malaysia, 12-16 June 2000. p 23.

Dussert S, Chabrilange N, Rocquelin G, Engelmann F, Anthony F, Vasquez N, Louarn J, Charrier A, Hamon S. 2000. Cryoconservation des semences non-orthodoxes: Recherche de l'état hydrique optimal en relation avec la composition en lipides des semences. In: Proc. Ressources génétiques: Connaissances et gestion, 3ème colloque national, 9-11 October 2000, Toulouse, France.

Dussert S, Chabrilange N, Vasquez N, Anthony F, Engelmann F, Hamon S. 1999. Cryopreservation of *C. arabica* seeds. In: III Seminario Internacional sobre Biotecnología ne Agroindustria Cafeeria, Londrina, Brazil, 24-28 May 1999.

Joint IPGRI-IRD publications

Anthony F, Dussert S. 1996. Descriptors for coffee (*Coffea* spp. and *Psilanthus* spp.). IPGRI, Rome, Italy. 36 p.

Engelmann F, Dulloo E, Astorga C, Dussert S, Anthony F (eds). Complementary strategies for ex situ conservation and use of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources. IPGRI Handbooks for Genebanks. Submitted.



LA FRANCE ET LE CGIAR:

DES RESULTATS SCIENTIFIQUES POUR LA RECHERCHE AGRICOLE INTERNATIONALE

La présente publication a été coordonnée par Daniel Rocchi et placée sous l'autorité scientifique d'un Comité de rédaction composé paritairement d'experts du CGIAR et français: Denis Despréaux,¹ Emile Frison,² Bernard Hubert³ et Manuel Lantin⁴.

Les articles signés sont de la responsabilité de leurs auteurs et les textes non signés sont de la responsabilité du Comité de rédaction.

Daniel Rocchi est officier de liaison au Secrétariat du CGIAR à Washington depuis 2005, mis à disposition par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Titulaire d'un doctorat en sociologie rurale, il a occupé différentes responsabilités en matière d'aménagement et de développement de l'espace rural, notamment aux Antilles, avant de rejoindre, en 1999, la Direction générale de l'enseignement et de la recherche de ce ministère où il s'est spécialisé dans l'administration de la recherche.

¹ Denis Despréaux est sous directeur de la performance de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation au ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il est aussi secrétaire exécutif de la Commission de la recherche agricole internationale (CRAI). Titulaire d'un doctorat en phytopathologie, il a consacré sa carrière scientifique aux cultures pérennes tropicales.

² Emile Frison est directeur général de l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI) depuis août 2003. Titulaire d'un doctorat en pathologie des plantes, il a consacré une part importante de sa carrière à la recherche agricole internationale pour le développement.

³ Bernard Hubert, titulaire d'un doctorat en écologie, a étudié l'écologie des rongeurs en Afrique de l'ouest avant de rejoindre l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) où il a dirigé le département de recherche «Systèmes agraires et développement ». Aujourd'hui, il est directeur scientifique de la division Société, Économie, Décision et responsable de la problématique de développement durable à l'INRA, où il est directeur de recherche. Il est aussi directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS) de Paris.

⁴ Manuel Lantin, conseiller scientifique au Secrétariat du CGIAR, est titulaire d'un doctorat de phytogénétique. Avant de rejoindre le Secrétariat du CGIAR, il a été responsable de la recherche et de la formation au ministère de l'Agriculture des Philippines, président du département d'agronomie et directeur adjoint de l'Institut d'amélioration des plantes de l'Université des Philippines à Los Bagnos.