



Institut de Recherche pour
le Développement
BP 2528, Bamako, MALI



Centre de coopération internationale en recherche
agronomique pour le développement
BP 1813 - Bamako - Mali

Programme Ecosystèmes Tropicaux Appel à propositions de recherche 2005

A – Récapitulatif de la proposition

Forêts de failles et forêts galeries au sud du Mali : deux voies pour la pérennité des refuges guinéens en zone soudanienne

Résumé du projet

Au Mali, l'évolution climatique depuis le dernier maximum glaciaire a façonné la répartition des organismes en délimitant notamment des zones refuges à flore et faune d'affinités guinéennes, incluses dans des secteurs bioclimatiques soudaniens. Elles forment de petites poches de végétation (failles) ou se répartissent le long des fleuves et rivières (galeries) qui proviennent des pays du Golfe de Guinée. Ces failles et galeries constituent des îlots forestiers de haute valeur pour la conservation de la biodiversité au Mali, et plus largement en Afrique soudanienne. Cependant, ces milieux sont inclus dans un paysage que l'homme façonne et duquel il extrait des ressources nécessaires à son développement. L'objectif de ce projet est de définir quelles sont les caractéristiques biotiques et abiotiques indispensables au fonctionnement durable de cet écosystème. L'hypothèse de départ est que la durabilité de ces milieux est dépendante du maintien des transferts 1) dans et entre ces îlots forestiers et 2) entre ces milieux et la grande forêt guinéenne, mais également des modes de gestion par les populations humaines avoisinantes. Pour tester cette hypothèse, les inventaires botaniques (arbres et plantes de sous-bois) et faunistiques (petits mammifères) de certains de ces fragments, préalablement sélectionnés par l'analyse d'images satellites, permettront d'étudier leur diversité biologique en fonction d'un certain nombre de paramètres (surface, isolement, degré d'anthropisation des milieux environnants...), via un système d'information géographique. L'étude moléculaire (séquençage et analyse phylogéographique) de quelques taxons choisis (arbres, rongeurs, chauve-souris) renseignera sur le degré d'isolement des populations concernées mais également sur les relations passées et présentes de ces fragments forestiers entre eux et avec la forêt guinéenne continue. Les interactions "frugivores - fruits" seront abordées par l'étude écologique de quelques petits mammifères frugivores en vue d'estimer leur rôle dans la dissémination et la régénération forestière. Les modes d'utilisation des ressources de ces îlots et l'impact des pratiques anthropiques seront identifiés par des enquêtes auprès des populations locales. Au terme de cette étude, des recommandations seront émises, à la fois vers les populations locales et les responsables politiques, en vue de l'optimisation de la gestion durable des ressources naturelles de ces milieux refuges.





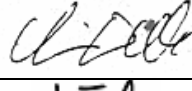
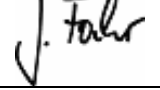




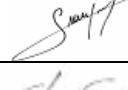
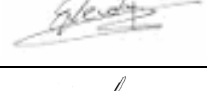

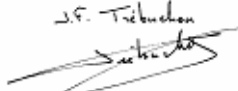
Mots clés : Anthropisation - Chauve-souris – Dispersion - Fragmentation - Forêt guinéenne – Frugivorie – Gestion - Phylogéographie - Refuges - Rongeurs

Responsables scientifiques : Philippe Birnbaum (CIRAD) / Laurent Granjon (IRD)

Composition de l'équipe

Birnbaum, Philippe, Dr., Botanique et écologie forestière, CIRAD - UPR36, BP 1813, Bamako, Mali. Tel/Fax: (+223) 639.89.09 / 221.87.17. Mèl: birnbaum@cirad.fr

Blanc, Patrick, Dr., Botanique et écologie plantes du sous-bois, CNRS / MNHN UMR 5671, Université Paris VI, 4 avenue du Petit Château, F-91800, Brunoy, France. Tel/Fax (+33) 1.44.27.65.25 / 1. 44.27.65.26. Mèl : Patrick.blanc@snv.jussieu.fr

Böttcher Ute , Dr., Environnement et valorisation. GTZ / Ministère environnement, Plan National d'action pour l'environnement, BP100, Bamako, Mali. Tel/Fax: (+223) 222.20.53/ 222.20.53. Mèl : ute.boettcher@gtz.de	
Chevallier, Marie-Hélène , Dr., Génétique forestière, CIRAD, UMR 5175 CNRS-CIRAD, CEFE, Montpellier, France. Tel/Fax: (+33) 4.67.61.32.12 / 4.67.41.21.38. Mèl: marie-helene.chevallier@cefe.cnrs.fr	
Cosson, Jean-François , Dr., Génétique, INRA, UMR 1062 (CBGP), Campus International de Baillarguet, CS 30016, 34988 Montferrier/Lez cedex, France. Tel/Fax: (+33) 4.99.62.33.01 / 4.99.62.33.45. Mèl : cosson@ensam.inra.fr	
Duplantier, Jean-Marc , Dr., Ecologie Rongeurs, IRD, UMR022 (CBGP), BP 1386, Dakar CP 18524, Sénégal. Tel/Fax : (+221) 849.36.66 / 832.16.75. Mèl: Jean-Marc.Duplantier@ird.sn	
Duvall, Chris , Ms, Department of Geography, University of Wisconsin, Madison, WI 53706, USA. Tel: (+001)608.236.4542. Fax: (+001) 608.265.3991. Mèl: csduvall@students.wisc.edu	
Fahr, Jakob , Ecologie, Dept of Experimental Ecology (BIO III), University of Ulm, Albert Einstein Allee 11, 89069 Ulm, Allemagne. Tel/Fax: (+49) 731.502.26.64 / 731.502.26.83. Mèl: jakob.fahr@biologie.uni-ulm.de	
Florence, Jacques , Dr., Systématique et Taxinomie végétale. Antenne IRD MNHN, Herbar national, 16 rue Buffon, 75005 Paris, France. Tel/Fax: (+33) 1.40.79.33.73 / 1.40.79.33. 42. Mèl: jflo@mnhn.fr	
Forget, Pierre-Michel , Dr., MNHN, UMR 5176. CNRS / MNHN, 4 avenue du Petit Château, 91800 Brunoy, France. Tel/Fax: (+33) 1.60.47.92.46 / 1.60.46.81.18. Mèl : pmf@mnhn.fr	
Gazull, Laurent , MS, Télédétection et SIG CIRAD, UPR36, Campus International de Baillarguet, TA 10/D, 34398 Montpellier Cedex 5, France. Tel/Fax: (+33) 4.67.59.37.25 / 4.67.59.37.33. Mèl : Laurent.gazull@cirad.fr	
Gautier, Denis , Dr., Foresterie sociale et géographie. CIRAD, UPR36, BP 1813 Bamako, Mali. Tel/Fax (+223) 644.58.56 / 221.87.17. Mèl: Denis.gautier@cirad.fr	
Granjon Laurent , Dr., Systématique et écologie, MNHN / IRD, UMR022 « CBGP », BP2528, Bamako, Mali. Tel/Fax: (+223) 221.05.01 / 221.64.44. Mèl : Laurent.Granjon@ird.fr	
Lecompte Emilie , Dr, Systématique moléculaire, AG ter Meulen, Institut für Virologie, Robert-Koch Str.17, D-35037 Marburg, Allemagne. Tel/Fax: (+49) 6421.28.65.174 / 6421.28.68.962. Mèl : lecompte@staff.uni-marburg.de	
Niagate Bourama , Ingénieur des Eaux et Forêts, Gestion Communautaire de la Faune et de son Habitat. Direction Nationale de la Conservation de la Nature. BP 275 Bamako, Mali. Tel/Fax: (+223) 223.36.95 / 223.36.96. Mèl : niagate@yahoo.fr	
Trébuchon, Jean-François , MS, Télédétection et SIG CIRAD, UPR36 – Campus International de Baillarguet TA 10/D, 34398 Montpellier Cedex 5, France. Tel/Fax: (+33) 4.67.59.37.81 / 4.67.59.37.33. Mèl : jean-francois.trebuchon@cirad.fr	

Montant du budget prévisionnel total (TTC)

Demande au MEDD : 80 000 euros TTC

Autres sources de financement :

- IRD-Bamako: Véhicules, logistique, équipements informatiques
- CIRAD-Bamako: Véhicules, logistique, équipements informatiques
- CIRAD-Montpellier: Equipements traitement images satellitaires et laboratoire analyses génétiques
- IRD/INRA (CBGP)-Montpellier: Equipements laboratoire pour analyses génétiques

Plan de financement (TTC, hors frais de gestion)

	Année 2007	Année 2008	Année 2009	Total
Equipement	5 000 €			5 000 €
Télédétection et inventaires terrain	25 000 €	15 000 €	4 000 €	44 000 €
Analyses des échantillons	5 000 €	10 000 €	3 000 €	18 000 €
Publication / Valorisation		5 000 €	8 000 €	13 000 €
Total	35 000 €	30 000 €	15 000 €	80 000€

Participation du MEDD = 80 000 euros TTC

B – Descriptif de la proposition

Justification de la proposition de recherche

Contexte scientifique et hypothèses générales

Ce projet s'inscrit dans le cadre général de l'inventaire de la biodiversité, de la compréhension des mécanismes écologiques et génétiques sous-jacents à sa dynamique, et, à partir de là, de l'effort vers une réduction de la perte de biodiversité tel que proposé lors du sommet de Johannesburg en 2002 (Balmford *et al.* 2005). En effet, alors que de nombreuses études se sont jusqu'à présent focalisées sur la description et la compréhension des mécanismes à l'origine de la perte de diversité (voir Turner 1996 ou Beier *et al.* 2002 pour des exemples en milieu forestier tropical), il convient désormais de se pencher également sur les communautés en place pour tenter de comprendre les déterminants de leur origine et de leur maintien dans ce contexte global d'appauvrissement de la diversité biologique, afin d'en tirer des enseignements en vue de leur conservation future.

Nous proposons d'aborder ces aspects dans le cadre géographique des îlots forestiers à affinités guinéennes présents dans les secteurs soudaniens du sud Mali. Ces inclusions forestières se présentent sous la forme i) de forêts galeries (modèle linéaire) le long de cours d'eau venant du sud et se prolongeant dans les savanes soudaniennes, ii) de failles isolées (modèle insulaire) localisées dans les zones de falaises et offrant des conditions écologiques très particulières permettant le maintien d'une végétation relictuelle, avec notamment une humidité forte et constante du fait de ruissellements permanents au sein même de la roche (Jaeger & Jarovoy, 1952). Dans ce contexte nous testerons l'hypothèse que:

La durabilité de cet écosystème fragmenté est conditionnée 1) par le maintien de la structure et de la dynamique de chaque îlot (diversité biologique et interactions écologiques) et 2) par le maintien des relations entre les îlots et avec la forêt guinéenne actuelle (flux d'individus et de gènes)

en répondant aux questions suivantes :

- Quelle est l'extension de ces zones forestières d'affinités guinéennes dans le sud du Mali, région appartenant globalement à la zone bio-climatique soudanienne ?
- Quelles sont les caractéristiques actuelles (richesse, diversité, composition...) des communautés d'arbres et de petits Mammifères (terrestres et volants) de ces îlots forestiers ?
- Quelle est l'histoire des communautés animales et végétales de ces îlots forestiers, et celle de leur relations avec la zone forestière guinéenne des pays du golfe de Guinée au cours du Quaternaire ?
- Quel est le rôle de l'homme (transfert de graines, aménagement, feux de brousse, cueillette, besoins en bois, chasse...) dans le maintien, l'expansion, la dégradation ou la fragmentation de ces communautés végétales et animales ?
- A partir des résultats obtenus, quelles recommandations peuvent être faites en vue d'une gestion durable de ces refuges?

De façon plus spécifique, ce projet participe donc au besoin d'accroître nos connaissances sur les écosystèmes forestiers tropicaux, en l'occurrence en Afrique (cf Mayaux *et al.* 2005). Il se base sur des prospections botaniques et mammalogiques préliminaires ayant montré l'existence dans quelques unes de ces forêts-galeries et failles du sud Mali d'un cortège d'espèces typiques de la zone forestière humide du sud des pays du golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Ghana et Guinée en particulier). Du fait du caractère discontinu d'une partie des aires d'études envisagées (les failles), il s'appuiera sur les principes de la biogéographie insulaire, tant pour l'interprétation des résultats d'inventaires que pour ceux de la génétique. Il

fera également appel à la notion de connectivité entre les zones concernées, en relation d'une part avec leurs caractéristiques géographiques (isolement, continuité ou non des habitats...) et d'autre part avec les capacités de dispersion des modèles d'étude choisis (arbres et petits mammifères). L'histoire de ces fragments et de leurs peuplements animaux et végétaux à l'échelle des derniers millions d'années sera reconstituée par une approche phylogéographique : Il est démontré dans de nombreuses régions du globe que les fluctuations climatiques du Quaternaire ont profondément affecté la diversité génétique des populations (Hewitt 2000). Or, en regard à ce qui est connu ailleurs nous disposons de très peu d'information en Afrique de l'Ouest (cf. Cosson *et al.* 2005). En plus des aspects descriptifs concernant la structure et l'organisation des communautés (incluant les aspects génétiques), les mécanismes de fonctionnement de ces systèmes seront également abordés par l'intermédiaire de l'étude de quelques associations préalablement identifiées entre petits mammifères frugivores et arbres. Les processus de dissémination et régénération forestières pourront ainsi être évalués au cas par cas.

Enfin, un accent particulier sera mis dans ce projet sur l'importance et la responsabilité des sociétés humaines dans le maintien de ces écosystèmes fragmentés. En effet, ces milieux forestiers étant toujours liés à un écoulement d'eau, ils constituent en premier lieu un écosystème fondamental pour la survie et le développement des populations humaines indigènes. Par ailleurs, l'homme étant un acteur à part entière du fonctionnement écologique et biogéographique de ces communautés (Turner *et al.* 1990), nous étudierons de quelle manière il participe à la structuration spatiale et temporelle de ces zones refuges, ainsi qu'à leur dynamique. Un des objectifs principaux du projet est en effet, sur la base des connaissances scientifiques acquises, d'accompagner la mise en place de principes de gestion locale concertés qui soient susceptibles d'améliorer la durabilité de ces milieux forestiers à forte richesse biologique, tout en étant le plus aisément possible appropriés par les sociétés locales.

Etat détaillé des connaissances

Au Mali, l'évolution des conditions climatiques depuis le dernier maximal glaciaire a façonné la répartition des plantes en délimitant notamment des zones refuges. Ces zones, constituées d'une flore d'affinité guinéenne, sont incluses dans des secteurs bioclimatiques soudaniens, voire sahéliens. Elles forment de petites poches de végétation, généralement inférieures à un hectare, localisées dans les failles perpendiculaires au grand axe des falaises gréseuses qui traversent le pays depuis le Sud-Ouest jusqu'au Nord-Est (des Monts Mandingues jusqu'aux falaises de Bandiagara et le Mont Hombori) ou se répartissent le long des fleuves et rivières qui proviennent des pays du Golfe de Guinée (Guinée et Côte d'Ivoire).

Ces galeries et failles sont des fragments forestiers reliques de haute valeur pour la conservation de la diversité biologique au Mali, et en Afrique soudanienne plus largement (Warshall 1989 ; Duvall 2000, 2001). Ces communautés sont souvent dominées par des espèces caractéristiques, en termes écologiques et taxonomiques, de la région humide guinéenne, ou par ailleurs rares ou endémiques (Jaeger 1956). En conséquence, ces peuplements sont très isolés les uns des autres et leur connexion ne peut se réaliser qu'au travers de transferts d'information organisés par des vecteurs externes. C'est ainsi qu'au Mali, un arbre endémique des Monts Mandingues, *Gilletiodendron glandulosum*, se trouve confiné aux seuls sommets des falaises gréseuses en raison d'une très faible capacité de dispersion des diaspores (autochorie) et cela malgré un exceptionnel potentiel de régénération (pouvoir germinatif de 100%, Jaeger & Lechner 1957). Cette capacité de transfert apparaît ainsi comme une variable essentielle dans la compréhension des mécanismes sous-jacents à la pérennité et au fonctionnement écologique de ces systèmes clos. La connaissance de ces milieux est donc un élément indispensable pour le développement des stratégies de conservation, dans le contexte des pressions climatiques, écologiques et anthropiques, et de la durabilité des ressources naturelles du Mali. En tant qu'extensions les plus septentrionales des

espèces concernées, les populations animales et végétales de ces habitats sont susceptibles de réagir de façon très sensible aux changements, en particulier climatique. A ce titre, elles sont d'excellents modèles d'étude des changements affectant les systèmes population/habitat.

Les réponses des arbres à la fragmentation sont lentes et peuvent changer qualitativement après des délais considérables (Meave *et al.* 1991; Chapman & Chapman 1995). Un pourcentage assez élevé des espèces caractéristiques des forêts humides peut survivre pendant des millénaires dans les zones desséchées, comme Meave & Kellman (1994) l'ont montré pour les réseaux forestiers le long des fleuves et des rivières des savanes d'Amérique centrale, zones écologiquement comparables à celles que nous souhaitons étudier au Mali. Cependant, la diversité de la réponse écologique des arbres diminue dans ces zones refuges à cause, notamment, d'une réduction de la variabilité environnementale et structurale (MacDougall & Kellman 1992 ; Kellman & Tackaberry 1993).

Par ailleurs, les données sur les conséquences de la fragmentation des écosystèmes forestiers sur la diversité biologique animale sont de plus en plus nombreuses, en particulier en zone néotropicale (voir synthèse dans Laurance & Bierregaard 1997, Laurance *et al.* 2002). Elles montrent la plupart du temps une réduction dans les fragments des paramètres classiques de la diversité biologique (richesse, diversité, équitabilité...), certaines catégories d'organismes étant touchées en priorité. C'est le cas des grandes espèces de Vertébrés supérieurs (Johns & Skorupa 1987 ; Happold 1995 ; Terborgh *et al.* dans Laurance & Bierregaard 1997), dont la disparition entraîne souvent des effets en cascade, ayant la plupart du temps pour conséquence une accentuation de certaines tendances (surdominance d'un petit nombre d'espèces, augmentation de fréquence des «mésoprédateurs»...). De telles études sont plus rares en Afrique, où elles n'ont été initiées que récemment (voir par exemple Beier *et al.* 2002, Cordeiro & Howe 2002, Hovestadt *et al.* 2005), mais elles y ont montré à l'occasion des résultats étonnants. Ainsi, Tutin *et al.* (1997) ont mis en évidence un maintien de la diversité et de la biomasse des grands mammifères forestiers dans les fragments naturels de forêt parsemant les savanes du centre du Gabon. Il est à noter toutefois que ce système écologique est lui-même entouré par la grande forêt tropicale, agissant sans doute comme un réservoir permanent de faune forestière pour ces fragments inclus dans la savane.

Les analyses théoriques de la composition spécifique dans ces fragments d'habitat ont montré l'intérêt des principes tirés de la biogéographie insulaire (Mac Arthur & Wilson 1967) pour comprendre les faits observés. Parmi les paramètres à prendre en compte dans ces analyses, outre les classiques « surface » et « isolement », l'histoire des fragments forestiers considérés a été mise en évidence comme une variable particulièrement importante: par rapport aux îles isolées depuis longtemps, les fragments forestiers récents sont en général caractérisés par des espèces (ou populations) relictuelles (*vs* endémiques), plutôt généralistes et stratèges *K* (*vs* invasives et stratèges *r*), leur relation aire-espèce est caractérisée par une pente (*z*) forte (*vs* faible), leur composition spécifique est un sous-échantillon des communautés environnantes d'origine, dont l'évolution est plutôt liée à des processus d'extinction (Patterson & Atmar 2000). Le test de ces hypothèses sur les communautés d'arbres tropicaux a toutefois montré l'importance du mode de dispersion sur les résultats obtenus. Ainsi, dans les fragments forestiers du Parc de la Comoé (nord Côte d'Ivoire) il apparaît que, si les espèces dispersées par le vent ont une relation aire-espèce typique des systèmes insulaires, celles dispersées par les oiseaux et dans une moindre mesure, celles dispersées par les mammifères, montrent des valeurs de *z* faibles, suggérant que, globalement, les espèces dispersées par les oiseaux se révèlent les meilleures colonisatrices (Hovestadt *et al.* 2005). Le vecteur de dispersion apparaît donc, logiquement, comme un facteur très important dans le façonnement des communautés d'arbres dans les îlots forestiers. De même, il convient de bien faire la distinction entre dispersion et installation réelle de populations pérennes dans les fragments étudiés (Hovestadt *et al.* 2005). En effet, quand le recrutement (germinations et jeunes individus) est analysé en détail, il apparaît que le déficit en espèces dispersées par les animaux peut être important dans les petits fragments par rapport aux

espèces dispersées par le vent ou par gravité : Ainsi, dans les fragments forestiers des montagnes de l'Est Usambara en Tanzanie, ce déficit est globalement d'un facteur 3 dans les fragments de moins de 9ha par rapport aux zones de forêt continue ou aux fragments de plus de 30ha, et il atteint même 40 lorsque les seules espèces d'arbres endémiques sont prises en compte (Cordeiro & Howe 2002). Dans ce cas, ces déficits ont été mis directement en relation avec l'appauvrissement des communautés de primates et oiseaux frugivores dans les fragments considérés (Cordeiro & Howe 2002, 2003).

L'importance de ces processus de (re)colonisation pour l'équilibre des communautés insulaires a été soulignée depuis longtemps (Mac Arthur & Wilson 1967) et les facteurs suivants mis en avant comme influençant la probabilité de colonisation : relations spatiales entre les éléments du paysage (incluant ceux de la matrice à travers laquelle doivent se déplacer les dispersants) ; caractéristiques dispersives des organismes ; changements temporels de la structure du paysage (Fahrig & Merriam 1994). D'autres facteurs peuvent intervenir pour façonner la composition des communautés végétales des fragments forestiers. La forme des fragments forestiers a également été montrée potentiellement déterminante dans la composition spécifique de communautés d'arbres au Ghana (Hill & Curran 2005). De même, l'inclinaison des supports d'établissement est un facteur explicatif très important de la composition floristique des petites plantes du sous-bois mais également des arbres, des arbustes et des lianes (Blanc 2004). La distinction entre les îlots forestiers et les forêts-galeries doit prendre en compte ces différences écologiques.

Enfin, et c'est particulièrement le cas en Afrique de l'Ouest, l'influence anthropique sur la végétation est considérable même si elle n'est pas nettement distinguable des effets écologiques et climatologiques. Bien qu'il soit évident que les conditions hydrologiques et topographiques des galeries et des failles sont nécessaires pour la survie des plantes guinéennes au Mali, il n'est pas clairement démontré que la composition de cette végétation soit d'origine totalement naturelle. Les Malinkés, l'ethnie dominante du sud-ouest malien, participent à la distribution et à l'abondance des espèces forestières de Guinée en transférant les graines des arbres de la forêt jusqu'aux villages inclus dans la savane (Fairhead & Leach 1996). Il est certain que la distribution et/ou l'abondance de quelques espèces d'arbres guinéens ont été altérées, au Mali, directement par les actions humaines (Boffa 1999). Cette influence d'origine anthropique s'exerce inégalement sur les composants végétaux d'un paysage. Au Mali, les Malinkés récoltent de préférence les produits végétaux des arbres qui se trouvent dans les sites accessibles. De fait, ce critère « accessibilité » diminue fortement la pression directe sur les forêts des failles par rapport aux forêts-galeries (Duvall 2001). Les effets indirects des humains sur la végétation sont également importants. Par exemple, au Mali les Malinkés pratiquent un système d'aménagement des feux de brousse qui protège les végétations forestières (Laris 2002) ; en Côte d'Ivoire des changements récents des pratiques pastorales ont augmenté l'abondance relative des forêts par rapport aux savanes dans le nord du pays (Bassett & Koli Bi 2000). Ainsi, les influences humaines sur la végétation s'établissent principalement au niveau des communautés naturelles et se traduisent plus particulièrement par la fragmentation d'un milieu au profit de l'expansion d'un autre (Lawesson 1995). Cependant, l'impact de l'action anthropique peut également être isolé et ciblé sur une espèce à haute valeur économique (Lykke 1998). Le prélèvement intensif des graines utilisées dans le cadre d'un développement durable des essences forestières (cas de la noix du Brésil en Amazonie) est une pratique, en partie, contradictoire avec la conservation de la diversité notamment si elle n'est pas accompagnée de mesures de protection et de gestion. De même, la chasse intensive dans ces fragments forestiers, souvent les seules réserves naturelles disponibles *de facto*, exerce une pression supplémentaire sur la faune et peut conduire à la disparition des animaux disséminateurs de graines (Peres *et al.* 2003). A l'inverse, certaines pratiques comme celles relatives au maintien de bois sacrés, souvent dans les environs immédiats des villages, sont de nature à préserver la diversité biologique associée aux environnements forestiers, comme cela a été montré au Ghana (Decher 1997). Dans ce

cas, la protection à long terme de ces habitats par les communautés locales doit prendre en compte les pratiques culturelles et religieuses.

A une échelle plus globale, il apparaît qu'un ensemble de fragments peut conserver une diversité biologique globale importante, en accord avec les attendus théoriques issus du débat sur la taille et le nombre des réserves naturelles à protéger (SLOSS : Single Large or Several Small ; Simberloff & Gotelli 1984). Ce concept doit aujourd'hui être considéré en dehors du réseau d'aires protégées existant, lequel n'est d'une part pas extensible à l'infini, et d'autre part subi ici et là des atteintes diverses à son intégrité. Par exemple, il a été montré que la diversité biologique dans certains groupes était au moins aussi importante, sinon plus, à l'extérieur des parcs nationaux qu'à l'intérieur de ceux-ci (Caro 2001). De même, dans les forêts riveraines du Belize, la diversité globale des arbres de très petites forêts galerie et micro-forêts (moins de 1ha) peut dépasser 85% de celle de la forêt humide du pays (Pither & Kellman 2002). Pour les espèces relativement abondantes, la diversité génétique populationnelle peut se maintenir dans ces fragments, une des conditions de ce maintien semblant devoir être la proximité d'un massif forestier de taille suffisante pour pouvoir réalimenter régulièrement la variabilité génétique dans les fragments (Pither et al. 2003). La juxtaposition de ces deux types d'écosystèmes, forêt continue d'une part et mosaïques d'habitat (incluant des fragments forestiers) d'autre part, est un élément indispensable pour favoriser le maintien de la diversité biologique. Dans ces habitats hétérogènes, les processus de diversification semblent particulièrement actifs, comme en témoignent une série d'exemples pris dans des systèmes africains, australiens et sud-américains (Moritz *et al.* 2000) ou dans les écotones forêt-savane africains (Smith *et al.* 1997).

En revanche, les risques d'extinction, d'origine démographique, génétique ou anthropique, sont augmentés dans les petits fragments forestiers, avec pour effet une érosion progressive de la diversité. Mais d'autres intérêts peuvent justifier la protection de fragments forestiers à la diversité réduite, comme par exemple dans des systèmes écologiques très anthropisés. C'est le cas dans le contexte des systèmes agro-forestiers philippins où les différents types de fragments forestiers, bien que ne renfermant que moins du tiers des espèces arborées présentes dans les aires protégées adjacentes, remplissent un grand nombre de fonctions écologiques et économiques bénéfiques à la fois pour l'environnement et pour les populations locales (Snelder 2001).

Articulation avec les programmes régionaux, nationaux et internationaux

****Nationaux :**

- Le Mali établit sa stratégie nationale de protection de l'environnement (PNSE) et de la biodiversité selon les protocoles ratifiés des accords de Rio. Dans ce cadre, l'objectif du Ministère de l'environnement est d'acquiescer les bases scientifiques qui permettent de définir les zones où la biodiversité est la plus forte en valeur ajoutée.

- Le projet FSP "Experts plantes Sud" démarrera mi-2006 pour 4 ans (3 millions € pour 17 pays). Le Ministère de l'environnement du Mali, en collaboration avec la Direction de la conservation de la nature et le Cirad-forêt (P. Birnbaum) ont proposé la création d'un herbarium au Mali, rare pays d'Afrique à ne pas posséder un tel outil de recherche.

****Régionaux :**

- Projet "Diversité et Ecologie des Vertébrés de l'Afrique de l'Ouest", Institut de Biologie des Vertébrés (Académie des Sciences Tchèque), site d'étude : Parc National du Niokolo Koba (Sénégal). Volet petit rongeurs en collaboration avec le CBGP (J.F. Cosson et J.M. Duplantier)

- Projet GBIF « Sahelo-sudanian rodent database » (J.M. Duplantier, L. Granjon, 2004-2005): les informations de cette base de données aideront à cibler certaines espèces pour la présente étude, laquelle permettra d'alimenter la base de données en informations originales.

- Programme Pluriformation du MNHN « Phylogéographie des massifs sahariens » (J.F. Cosson, L. Granjon, 2005-2006) : compréhension de l'histoire et origine de la biodiversité des milieux arides au nord de la région ciblée dans le présent projet. L'interaction entre ces deux projets permettra d'avoir une vue générale sur l'histoire du Quaternaire en Afrique de l'Ouest.

- Desert Margin Program (projet GEF "Global Environment Facilities", ICRISAT, pays concernés: Burkina Faso, Botswana, Kenya, Mali, Namibia, Niger, Senegal, South Africa, Zimbabwe). Le CIRAD (P. Birnbaum, D. Gautier) y est impliqué en tant qu'ARI (Advanced Research Institute) avec la double mission d'appuyer les recherches des partenaires locaux et de conduire des recherches d'ampleur régionale. La phase 2 du DMP impliquera notamment le CIRAD-Mali dans la mise en place de politiques environnementales et l'élaboration de formations portant sur la gestion de la biodiversité.

****Internationaux :**

- Projet "The effects of agricultural vegetation change on chimpanzee habitat in southwestern Mali" de l'Université du Wisconsin visant à localiser et caractériser les zones forestières favorables aux Chimpanzés, à partir d'images satellites et d'une validation de terrain (botanique). Les résultats pour la région du Bafing (Mali) sont en cours de rédaction (thèse C. Duvall) et ont déjà débouché sur une extension de la Réserve de Faune du Bafing.

- BIOTA AFRICA (BIOdiversity Monitoring Transsect Analysis in Africa): projet de recherches scientifiques coopératives, interdisciplinaires et intégratives avec des contributions du Bénin, Burkina-Faso, Côte d'Ivoire, Kenya, Namibie et Afrique du Sud, initié en 1999 et actuellement financé par le Ministère Fédéral Allemand de l'Education et le Recherche (BMBF), pour contribuer à une utilisation durable et à la préservation de la biodiversité du continent africain (J. Fahr).

- Projet ECOFOR (P.M. Forget *et al.*): "Diversité, évolution et écologie des interactions plantes-rongeurs en forêt tropicale: importance pour la conservation des produits forestiers et le développement durable en Amérique et en Afrique". L'intégration de notre projet avec cette demande déposée parallèlement auprès du MEDD s'établit au travers du changement d'échelle, intercontinentale dans un cas, régionale dans l'autre.

Intérêt scientifique et intérêt pour la gestion

Du point de vue scientifique, ce projet combine des approches descriptives (cartographie, inventaires d'espèces, patrons de différenciation génétique, acquisition de données auto- et synécologiques, description d'interactions entre sociétés humaines et systèmes écologiques...) et des approches analytiques (inférences biologiques à partir d'un SIG habitat-centré, reconstitution de scénarios historiques à partir de données moléculaires, approche du fonctionnement de quelques systèmes plantes / animaux et écosystèmes naturels / communautés anthropiques...). Replacée dans un ensemble de cadres conceptuels bien définis (voir exposé) cette double approche doit permettre d'une part d'accumuler des connaissances actualisées sur les zones refuges forestières ciblées, mais également d'envisager des prédictions et des généralisations à partir des résultats obtenus. A partir de là, ce projet a par ailleurs des attendus forts en terme de gestion : D'une part les données biologiques permettront de préciser le statut des espèces concernées à l'échelle du Mali, et ainsi participer à l'orientation des politiques de conservation nationales ; d'autre part les résultats obtenus localement pourront être diffusés directement vers les populations locales afin d'être utilisés en vue d'une utilisation durable des ressources que ces habitats renferment.

Exposé de la proposition

Matériel et méthodes (incl. hypothèses spécifiques et résultats attendus)

1. Cartographie par satellite haute résolution en utilisant l'indice de végétation (NDVI "Normalized Difference Vegetation Index" ou PVI "Perpendicular Vegetation Index" par exemple) sur des images enregistrées à deux saisons différentes (si disponibles) pour mettre en évidence la distinction entre les secteurs guinéens à feuillage sempervirent et les secteurs soudaniens à feuillage caduc. Les images du satellite ASTER semblent adaptées à cette analyse et peuvent permettre de distinguer les différents types de végétation si elles sont combinées avec des validations de terrain. D'autre part, une étude diachronique (écart de 10 à 40 ans) sur la base d'images satellites ou photographies aériennes anciennes (ex: images CORONA des années 1960), permettra de quantifier l'évolution de ces milieux, notamment par le biais de l'évolution des superficies couvertes.

→ Centrée sur la zone d'étude choisie, cette analyse doit permettre une identification exhaustive des aires forestières à affinités guinéennes, leur classement dans une des deux catégories identifiées (galeries ou failles) et la quantification des paramètres géographiques potentiellement significatifs dans les analyses ultérieures (surface, isolement, type d'habitat environnant, en particulier en terme d'utilisation par l'homme...). L'analyse diachronique permettra également de replacer les résultats dans une perspective historique.

2. Analyse des parcours, des voies de dispersion et de transferts, des barrières écologiques et géographiques à partir d'un SIG. Mise au point de l'échantillonnage (étude de faisabilité des voies de transfert). Classification des sites selon l'abondance relative des espèces d'arbres zoochores (en fonction du groupe zoologique potentiellement disperseur - singes, oiseaux, rongeurs, chauve-souris...), hydrochores, anémochores et autochores).

→ Cette analyse permettra la construction d'un modèle théorique pour la caractérisation des voies possibles du transfert d'information entre les différents sites mais également des obstacles (ex: barrières écologiques) qui inhibent ou ralentissent les échanges. Par ailleurs, la classification des sites vis-à-vis des mécanismes de dissémination permettra d'évaluer globalement le potentiel de dispersion de chacun des sites. A l'issue de cette analyse géographique nous pourrions affecter à chacun des sites à la fois un indice physique d'isolement géographique et un indice biologique de potentiel de migration qui, conjugués, permettront de sélectionner les sites retenus pour la suite de l'étude.

3. Etude des pressions d'origine anthropique affectant ces écosystèmes (intervenant comme facteurs explicatifs de la diversité biologique observée) et estimation de la durabilité de ces derniers vis-à-vis de ces pressions. Il conviendra d'identifier et de qualifier les usages actuels et historiques de ces écosystèmes et du paysage dans lequel ils sont insérés, ainsi que de relier ces usages à des droits d'accès coutumiers à l'espace et aux ressources. Plus particulièrement, nous distinguerons les impacts directs (récolte des produits végétaux y compris le bois, la chasse et l'installation de terrains de culture) des impacts indirects (feux de brousse, activités pastorales). Il s'agira également d'évaluer les perceptions qu'ont les groupes stratégiques intéressés par la gestion de ces îlots, et de confronter ces perceptions.

→ Cette analyse complétera l'étude précédente concernant l'identification des voies de transfert en permettant de localiser les barrières anthropiques qui freinent ou interdisent les échanges (incluant génétiques) entre les différents sites. En outre, elle permettra d'apprécier le degré d'isolement de ces milieux vis-à-vis de la sélection d'origine anthropique et d'expliquer, en partie, la diversité biologique et l'évolution structurale de ces massifs forestiers.

4. Echantillonnage botanique (récoltes d'herbiers, observations) et mammalogique (piégeage, observation, récoltes de restes et d'indices), sur des stations représentatives de chaque site, choisies en fonction des analyses d'image et de transects. Identification spécifique sur des bases morphologiques complétées si besoin est par des analyses génétiques ou cytogénétiques. Croisement des informations avec la cartographie des milieux. Comparaison des diversités observées, analyse des facteurs explicatifs (surface et complexité des milieux, degré d'isolement géographique, perturbations d'origine anthropique etc)

→ Cette phase de l'étude doit aboutir à la constitution d'inventaires aussi exhaustifs que possibles des arbres, des petites plantes à faible dispersion et des petits mammifères terrestres et volants des sites retenus, à la mise en évidence des paramètres explicatifs de la diversité observée dans ces groupes. Elle permettra en outre la sélection définitive des taxons retenus pour les analyses génétiques et écologiques.

5. Etude génétique de quelques espèces-cibles (animales et végétales), à partir du séquençage de gènes à évolution relativement rapide (D-loop et/ou cytochrome *b* pour les petits mammifères, marqueurs chloroplastiques type microsatellite universels cp ou *ndhf* pour la dispersion des graines chez les plantes ou microsatellites nucléaires pour le pollen). Une analyse phylogéographique permettra de préciser l'isolement et les connections passées des fragments par rapport aux milieux forestiers guinéens et leurs conséquences sur la répartition et la diversité génétique actuelle de certains taxons (animaux et végétaux) aux capacités de dispersion (mammifères terrestres vs volants; dispersion des graines zoochore vs anémochore) ou de longévité (arbres vs mammifères) tranchées. Chez les petits mammifères, on comparera plus particulièrement les rongeurs à faibles déplacements, les microchiroptères à capacités de dispersion intermédiaires et les mégachiroptères à grand rayon d'action. Les espèces végétales seront choisies selon leur potentiel de dispersion, en distinguant notamment les arbres zoochores (fort potentiel) des arbres autochores (faible potentiel) mais également les petites plantes du sous-bois à pouvoir de dispersion limitée à quelques mètres. Sur des sites bien échantillonnés, on comparera également la diversité génétique des populations fragmentées (animales et végétales) en fonction de leur isolement au bloc forestier guinéen (indices de paysages précités).

→ On recherchera ici la trace génétique de possibles isolements répétés au cours des périodes glaciaires du Quaternaire sur les populations fragmentées (systèmes « faille » et « galerie ») par rapport aux populations supposées "sources" (bloc forestier guinéen) et entre les populations fragmentées (colonisées indépendamment ou non, actuellement sujettes à flux génique ou non...). L'analyse de la variabilité intra-populationnelle dans quelques sites permettra d'estimer le degré d'isolement des populations en fonction de paramètres comme la surface des fragments, leur connectivité avec le bloc forestier guinéen, leur utilisation par l'homme et les capacités de dispersion des espèces.

6. Identification d'interactions plantes-animaux (incluant l'homme) susceptibles d'assurer la pérennité de ces systèmes écologiques isolés, et d'assurer d'éventuels échanges entre eux. L'étude écologique se focalisera sur un petit nombre de cas, impliquant *a priori* les humains, une espèce de rongeur et une ou un petit nombre d'espèces de chauve-souris, pour lesquelles on analysera le régime alimentaire et on tentera de quantifier le rôle en tant que disséminateur. Pour les humains, des enquêtes ethnobotaniques sur l'usage actuel et historique des fruits sauvages et des inventaires floristiques des territoires villageois actuels et abandonnés clarifieront son rôle disséminateur pour les arbres caractéristiques des forêts ciblées. En ce qui concerne les animaux, les sites de stockage de fruits et graines chez les rongeurs, d'alimentation chez les chauve-souris, seront recherchés afin de réaliser des inventaires d'items consommés et d'évaluer le pouvoir germinatif de ces graines. Ce dernier

sera également testé à partir des fèces de rongeurs et de chauve souris récoltées dès après leur capture.

→ On comparera ici les modalités selon lesquelles humains, rongeurs et chiroptères frugivores participent localement à la dispersion (en fonction de leurs rayons d'action respectifs) et à la régénération forestière (en fonction des capacités germinatives des graines déplacées par les différents agents disperseurs).

7. Valorisation, par retour d'information vers les populations concernées. On privilégiera d'une part la production de documents simples (posters, carnets...) en français et en langue locale (bamanan, malinké) à diffuser au niveau des écoles et de l'ensemble des villageois, et d'autre part la sensibilisation orale par l'intermédiaire des autorités locales, administratives ou traditionnelles (agents des eaux et forêts, brigades de gendarmerie, chef et conseils de villages...). La création de sentiers éco-touristiques ou botaniques pourra également être envisagée dans certains sites où la protection de l'environnement pourra être garantie.

Sites et cas retenus

Les deux systèmes écologiques que nous comparerons sont les suivants:

1. Un modèle 'île' constitué par une constellation de failles isolées, apparemment nombreuses, incluses dans le plateau soudanien des Monts Mandingues, et qui représentent des dépressions organisées autour d'une source d'eau permanente.
2. Un modèle 'linéaire', le long de cours d'eau coulant du sud vers le nord pour la plupart (Bafing, Bakoye, Baoulé, Bagoé, Farako...) et qui, même s'ils ne sont actuellement pas directement connectés aux forêts guinéennes au Sud, en représentent des fragments linéaires de plus grande extension que les failles, et prenant naissance plus près des zones de forêt guinéenne typiques.

Les systèmes génétiques:

Les modèles retenus pour les analyses génétiques seront définitivement précisés à l'issue des phases d'inventaire, qui détermineront entre autres la distribution et la taille des échantillons disponibles. Toutefois plusieurs espèces peuvent d'ores et déjà être identifiées comme des modèles probables de cette étude.

Praomys tullbergi sera l'espèce prioritairement étudiée chez les rongeurs. En effet, les prospections préliminaires ont montré à la fois son omniprésence dans les forêts-galerie et les isolats forestiers des Monts Mandingues et de l'extrême sud du pays et le caractère exclusif de sa présence dans ce type d'habitat (Granjon et coll. données non publiées). A ces titres, il apparaît *a priori* comme un très bon marqueur de ces zones forestières à affinité guinéenne, et est connu par ailleurs pour être très largement répandu et abondant dans les forêts guinéennes typiques des pays du Golfe de Guinée. Des données moléculaires ont déjà été publiées sur cette espèce (Lecompte et al., 2002b), et d'autres sont disponibles (Lecompte et coll., données non publiées). *Myomys daltoni*, espèce plus ubiquiste (et en particulier facilement adaptable aux milieux dégradés, voire à l'habitat commensal), pourra également être prise en compte. Pour les chauve-souris, une ou deux espèces appartenant aux genres de microchiroptères *Nycteris*, *Hipposideros* et/ou *Rhinolophus* seront choisies en fonction des résultats d'inventaire et des échantillons collectés. Moins mobiles que les mégachiroptères, et montrant généralement une forte fidélité à leurs sites de repos, ils sont plus susceptibles de révéler une forte structuration génétique à l'échelle considérée. Une espèce de mégachiroptère (*a priori* *Micropteropus pusillus* ou *Epomophorus gambianus*, voire *Eidolon helvum* ou *Myonycteris torquata* qui sont même des espèces migratrices) sera également prise en compte, pour tester

l'hypothèse d'une moindre structuration génétique associée à des activités de dispersion / migration beaucoup plus importantes que chez les microchiroptères.

Pour les espèces végétales, nous retiendrons essentiellement les arbres ayant une forte affinité forestière à la fois dans la position systématique et dans le fonctionnement écologique. Dans ce cadre, l'espèce *Carapa procera* constituera sans nul doute un modèle de choix dans l'étude des relations inter-milieux étant donné que i) au Mali, cette espèce est exclusivement présente, et abondante, dans les deux systèmes écologiques étudiés ii) en raison de la grosseur de son fruit, la dispersion de cette espèce est principalement zoochore (Forget 1996) mais également hydrochore (Guppy 1917; Ridley 1930) et iii) les marqueurs génétiques sont déjà connus pour l'espèce. D'autres arbres présentent des particularités intéressantes et c'est notamment le cas des plantes appartenant à la famille des Sapotaceae qui sont également caractérisés par une dispersion zoochore quasi-exclusive et une origine forestière. Pour cette famille, la distribution régulière, mais peu abondante, des espèces *Pouteria alniifolia* et *Synsepalum pobeguianum* pourraient constituer un modèle intéressant pour définir les différentes contraintes à la dispersion. D'autres espèces, telle que *Cola laurifolia*, présentent la caractéristique d'être nettement plus abondantes dans le système "galerie" que dans le système "failles isolées". Les exigences écologiques du vecteur animal de dispersion de cette espèce zoochore pourraient expliquer cette répartition. Au contraire *Acridocarpus chevalierii* est une espèce autochore endémique des Monts Mandingues, caractéristique et abondante du système "île" et absente du système "galerie". Enfin, les plantes du sous-bois seront particulièrement intéressantes pour caractériser globalement les voies de dispersion et les degrés d'isolement des formations végétales en utilisant le fait que certaines espèces ont un pouvoir de dispersion extrêmement faible (< 1m; *Begonia rostrata*, *Chlorophytum sp.*).

Références

- Balmford, A., Crane, P., Dobson, A., Green, R. & Mace G.M., 2005 – The 2010 challenge: data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Phil. Trans. Roy. Soc., B*, 360: 221-225.
- Bassett, T.J. & Koli Bi. Z., 2000 – Environmental discourses and the Ivorian savanna. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(1): 67-95.
- Beier, P., Van Drielen, M. & Kankam, B.O., 2002 – Avifaunal collapse in West African forest fragments. *Conserv. Biol.*, 16: 1097-1111.
- Blanc P. - 2004 – Etre plante à l'ombre des forêts tropicales. Nathan -Paris (2ème édition).
- Boffa, J.M., 1999 – Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa. *FAO Conservation Guide*, 34. Rome, FAO.
- Caro, T.M., 2001 – Species richness and abundance of small mammals inside and outside an African national park. *Biol. Conserv.*, 98: 251-257.
- Chapman, C. A., & Chapman, L. J. 1995 – Survival without dispersers: seedling recruitment under parents. *Conserv. Biol.*, 9:675-678.
- Cordeiro, N.J. & Howe, H.F., 2002 – Low recruitment of trees dispersed by animals in African forest fragments. *Conserv. Biol.*, 15: 1733- 1741.
- Cordeiro, N. J. & Howe, H. F., 2003 – Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic African tree. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 100: 14052-14056.
- Decher, J., 1997 – Conservation, small mammals, and the future of sacred groves in West Africa. *Biodivers. Conserv.*, 6: 1007-1026.
- Duvall, C.S., 2000 – Important habitat for chimpanzees in Mali. *African Study Monographs*, 21: 173-203.
- Duvall, C.S., 2001 – Habitat, conservation and use of *Gilletiodendron glandulosum* (Fabaceae-Caesalpinioideae) in southwestern Mali. *Systematics and Geography of Plants*, 71: 699-737.
- Duvall, C.S., 2003 – Symbols, not data: rare trees and vegetation history in Mali. *The Geographical Journal*, 169: 295-312.
- Fahrig, L. & Merriam, G., 1994 – Conservation of fragmented populations. *Conserv. Biol.*, 8: 50-59.
- Fairhead, J. & Leach, M., 1996 – *Misreading the African landscape: society and ecology in a forest-savanna mosaic*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Forget, P.-M., 1996 – Removal of seeds of *Carapa procera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *J. Trop. Ecol.*, 12: 751-761.
- Guppy, H.B., 1917 – *Plants, seeds, and currents in the West Indies and Azores: the results of investigations carried out in those regions between 1906 and 1914*. Williams and Norgate, London.
- Happold, D.C.D., 1995 – The interactions between humans and mammals in Africa in relation to conservation: a review. *Biodivers. Conserv.*, 4: 395-414.
- Hewitt, G.M., 2000 – The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, 405: 907-913.

- Hill, J. & Curran, P.J., 2005 – Fragment shape and tree species composition in tropical forests: a landscape level investigation. *Afr. J. Ecol.*, 43: 35-43.
- Hovestadt, T., Poethke, H.J. & Linsenmair, K.E., 2005 – Spatial patterns in species-area relationships and species distribution in a West African forest-savanna mosaic. *J. Biogeogr.*, 32: 677-684.
- Jaeger, P., 1956 – Contribution à l'étude des forêts reliques du Soudan occidental. *Bulletin de l'IFAN*, 18(A)(4): 993-1053.
- Jaeger, P. & P. Jarovoy, 1952 – Les grès de Kita (Soudan occidental); leur influence sur la répartition du peuplement végétal.: *Bulletin de l'Institut français d'Afrique noire*, XIV: 1-17.
- Jaeger, P. & E. Lechner, 1957 – Observations et réflexions au sujet du biotope du kololo [*Gillettiodendron glandulosum* (Port.) J. Léonard, Césalpiniacées]. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 245: 944-946.
- Johns, A.D. & Skorupa, J.P., 1987 – Responses of rain-forest primates to habitat disturbance: a review. *Int. J. Primatol.*, 8: 157-191.
- Kellman, M. & Tackaberry, R. 1993 – Disturbance and tree species coexistence in tropical riparian forest fragments. *Global Ecology and Biogeography*, 3: 1-9.
- Laris, P., 2002 – Burning the seasonal mosaic: preventative burning strategies in the wooded savanna of southern Mali. *Human Ecology*, 30: 155-186.
- Laurence, W.F. & Bieeregaard, R.O., Jr, 1997 – *Tropical forest remnants. Ecology, management, and conservation of fragmented communities*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., Vasconcelos, H. L., Bruna, E. M., Didham, R. K., Stouffer, P. C., Gascon, C., Bierregaard jr., R. O., Laurance, S. G. & Sampaio, E. M., 2002 – Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation. *Conserv. Biol.*, 16: 605-618.
- Lawesson, J.E., 1995 – Studies of woody flora and vegetation in Senegal. *Opera Botanica*, 125: 1-172.
- Lykke, A.M., 1998 – Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants' size class distributions and local information. *Biodivers. Conserv.*, 7: 1261-1275.
- Mac Arthur, R.H. & Wilson, E.O., 1967 – *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- MacDougall, A. & Kellman, M., 1992 – The understory light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian forest patches. *J. Biogeogr.*, 19: 667-675.
- Mayaux, P., Holmgren, P., Achard, F., Eva, H., Stibig, H.-J. & Branthomme, A., 2005 – Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring. *Phil. Trans.Roy. Soc., B*, 360: 373-384.
- Meave, J. & Kellman, M., 1994 – Maintenance of rain forest diversity in riparian forests of tropical savannas: implications for species conservation during Pleistocene drought. *J.Biogeogr.*, 21: 121-135.
- Meave, J., Kellman, M., MacDougall, A. & Rosales, J., 1991 – Riparian habitats as tropical forest refugia. *Global Ecology and Biogeography*, 1: 69-76.
- Moritz, C., Patton, J. L., Schneider, C. J. & Smith, T. B., 2000 – Diversification of rainforest faunas: An integrated molecular approach. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 31: 533-563.
- Patterson, B.D. & Atmar, W., 2000 – Analyzing species composition in fragments. In Rheinwald, G. Ed. "Isolated Vertebrate Communities in the Tropics", *Bonn. zool. Monogr.*, 46: 9-24.
- Peres, C. A., Baider, C., Zuidema, P. A., Wadt, L. H. O., Kainer, K. A., Gomes-Silva, D. A., Salomão, R. P., Simões, L. L., Franciosi, E. R. N., Cornejo Valverde, F., Gribel, R., Shepard, G. H. J., Kanashiro, M., Coventry, P., Yu, D. W., Watkinson, A. R. & Freckleton, R. P., 2003 – Demographic threats to the sustainability of Brazil Nut exploitation. *Science* 302: 2112-2114.
- Pither, R. & Kellman, M., 2002 – Tree species diversity in small, tropical riparian forest fragments in Belize, Central America. *Biodivers. Conserv.*, 11: 1623-1636.
- Pither, R., Shore, J.S. & Kellman, M., 2003 – Genetic diversity in the tropical tree *Terminalia amazonia* (Combretaceae) in naturally fragmented populations. *Heredity*, 91: 307-313.
- Ridley, H.N., 1930 – *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve & Co., Ashford, UK.
- Simberloff, D.S. & Gotelli, N., 1984 – Effects of insularization on plant species richness in the prairie-forest ecotone. *Biol. Conserv.*, 29: 27-46.
- Smith, T. B., Wayne, R. K., Girman, D. & Bruford, M. W., 1997 – A role for ecotones in generating rainforest biodiversity. *Science* 276: 1855-1857.
- Snelder, D.J., 2001 – Forest patches in *Imperata* grassland and prospects for their preservation under agricultural intensification in Northeast Luzon, The Philippines. *Agroforestry Systems*, 52: 207-217.
- Turner, B.L. II, Clark, W.C., Kates, R.W., Richards, J.F., Mathews J.T. & Meyer, W.B. (eds.), 1990 – *The Earth as transformed by human action*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Turner, I.M., 1996 – Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of evidence. *J. Appl. Ecol.*, 33: 200-209.
- Tutin, C.E.G., White, L.J.T. & Mackanga-Missandzou, A., 1997 – The use by rain forest mammals of natural forest fragments in an equatorial African savanna. *Conserv. Biol.*, 11: 1190-1203.
- Warshall, P., 1989 – *Mali: biological diversity assessment*. Natural Resources Management Support Project, United States Agency for International Development. AID project no. 698-0467.

Applications des résultats en matière de gestion et préservation des ressources naturelles

Les stratégies de conservation au Mali sont souvent fondées sur des données écologiques incomplètes ou obsolètes ce qui limite la pertinence de l'aménagement du territoire dans un souci de maintien et de protection de la diversité biologique. Ce projet améliorera la gestion et la préservation des ressources naturelles en contribuant à trois types d'information spécifique.

Premièrement, l'inventaire des espèces guinéennes de plantes et animaux au sud du Mali augmentera notre connaissance de l'état de la diversité biologique du pays et de la région soudanienne plus largement. Il permettra en outre une analyse plus détaillée des priorités globales en ce qui concerne la protection des espèces rares ou mises en danger.

Deuxièmement, l'identification des facteurs écologiques, y compris climatiques et anthropiques, qui ont isolé et maintenu ces écosystèmes reliques permettra le développement d'une gestion responsive aux changements futurs, démographiques et/ou climatiques.

Enfin, l'analyse ethnobotanique de ces écosystèmes ainsi que l'étude de leurs perceptions par les résidents ruraux permettra l'intégration des connaissances locales dans l'élaboration d'une stratégie d'aménagement, et donc augmentera la probabilité de succès des actions de conservation tout en facilitant les éventuels changements de pratiques qui seront requis de la part des populations rurales concernées.

Mode et degré d'implication de chaque participant

Nom	Responsabilité	Tâches spécifiques (cf Matériel et méthodes)							Temps consacré
		1	2	3	4	5	6	7	
Philippe Birnbaum	Coordination Botanique				X		X		30 %
Patrick Blanc	Botanique Plantes sous-bois				X		X		15 %
Ute Böttcher	Valorisation / Environnement							X	15 %
Marie-Hélène Chevallier	Génétique forestière					X			15 %
Jean-François Cosson	Génétique Petits Mammifères					X			15 %
Jean-Marc Duplantier	Ecologie Rongeurs				X		X		20 %
Chris Duvall	Géographie / Ethnobotanique		X	X	X			X	15 %
Jakob Fahr	Inventaire / Ecologie Chauve-Souris				X		X		15 %
Jacques Florence	Systématique / Taxinomie botanique				X				10 %
Pierre-Michel Forget	Ecologie/Génétique						X		10 %
Denis Gautier	Géographie / Foresterie Sociale		X	X			X	X	15 %
Laurent Gazull	Téledétection / Géographie	X	X						10 %
Laurent Granjon	Coordination Mammalogie				X		X		30%
Emilie Lecompte	Génétique Rongeurs					X			10 %
Bourama Niagaté	Valorisation des acquis			X	X		X	X	25%
Jean-François Trébuchon	Téledétection et SIG	X	X						15 %

Expérience de l'équipe dans les domaines concernés

Birnbaum, P., 1995 - Histoire de l'invasion d'une plante introduite, *Miconia calvescens*, dans une île polynésienne, Tahiti. *J. Agric. Trad. et de Bota. Appl.*, 26: 283-295.

Birnbaum, P., 2004 - Biodiversité et Phytogéographie: le cas des formations végétales ligneuses du Mali. <http://perso.magic.fr/ph-birnbaum/IPRKatibougou/plan.htm>.

Birnbaum, P. & **Florence, J.**, 2005 - *Acridocarpus monodii* sp. Nove ex Birnbaum & Florence. *Adansonia*, sous presse

Blanc, P., 1996 - Disjonctions et singularités dans les flores hygrophiles de sous-bois en Afrique. In Guillaumet, J.-L., M. Belin & H. Puig (Eds.): *Phytogéographie tropicale. Réalités et perspectives*. Colloque de Phytogéographie tropicale, réalités et perspectives, Ed. ORSTOM, Paris.

Blanc P., Hladik A., Rabenandrianina N., Robert J.S. & Hladik C.M., 2003 - *Strelitziaceae* : the variants of *Ravenala* in natural and anthropogenic habitats. In Goodman S. et Benstead (Eds) *Natural History of Madagascar*. Chicago Univ. Press 472-476

- Blanc P.**, 2004 - Etre plante à l'ombre des forêts tropicales. Nathan, Paris (2ème édition).
- Casparly H.U., Mertens A.D. & **Niagaté. B.**, 1998 - Possibilités d'une exploitation durable des ressources fauniques dans la Réserve de Faune du Bafing. TÖB F-V/4f, GTZ Ed., Eschborn, 146p.
- Chevallier M-H.**, 1999 - Diversité génétique des arbres forestiers. Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique sub-saharienne. Actes du premier atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar, 16-27 mars 1998, CNSF, Ouagadougou, Burkina Faso. IPGRI, Rome, Italie: 124-129.
- Cosson, J.-F.**, Pons, J.-M. & Masson, D., 1999 - Effects of forest fragmentation on frugivorous and insectivorous bats in French Guiana. *J. Trop. Ecol.*, 15 : 515-534.
- Cosson, J.-F.**, Ringuet, S., Claessens, O., De Massary, J.-C., Dalecky, A., Villiers, J.-F., **Granjon, L.** & Pons, J.-M., 1999 - Ecological changes in recent land-bridge islands in French Guiana, with emphasis on vertebrate communities. *Biol. Conserv.* 91 : 213-222.
- Cosson, J.-F.**, Hutterer R, Libois R, Sarà M, Taberlet P, Vogel P. 2005 - Phylogeographic footprints of the Strait of Gibraltar and Quaternary climatic fluctuations in the Western Mediterranean: a case study with the Greater white-toothed shrew *Crocidura russula* (Mammalia: Soricidae). *Molecular Ecology*, 14 : 1151-1162
- Duplantier, J.M., Granjon, L.** & Bâ, K., 1997 - Répartition biogéographique des petits rongeurs au Sénégal. *J. African Zool.*, 111 (1): 17-26.
- Duvall, C.S.**, 2000 - Important habitat for chimpanzees in Mali. *African Study Monographs* 21: 173-203.
- Duvall, C.S.**, 2001. - Habitat, conservation, and use of *Gilletiodendron glandulosum* in southwestern Mali. *Systematics and Geography of Plants* 71(2) : 699-737.
- Duvall, C.S.**, 2003. Symbols, not data: rare trees and vegetation history in Mali. *The Geographical Journal* 169(4): 295-312.
- Duvall, C.S.**, sous presse. On the origin of the tree *Spondias mombin* in Africa. *J. Histor. Geogr.*
- Duvall, C.S. & Niagaté. B.**, 1997 - Inventaire préliminaire des Mammifères, des Oiseaux et des Reptiles de l'Aire de la Réserve de Faune du Bafing. Document non publié, Bamako, 216 p.
- Fahr, J.**, 2001 - A fresh look at Afrotropical bat assemblages: Combining different sampling techniques and spatial scales. *Bat Research News* 42(3): 98.
- Fahr, J.** & Ebigo, N.M., 2003 - A conservation assessment of the bats of the Simandou Range, Guinea, with the first record of *Myotis welwitschii* (Gray, 1866) from West Africa. *Acta Chiropterologica* 5: 125-141.
- Fahr, J.**, Ebigo, N.M., Djossa, B., Schmid, S., Soer, K., Voglozin, A., Sinsin, B. and Kalko, E.K.V., 2003 - The influence of local and regional factors on the diversity, structure, and function of West African bat communities (Chiroptera), in: Sustainable Use and Conservation of Biological Diversity - A Challenge for Society, 176-177. PT-DLR & BMBF, Berlin. 464 pp.
- Florence, J.**, 1987. - Endémisme et évolution de la flore en Polynésie française. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 112: 370-380.
- Garcia F, Noyer J-L, Risterucci A-M & **Chevallier M-H.**, 2004 - Genotyping of mature trees of *Entandrophragma cylindricum* with microsatellites. *J. Hered.* 95: 454-457.
- Gautier, D.**, 2001 - Spatiotemporal analysis of rural land-use dynamics. Review and integration of three methods involving GIS and matrices. In Frank (A.), Raper (J.), Cheylan (J.-P.) (Eds) Life and Motion of Socio-Economic Units. ESF GISDATA, Taylor & Francis. pp 203-216.
- Gautier, D.**, Bazile, D. & Picard, N., sous presse - Interactions between Sahelo-sudanian savannas and parklands in space and time. How it affects biomass and biodiversity in regards to stakeholder strategies. In Mistry J., Berardi A. (Eds) Placing People Back into Nature: lessons from savannas and dry forests. Ashgate, London.
- Gautier, D.**, Ankogui-Mpoko, G.F., Réounodji, F., Njoya, A. & Seignobos, C., sous presse. Agriculteurs et éleveurs des savanes d'Afrique centrale : de la co-existence à l'intégration territoriale. In l'Espace Géographique.
- Gautier-Hion, A., **Duplantier, J. M.**, Quris, R., Feer, F., Sourd, C., Decoux, J.P., Dubost, G., Emmons, L., Erard, C., Heketsweiller, P., Moungazi, A., Roussillon, C. & Thiollay, J.M., 1985 - Fruit characters as a basis of fruit choice and seed dispersal by a tropical forest vertebrate community. *Oecologia* 65: 324-337.
- Granjon, L., Cosson, J.F.**, Judas, J. & Ringuet, S., 1996 - Influence of tropical rainforest fragmentation on mammal communities in French Guiana: early trends. *Acta Oecol.*, 17: 673-684.
- Granjon, L.**, Ringuet, S. & Cheylan, G., 2002 - Evolution of small mammal specific richness on newly formed islands in primary tropical forest of French Guiana: a 6 year study. *Rev. Ecol. (Terre & Vie)*, Suppl. 8: 131-144.
- Granjon, L.**, Houssin, C., **Lecompte, E.**, Angaya, M., César, J., Cornette, R., Dobigny, G. & Denys, C., 2004 - Community ecology of the terrestrial small mammals of Zakouma National Park, Chad. *Acta Theriol.*, 49: 215-234.
- Hautdidier, B., Boutinot, L. & **Gautier, D.**, 2004 - La mise en place des marchés ruraux de bois au Mali : un événement social et territorial, in *l'Espace Géographique*, n°4/04, pp. 289-305.
- Lecompte, E., Granjon, L.** & Denys, C., 2002a - The phylogeny of the *Praomys* complex (Rodentia: Muridae) and its phylogeographic implications. *J. Syst. Zool. Evol. Res.*, 40: 8-25.
- Lecompte, E., Granjon, L.**, Kerbis-Peterhans, J. & Denys, C., 2002b - Cytochrome b-based phylogeny of the *Praomys* group (Rodentia, Murinae): a new African radiation? *C.R. Biologies*, 325: 827-840.

- Lecompte, E.**, Brouat, C., **Duplantier, J.M.**, Galan, M., **Granjon, L.**, Loiseau, A., Mouline, K. & **Cosson, J.F.** - Molecular identification of four cryptic species of *Mastomys* (Rodentia, Murinae). *Bioch. Syst. Ecol.*, 33: 681-689.
- Meyer, C.F.J., Schwarz, C.J. & **Fahr, J.**, 2004 - Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forest-savanna mosaic (Ivory Coast). *J. Trop. Ecol.*, 20: 397-407.
- Molino, J.-F., Sabatier D., **Birnbaum P.** & M.F. Prévost, 1999 - From tree to region: Evaluating tree species diversity in tropical rainforests, examples from French Guyana.: NNA- Reports, Special issue 2: 204-208.
- Niagaté B.** & Clark, B., 2004 - Mammifères, reptiles et oiseaux du Mali. IFAW & AMEPANE Eds, Bamako, 208 p.
- Picard, N., Karembé M. & **Birnbaum P.**, 2003. - Species-area curve and spatial pattern. *Ecoscience*, 11: 45-54.
- Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A.G. & **Cosson J.-F.**, 1998 - Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology*, 7:453-464.
- Vogel P., **Cosson, J.-F.** & Lopez-Jurado, L.P., 2003 - Taxonomic status and origin of the shrews (Soricidae) from the Canary Islands inferred from a mtDNA comparison with European Crocidura species. *Mol. Phyl. Evol.*, 27: 271-282.
- Trébuchon J.F.** & Gond V., 2004- Mapping the tropical moist forest with low resolution using Spot4-Vegetation, a method to validate the forest classes with high resolution using Landsat 7 ETM+. A case study on the East Guyana Shield. The second VEGETATION International Users Conference, Antwerpen, Belgique.
- Yeang H.Y. & **Chevallier M.H.**, 1999. - Range of *Hevea brasiliensis* pollen dispersal estimated by esterase isozyme markers. *Annals of Botany*, 84 : 681-684.

Valorisation envisagée (notamment restitution aux populations impliquées)

Il s'agira ici de l'élaboration d'outils simples en lecture et compréhension pour la sensibilisation et la formation des populations (en particulier chasseurs, agriculteurs et éleveurs), des scolaires, ainsi que des décideurs et agents de la DNCN et d'autres services du développement rural dans les zones concernées. Les plus usités de ces supports sont les livrets ou guides, les posters, les cahiers etc, que nous réaliserons afin d'atteindre le plus grand nombre. Plusieurs références existent déjà (voir dans Trehwella *et al.* 2005) et pourront nous orienter dans nos choix. Les thèmes seront fonction des ressources fauniques et floristiques des écosystèmes identifiés, ainsi que des interactions mises en évidence.

Trehwella, W. J., Rodriguez-Clark, K. M., Corp, N., Entwistle, A., Garrett, S. R. T., Granek, E., Lengel, K. L., Raboude, M. J., Reason, P. F. & Sewall, B. J., 2005. Environmental education as a component of multidisciplinary conservation programs: Lessons from conservation initiatives for critically endangered fruit bats in the western Indian Ocean. *Conserv. Biol.* 19: 75-85.

Insertion dans les programmes en cours

Ce projet s'inscrit dans les programmes en cours d'inventaire de la diversité des micro-mammifères et des arbres du Mali (et de la sous-région) menés par L. Granjon (rongeurs), J. Fahr (Chauve-souris) et P. Birnbaum (arbres). Les données d'inventaire des rongeurs seront intégrées à une base de données sur les rongeurs sahélo-soudaniens en cours de transfert sur internet (http://www.mnhn.fr/museum/office/science/science/Recherche/rub-recherche/som-recherche/fiche-rech.xsp?ARTICLE_ARTICLE_ID=1159&ID=374&idx=0&nav=liste) ainsi qu'à un ouvrage sur les rongeurs sahélo-soudaniens en cours de réalisation (L. Granjon / J.M. Duplantier, Editions de l'IRD). Il est également connecté au programme BIOTA (sous-projet W09, coordonné par E. Kalko & J. Fahr, Université d'Ulm, Allemagne, et B. Sinsin, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin) (http://biota-africa.de/1024/biota_west_english/subprojects/abstract_w09.htm), incluant une base de données de distribution des 120 espèces de chauve-souris d'Afrique de l'Ouest.

Participation à autres programmes régionaux, nationaux ou internationaux

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une programmation de recherche en sciences humaines dans la région des plateaux Mandingues : d'une part un projet du CIRAD (Action Trans-Programme "RN-Pop" sur 3 pays Sénégal, Mali et Niger) à forte composante sociologique et géographique s'intéresse au double processus de décentralisation et de transfert de responsabilité de gestion des ressources ligneuses, de l'Etat aux populations locales, ainsi

qu'à la manière dont ces processus modifient les rapports des hommes aux ressources et aux territoires ; d'autre part, le PACT (Programme d'Appui aux Collectivités) financé par la GTZ, s'intéresse dans le Mandé aux questions foncières liées à la décentralisation et à la promotion de plans d'aménagement inter-communaux sur la base de négociations entre groupes d'usagers et institutions coutumières et administratives. Des synergies et complémentarités sont en passe d'être créées entre le CIRAD et la GTZ via ces projets. Fin 2005, trois niveaux d'analyse auront été abordés sur le thème des relations entre décentralisation et gestion des ressources naturelles dans le Mandé : le niveau inter-communal (18 communes correspondant au Mandé historique) avec l'élaboration d'un schéma d'aménagement à dire d'acteurs et notamment une négociation publique des droits de passage des animaux domestiques ; le niveau communal avec la thèse du socio-anthropologue Seydou Keita qui s'intéresse au processus de décentralisation sur 3 communes voisines mais spécifiques (Bangoumana, Siby et la commune du Mandé) ; le niveau villageois avec l'analyse des pratiques de gestion des ressources naturelles dans 2 villages voisins en bordure de plateau.

Calendrier d'exécution

2007

- Analyses cartographiques préliminaires pour lister les sites d'études potentiels et les rattacher aux deux catégories-cibles
- Principale phase d'acquisition des données de terrain : inventaires botaniques et mammalogiques des sites choisis, en se focalisant sur 4-5 sites / catégories (galeries et failles)
- Début des études écologiques
- Début des entretiens sur les usages et perceptions des ressources par les acteurs locaux

2008

- Elaboration du SIG
- Analyse spatiale des relations entre les îlots forestiers et les structures et dynamiques géographiques
- Fin des inventaires, poursuite des études écologiques
- Analyses génétiques
- Mise en place d'une plate-forme d'échanges d'information sur les savoirs scientifiques et locaux ; début de la médiation sur les principes de gestion des territoires villageois ou communaux incluant les îlots forestiers

2009

- Traitement des données après croisement des informations géographiques, d'inventaire, génétiques et écologiques
- Rédaction des rapports et articles
- Accompagnement, en partenariat avec la Direction Nationale de la Conservation de la Nature Malienne et avec la GTZ, de la mise en place de principes de gestion durable des territoires incluant des îlots forestiers

C. Annexe financière

Budget prévisionnel, précisant la répartition entre les organismes bénéficiaires des crédits

Chapitre	Organismes	Noms	Tâche	Montant TTC	Montant TTC
<u>Fonctionnement</u>	CIRAD	P. Birnbaum	Botanique	25646	31000
		M.H. Chevallier	Génétique forestière		
		L. Gazull	Cartographie / SIG		
		J.F. Trébuchon	Téledétection		
		D. Gautier	Socio-économie		
	IRD	L. Granjon	Systématique	11582	14000
		J.M. Duplantier	Ecologie		
	CNRS	P. Blanc	Botanique	3971	4800
	INRA	J.F. Cosson	Génétique	6618	8000
	<u>MNHN</u>	MNHN	J. Florence	Systématique	5460
P.M. Forget			Ecologie		
DNCN		B. Niagaté	Valorisation	5791	7000
			Participation aux inventaires		
Université Ulm		J. Fahr	Ecologie	4137	5000
Université Wisconsin		C. Duvall	Cartographie / SIG	3971	4800
			Ethnobotanique		
Institut für Virologie, Marburg	E. Lecompte	Systématique moléculaire	3723	4500	
GTZ/ Ministère environnement du Mali	U. Böttcher	Valorisation	4964	6000	
<u>Equipement</u>	CIRAD / IRD			4137	5000
				80000	96700
				A garder	A virer