

Programme de recherche

Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques

APR 2010

Rapport final du projet

GuyaSpaSe

Comment passer des estimations locales de la biodiversité et des stocks de carbone à des indicateurs régionaux utilisables dans l'aménagement et la gestion des massifs forestiers guyanais ?

Avril 2015 :

- ***1^{ère} partie, synthèse du rapport final***
- ***2^{ème} partie, rapport scientifique final***



GUYASPASE :
COMMENT PASSER DES ESTIMATIONS LOCALES DE
BIODIVERSITE ET DE STOCKS DE CARBONE A DES INDICATEURS
REGIONAUX UTILISABLES DANS L'AMENAGEMENT ET LA
GESTION DES MASSIFS FORESTIERS GUYANAIS ?

GUYASPASE : INTEGRATING LOCAL ESTIMATIONS OF
BIODIVERSITY AND CARBON STOCKS TO DEVELOP REGIONAL
INDICATORS FOR FOREST MANAGEMENT IN FRENCH GUIANA

Christopher Baraloto
INRA, UMR EcoFoG
Campus Agronomique - BP 316
97387 Kourou cedex
Guyane, FRANCE
Tél. : +594 5 94 32 92 91
Fax : +594 5 94 32 43 02
chris.baraloto@ecofog.gf

Synthèse du rapport final
18 Décembre 2013

Convention n° E25/2010



SYNTHESE DU RAPPORT FINAL

Contexte général

La forêt guyanaise, qui représente un tiers de la forêt française, sera au cœur de la problématique de développement de ce département français d'Amérique du Sud dans les décennies à venir. Comment préserver ce remarquable réservoir de biodiversité et de carbone tout en aménageant le territoire, aménagement qui impliquera obligatoirement un changement d'usages d'une partie des terres actuellement à vocation forestière ? Dans ce contexte, la définition d'indicateurs de services environnementaux (biodiversité, carbone) comme outils d'aide à la décision pour les gestionnaires est un préalable indispensable pour mettre en œuvre un développement durable. Dans ce projet, nous proposons de définir des outils fiables d'évaluation des services écosystémiques des forêts tropicales humides à l'échelle de travail des gestionnaires et de fournir des cartes et des bases de données qui décrivent leur distribution sur le territoire. Nous nous focalisons sur (i) la récolte de nouvelles données de terrain complémentaires aux données existantes et (ii) l'amélioration des méthodes d'analyses de données qui permettront de prioriser les futures collectes dans l'objectif d'améliorer les estimations de la variabilité spatiale de la biomasse aérienne et de la composition des communautés d'arbres.

Objectifs généraux du projet

Nous avons travaillé sur quatre grandes questions de recherche, dont les réponses contribueront à une amélioration de l'aménagement du territoire de la Guyane.

- 1) Quelles sont les relations entre les différents services environnementaux (e.g., carbone, biodiversité) fournis par la forêt ?
- 2) Quelles sont les relations entre les patrons de biodiversité de différents groupes taxonomiques (e.g., arbres, mammifères, insectes) ?
- 3) Quels indicateurs doit-on utiliser pour estimer la biodiversité (et d'autres services environnementaux) à différentes échelles pour une gestion efficace ?
- 4) Comment s'organise la biodiversité (et d'autres services environnementaux) à différentes échelles en Guyane ?

Dans l'état actuel des connaissances des différents groupes animaux, nous ne prétendons pas pouvoir aborder toutes ces questions dans leur ensemble. Cependant, en étudiant rigoureusement le groupe où cette expertise est la plus avancée (les arbres), nous avons construit une base de réflexion et d'analyse pour de futures études et nous avons développé un protocole d'inventaire de biodiversité multi-taxonomique adopté pour les prochaines recherches dans ce domaine (Labex CEBA – projet DIADEMA « comprendre et quantifier la biodiversité »).

Principales réalisations et implications pratiques

Le programme BGF Guyaspase participe sur de nombreux points à l'amélioration des politiques et des actions publiques. Il répond à de multiples demandes et fournit divers résultats tant aux gestionnaires forestiers (ONF – Office national, des forêts), qu'aux ministères (MAP – ministère en charge de l'agriculture – et MEDD – ministère en charge de l'écologie et du développement durable) et aux collectivités locales (Région – Conseil régional de Guyane).

Mieux appréhender la diversité spécifique des peuplements forestiers : une demande forte des gestionnaires pour une meilleure préservation de la diversité.

Le travail collectif d'inventaire botanique de terrain (tâche 1.1) réalisé au cours du programme BGF a permis d'enrichir la base de données relationnelles entre la classification taxonomique et les nomenclatures vernaculaires utilisées en Guyane (il en existe plusieurs, l'ONF et le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) s'appuyant sur des prospecteurs d'ethnies différentes). Une méthode bayésienne a été développée pour formaliser ces relations et mieux prendre en compte l'incertitude taxonomique liée à l'information vernaculaire (tâche 2.2). Cette méthode qui s'appuie sur des données croisées en nombre suffisant (équilibre entre la partie « expertise » et la partie « données ») a pu être développée sur Paracou et appliquée à la nomenclature vernaculaire CIRAD grâce à la capitalisation de nombreuses années d'inventaires

botaniques. Une autre approche plus globale a été réalisée pour évaluer la fiabilité potentielle de la nomenclature ONF (sur une base plus étroite de 2 200 arbres – en collaboration avec le projet Habitats). Cette approche montre que les inventaires forestiers constituent une source d'information pertinente pour faire un classement des niveaux de diversité alpha sur le territoire guyanais. Dans un article (Guitet et al. *Forest Ecology and Management* 2014) malgré la variabilité de la fiabilité des déterminations qui varie de 25% au niveau spécifique à 87% au niveau famille pour une moyenne de 74% tous niveaux taxonomiques confondus, - fiabilité de détermination qui dépend aussi du diamètre des arbres et de l'essence. La méthode proposée, simple, robuste et peu sensible aux variations de paramétrages permet de propager correctement l'incertitude taxonomique contenue dans les inventaires forestiers. Elle permet d'obtenir des indicateurs de diversité efficaces et à moindre coût à des échelles opérationnelles pour des objectifs de gestion. Elle peut être utilisée pour compléter les données d'inventaires botaniques dans les régions de forêts tropicales où ces relevés sont rares ou lacunaires. Nos travaux ont aussi permis d'éclairer les gestionnaires sur les forces et faiblesses de leur approche vernaculaire ce qui est un élément essentiel pour une bonne gestion de la biodiversité. Un exemple parmi d'autre : la mise en évidence récente parmi les « Gonfolo rose » (deuxième essence commerciale) de plusieurs espèces de *Qualea* dont certaines très rares, alors que l'on croyait que les « Gonfolo rose » correspondaient uniquement à *Qualea rosea*. Ces résultats permettront d'orienter les efforts d'amélioration des connaissances botaniques que doivent porter les gestionnaires, vers les groupes vernaculaires les moins bien appréhendés. Ces efforts de distinction taxonomique, réalisés au moment des inventaires avant exploitation, permettront de mieux orienter les choix sylvicoles appliqués sur les peuplements forestiers exploités.

Améliorer les estimations de stocks et de flux de carbone : une exigence du MAP pour mieux renseigner les inventaires relatifs au protocole de Kyoto.

Parmi les indicateurs de services écosystémiques, nous nous sommes principalement attachés à la fonction « carbone » de la forêt. L'objectif (des tâches 1.2 et 1.3) a été de déterminer la meilleure stratégie permettant d'évaluer le plus précisément et le plus économiquement possible les stocks et flux de carbone en Guyane afin de répondre aux nombreuses interrogations et demandes des gestionnaires, collectivités guyanaises et ministères concernant cette thématique. Les différentes approches engagées à plusieurs échelles ont permis de mettre en évidence : (1) la grande incertitude des estimations de biomasse liée à la propagation des erreurs propres aux modèles allométriques et aux différents paramètres mesurés (cf. thèse Quentin Molto) ; (2) la faible influence de l'environnement sur le niveau de biomasse à l'échelle locale au regard des fortes variations liées à la structure forestière (Baraloto *et al.*, 2013) mais des effets perceptibles de ces conditions environnementales sur le stock de biomasse à l'échelle opérationnelle, i.e. méso-échelle (cf. stage Boeraeve F. et Zomer P. – stage Guerrere V.), du fait de l'interaction de facteurs locaux tels que la qualité du drainage (indice HAND) et la variabilité de la structure (ouverture canopée - chablis) ; (3) l'efficacité des placettes de méthode Gentry modifiées pour atteindre une estimation de précision suffisante à moindre coût pour un habitat homogène (Baraloto *et al.*, 2010)

Une première carte de biomasse régionale calibrée sur de grandes campagnes d'inventaires forestiers menées entre 1974 et 1976 par le CTFT (Centre technique forestier tropical) dans le nord de la Guyane a pu être proposée par Quentin Molto (*tâche 2.3*) ce qui permet déjà d'envisager des applications à travers son intégration au logiciel de simulation GUYASIM pour un calcul de bilan carbone en gestion forestière ou en aménagement du territoire. Cette carte montre aussi (et avant tout) la forte variabilité potentielle des stocks de carbone à large échelle et la nécessaire amélioration de la fiabilité des estimations, les incertitudes étant énormes. Ces travaux sont actuellement poursuivis pour mieux appréhender les effets d'échelle précédemment perçus et pour intégrer de nouvelles données permettant de mieux couvrir le sud du département. Les cartes produites étaient très attendues à la fois par l'Observatoire régional du Conseil régional de Guyane et par le CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique) compte-tenu du poids des émissions de carbone liées à la déforestation en Guyane dans le bilan LULUCF national (sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie).

L'ensemble de ces travaux permet aussi de proposer à tous les acteurs engagés dans l'estimation et la valorisation des stocks de carbone forestier, une stratégie plus claire pour améliorer les modèles prédictifs : (i) systématiser les placettes gentry-modifiées pour une estimation fiable et précise de la biomasse sur des habitats homogènes ; (ii) répéter ces dispositifs sur une stratification préalable à méso-échelle garantissant une homogénéité intra-placette des habitats et une prise en compte exhaustive (inter-placettes) de la diversité des habitats ; (iii) bien appréhender les cortèges floristiques locaux pour assurer une bonne estimation de la densité moyenne des bois. La description de la bêta-

Programme « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF)

diversité des forêts à l'échelle régionale, récemment fournie par le projet-partenaire Habitats, fournit des éléments de réponse pour orienter les deux derniers points. La conjugaison des résultats de ce programme avec ceux du programme Habitats devrait donc permettre de passer très prochainement à des estimations du carbone plus fiables à une échelle opérationnelle et répondre ainsi à des questions très importantes concernant notamment l'impact des choix de sylviculture (bilan des prélèvements bois-énergie – gain de l'exploitation à faible impact) et l'impact de différents *scenarii* d'aménagement du territoire (notamment ouverture de routes). Il existe sur ce point, une demande très forte du MAP pour que les estimations de flux liés à la déforestation et la dégradation des forêts soient affinées pour l'inventaire Kyoto de 2012. Le programme BGF participe en ce sens à l'amélioration des connaissances et des méthodes pour répondre à ce besoin.

Réactualisation et modernisation des ZNIEFF en Guyane : proposition d'une méthodologie rigoureuse et efficace

La tâche 2.1 du projet BGF a permis d'élargir la validation de la méthode gentry-modifiée à d'autres contextes (gradient écologique plus large) et à la problématique de la diversité spécifique. Cette tâche du projet permet de répondre en partie aux questions méthodologiques qui se posent dans le cadre de la réactualisation des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) engagée par le MEDD en Guyane. Jusqu'à présent, les prospections complémentaires ont été réalisées sans protocole standardisé, à l'avancement et sans surface de référence. La méthode-de-parcelle inventaire de 0,5 ha que nous avons développé, a été proposée à la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) et au bureau d'étude en charge du pilotage du dossier ZNIEFF (Biotope) afin d'améliorer qualitativement et quantitativement l'intérêt des données recueillies dans ce cadre. Ces appels n'ont malheureusement pas été écoutés jusqu'à présent. La nomination de C. Baraloto et O. Brunaux sur le nouveau Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) va permettre d'approfondir la discussion des ZNIEFF ainsi que d'autres zones de protection et des corridors entre ces zones, pour améliorer le prochain projet du Schéma d'Aménagement Régional (SAR).

Nous travaillons actuellement pour que la base des informations développées lors du projet GuyaSpaSE serve pour construire un projet qui fédère les activités de description de services environnementaux à l'échelle de la Guyane. Dans le cadre du Labex CEBA (centre d'études de la biodiversité amazonienne), nous poursuivons les projets Habitats et GuyaSpaSE pour construire un projet central en collaboration étroite avec la DEAL et le Parc amazonien de Guyane (PAG). Ce projet, qui s'appelle DIADEMA, vise à rassembler les données existantes sur la biodiversité, non seulement des arbres mais aussi de huit autres groupes taxonomiques, dans une base de données pour les chercheurs et gestionnaires.

Ces développements méthodologiques participent par ailleurs au maintien de la visibilité internationale des chercheurs et gestionnaires forestiers de Guyane française (cf. invitation de C. Baraloto et O. Brunaux à la réflexion sur la stratégie d'inventaire forestier national du Suriname). Les échanges développés dans le cadre du projet invitent aussi à une réflexion plus large à l'échelle du Plateau des Guyane et de l'Amazonie dans laquelle doit aussi s'inscrire la politique environnementale guyanaise.

Bilan du projet

Les efforts entrepris au cours de ce projet ont permis de poursuivre une dynamique de collaboration déjà ancienne entre chercheurs et gestionnaires guyanais sur des sujets de premier plan en termes de politique environnementale. Ce programme a permis de valoriser au mieux les données forestières existantes pour produire les premières cartes de biomasse et les premiers indicateurs de biodiversité à l'échelle régionale, répondant ainsi à des attentes très fortes tant au plan local que national. Des bases solides ont été posées pour améliorer ces premières approches grâce à la définition d'un protocole optimisé permettant de générer des estimations plus fiables pour les principaux indicateurs (carbone, biodiversité) et d'intégrer aux prochaines campagnes d'acquisition de données une grande variété de groupes taxonomiques, élargissant ainsi le champ de vision des gestionnaires.

Au-delà de ces implications pratiques locales, le programme BGF a contribué à la production de nombreux articles scientifiques avec une forte visibilité internationale ainsi qu'à l'intégration de la Guyane au premier rang de réseau internationaux sur l'étude de la diversité.

Liste des opérations de valorisation et de transfert issues du contrat (articles de valorisation, participations à des colloques, enseignement et formation, communication, expertises...)

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES	
Publications scientifiques parues	<ul style="list-style-type: none"> • Guitet, S., D. Sabatier, O. Brunaux, B. Hérault, M. Aubry-Kientz, J.-F. Molino, and C. Baraloto. 2014. Estimating tropical tree diversity indices from forestry surveys: A method to integrate taxonomic uncertainty. <i>Forest Ecology and Management</i> 328:270-281. • Fortunel, C., J. Ruelle, J. Beauchêne, P.V.A. Fine, and C. Baraloto. 2014. Wood specific gravity and anatomy of stems and roots in 113 Amazonian rainforest tree species across environmental gradients. <i>New Phytologist</i> • Fortunel, C., C. E. T. Paine, N. J. B. Kraft, P. V. A. Fine, and C. Baraloto. 2014. Environmental factors predict community functional composition in Amazonian forests. <i>Journal of Ecology</i> 102: 145-155. • ter Steege, H., N. Pitman, D. Sabatier, C. Baraloto et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. <i>Science</i> 342:1243092. • Aubry-Kientz, M., B. Hérault, C. Ayotte-Trépanier, C. Baraloto, and V. Rossi. 2013. Towards trait-based mortality models for tropical forests? <i>PLoS One</i> 8: e63678. • Baraloto, C., Q. Molto, S. Rabaud, B. Hérault, R. Valencia, L. Blanc, P. V. A. Fine, and J. Thompson. 2013. Rapid simultaneous estimation of aboveground biomass and tree diversity across Neotropical forests: A comparison of field inventory methods. <i>Biotropica</i>. 45: 288-298. • Baraloto, C., S. Rabaud, Q. Molto, B. Hérault, L. Blanc, C. Fortunel, N. Davila, I. Mesones, M. Rios, E. Valderrama, and P. V. A. Fine. 2011. Disentangling stand and environmental correlates of aboveground biomass in Amazonian forests. <i>Global Change Biology</i> 17: 2677-2688. • Q. Molto, B. Hérault, J.-J. Boreux, M. Daulet, A. Roustaud, V. Rossi, Predicting Tree Heights for Biomass Estimates in Tropical Forests, <i>Biogeosciences Discuss.</i>, 10, 8611-8635 (2013) • Q. Molto, V. Rossi, L. Blanc, Error propagation in biomass estimation in tropical forests, <i>Methods in Ecology and Evolution</i>, 4(2): 175–183 (2013)
COLLOQUES SCIENTIFIQUES	
Participations passées à des colloques	<p><i>Colloques scientifiques</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Baraloto, C. 2013. Phylogenetic patterns of tree stature and habitat specialization across lowland amazonian forests. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), San Jose, Costa Rica, 22-26 June 2013. • Aubry-Kientz M, Ayotte-Trépanier C., Hérault B., Rossi V., Modélisation de la mortalité des arbres en forêt tropicale avec covariables incertaines, 7ème Rencontres Statistiques de Rochebrune, Rochebrune, France, 1 au 6 avril 2012.

- Aubry-Kientz M, Ayotte-Trépanier C., Hérault B., Rossi V., Towards trait-based mortality models for tropical forests?, International Meeting of the ATBC, Bonito, Brazil, 18-22 June 2012.
- Baraloto, C. et al. Effects of road paving and land tenure on forest value in the trinational MAP region of southwestern Amazonia. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), Bonito, Brazil. 18-22 June 2012.
- Baraloto, C. How can we use plant functional traits to predict tropical forest response to global changes? Annual Meeting of the ATBC, Arusha, Tanzania. 11-16 June 2011.
- Baraloto, C., Fortunel, C., Fine, P.V.A. Contrasting tissue strategies promote functional beta-diversity in Amazonian trees. Annual Meeting of Ecological Society of America, Austin, TX, 7-12 August, 2011.
- Fortunel, C., Fine, P.V.A., Baraloto, C. Environmental filtering and species distributions across lowland South American forests. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), Bonito, Brazil. 18-22 June 2012.
- Fortunel, C., Fine, P.V.A., Baraloto, C. Trait strategies and community assembly in contrasting habitats of Amazonian rainforests. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), Arusha, Tanzania. 11-16 June 2011.
- Sist P, Mazzei L, Blanc L, Ruschel A, Rossi V, Kanshiro M. Long term Impact of logging on carbon storage and tree diversity in the Amazon Basin, International Meeting of the ATBC, Bonito, Brazil, 18-22 June 2012
- Sist P., Blanc L., Baraloto C. & Mazzei L. Current knowledge of general patterns of biomass dynamics after logging in amazonian forests. IUFRO Congress "Research priorities in tropical silviculture : towards new paradigms ?". Montpellier, France, 15-18 November 2011.
- Wagner F., Moore A., Rossi V., Hérault B. Which climate indices are relevant for predicting the response of tropical forests to future climate scenarios? International Meeting of the ATBC, Bonito, Brazil, 18-22 June 2012.

Colloques à destination des gestionnaires

- Brunaux, O. 2012. Workshop sur l'identification des arbres lors des inventaires forestiers. ONF-Guyane.

MASTERS	
Masters passés	<p>stage de M2 en 2011 (V. Guerrere, encadré par L. Blanc et S. Traissac) sur les inventaires papetiers et les inventaires de Couanami</p> <p>stage de M2 en 2012 (A. Leclerc, encadré par C. Fortunel) sur mesures de traits du bois</p> <p>stage de M2 en 2011 (C. Ayotte-Trepannier, encadré par B. Hérault et V. Rossi),</p> <p>stage de M1 en 2012 (J.-M. Madkaud, encadré par B. Hérault)</p> <p>deux étudiants de master de l'Université Utrecht (Pays-Bas) en 2011 (Fanny Boeraeve & Peter Zomer) sur analyse biomasse & pour mettre en place un réseau de parcelles Gentry sur le site de Kaw</p> <p>stage de césure (G. Coste, encadré par V. Rossi), carte de biomasse aérienne à l'échelle de la région entière</p>
METHODOLOGIES (GUIDES...)	
méthodologies produites	Baraloto, C. 2013. Protocole d'inventaires multi-taxonomique de biodiversité pour les forêts tropicales humides – DIADEMA.
AUTRES	
Précisez...	<ul style="list-style-type: none"> • Baraloto et Brunaux participent à la définition d'une stratégie d'inventaires forestiers nationaux au Suriname, et ont été invité à présenter les résultats issus de ce projet GuyaSpaSE en avril 2012 et juillet 2012 à Paramaribo. • Engel est allé en mission à Missouri Botanic Garden , USA, en octobre 2011 pour participer à une standardisation des échantillons herbiers de la Guyane avec des collaborateurs d'autres réseaux de parcelles permanentes au Brésil et au Pérou. • Baraloto est allé en Acre, Brésil, Pando, Bolivie et Madre de Dios, Pérou, en juin-juillet 2012 pour présenter les résultats des méthodes d'inventaires du projet et pour discuter les collaborations avec les réseaux de parcelles permanentes dans cette région.

GUYASPACE
**COMMENT PASSER DES ESTIMATIONS LOCALES DE
BIODIVERSITE ET DE STOCKS DE CARBONE A DES INDICATEURS
REGIONAUX UTILISABLES DANS L'AMENAGEMENT ET LA
GESTION DES MASSIFS FORESTIERS GUYANAIS ?**

**GUYASPACE: INTEGRATING LOCAL ESTIMATIONS OF
BIODIVERSITY AND CARBON STOCKS TO DEVELOP REGIONAL
INDICATORS FOR FOREST MANAGEMENT IN FRENCH GUIANA**

Christopher Baraloto
INRA, UMR EcoFoG
Campus Agronomique - BP 316
97387 Kourou cedex
Guyane, FRANCE
Tél. : +594 5 94 32 92 91
Fax : +594 5 94 32 43 02
chris.baraloto@ecofog.gf

Rapport final
18 décembre 2013

Convention n° E25/2010



REMERCIEMENTS :

Ce travail a été effectué avec l'aide du comité de pilotage : Stéphane Guitet (ONF), Olivier Brunaux (ONF), Bruno Hérault (CIRAD), Vivien Rossi (CIRAD) et Christopher Baraloto (CIRAD). Nous remercions ECOFOR, le MAAF et le programme BGF pour ce financement ainsi que les nombreuses personnes qui ont contribué aux travaux de terrain et de laboratoire lors du projet.

SOMMAIRE:

Synthèse du rapport final.....	2
Contexte général.....	2
Objectifs généraux du projet.....	2
Principales réalisations et implications pratiques.....	2
Bilan du projet.....	4
Liste des opérations de valorisation et de transfert issues du contrat (articles de valorisation, participations à des colloques, enseignement et formation, communication, expertises.....)	5
Remerciements :.....	9
Sommaire:.....	9
Resume Court.....	11
Abstract.....	11
keywords:.....	11
Resume Long.....	12
Contexte général.....	13
Objectifs généraux du projet.....	13
Méthodes et Résultats.....	13
Action 1. Acquisition et gestion de nouvelles données de terrain.....	13
Tâche 1.1. Méthodes pour des inventaires rapides en forêt tropicale humide.....	13
Tâche 1.2. Compléter les données de biodiversité des arbres et de stocks de carbone pour les principaux habitats rencontrés en Guyane.....	14
Tâche 1.3. Création de cartes de la biodiversité des arbres et des stocks de carbone pour toute la région Guyane.....	14
Action 2. Analyse et modélisation des données.....	14
Tâche 2.1. Analyse des « trade-offs » de performance des protocoles selon différents services environnementaux des forêts tropicales des Amériques.....	14
Tâche 2.2. Analyse des relations entre noms vernaculaires et noms scientifiques des arbres guyanais lors des inventaires forestiers.....	15
Tâche 2.3. Variabilité géographique et environnementale des stocks de carbone et de la biodiversité des arbres à l'échelle de la Guyane.....	15
Difficultés rencontrées.....	17
Implications pratiques, recommandations, réalisations pratiques, valorisation.....	17
Mieux appréhender la diversité spécifique des peuplements forestiers : une demande forte des gestionnaires pour une meilleure préservation de la diversité.....	18
Améliorer les estimations de stocks et de flux de carbone : une exigence du MAP pour mieux renseigner les inventaires relatifs au protocole de Kyoto.....	18
Réactualisation et modernisation des ZNIEFF en Guyane : proposition d'une méthodologie rigoureuse et efficace.....	19

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

RESUME COURT

La forêt guyanaise, qui représente un tiers de la forêt française, sera au cœur de la problématique de développement de ce département français d'Amérique du Sud dans les décennies à venir. Comment préserver ce remarquable réservoir de biodiversité et de carbone tout en aménageant le territoire, aménagement qui impliquera obligatoirement un changement d'usages d'une partie des terres actuellement à vocation forestière ? Dans ce contexte, la définition d'indicateurs de services environnementaux (biodiversité, carbone) comme outils d'aide à la décision pour les gestionnaires est un préalable indispensable pour mettre en œuvre un développement durable. Dans ce projet, nous avons travaillé sur la définition des outils fiables d'évaluation des services écosystémiques des forêts tropicales humides à l'échelle de travail des gestionnaires, et de fournir des cartes et des bases de données qui décrivent leur distribution sur le territoire. Nous avons focalisé sur (i) la récolte de nouvelles données de terrain complémentaires aux données existantes, et (ii) l'amélioration des méthodes d'analyses de données qui permettront de prioriser les futures collectes dans l'objectif d'améliorer les estimations de la variabilité spatiale de la biomasse aérienne et de la composition des communautés d'arbres.

MOTS CLES : forêt tropicale humide, Guyane, biodiversité, carbone, cartes, services écosystémiques, REDD+.

ABSTRACT

The forests of French Guiana, which represent a third of the overall French forest, will be at the heart of the problem of development of this French department of South America in the decades to come. How can we preserve this remarkable reservoir of biodiversity and carbon while adjusting the territory, planning which will involve a compulsory change of uses of a part of the lands currently in forest vocation? In this context, the definition of indicators of environmental services (biodiversity, carbon sequestration) as decision support tools for managers is an essential prerequisite to implement a sustainable development program. In this project, we have worked on the definition of reliable tools for the evaluation of ecosystem services of humid tropical forests at a scale pertinent to managers, and to provide maps and databases for data that describe their distribution on the territory. We have focused on (i) the collection of new field data complementary to the existing data, and (ii) the improvement of methods of analysis of data that will allow for prioritizing future surveys to improve the estimates of the spatial variability of aboveground biomass and biodiversity.

KEYWORDS: tropical forest, French Guiana, biodiversity, carbon, map, ecosystem services, REDD+.

RESUME LONG

La forêt guyanaise, qui représente un tiers de la forêt française, sera au cœur de la problématique de développement de ce département français d'Amérique du Sud dans les décennies à venir. Comment préserver ce remarquable réservoir de biodiversité et de carbone tout en aménageant le territoire, aménagement qui impliquera obligatoirement un changement d'usage d'une partie des terres actuellement à vocation forestière ? Dans ce contexte, la définition d'indicateurs de services environnementaux (biodiversité, carbone) comme outils d'aide à la décision pour les gestionnaires est un préalable indispensable pour mettre en œuvre un développement durable. Dans ce projet, nous avons travaillé sur la définition d'outils fiables d'évaluation des services écosystémiques des forêts tropicales humides à l'échelle de travail des gestionnaires, et nous avons cherché à fournir des cartes et des bases de données qui décrivent la distribution de ces services écosystémiques sur le territoire. Nous avons focalisé sur (i) la récolte de nouvelles données de terrain complémentaires aux données existantes et (ii) l'amélioration des méthodes d'analyses de données qui permettront de prioriser les futures collectes dans l'objectif d'améliorer les estimations de la variabilité spatiale de la biomasse aérienne et de la composition des communautés d'arbres.

Nous avons développé une carte de biomasse aérienne de la forêt à l'échelle de la Guyane qui ne présente pas de biais d'estimation, contrairement aux cartes produites jusqu'à présent à partir de données satellitaires qui sous estiment les valeurs de biomasses supérieures à 400 tonnes à l'hectare.

Le protocole d'inventaire développé dans le cadre de ce projet, basé sur des parcelles Gentry, a permis une réflexion avec nos partenaires à l'ONF, à la DEAL et des Réserves Naturelles, ainsi qu'au Parc Amazonien de Guyane (PAG), sur des protocoles multi-taxonomiques pour le monitoring de biodiversité à l'échelle de la Guyane. Cette réflexion a abouti à l'élaboration d'un protocole dans le cadre du nouveau projet DIADEMA du Labex CEBA. Ce protocole a été appliqué à une mission collective du projet DIADEMA et ce projet GuyaSpaSE en octobre 2013 et ensuite sur plusieurs missions du projet DIADEMA sur d'autres sites en collaboration avec le PAG et le MNHN. Le protocole intègre des inventaires sur huit groupes taxonomiques et va permettre d'analyser la bêta-diversité avec une méthode standardisée entre les sites de la Guyane et d'autres régions. Ce protocole a reçu des avis positifs du CSRPN et du Conseil scientifique du PAG lors des présentations en décembre 2013 et qui a été adopté pour des prochains inventaires dans les zones du PAG et des RN en Guyane.

Contexte général

La forêt guyanaise, qui représente un tiers de la forêt française, sera au cœur de la problématique de développement de ce département français d'Amérique du Sud dans les décennies à venir. Comment préserver ce remarquable réservoir de biodiversité et de carbone tout en aménageant le territoire, aménagement qui impliquera obligatoirement un changement d'usages d'une partie des terres actuellement à vocation forestière ? Dans ce contexte, la définition d'indicateurs de services environnementaux (biodiversité, carbone) comme outils d'aide à la décision pour les gestionnaires est un préalable indispensable pour mettre en œuvre un développement durable. Dans ce projet, nous proposons de définir des outils fiables d'évaluation des services écosystémiques des forêts tropicales humides à l'échelle de travail des gestionnaires et de fournir des cartes et des bases de données qui décrivent leur distribution sur le territoire. Nous nous focalisons sur (i) la récolte de nouvelles données de terrain complémentaires aux données existantes et (ii) l'amélioration des méthodes d'analyses de données qui permettront de prioriser les futures collectes dans l'objectif d'améliorer les estimations de la variabilité spatiale de la biomasse aérienne et de la composition des communautés d'arbres.

Objectifs généraux du projet

Nous avons travaillé sur quatre grandes questions de recherche, dont les réponses contribueront à une amélioration de l'aménagement du territoire de la Guyane.

- 1) Quelles sont les relations entre les différents services environnementaux (e.g., carbone, biodiversité) fournis par la forêt ?
- 2) Quelles sont les relations entre les patrons de biodiversité de différents groupes taxonomiques (e.g., arbres, mammifères, insectes) ?
- 3) Quels indicateurs doit-on utiliser pour estimer la biodiversité (et d'autres services environnementaux) à différentes échelles pour une gestion efficace ?
- 4) Comment s'organise la biodiversité (et d'autres services environnementaux) à différentes échelles en Guyane ?

Ce projet cherchait à contribuer aux réponses de trois de ces quatre grandes questions. Dans l'état actuel des connaissances des différents groupes animaux, nous ne prétendons pas pouvoir aborder dans son ensemble la deuxième question sur ces groupes. Cependant, en étudiant rigoureusement le groupe où cette expertise existe (les arbres), on a construit une base de réflexion et d'analyse pour de futures études, ce qui a permis le développement d'un protocole d'inventaire de biodiversité multi-taxonomique pour le projet DIADEMA « comprendre et quantifier la biodiversité » du Labex CEBA.

Méthodes et Résultats

Nous avons mené deux actions : l'acquisition des nouvelles données et l'analyse des données.

ACTION 1. ACQUISITION ET GESTION DE NOUVELLES DONNEES DE TERRAIN

Tâche 1.1. Méthodes pour des inventaires rapides en forêt tropicale humide

Nous avons complété les inventaires floristiques sur cinq sites (Nouragues, Laussat, Kaw, Trinité, Limonade-Saul) pour comparer les résultats des méthodes de layons du projet Habitats, des parcelles de 1 ha et des parcelles de 0,5 ha du protocole élaboré par notre équipe (basé sur le méthode de A. Gentry, botaniste à Missouri Botanic Gardens). En 2011, nous avons participé à l'encadrement de deux étudiants de master de l'Université Utrecht (Pays-Bas) pour mettre en place un réseau de parcelles Gentry sur le site de Kaw, en collaboration avec la Réserve Naturelle Trésor. Avec la Réserve Trésor, l'ONF et l'unité mixte de recherche (UMR) AMAP, nous avons installé et mesuré trois parcelles d'1 ha et une parcelle de 4 ha en 2012.

Le protocole développé pour nos parcelles Gentry a permis une réflexion avec nos partenaires de l'ONF, la DEAL, des Réserves Naturelles (RN) et du Parc amazonien de Guyane (PAG) sur des protocoles multi-taxonomiques pour le suivi de biodiversité à l'échelle de la Guyane. Un protocole d'inventaire multi-taxonomique de la biodiversité élaboré dans le cadre du nouveau projet DIADEMA du Labex CEBA a été appliqué aux missions de terrain du projet DIADEMA et ce projet GuyaSpaSE en octobre 2013. Le protocole intègre des inventaires sur huit groupes taxonomiques et va permettre d'analyser la bêta-diversité avec une méthode standardisée entre les sites de la Guyane et d'autres

régions. Ce protocole a reçu des avis positifs du Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN) et du conseil scientifique du PAG lors des présentations en décembre 2013 et sera adopté au moins en partie pour des prochains inventaires dans les zones du PAG et des RN en Guyane.

Tâche 1.2. Compléter les données de biodiversité des arbres et de stocks de carbone pour les principaux habitats rencontrés en Guyane

Nous avons compilé les données des parcelles existantes pour identifier les lacunes en distribution géographique, qui restent nombreuses. Une partie de ce travail a été réalisée lors d'un stage de M2 en 2011 (V. Guerrere, encadré par L. Blanc et S. Traissac) sur les inventaires papetiers et les inventaires de Counami.

Ce financement a permis de commencer un grand travail de consolider les données existantes sur la biodiversité des arbres à l'échelle de la Guyane. Le projet a permis de terminer des relevés sur cinq sites et de standardiser les herbiers de référence à un grand herbier international à Saint-Louis (Missouri Botanic Gardens). Un des premiers résultats de cette standardisation botanique était notre participation à une publication dans la revue *Science* qui estime le nombre d'espèces d'arbres en Amazonie à 16 000, dont 227 composent plus de la moitié des tiges (ter Steege *et al.* 2013, *Science*).

Nous complétons également une base de données sur les traits fonctionnels des arbres qui permettra de calculer les indices de diversité fonctionnelle sur les sites étudiés. En particulier, nous poursuivons des mesures de traits du bois, avec un stage de M2 a été réalisé en 2012 (A. Leclerc, encadré par C. Fortunel). Ces travaux ont contribué à une publication qui montre que la variabilité de densité du bois des arbres guyanais est expliqué plus par la variabilité des traits biomécaniques (fibres) que les traits hydrauliques (taille et nombre de vessaux) (Fortunel *et al.* 2014, *New Phytologist*).

L'intégration des données de traits fonctionnels et des données de distribution des espèces d'arbres a permis le développement des modèles pour expliquer la composition fonctionnelle des communautés d'arbres (eg, ou est-ce qu'on trouve des arbres avec certaines propriétés de feuilles ou de bois) en fonction des données environnementales (sol et climat) (Fortunel *et al.* 2014, *Journal of Ecology*).

Tâche 1.3. Création de cartes de la biodiversité des arbres et des stocks de carbone pour toute la région Guyane

Nous avons principalement travaillé sur les données de stocks de carbone et obtenu des résultats assez prometteurs. Lors d'un stage de césure (G. Coste, encadré par V. Rossi), nous avons pu élaborer une carte de biomasse aérienne à l'échelle de la région entière. Cette carte nous semble plus robuste que le travail à plus grande échelle publié récemment (Baccini *et al.*, *Nature Climate Change* 2012). Ces analyses ont contribué à deux publications (Molto *et al.*, *Methods in Ecology & Evolution* 2013 ; Molto *et al.* *Biogeosciences Discussion* 2013).

Les premières cartes de biodiversité basées sur la composition des communautés d'arbres sont toujours en cours de développement. Par contre, lors du projet on s'est rendu compte que notre approche de spatialisation pourrait être appliquée aux autres groupes taxonomiques pour lesquels les données sont plus faciles à standardiser. Ce projet a permis de développer des collaborations dans le cadre du projet Labex CEBA DIADEMA dont une carte de la composition des communautés d'amphibiens à l'échelle de la Guyane est en cours. Actuellement on travaille aussi en collaboration avec l'ONCFS sur une approche similaire avec la grande faune. On espère pouvoir intégrer les informations de ces trois groupes (arbres, amphibiens, grande faune) prochainement, et ce serait grâce au développement amorcé par ce projet GuyaSpaSE.

ACTION 2. ANALYSE ET MODELISATION DES DONNEES

Tâche 2.1. Analyse des « trade-offs » de performance des protocoles selon différents services environnementaux des forêts tropicales des Amériques

Nous avons terminé une analyse de simulation des méthodes d'inventaires rapides pour la biodiversité des arbres et la biomasse dans la revue *Biotropica* (Baraloto *et al.* 2013). Cette analyse était basée sur les données des parcelles du Center for Tropical Forest Science dans plusieurs pays tropicaux, en intégrant deux sites de la Guyane dont les inventaires ont été complétés en partie avec les financements de ce projet (Paracou, Nouragues). Notre analyse montre que la méthode de

parcelles 0.5-ha Gentry que notre groupe a élaborée est la plus efficiente pour des estimations statiques de biomasse et de biodiversité des arbres.

Nous comptons effectuer une analyse complémentaire qui serait plus directe et basé sur nos propres données de terrain, pour comparer les résultats des méthodes de layons du projet Habitats-ONF, des parcelles de 1-ha et des parcelles Gentry. Les premières analyses sur la biomasse ont constitué le sujet des rapports de deux étudiants de master de l'Université Utrecht (Fanny Boeraeve et Peter Zomer). Les déterminations des herbiers des parcelles récentes sont toujours en cours, et on souligne que ce travail de détermination à l'herbier prend beaucoup de temps au-delà des délais des projets de trois ans.

Tâche 2.2. Analyse des relations entre noms vernaculaires et noms scientifiques des arbres guyanais lors des inventaires forestiers

Suite aux compilations des données par O. Brunaux (ONF) et P. Pétronelli (Cirad), nous avons bien avancé cette partie du projet. L'analyse a commencé en 2011 lors d'un stage de M2 (C. Ayotte-Trepanier, encadré par B. Hérault et V. Rossi), et s'est poursuivi en 2012 par un stage de M1 (J.-M. Madkaud, encadré par B. Hérault). Suite à ces travaux, nous avons développé un outil pour estimer l'incertitude taxinomique des noms vernaculaires pour différents sites d'études, présenté dans un article (Aubry-Kientz *et al.* PLoS One 2013). S. Guitet de l'ONF a piloté un article qui décrit les applications de cette méthode et montre que la fiabilité des déterminations mesurées varie de 25% au niveau spécifique à 87% au niveau famille pour une moyenne de 74% tous niveaux taxonomiques confondus, et que la fiabilité de la détermination dépend du diamètre des arbres et de l'essence (Guitet *et al.* Forest Ecology & Management 2014). La méthode proposée, simple, robuste et peu sensible aux variations de paramétrages, permet de propager correctement l'incertitude taxinomique contenue dans les inventaires forestiers. Elle permet d'obtenir des indicateurs de diversité efficaces et à moindre coût à des échelles opérationnelles pour des objectifs de gestion. Elle peut être utilisée pour compléter les données d'inventaires botaniques dans les régions de forêts tropicales où ces relevés sont rares ou lacunaires.

Tâche 2.3. Variabilité géographique et environnementale des stocks de carbone et de la biodiversité des arbres à l'échelle de la Guyane

Carbone

L'incertitude des estimations de biomasses aériennes sur les parcelles inventoriées a été modélisée par un modèle bayésien hiérarchique. Ce modèle a également permis de déterminer et classer par ordre d'importance les sources de cette incertitude. En particulier, il est ressorti que le niveau de connaissance sur la densité du bois des espèces n'avait pas beaucoup d'influence. Ce résultat est important pour la spatialisation des estimations de biomasse car il aurait été difficile d'obtenir cette information pour toutes les espèces. Pratiquement, utiliser une densité de bois moyenne pour toutes les espèces n'affecte pas beaucoup les estimations de biomasse. Cependant il est important que la valeur utilisée comme densité de bois moyenne soit cohérente avec la composition spécifique. Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse de Quentin Molto et est présenté dans l'article de Molto *et al.* (Methods in Ecology and Evolution 2013).

La spatialisation des estimations, par extrapolation en s'appuyant sur des variables environnementales et climatiques, a permis d'obtenir une première carte de la biomasse aérienne de la Guyane. Cette carte ne présente pas de biais d'estimation, contrairement aux cartes produites jusqu'à présent à partir de données satellitaires qui sous-estiment les valeurs de biomasses supérieures à 400 tonnes à l'hectare. Ce travail a aussi été réalisé dans le cadre de la thèse de Quentin Molto et fera l'objet d'un article prochainement.

La carte de biomasse à l'échelle de la Guyane a été développée en se basant sur les relations entre nos données de terrain et des descriptions environnementales des sites d'étude (Baraloto *et al.* Global Change Biology 2011).

Estimation de la biomasse forestière Guyanaise

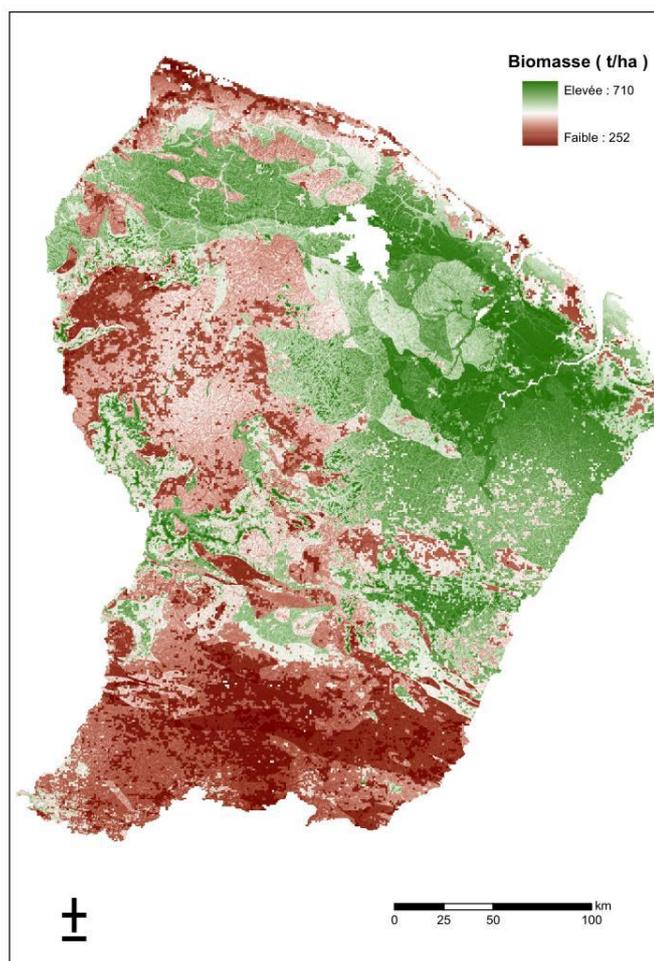


Figure 1 : Carte des estimations du stock de la biomasse aérienne du projet GuyaSim

Biodiversité

Pour mieux évaluer la biodiversité des arbres, nous avons analysé des relations entre noms vernaculaires et noms scientifiques des arbres guyanais lors des inventaires forestiers. En effet, dans de nombreux inventaires les arbres sont renseignés par leur nom local (nom vernaculaire) qui peut désigner une ou plusieurs espèces. Un travail de formalisation des connaissances des prospecteurs forestier du Cirad et de l'ONF a été réalisé. Ce travail a été couplé à une analyse statistique des données d'inventaires (stages JM Madkau et C. Ayotte-Trepanier), qui fait partie d'une publication où l'approche est appliquée aux analyses de taux de mortalité des arbres (Aubry-Kientz et al. PLoSOne 2013). Nous avons ainsi développé un outil pour estimer l'incertitude taxonomique des noms vernaculaires pour différents sites d'études. On organisait en novembre 2012 des workshops pour faire le transfert de cette approche vers des agents de l'ONF responsables des inventaires forestiers.

Ce financement a permis de collecter les données sur les Nouragues, où actuellement on compte plus de 650 espèces d'arbres inventoriées, ce qui représente le double des connaissances avant le début du projet. Ce projet aussi a permis une première caractérisation des arbres de la RN Trinité où l'on compte actuellement près de 300 espèces d'arbres sur une zone d'échantillonnage plus limitée que sur les Nouragues. Le projet a permis aussi de poursuivre des récoltes sur la zone très importante de la montagne de Kaw, où une description de la flore est en cours avec déjà plus de 300 espèces identifiées dont plus d'une vingtaine que nous n'avons jamais récoltées sur d'autres sites. Le projet a permis d'avancer sur les sites de sables blancs, qui sont peu diversifiés mais qui hébergent des espèces endémiques ; nos travaux ont contribué aux révisions de ZNIEFF de ces zones. Enfin, ce projet a permis une mission de terrain des inventaires multi-taxonomiques, en collaboration avec l'ONF et le PAG sur la zone Limonade au sud de Saul.

Programme « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF)

Actuellement, on travaille sur des articles scientifiques qui ont l'objectif d'analyser les contributions des gradients géographiques et environnementaux sur la composition des communautés d'arbres. Le traitement de ces données précieuses est long mais représenterait une avancée très importante pour les connaissances locales.

Grâce au temps investi par nos botanistes sur nos herbiers déposés au Missouri Botanic Garden, nous avons obtenu un jeu de données homogénéisé sur le bassin Amazonien de nos parcelles permanentes. Cette base de données a servi pour étudier les déterminants de composition floristique à l'échelle du nord de la Guyane et en comparaison aux autres sites du bassin Amazonien (ter Steege et al. Science 2013, Fortunel et al. Journal of Ecology 2014).

En parallèle, on utilise ces approches développées lors de ce projet pour essayer de fédérer des activités de l'analyse de la biodiversité spatiale des forêts de la Guyane. Suite aux inventaires entomologiques faits en parallèle avec ce projet, on termine actuellement une analyse sur la biodiversité des arthropodes en Guyane et au Pérou. Ces études forment la base d'un des projets centraux du Labex Centre d'Etudes de la Biodiversité Amazonienne sur la thématique de « biodécouverte » qui sera piloté par C. Baraloto en 2013-2015. Le réseau de partenaires développé lors du projet GuyaSpaSE (instituts de recherche, ONF, RN) et récemment de la DEAL, servira tant que garantie de transfert des résultats de GuyaSpaSE ainsi que les projets qui le suivront, sur la gestion des forêts de la Guyane.

DIFFICULTES RENCONTREES

La seule difficulté rencontrée pour la collecte des données était le changement de programme des missions terrain suite au changement de protocole pour le transport du personnel en forêt profonde par hélicoptères biturbines. Vu les modifications de financement ainsi que la récente augmentation du prix de transport pour les missions en forêt profonde, nous avons modifié le terrain à faire pour remplir les tâches 1.1 et 1.2. Nous avons pris la décision de nous focaliser sur le nord de la Guyane vu les contraintes de mission dans le sud, et de renforcer nos efforts sur des sites d'études où nous pouvions mutualiser les efforts avec des collègues des réseaux de réserves, notamment. En 2012, nous avons concentré nos efforts sur les zones de Kaw en collaboration avec la Réserve naturelle Trésor et l'ONF ; et sur les réserves des Nouragues et de la Trinité en collaboration avec les Réserves naturelles, l'ONF, et le CNRS. En 2013, le financement du projet Labex CEBA DIADEMA a permis de faire une mission collaborative sur la zone de Limonade en collaboration avec l'ONF et le PAG pour la logistique.

En termes de gouvernance, nous n'avons pas pu formaliser un comité de pilotage avec tous les acteurs locaux, surtout avec la participation des partenaires de la DEAL et du PAG, en raison des incompatibilités de calendrier et du manque d'expérience du responsable du projet dans le réseau des acteurs locaux. Cependant, beaucoup d'échanges ont eu lieu en continu entre les partenaires depuis le début du projet grâce à une connaissance mutuelle entre chercheurs et gestionnaires des différents projets et programmes. La réactualisation des ZNIEFF engagée par le MEDDE en Guyane a démarré en 2009, avant que l'équipe du projet ne soit en mesure d'apporter des conseils et des résultats concrets pour les inventaires. Le MEDDE devant engager les fonds avant la publication des résultats du projet, ceux-ci n'ont pas pu être pris en compte. Des contacts désormais très réguliers avec la DEAL vont permettre à l'équipe Guyaspase de contribuer à une meilleure prise en compte, par la DEAL, de la biodiversité et d'un certain nombre de données environnementales à l'échelle régionale. Et si cela ne se fait pas à temps pour les inventaires de terrain, cela servira quand même dans un premier temps pour critiquer et valoriser ces inventaires (discussion sur les sites par rapport au protocole que l'on aurait pu mettre en place - Est-ce que ces ZNIEFF couvrent des zones importantes pour la biodiversité ?). La participation de C. Baraloto et O. Brunaux dans le CSRPN de la Guyane, depuis janvier 2013, facilitera ces échanges et la valorisation des résultats GuyaSpaSE pour l'évaluation des ZNIEFF et la détermination des corridors en vue d'une trame verte dans le Nord où les perturbations sont actuellement les plus intenses.

IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

Le programme BGF Guyaspase participe sur de nombreux points à l'amélioration des politiques et des actions publiques. Il répond à de multiples demandes et fournit divers résultats tant aux gestionnaires forestiers (ONF), qu'aux ministères (MAP et MEDD) et aux collectivités locales (Région).

Mieux appréhender la diversité spécifique des peuplements forestiers : une demande forte des gestionnaires pour une meilleure préservation de la diversité.

Le travail collectif d'inventaire botanique de terrain (tâche 1.1) permet d'enrichir la base de données relationnelles entre la classification taxonomique et les nomenclatures vernaculaires utilisées en Guyane (il en existe plusieurs, l'ONF et le CIRAD s'appuyant sur des prospecteurs d'ethnies différentes). Une méthode bayésienne a été développée pour formaliser ces relations et mieux prendre en compte l'incertitude taxonomique liée à l'information vernaculaire (tâche 2.2). Cette méthode qui doit s'appuyer sur des données croisées en nombre suffisant (équilibre entre la partie « expertise » et la partie « données ») a pu être développée sur Paracou et appliquée à la nomenclature vernaculaire CIRAD grâce à la capitalisation de nombreuses années d'inventaires botaniques. Une autre approche plus globale a été réalisée pour évaluer la fiabilité potentielle de la nomenclature ONF (sur une base plus étroite de 2 200 arbres – en collaboration avec le projet Habitats ; Guitet et al. 2014).

Ces travaux permettront d'éclairer les gestionnaires sur les forces et faiblesses de leur approche vernaculaire ce qui est un élément essentiel pour une bonne gestion de la biodiversité. Un exemple parmi d'autre : la mise en évidence récente parmi les « Gonfolo rose » de plusieurs espèces de *Qualea* dont certaines très rares [c'est la deuxième essence commerciale que l'on croyait correspondre uniquement à *Qualea rosea*]. Ces résultats permettront d'orienter les efforts d'amélioration des connaissances botaniques que doivent porter les gestionnaires, vers les groupes vernaculaires les moins bien appréhendés.

Améliorer les estimations de stocks et de flux de carbone : une exigence du MAP pour mieux renseigner les inventaires relatifs au protocole de Kyoto.

Les tâches 1.2 et 1.3 se sont pour le moment principalement attachées à la fonction « carbone » de la forêt. L'objectif a été de déterminer la meilleure stratégie permettant d'évaluer le plus précisément et le plus économiquement possible les stocks et flux de carbone en Guyane afin de répondre aux nombreuses interrogations et demandes des gestionnaires, collectivités guyanaises et ministères concernant cette thématique. Les différentes approches engagées à plusieurs échelles ont permis de mettre en évidence : (1) la grande incertitude des estimations de biomasse liée à la propagation des erreurs propres aux modèles allométriques et des incertitudes sur les différents paramètres mesurés (cf. thèse Quentin Molto) ; (2) la faible influence de l'environnement sur le niveau de biomasse à l'échelle locale au regard des fortes variations liées à la structure forestière (Baraloto et al., 2013) mais des effets perceptibles de ces conditions environnementales avec une grande variabilité de la valeur du stock de biomasse à l'échelle opérationnelle, i.e. méso-échelle (cf. stage Boeraeve F. et Zomer P. – stage Guerrere V.), du fait de l'influence de facteurs locaux tels que la qualité du drainage (indice HAND) ou la variabilité de la structure (ouverture canopée - chablis) ; (3) l'efficacité des placettes Gentry modifiées pour atteindre une estimation de précision suffisante à moindre coût pour un habitat homogène (Baraloto et al., 2010).

Une première carte de biomasse régionale calibrée sur de grandes campagnes d'inventaires forestiers menées entre 1974 et 1976 par le CTFT (Centre technique forestier tropical) dans le nord de la Guyane a été proposée par Molto (tâche 2.3) et permet déjà d'envisager des applications à travers son intégration au logiciel GUYASIM pour un calcul de bilan carbone en gestion forestière ou en aménagement du territoire. Cette carte montre aussi (et avant tout) la forte variabilité potentielle des stocks de carbone à large échelle et la nécessaire amélioration de la fiabilité des estimations, les incertitudes étant énormes.

L'ensemble de ces travaux permettent aussi de proposer à l'ensemble des acteurs engagés dans l'estimation et la valorisation des stocks de carbone forestier, une stratégie plus claire pour améliorer les modèles prédictifs : (i) systématiser les placettes gentry-modifiées pour une estimation fiable et précise de la biomasse sur des habitats homogènes ; (ii) répéter ces dispositifs sur une stratification préalable à méso-échelle garantissant une homogénéité intra-placette des habitats et une prise en compte exhaustive (inter-placettes) de la diversité des habitats ; (iii) bien appréhender les cortèges floristiques locaux pour assurer une bonne estimation de la densité moyenne des bois. La description de la bêta-diversité des forêts à l'échelle régionale, récemment fournie par le projet-partenaire Habitats, fournit des éléments de réponse pour orienter les deux derniers points. La conjugaison des résultats de ce programme avec ceux du programme Habitats devrait donc permettre de passer très prochainement à des estimations carbonées plus fiables à une échelle opérationnelle et répondre ainsi

Programme « Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques » (BGF)

à des questions très importantes concernant notamment l'impact des choix de sylviculture (bilan des prélèvements bois-énergie – gain de l'exploitation à faible impact) et l'impact de différents scénarii d'aménagement du territoire (notamment ouverture de routes). Il existe sur ce point, une demande très forte du MAP pour que les estimations de flux liés à la déforestation et la dégradation des forêts soient affinés pour l'inventaire Kyoto de 2012. Le programme BGF participe en ce sens à l'amélioration des connaissances et des méthodes pour répondre à ce besoin.

Réactualisation et modernisation des ZNIEFF en Guyane : proposition d'une méthodologie rigoureuse et efficace

La tâche 2.1 a permis d'élargir la validation de la méthode gentry-modifiée à d'autres contextes (gradient écologique plus large) et à la problématique de la diversité spécifique. Cette tâche du projet permet de répondre en partie aux questions méthodologiques qui se posent dans le cadre de la réactualisation des ZNIEFF (zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique) engagée par le MEDD en Guyane. Jusqu'à présent, les prospections complémentaires ont été réalisées sans protocole standardisé, à l'avancement et sans surface de référence. La méthode-gentry a été proposée à la DEAL et au bureau d'étude en charge du pilotage du dossier ZNIEFF (Biotope) afin d'améliorer qualitativement et quantitativement l'intérêt des données recueillies dans ce cadre. Ces appels n'ont malheureusement pas été écoutés jusqu'à présent. La nomination de C Baraloto et O Brunaux sur le nouveau CSRPN va permettre d'approfondir la discussion des ZNIEFF ainsi que d'autres zones de protection et des corridors entre ces zones, pour améliorer le prochain projet de SAR.

Nous travaillons actuellement pour que la base des informations développées lors du projet GuyaSpaSE serve pour construire un projet qui fédère les activités de descriptions des services environnementaux à l'échelle de la Guyane. Dans le cadre du Labex CEBA (centre d'études de la biodiversité amazonienne), nous poursuivons les projets Habitats et GuyaSpaSE pour construire un projet central en collaboration étroite avec la DEAL et le PAG (Parc amazonien de Guyane). Ce projet, qui s'appelle DIADEMA, vise à fédérer les données existantes sur la biodiversité, non seulement des arbres mais aussi de huit autres groupes taxonomiques, dans une base de données pour les chercheurs et gestionnaires.

Ces développements méthodologiques participent par ailleurs au maintien de la visibilité internationale des chercheurs et gestionnaires forestiers de Guyane française (cf. invitation de C. Baraloto et O. Brunaux à la réflexion sur la stratégie d'inventaire forestier national du Suriname). Ces échanges développés dans le cadre du projet invitent aussi à une réflexion plus large à l'échelle du Plateau des Guyane et de l'Amazonie dans laquelle doit aussi s'inscrire la politique environnementale guyanaise.

Annexe : Textes des publications

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES PARUES

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES	
Publications scientifiques parues	<ul style="list-style-type: none"> • Guitet, S., D. Sabatier, O. Brunaux, B. Hérault, M. Aubry-Kientz, J.-F. Molino, and C. Baraloto. 2014. Estimating tropical tree diversity indices from forestry surveys: A method to integrate taxonomic uncertainty. <i>Forest Ecology and Management</i> 328:270-281. • Fortunel, C., J. Ruelle, J. Beauchêne, P.V.A. Fine, and C. Baraloto. 2014. Wood specific gravity and anatomy of stems and roots in 113 Amazonian rainforest tree species across environmental gradients. <i>New Phytologist</i> • Fortunel, C., C. E. T. Paine, N. J. B. Kraft, P. V. A. Fine, and C. Baraloto. 2014. Environmental factors predict community functional composition in Amazonian forests. <i>Journal of Ecology</i> 102: 145-155. • ter Steege, H., N. Pitman, D. Sabatier, C. Baraloto et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. <i>Science</i> 342:1243092. • Aubry-Kientz, M., B. Hérault, C. Ayotte-Trépanier, C. Baraloto, and V. Rossi. 2013. Towards trait-based mortality models for tropical forests? <i>PLoS One</i> 8: e63678. • Baraloto, C., Q. Molto, S. Rabaud, B. Hérault, R. Valencia, L. Blanc, P. V. A. Fine, and J. Thompson. 2013. Rapid simultaneous estimation of aboveground biomass and tree diversity across Neotropical forests: A comparison of field inventory methods. <i>Biotropica</i>. 45: 288-298. • Baraloto, C., S. Rabaud, Q. Molto, B. Hérault, L. Blanc, C. Fortunel, N. Davila, I. Mesones, M. Rios, E. Valderrama, and P. V. A. Fine. 2011. Disentangling stand and environmental correlates of aboveground biomass in Amazonian forests. <i>Global Change Biology</i> 17: 2677-2688. • Q. Molto, B. Hérault, J.-J. Boreux, M. Daulet, A. Roustaud, V. Rossi, Predicting Tree Heights for Biomass Estimates in Tropical Forests, <i>Biogeosciences Discuss.</i>, 10, 8611-8635 (2013) • Q. Molto, V. Rossi, L. Blanc, Error propagation in biomass estimation in tropical forests, <i>Methods in Ecology and Evolution</i>, 4(2): 175–183 (2013)
COLLOQUES SCIENTIFIQUES	
Participations passées à des colloques	<p><i>Colloques scientifiques</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Baraloto, C. 2013. Phylogenetic patterns of tree stature and habitat specialization across lowland amazonian forests. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), San Jose, Costa Rica, 22-26 June 2013. • Aubry-Kientz M, Ayotte-Trépanier C., Hérault B., Rossi V., Modélisation de la mortalité des arbres en forêt tropicale avec covariables incertaines, 7ème Rencontres Statistiques de Rochebrune, Rochebrune, France, 1 au 6 avril 2012.

- Aubry-Kientz M, Ayotte-Trépanier C., Hérault B., Rossi V., Towards trait-based mortality models for tropical forests?, International Meeting of the ATBC, Bonito, Brazil, 18-22 June 2012.
- Baraloto, C. et al. Effects of road paving and land tenure on forest value in the trinational MAP region of southwestern Amazonia. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), Bonito, Brazil. 18-22 June 2012.
- Baraloto, C. How can we use plant functional traits to predict tropical forest response to global changes? Annual Meeting of the ATBC, Arusha, Tanzania. 11-16 June 2011.
- Baraloto, C., Fortunel, C., Fine, P.V.A. Contrasting tissue strategies promote functional beta-diversity in Amazonian trees. Annual Meeting of Ecological Society of America, Austin, TX, 7-12 August, 2011.
- Fortunel, C., Fine, P.V.A., Baraloto, C. Environmental filtering and species distributions across lowland South American forests. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), Bonito, Brazil. 18-22 June 2012.
- Fortunel, C., Fine, P.V.A., Baraloto, C. Trait strategies and community assembly in contrasting habitats of Amazonian rainforests. Annual Meeting of the Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC), Arusha, Tanzania. 11-16 June 2011.
- Sist P, Mazzei L, Blanc L, Ruschel A, Rossi V, Kanshiro M. Long term Impact of logging on carbon storage and tree diversity in the Amazon Basin, International Meeting of the ATBC, Bonito, Brazil, 18-22 June 2012
- Sist P., Blanc L., Baraloto C. & Mazzei L. Current knowledge of general patterns of biomass dynamics after logging in amazonian forests. IUFRO Congress "Research priorities in tropical silviculture : towards new paradigms ?". Montpellier, France, 15-18 November 2011.
- Wagner F., Moore A., Rossi V., Hérault B. Which climate indices are relevant for predicting the response of tropical forests to future climate scenarios? International Meeting of the ATBC, Bonito, Brazil, 18-22 June 2012.

Colloques à destination des gestionnaires

- Brunaux, O. 2012. Workshop sur l'identification des arbres lors des inventaires forestiers. ONF-Guyane.

MASTERS	
Masters passés	<p>stage de M2 en 2011 (V. Guerrere, encadré par L. Blanc et S. Traissac) sur les inventaires papetiers et les inventaires de Couanami</p> <p>stage de M2 en 2012 (A. Leclerc, encadré par C. Fortunel) sur mesures de traits du bois</p> <p>stage de M2 en 2011 (C. Ayotte-Trepannier, encadré par B. Hérault et V. Rossi),</p> <p>stage de M1 en 2012 (J.-M. Madkaud, encadré par B. Hérault)</p> <p>deux étudiants de master de l'Université Utrecht (Pays-Bas) en 2011 (Fanny Boeraeve & Peter Zomer) sur analyse biomasse & pour mettre en place un réseau de parcelles Gentry sur le site de Kaw</p> <p>stage de césure (G. Coste, encadré par V. Rossi), carte de biomasse aérienne à l'échelle de la région entière</p>
METHODOLOGIES (GUIDES...)	
méthodologies produites	Baraloto, C. 2013. Protocole d'inventaires multi-taxonomique de biodiversité pour les forêts tropicales humides – DIADEMA.
AUTRES	
Précisez...	<ul style="list-style-type: none"> • Baraloto et Brunaux participent à la définition d'une stratégie d'inventaires forestiers nationaux au Suriname, et ont été invité à présenter les résultats issus de ce projet GuyaSpaSE en avril 2012 et juillet 2012 à Paramaribo. • Engel est allé en mission à Missouri Botanic Garden , USA, en octobre 2011 pour participer à une standardisation des échantillons herbiers de la Guyane avec des collaborateurs d'autres réseaux de parcelles permanentes au Brésil et au Pérou. • Baraloto est allé en Acre, Brésil, Pando, Bolivie et Madre de Dios, Pérou, en juin-juillet 2012 pour présenter les résultats des méthodes d'inventaires du projet et pour discuter les collaborations avec les réseaux de parcelles permanentes dans cette région.