

Biodiversité et paysages en forêt guyanaise : développement d'une méthodologie de caractérisation et de spatialisation des habitats à l'usage des gestionnaires des milieux naturels forestiers

Responsable scientifique

Cécile RICHARD-HANSEN, ONCFS

Ecologie des forêts de Guyane - ECOFOG, UMR, Campus Agronomique,
BP 316 - 97 379 Kourou Cédex

Mél. : cecile.richard-hansen@ecofog.gf

Autres participants

Office national des forêts - ONF, Direction régionale de Guyane : Stéphane Guitet, Olivier Brunaux.

ECOFOG, UMR, Kourou, Guyane française : Gaëlle Jaouen (IRD).

Herbier de Guyane - CAY, Cayenne : Sophie Gonzalez (IRD).

Mots-clés

Habitats naturels, géomorphologie, biodiversité, forêt tropicale humide, Guyane française, biogéographie, typologie forestière, gestion de la biodiversité, cortèges faunistiques, relations faune-habitats, relations sol-végétation.

Objectifs des recherches

Les habitats naturels correspondent au niveau d'expression de la biodiversité le plus opérationnel en termes d'aménagement du territoire et de gestion des populations en forêt tropicale humide guyanaise.

L'objectif de ce projet est de développer des outils de caractérisation et de spatialisation des habitats du massif guyanais - connu pour sa diversité et sa complexité - à l'attention des gestionnaires. Il vise à établir une typologie précise de ces habitats, incluant les paramètres spécifiques et structuraux pour la faune et la flore et à élaborer une méthode de spatialisation basée sur la géomorphologie, qui semble être la clef d'entrée la plus pertinente pour comprendre la structuration de la biodiversité en Guyane à l'échelle du paysage - de nombreuses études ont en effet déjà démontré des liens forts entre géomorphologie, sols et végétation (Sabatier *et al*, 2006 ; Paget, 1999...). Notre démarche s'articule en plusieurs étapes qui visent à :

- Formaliser une méthode de stratification de l'espace forestier en unités de paysage en se basant notamment sur l'approche géomorphologique par zone biogéographique.
- Caractériser les grands habitats forestiers selon leurs différentes composantes environnementales, floristiques et faunistiques.
- Etablir les relations entre paysage, habitat et peuplement.

I. Présentation des travaux

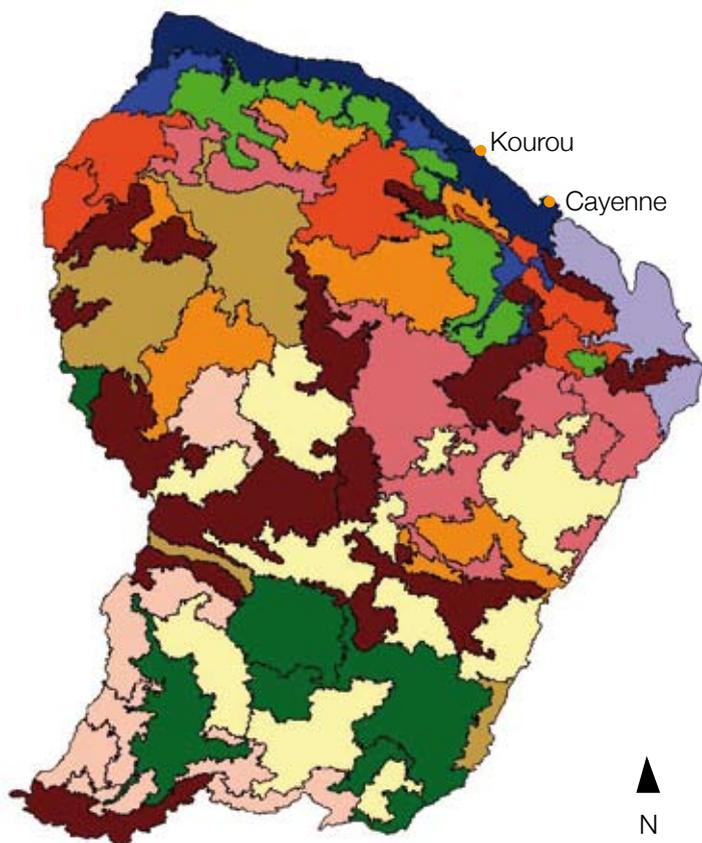
Introduction

La forêt guyanaise présente une forte diversité spécifique végétale et animale - la diversité des peuplements forestiers dépasse fréquemment les 150 espèces d'arbre par hectare. Pour préserver et valoriser durablement cette biodiversité, les gestionnaires et les aménageurs guyanais ont besoin de connaître sa structuration à une échelle compatible avec leur niveau d'action, c'est-à-dire à l'échelle des paysages - le paysage étant défini ici comme « une portion de territoire hétérogène composée d'ensembles d'écosystèmes en interactions qui se répètent de façon similaire dans l'espace » (Forman et Godron in Burel et Baudry, 1999), de dimension supérieure à plusieurs centaines d'hectares.

La géomorphologie, science qui a pour objet la description et l'explication du relief de la Terre selon le support géologique et l'historique bioclimatique, pourrait être un élément structurant de la biodiversité forestière, tant à l'échelle locale qu'à l'échelle du paysage. En effet, les relations entre géomorphologie et organisation des sols tropicaux sont bien connues, de même que l'influence du sol sur la biodiversité forestière (Sabatier *et al.*, 2007 – Freycon *et al.*, 2003 ; Morneau, 2007...). La géomorphologie pourrait aussi être un élément structurant de la biodiversité animale. Des différences dans les abondances de mammifères ou de primates ont par exemple été montrées en Amazonie entre les zones inondables de « varzea » et les terrains exondés de « terre ferme ». La géomorphologie apparaît donc comme un moyen de prédiction possible de la biodiversité des forêts.

L'objectif de ce projet est donc de développer des outils nécessaires aux gestionnaires et aux chercheurs pour identifier et caractériser les grands types d'habitats - définis comme « un ensemble indissociable comprenant un compartiment stationnel (conjugaison d'un type de sol sous un climat donné), une végétation associée et une faune ayant tout ou partie de ses activités vitales sur l'espace considéré » (Rameau, 2001). L'étude des relations entre habitats et géomorphologie doit ensuite permettre de spatialiser ces habitats et de définir les différents paysages forestiers de Guyane, permettant une représentation cartographique de la biodiversité guyanaise.

Figure 1 : Carte des unités de reliefs (ou régions naturelles) classés par types de paysage.



Légende

Grands types de paysage

- AA- Plaine côtière avec petits reliefs
- AB- Plaine côtière et flats
- AC- Plaine côtière et dépressions
- C- Collines et plateaux bas à tendances hydromorphes
- D- Pénéplaine intérieure
- E- Plateaux bas et inselbergs
- I- Collines et plateaux bas non hydromorphes
- F- Plateaux hauts découpés avec inselbergs
- G- Plateaux hauts allongés
- H- Hauts reliefs «montagne»
- J- Collines hautes et plateaux découpés
- B- Collines et plateaux complexes

Matériel et méthodes

■ Approche géomorphologique : stratification de l'espace forestier en unités de paysages

Le premier volet du projet consiste donc à mettre au point une méthode de stratification de l'espace forestier en unités de paysage basée sur une approche géomorphologique. Un modèle numérique de terrain de la NASA a été utilisé (SRTM radar à résolution spatiale de 30 mètres dans le plan). Puis une méthode de segmentation orientée sur les reliefs élémentaires a été développée : 224 000 unités de modelés, de tailles comprises entre 10 et 1 000 hectares, ont ainsi été obtenues, permettant d'individualiser les plaines, collines, parties de plateaux et autres massifs élémentaires. Sur chacun de ces modelés, 18 indices de forme ont été calculés à partir du modèle numérique de terrain, permettant de décrire le profil des pentes, la complexité des formes, l'étagement des reliefs, etc. Des méthodes de statistiques classiques (Analyse en Composante Principale et K-moyenne) ont ensuite été appliquées et aboutissent à une typologie des modelés. La répartition géographique de ces différents types a été analysée à l'échelle de la Guyane et a permis d'obtenir une carte des unités de paysage, régions de plusieurs dizaines de milliers d'hectares caractérisées par l'association et la répétition de types de reliefs particuliers. Ces unités de paysage sont elles-mêmes classées en types de paysage par les mêmes techniques d'analyse (fig. 1).

■ Observations terrain : décrire la variabilité des habitats

Le second volet consiste à définir une typologie des habitats à partir de descriptions de terrain faites sur 14 sites répartis sur une bande de forêts aménagées de Guyane (bande de 70 km de large environ, longeant la côte Atlantique sur toute la largeur du territoire). Sur chaque site, 4 layons de 3 km ont été tracés puis décrits en s'intéressant à la structure forestière (densité et taille des arbres de plus de 20 cm de diamètre et des palmiers, hauteur et ouverture de la canopée), à la composition floristique et aux facteurs environnementaux (topographie, sol, hydromorphie). L'unité de description est une « placette » de 100 sur 20 mètres. Les données recueillies ont fait l'objet d'une analyse descriptive permettant de mettre en évidence les grands facteurs de variabilité des formations forestières et de les confronter à une typologie d'habitats élaborée précédemment à dire d'expert (Hoff, 2001).

■ Analyse des relations entre géomorphologie et habitats

Ce volet consiste à mettre en évidence les relations entre les formes géomorphologiques déterminées dans le premier volet de l'étude et la variabilité des habitats décrits dans le deuxième volet, tant à l'échelle locale (placettes vs modelés) qu'à l'échelle régionale (layon et site vs unité de paysage). Des relations statistiques sont établies entre les types géomorphologiques et les paramètres de structure et de composition les plus importants pour discriminer les habitats.

■ Analyse des cortèges de faune et relations faune-habitat

Un dernier volet spécifique à la diversité faunistique est développé. Les abondances de la grande faune (18 espèces de mammifères et d'oiseaux terrestres) sont mesurées par la méthode standard du transect linéaire (nombre d'observations/10 km de transect)

sur 23 sites différents, dont 16 sont exempts de perturbations anthropiques (chasse...). Pour onze de ces sites, les habitats et caractéristiques forestières ont été décrits précisément sur le terrain (cf. volet 2 de l'étude), pour les autres, seules des descriptions environnementales globales sont disponibles (issues d'analyses cartographiques et de la classification en unités de paysages). Les analyses statistiques cherchent d'abord à caractériser les diverses communautés animales ACP (analyse en composante principale) puis à mettre en relation ces différentes communautés avec les paramètres environnementaux locaux ou généraux, les types d'habitats et les unités de paysage définis précédemment.

Résultats

■ Stratification de l'espace forestier en unités de paysages

Une carte des reliefs élémentaires couvrant toute la Guyane et distinguant 13 types géomorphologiques a été finalisée selon une procédure objective basée sur l'analyse statistique des indices de forme et de relief. L'analyse de leur répartition spatiale, de leur agrégation et de leur diversité locale a permis de subdiviser la Guyane en 82 régions naturelles. Cette étape a fait l'objet d'un premier découpage empirique testé puis modifié par une analyse en statistique spatiale, grâce au logiciel Fragstat. Ces régions ont ensuite été classées en 12 types de paysages forestiers. Cette méthode apporte des éléments de stratification de l'espace forestier précis (car quantifiables et validés par des experts connaissant très bien la réalité du terrain) pour toute la Guyane. Elle fournit la base des volets suivants.

■ Typologie des habitats

Les variables descriptives relevées sur le terrain pour les peuplements forestiers ont été analysées et validées quant à leur pouvoir explicatif. Ces variables ont ensuite été utilisées pour tester la robustesse de la typologie établie par Hoff en 2001 pour les forêts des départements d'Outre-mer - essentiellement basée sur les paramètres environnementaux (notamment le substrat géologique supportant la formation). Nos résultats montrent que la typologie de Hoff n'explique qu'une faible part de la variabilité des forêts guyanaises. Il s'est donc avéré nécessaire d'adapter cette typologie. L'intégration des variables de structure et de composition floristique permet d'obtenir des types nettement plus homogènes, au nombre de 10. Les types d'habitats se distribuent essentiellement sur un axe lié à la dynamique forestière, opposant des forêts denses et matures (fortes densités, forte surface terrière, canopée haute et abondance d'essences tolérantes à l'ombre) à des forêts perturbées (canopée ouverte, forte intensité de perturbation par des chablis et composition floristique héliophile). La dominance de certaines espèces ou familles permet aussi de définir des faciès de composition. La position topographique montre aussi une influence sensible sur l'organisation globale des peuplements mais avec un effet encore mal cerné. Ces analyses complexes restent à finaliser.

■ Relations paysage-habitat

Les layons, correspondant à l'échelle des paysages, apparaissent comme le niveau de perception le moins variable et donc le plus efficace pour représenter un peuplement le plus homogène possible. C'est donc à ce niveau que se sont concentrées les analy-

ses des relations entre biodiversité et géomorphologie. Ils ne permettent cependant pas d'aborder correctement la problématique de diversité floristique au niveau espèce. Leur surface (6 hectares) est sans doute légèrement inférieure à la surface optimale pour capter toute la diversité botanique. L'analyse des compositions floristiques s'est donc limitée au niveau de la famille. Les types de paysages, définis dans le premier volet à partir de la géomorphologie et regroupés en 4 grandes catégories (montagnes, plateaux élevés, plateaux surbaissés et zones basses) montrent une influence très forte sur les caractéristiques du peuplement forestier, ce qui permet de définir 4 grands types d'habitats différents de part leur composition, leur richesse en bois et palmiers et la physionomie des différentes strates forestières (sous-bois, canopée, lianes).

■ Analyses faunistiques

Les communautés animales apparaissent structurées différemment selon les sites étudiés. En dehors de tout impact anthropique, les cortèges faunistiques plutôt dominés par les grands primates comme les singes hurleurs (*Alouatta seniculus*) et les atèles (*Ateles paniscus*) s'opposent par exemple à ceux plutôt riches en petits cervidés forestiers (*Mazama sp.*), alors que petits et moyens primates caractérisent d'autres communautés. Les variables descriptives globales d'une zone (pente, hydromorphie ou dénivelé moyens déterminés à partir de la cartographie), ainsi que les paramètres détaillés d'habitats relevés sur le terrain (structure forestière, composition floristique, topographie), peuvent être corrélés avec les abondances et dominances de certaines espèces animales. Des corrélations existent également entre fréquences d'observation d'espèces animales et paramètres descripteurs ponctuels du milieu aux points d'observation (échelle de la placette). Ainsi, dans la plupart des cas, l'abondance globale d'une espèce donnée semble d'autant plus élevée que les conditions locales d'habitats qui lui conviennent sont présentes. L'abondance des *agamis* *Psophia crepitans*, par exemple est inversement corrélée à l'abondance de palmiers, à la proportion de plateaux et de faibles pentes sur une zone, et les observations de cette espèce sont également plus fréquentes sur des placettes sans palmiers et à forte pente. D'autre part, la typologie des unités géomorphologiques établie dans la première partie de cette étude s'avère pertinente pour expliquer en partie la variabilité des peuplements faunistiques. Bien que constituées des mêmes espèces, les communautés animales présentes sur les types « plateaux et collines basses » et « montagnes » se distinguent effectivement par des cortèges faunistiques assez différents en termes d'abondance relative. De même, les différents types de végétation forestière déterminés par analyse d'images satellites (Gond, Bernard *et al.*, 2009) correspondraient à des assemblages faunistiques légèrement différents. La chasse induit une certaine déstructuration de ces communautés, en affectant les espèces de manière différente selon leur intérêt cynégétique et leur vulnérabilité. Les abondances de grands primates et de grands oiseaux terrestres sont significativement réduites, par exemple, dans l'ensemble des zones chassées, mais d'autres espèces ne semblent pas touchées.

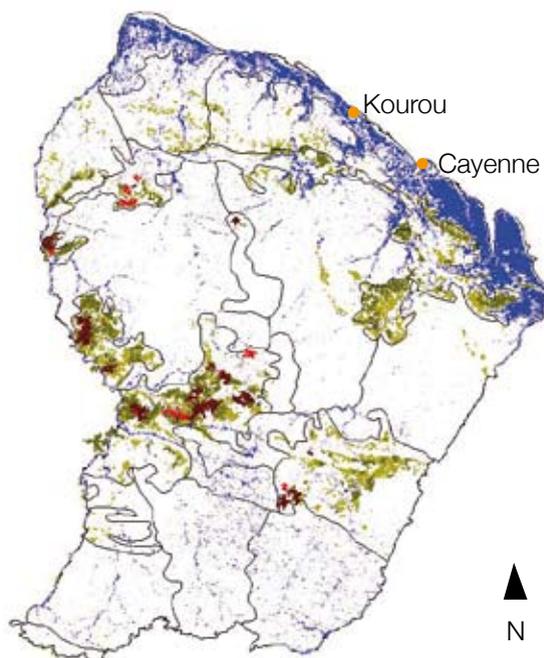
Discussion

Nous sommes parvenus à catégoriser de façon assez précise les principaux géomorphotypes du territoire guyanais. A une échelle régionale, cette cartographie se montre

pertinente, mettant en évidence la diversité des unités de reliefs. En revanche, elle doit encore être améliorée pour une utilisation à l'échelle locale (1/25 000^{ème}). Concernant la caractérisation des habitats forestiers, si la définition de grands types à l'échelle des paysages a été obtenue, la reconnaissance de types plus précis à l'échelle stationnelle (locale) doit être approfondie. Les résultats obtenus montrent qu'il existe un potentiel explicatif de la biodiversité à l'échelle stationnelle plutôt lié par ordre d'importance :

- 1) à l'opposition logique entre terre ferme et zones hydromorphes ;
- 2) à la dynamique successionnelle opposant forêts matures et forêts ouvertes ;
- 3) à une influence sensible de la position topographique, intégrant certainement les conditions de sol. Il est envisageable d'aboutir à une requalification de la typologie

Figure 2 : Carte des probabilités de présence des principaux habitats patrimoniaux



Légende

- Zones biogéographiques (Paget, 1989)
- Forêts montagnardes
- Forêts sub-montagnardes
- Mangroves, marais et marécages
- Forêts marécageuses, ripicoles, de flat
- Forêts basses sur cuirasses

d'habitats d'ici deux ans. Une suite à ce projet est déjà lancée grâce à des financements européens (PO-Feder).

Les variables principales décrivant les peuplements et la répartition des habitats semblent bien suivre l'organisation géomorphologique et il paraît possible d'extrapoler les descriptions obtenues sur les zones étudiées à toutes les zones semblables environnantes pour établir ainsi une cartographie prédictive des paysages et des habitats. Des applications ont déjà été faites en ce sens à différentes occasions (élaboration du Schéma Départemental d'Orientation Minière - modernisation des Zone Naturelle d'intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF), mais ce volet mérite encore des développements.

Des relations entre peuplements faunistiques et paramètres environnementaux ont été mises en évidence, à la fois avec des variables locales descriptives du milieu (composition et structure forestière, topographie) et des typologies globales à l'échelle du département (type géomorphologique ou type de végétation). Les différences entre cortèges faunistiques ne sont cependant pas suffisamment marquées, ou la typologie pas encore assez précise pour mettre en évidence l'impact d'une activité telle que la chasse sur la structure d'une communauté. Un des objectifs initiaux était en effet de pouvoir diagnostiquer un impact de la chasse sur une zone, en comparant son cortège faunistique à une composition théorique, prédite d'après son type forestier, géomorphologique ou paysager. L'augmentation de l'échantillonnage apportera probablement des précisions. De même, un échantillonnage plus large permettra de clarifier la nature des corrélations constatées entre abondance d'espèces animales, structure du milieu et composition botanique.

II. Acquis en termes de transfert

Bien que les outils, typologies et cartographies ne soient pas tous aboutis, ils ont cependant tous fait l'objet d'un transfert local à la demande express de bureaux d'études, d'administrations ou d'organismes de recherche. Cela montre l'importance de la thématique développée dans ce projet et le manque cruel d'outils de représentation de la structuration de la biodiversité à l'échelle des paysages - manque partiellement comblé à travers l'étude.

■ **La méthode de stratification** de l'espace forestier en unités de paysage basée sur la géomorphologie a été effectuée avec un niveau de précision et d'objectivité jamais atteint en Guyane. Ce travail représente ainsi une nouvelle référence pour les cartes inférieures au 1/100 000^{ème}. Cependant, les efforts doivent être poursuivis pour que la cartographie soit utilisable à l'échelle locale (1/25 000^{ème}). Une carte des régions naturelles et des types de paysage a déjà été éditée et diffusée auprès de chercheurs (UMR EcoFoG et UMR Amap) intéressés par ce changement d'échelle de la parcelle au territoire - notamment pour des questions de modélisation spatiale (projet GuyaSim du CIRAD en

cours de soumission) et de test de représentativité des dispositifs de recherche (réseau de placettes GUYAFOR). Elle sera diffusée plus largement auprès des collectivités, aménageurs et bureaux d'études, une fois paru un article scientifique concernant l'étude géomorphologique (rédaction en cours). Elle sera de plus accompagnée d'une notice descriptive des différents types de paysage et des zones biogéographiques auxquels se rattachent ces régions naturelles.

■ **La carte géomorphologique** a déjà fait l'objet d'une mise en pratique dans le cadre de la réflexion pour la prise en compte de la biodiversité dans la mise en place du SDOM (Schéma Départemental d'Orientation Minière) en 2008 et 2009. Bien que la typologie des paysages n'ait pas pu être finalisée à cette occasion, la carte des unités de modelés a été une base essentielle de la démarche en fournissant une quantité importante de données spatialisées : elle a permis d'élaborer des cartes prédictives de présence des habitats patrimoniaux les mieux connus (ci-contre) et a été un élément supplémentaire démontrant la variabilité des paysages du Nord de la Guyane par rapport à ceux du Sud, incitant ainsi à compléter l'effort de protection de la zone Nord non concernée par le Parc amazonien. La démarche présentée a été appréciée par les différents acteurs de l'aménagement du territoire.

Si la typologie des habitats n'est pas encore totalement aboutie, les résultats obtenus montrent qu'il existe un potentiel de classification à l'échelle stationnelle. Il est envisageable d'aboutir à une requalification de la typologie d'habitats d'ici deux ans à l'issue du projet PO-Feder, qui prend la suite de cette première étape. De plus, dans le cadre de la démarche de modernisation des ZNIEFF, les résultats partiels obtenus font déjà l'objet d'un transfert à la DIREN et à un bureau d'études (Biotope). Là encore, les attentes sont importantes car la démarche implique de hiérarchiser et de comparer différentes parties du territoire en fonction de l'originalité de la rareté et de la vulnérabilité des habitats qu'elles abritent. La cartographie des paysages permet déjà de confronter le réseau d'espaces protégés et de ZNIEFF existant avec la variabilité des paysages présents en Guyane même si tous ne sont pas encore précisément décrits (fig. 2). Cette comparaison permet d'orienter les prochains efforts d'inventaire sur les paysages les plus rares et les moins bien connus à ce jour.

III. Liste des principales valorisations des recherches

Articles scientifiques publiés, sous presse, soumis et en préparation

Cornu JF., Carozza JM., Guitet S., Brunaux O. et Freycon V. Méthode de cartographie géomorphologique automatique orientée modelés. En préparation.

Guitet S., Brunaux O. Cornu J.-F., Carozza J.-M., Betbeder J., Jaouen G. Landscapes and biodiversity in french guiana's forests : a mesoscale mapping method. Proceedings of the 15th meeting of Caribbean foresters in Guadeloupe. *Publication of the USDA Forest Service IITF 2010*. Sous presse.

Articles de vulgarisation publiés, sous presse, soumis et en préparation.

Richard-Hansen C., Guitet, S, Ingrassia, F., Brunaux, O. 2005. Biodiversité et paysages en forêt tropicale humide guyanaise. Rapport scientifique ONCFS 2005. 53-57.

Richard-Hansen, C. 2008. GUYANE : Les Habitats Forestiers Guyanais à la Une. ONCFS Actualités.

Rapports de fin d'étude (mémoires de master, de DEA, thèses...).

Betbeder, J. 2009. Application de modèles géostatistiques pour une cartographie de la biodiversité forestière à l'échelle des paysages en Guyane française. Rapport de Master 1, Université Supérieure Agricole d'Angers.

Communications dans les médias

Guitet, S., Richard-Hansen, C. 2009. Les Habitats Guyanais. « Paroles de Scientifiques » Emission Radio sur RFO Guyane : 2 semaines d'antenne quotidienne. Enregistrement le 29/09/09.

Expertises

Participation à l'élaboration de la cartographie de la Biodiversité en Guyane pour l'élaboration du Schéma Départemental d'Orientation Minière SDOM (pilotage : mission interministérielle).

Participation à la démarche de modernisation des ZNIEFF de Guyane (pilotage : DIREN).

Participations aux colloques nationaux ou internationaux (communication orale et poster)

Guitet, S., Richard-Hansen, C., Brunaux, O., Jaouen, G. 2008. Landscape and biodiversity in French Guiana rainforest. *Annual meeting 2008 of The Association for Tropical Biology and Conservation*. 9 - 13 juin 2008, Paramaribo, Suriname.

Jaouen G., Guitet S., Richard-Hansen C. y Brunaux O. 2010. La fauna silvestre y su hábitat en la Guayana Francesa. *IX Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna en la Amazonia y America latina*. Santa Cruz, Bolivia. 7 - 14 mai 2010.

Guitet S., Brunaux O. Cornu J.-F., Carozza J.-M., Betbeder J., Jaouen G. 2010. Paysages et Biodiversité en forêt guyanaise : méthode de cartographie des habitats à l'échelle régionale. *15^{ème} colloque des forestiers de la Caraïbe. Les changements climatiques, ses effets sur la gestion forestière et la biodiversité*. 14 au 18 juin 2010, Guadeloupe.

Conférence grand public

Richard-Hansen, C. & Guitet, S. 2009. Habitats et paysages forestiers de Guyane Des outils pour gérer la biodiversité. Cycle de Conférences « Les Vendredis d'IRISTA ».