

17

Biodiversité spontanée dans les agrosystèmes : plantes sauvages utiles et plantes envahissantes

Alors que la présence de l'homme vient perturber les équilibres des écosystèmes, des solutions doivent être trouvées pour augmenter la production des zones cultivées, tout en diminuant les intrants et la main-d'œuvre, pour nourrir la population humaine en constante augmentation. Le maintien des espèces natives utiles dans les cultures est un moyen d'atteindre cet objectif tout en conservant la biodiversité.

Contexte

C'est en 1979 que l'Orstom/IRD a affecté son premier chercheur à l'Institut national de recherches amazoniennes (INPA) à Manaus. Des recherches, entre autres en botanique, écologie et pédologie, se sont succédé en Amazonie, au travers de nombreuses missions de chercheurs, professeurs, étudiants français et brésiliens qui sont venus en appui aux équipes sur place. En 1993, une collaboration avec l'université fédérale du Pará (UFPA) et l'université fédérale rurale d'Amazonas (Ufra) à Belém a permis le démarrage dans l'État du Pará de projets associant l'étude des sols et de la végétation, auxquels ont succédé plus récemment des projets sur la biodiversité. Depuis 2013, une collaboration a aussi débuté avec l'université fédérale du Sud et Sud-Est du Pará (Unifesspa) à Marabá. Avec ces universités, nous nous sommes centrés sur l'étude de zones occupées par l'agriculture familiale.

L'évaluation de la biodiversité en zone tropicale humide est au centre des préoccupations internationales, c'est pourquoi les chercheurs de l'IRD et leurs collègues brésiliens ont développé des recherches sur l'évaluation de la biodiversité sauvage des agrosystèmes, et de la part utile de cette biodiversité dans la communauté de Benfica, aussi dénommé PA-Benfica (*Projeto de Assentamento Benfica*). Ce projet d'installation de petits agriculteurs concerne un territoire précédemment occupé par de grandes propriétés qui ne l'avaient que partiellement défriché.

Comme d'autres régions du Brésil, la région de Marabá dans l'État du Pará, où se situe le PA-Benfica, se caractérise par la présence de fronts pionniers plus ou moins anciens. Une forêt dense humide à forte biodiversité couvrait initia-



Mesure de la couronne d'un palmier *babaçu* dans un pâturage du PA-Benfica, Brésil.

lement les terres. L'installation des agriculteurs s'est traduite par une modification progressive du paysage. En effet, chaque année, ceux-ci choisissent une portion de leurs terres forestières et effectuent le nettoyage du sous-bois, la coupe des grands arbres et le brûlis. Une fois le terrain préparé, soit ils plantent du riz puis du fourrage, soit ils plantent directement le fourrage. Chez les petits agriculteurs familiaux, avec lesquels nous avons travaillé, la culture est manuelle, sans utilisation de tracteurs. Cependant l'usage d'herbicides, peu répandu jusqu'à ces dernières années, est devenu de plus en plus courant.

Entre 1987 et 2005, le paysage de la localité a donc subi d'intenses transformations dues au changement d'utilisation des terres. Il est passé d'un paysage forestier à une mosaïque de parcelles agricoles et notamment de pâturages, actuellement dominants. Certaines parcelles peuvent devenir improductives en raison de l'appauvrissement des sols qui ne reçoivent aucun engrais. Ces espaces sont temporairement abandonnés et entament alors un processus de régénération naturelle par le biais de la succession végétale, qui mène à un espace en friche. Une forêt secondaire se reconstitue et se maintiendra pendant une période plus ou moins longue. Elle pourra à nouveau être coupée et transformée en un nouveau champ agricole.

La région est connue sous le nom de « *Polígono dos castanhais* », en raison de la forte concentration de noyers du Brésil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) dans les forêts « primaires » – c'est-à-dire des forêts anciennes, matures,

PARTENAIRES

Institut national de recherches amazoniennes (INPA), Brésil

Université fédérale du Pará (UFPA), Brésil

Université fédérale rurale d'Amazonas (Ufra), Brésil

Université fédérale du Sud et Sud-Est du Pará (Unifesspa), Brésil

Musée Emílio Goeldi de l'État du Pará (MPEG), Brésil

Institut national de la recherche agronomique (Inra), France

Université de Montpellier (UM), France

Université Paul-Valéry (UPV), France



Palmier *babaçu* et *castanheira*
(noyer d'Amazonie),
Amazonie brésilienne.

qui de mémoire d'homme n'ont jamais été défrichées – dont la densité a malheureusement diminué de manière significative sur le PA-Benfica. Dans cette région, les forêts primaires bien préservées présentent une grande richesse d'espèces typiques de ces milieux. L'exploitation du bois en forêt est, avec l'agriculture, la principale activité à l'origine de leur dégradation. On peut percevoir au moins trois niveaux différents de dégradation des forêts : les forêts bien conservées, où l'on trouve des espèces typiques des forêts humides non perturbées ; les forêts perturbées, avec la dominance d'espèces forestières typiques du sous-bois, mais avec une canopée pauvre en espèces du fait de l'extraction de bois plus ou moins précieux ; les forêts récemment perturbées, avec des traces de brûlis et la présence marquée d'espèces d'arbres pionniers. Les agriculteurs utilisent ces zones forestières riches en biodiversité pour la chasse, la récolte de fruits, de graines et de bois.

Les forêts riveraines, pourtant protégées par la loi n° 4771 de 2012 du Code forestier brésilien, sont aussi parfois défrichées, notamment pour ouvrir des chemins permettant au bétail de s'abreuver ou pour aménager des zones de loisirs. Celles adjacentes aux pâturages présentent le degré de dégradation le plus élevé. Le palmier *açaí* (*Euterpe oleracea* Mart.) est une espèce typique de ces forêts. Cette espèce profite souvent des clairières résultant de l'exploitation forestière pour se développer et devenir presque mono-dominante. Le fruit de l'*açaí* est consommé par la population locale et vendu dans les commerces d'Itupiranga et Marabá. Parfois, les formations à *açaís* de ces zones, localement appelées *açaizais*, font l'objet de coupes pour la récolte du cœur de palmier. C'est lors de ces perturbations que la *taboa* (*Typha dominguensis* Pers.), une espèce herbacée répandue pratiquement partout sur la planète, devient envahissante et ralentit fortement l'écoulement des eaux, allant parfois jusqu'à assécher les bas-fonds.

Comment mène-t-on cette recherche ?

Après un premier contact avec les dirigeants du syndicat des agriculteurs, une réunion avec la population locale a permis d'échanger autour de la recherche qui devait être menée et de s'entendre avec les agriculteurs favorables à une collaboration dans leurs propriétés. La visite de ces propriétés a permis de sélectionner les parcelles à étudier : les cultures de riz, les pâturages, les forêts « primaires », les forêts secondaires et les forêts galeries. Les propriétaires ont fourni des informations sur l'historique de chaque parcelle : l'année du défrichement de la forêt, la date de la plantation de la culture vivrière ou des pâturages, les pratiques culturales (feux, nettoyages, éventuellement herbicides), la date de l'abandon de la culture dans le cas des forêts secondaires, etc. Ces informations ont été indispensables pour interpréter les données relevées sur chaque parcelle.

Les relevés de terrain mobilisent une petite équipe de 3 à 6 personnes. Un transect est matérialisé sur le terrain à l'aide de décimètres, de piquets et de cordes, et tous les végétaux présents sont mesurés, décrits et identifiés. L'identification des plantes commencée sur le terrain est ensuite confirmée dans les herbiers, en particulier l'herbier João Murça Pires du musée Emílio Goeldi de l'État du Pará (MPEG), où les échantillons présentant des fleurs ou des fruits sont déposés. Des images satellitaires sont également utilisées pour caractériser les types d'occupation du sol et repérer les palmiers.

Que peut-on dire sur la biodiversité dans ce contexte ?

Une question souvent posée est la suivante : est-ce que la biodiversité diminue quand on passe de la forêt non perturbée à une culture ou à un pâturage ? Malgré les apparences, lors du défrichage et du brûlis de la forêt humide par l'agriculture familiale non mécanisée, une partie du potentiel végétal est conservée. Il s'agit des graines présentes dans le sol (banque de graines du sol) et suffisamment enterrées pour que la chaleur du feu ne puisse pas les atteindre, et des parties souterraines de certaines plantes qui repoussent après destruction des parties aériennes. Ainsi, dans les champs cultivés et les pâturages, la végétation sauvage se développe parfois très rapidement à partir de ce potentiel d'espèces issu des tiges souterraines, des racines, des graines, provenant de la végétation initiale, la forêt « primaire ». Dans la banque de graines du sol se trouvent aussi des espèces provenant de milieux ouverts non forestiers situés à proximité de la forêt et dont les semences ont pénétré dans le milieu forestier, transportées involontairement par des animaux ou même par l'homme et qui se sont accumulées dans le sol au fil du temps. Ces semences à longue durée de vie ont la capacité d'attendre, dans le sol de la forêt, les conditions de luminosité favorables à leur germination, comme la chute d'une branche, d'un arbre ou un défrichage.

Dans un champ de riz nouvellement installé après défrichage de la forêt humide, on ne démarre donc pas de zéro, mais d'un ensemble d'espèces particulièrement résistantes à l'action anthropique modérée (défrichage manuel et brûlis). Dans les pâturages, qui succèdent souvent à la culture du riz, les adventices entrent en concurrence avec la fourragère plantée. Cette biodiversité, bien qu'importante, est inférieure à celle de la forêt. On y rencontre des plantules et des stades jeunes d'espèces herbacées, de lianes, de palmiers, d'arbustes et d'arbres qui se développent plus ou moins rapidement. Durant la période de culture, cet ensemble d'adventices est soumis aux pratiques culturales : nettoyages manuels, et parfois brûlis, effectués par les agriculteurs pour limiter la concurrence avec les espèces cultivées. La durée de la période de culture influence la biodiversité des parcelles. En effet, certaines espèces, notamment celles issues de la forêt initiale, résistent plus ou moins longtemps dans ces milieux ouverts. Au cours du temps, dans les parcelles cultivées, on assiste à un remplacement des espèces ligneuses (lianes ligneuses, arbustes et arbres) par des espèces herbacées.

Pour diverses raisons, il peut arriver que des parcelles agricoles soient abandonnées plus ou moins rapidement, avec ou sans reprise ultérieure de l'activité agricole. Dans celles-ci, la régénération forestière commence selon un potentiel initial différent, fortement lié à la durée de l'utilisation et aux pratiques culturales durant la période agricole. Elle est aussi influencée par la présence, aux alentours, d'une proportion suffisante de forêts bien conservées et de milieux ouverts fournisseurs de semences. Dans toutes les phases de la succession secondaire et jusque dans les forêts secondaires étudiées du PA-Benfica, les espèces forestières ont été représentées par un nombre d'individus plus élevé que les espèces pionnières, probablement en raison de la forte influence des forêts matures restantes et du fait que le changement d'utilisation des terres dans la localité soit récent.



Récolte de fruits de *babaçu* sous le palmier adulte par une famille habitant le PA-Benfica, Brésil.

Dans le cas de notre étude, la biodiversité végétale diminue quand la forêt est dégradée ou défrichée pour faire place à une culture ou un pâturage, et sa diminution est d'autant plus forte que le temps de culture et de pâture est long.

Une autre question qui se pose est de savoir si l'on peut conserver une biodiversité utile tout en prévenant l'invasion.

Parmi les espèces issues de la végétation initiale forestière ou de formations secondaires qui sont présentes dans les milieux ouverts, certaines sont utiles à l'homme. Elles fournissent du bois d'œuvre, des fruits, des aliments pour le bétail, elles sont médicinales ou permettent la confection d'objets divers destinés à l'usage domestique ou à la vente. Dans les pâturages des petits agriculteurs familiaux, ces espèces utiles sont nombreuses. En effet, le bétail ne consomme pas seulement l'espèce fourragère plantée, mais aussi 110 espèces d'adventices, dont plus d'un cinquième est constitué de légumineuses sauvages. Dans ces pâturages existent également des arbres et des palmiers, dont certains ont été conservés par les agriculteurs au moment du défrichage et d'autres se sont développés au cours du temps. Parmi les 71 espèces d'arbres et de palmiers observées, 9 espèces sont particulièrement intéressantes, car elles présentent des usages multiples. Résistantes au feu, elles persistent dans les pâturages, même anciens. L'avantage pour les agriculteurs est que ces espèces sont naturellement présentes. Ici pas de préparation de terrain, de plantation, ni d'entretien, il suffit de les reconnaître et de ne pas les couper pour pouvoir les utiliser le moment venu. Elles pourraient ainsi être facilement conservées par tous et permettre une augmentation de la biodiversité des pâturages.

Le palmier *babaçu* (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) est l'une de ces neuf espèces. Il a une place particulière, car il est à la fois utile à plusieurs titres et envahissant. Les femmes (*quebradeiras de coco babaçu*) le récoltent pour en extraire les semences et produire de l'huile en cassant le fruit. Mais cet usage n'est pas le seul. En effet, plus de 60 utilisations ont été relatées pour cette espèce dans la littérature, dont 14 dans la communauté dans laquelle l'étude a été menée. On peut citer l'utilisation de la pulpe du fruit comme farine, des semences fraîches comme lait végétal, des feuilles pour la couverture des toits, du stipe (faux tronc des palmiers) comme matériel de construction, etc. Ce palmier est sur le plan économique l'une des principales espèces non ligneuses du Brésil exploitées dans le cadre de l'extractivisme – francisation du terme portugais *extrativismo*, qui est une activité de collecte suivie de commercialisation d'espèces sauvages, non cultivées – et sa production d'huile est répertoriée annuellement par l'Institut brésilien de géographie et de statistique (IBGE). Sur le plan social, elle est aussi au centre d'un important mouvement de revendication des casseuses de noix de *babaçu* pour l'accès libre à ce palmier, situé sur les terres de grands propriétaires terriens ou d'agriculteurs familiaux.

Cependant, cette espèce a aussi la particularité de proliférer dans les milieux ouverts et elle est ainsi considérée comme envahissante. Lors du défrichage initial de la forêt primaire, alors que les individus adultes les plus hauts sont abattus, les individus adultes de taille moyenne sont conservés, comme pour d'autres palmiers utiles. Dans les cultures vivrières et les pâturages, les nettoyages manuels périodiques effectués par les agriculteurs sur les jeunes individus de *babaçu* n'affectent pas leur survie, car la lame de la faux ou le

passage du feu, qui éliminent seulement les feuilles sans atteindre la tige souterraine, ne font que ralentir sa croissance. Ainsi, seulement quelques jours après le brûlis, cette espèce est la première à produire de nouvelles feuilles. En revanche, les individus plus âgés ont une tige aérienne, ce qui les rend vulnérables, car ils sont éliminés lorsque cette dernière est coupée. Les individus adultes produisent de nombreux fruits qui tombent sous les pieds mère et sont dispersés par les animaux sauvages tels que l'agouti ou la paca, qui consomment leur pulpe, mais aussi par le bétail et parfois involontairement par l'homme. À cette occasion, il peut arriver que les fruits soient enterrés et cela protège les semences de la destruction par exposition au soleil et aux brûlis, et favorise la germination. Cette espèce se développe plus rapidement dans les pâturages, où elle bénéficie d'une plus forte luminosité que dans la forêt primaire, où les jeunes individus sont à l'ombre des grands arbres. Ainsi, la littérature nous informe que, dans les pâturages, elle devient fertile et donc adulte au bout de 8 à 12 ans, alors qu'en forêt il faut attendre 70 ans. Dans les pâturages, les palmiers adultes sont exposés au soleil, ils n'ont pas besoin d'investir dans la production d'un stipe très haut, alors que ceux qui ont poussé en forêt doivent atteindre la canopée pour profiter d'une plus forte intensité lumineuse. En pâturage, leurs stipes moins hauts sont aussi plus larges que ceux des forêts. Cette dynamique de population plus rapide en pâturage qu'en forêt peut aboutir, dans certains cas, à l'envahissement des parcelles et à l'élimination de la plante cultivée, à tel point que certains agriculteurs abandonnent ces zones, qui se transforment en forêts secondaires presque uniquement composées de palmiers *babaçu*.

Ces dernières années, les agriculteurs ont pris conscience de la forte capacité de ce palmier à envahir les agrosystèmes. Actuellement, les cultivateurs mobilisent des fonds pour couper les individus adultes et éliminer chimiquement les jeunes. Devant cette réalité, et pour éviter la disparition de cette ressource utilisée par les femmes, des recherches sont menées pour comprendre comment cette espèce envahit les zones cultivées, afin d'aboutir à un équilibre entre ce palmier et les cultures tout en préservant au maximum la ressource. Pour cela, les études portent sur la dynamique de population des palmiers *babaçu* et sur la distribution spatiale des adultes. Cette dernière a été étudiée par télédétection sur des images satellitaires à très haute résolution spatiale (inférieure à 1 m).

Par ailleurs, un modèle de dynamique de population de ce palmier a pu être construit à partir des mesures réalisées annuellement sur le terrain sur plus de 6 000 individus à tous les stades de vie (plantules, jeunes et adultes). Ce modèle permet de simuler les évolutions possibles de la population de *babaçu* pour les 5, 10 ou 15 ans à venir avec des prélèvements de fruits allant de 0 à 100 %. Même si tous les fruits sont prélevés, au bout de 15 ans, les adultes continueront à proliférer. Les forts prélèvements de fruits (supérieurs à 75 %) affectent seulement les très jeunes individus. On s'attend à ce que la pression sur la ressource finisse par s'exprimer, même pour les adultes, mais uniquement après de nombreuses années. Ces simulations, en accord avec les informations fournies par les agriculteurs, soulignent la forte résilience du palmier dans ces milieux et expliquent sa capacité à envahir les terres cultivées. Malgré cela, l'étude des images satellitaires montre que les densités d'adultes, à l'échelle de la localité, sont plus faibles dans les pâturages que



Paysage de front pionnier amazonien : en arrière-plan la forêt « primaire », au deuxième plan un pâturage avec prédominance de palmiers *babaçus* jeunes et adultes, au premier plan un pâturage où les palmiers *babaçus* ont été éliminés.

dans la forêt initiale, ce qui est à mettre en lien avec les récentes coupes à blanc de ce palmier. Il est toutefois possible d'observer, sur une infime partie du territoire, des zones abandonnées où cette espèce prolifère sans interférence humaine. L'analyse des images satellitaires combinée aux études sur le terrain permet également de prévoir les potentialités de production à l'échelle d'un territoire. En 2013 par exemple, la production potentielle d'huile des fruits des 25 015 palmiers *babaçu* adultes des milieux ouverts du PA-Benfica a été évaluée à 27,4 t d'huile.

Que peut-on conclure de notre étude ?

En Amazonie, la biodiversité des agrosystèmes des zones récemment ouvertes et cultivées avec des pratiques manuelles et peu d'intrants dépend de la biodiversité initiale des forêts. Dans les parcelles cultivées les espèces provenant de végétations primaires et secondaires sont en mélange et leur présence est influencée par les pratiques culturales. Si la mesure de cette biodiversité est fondamentale, l'identification des facteurs influençant son érosion est également indispensable pour comprendre et enrayer la perte de biodiversité. Parmi ces espèces, certaines sont utiles à l'homme et peuvent apporter des matières premières ou un complément de revenus nécessaire au bien-être des populations locales. Certaines de ces espèces sont à la fois utiles et envahissantes, et les recherches menées permettent de proposer des plans de gestion visant à les contrôler sans les éliminer, pour qu'elles puissent continuer à être utilisées.

De nos jours, alors que la présence de l'homme vient perturber les équilibres des écosystèmes, des solutions doivent être trouvées pour augmenter la production des zones cultivées, tout en diminuant les intrants et la main-d'œuvre, pour nourrir la population humaine en constante augmentation. Le maintien des espèces natives utiles dans les cultures est un moyen parmi d'autres d'atteindre ce but tout en conservant la biodiversité. Face aux problèmes actuels de changement climatiques et de perte de biodiversité, il est urgent de mener de telles recherches sur de nombreuses espèces. Cependant, la réelle mise en pratique des résultats de recherche peut demander du temps.

Dans le pire des scénarios, les résultats peuvent ne pas être mis en pratique, car ils ne correspondent pas toujours aux besoins des sociétés au moment où ils deviennent disponibles. De leur côté, les populations locales ont une grande connaissance de leur milieu, et ce sont elles qui en fin de compte vont agir sur l'environnement en fonction de critères qui leur sont propres et avec les connaissances dont elles disposent. La mobilisation conjointe des compétences des scientifiques et de la société civile permettra une efficacité accrue et une mise en pratique plus rapide des résultats de la recherche en matière de gestion durable des espèces végétales.

Pour en savoir plus

ANDERSON A. B. *et al.*, 1991 – *The Subsidy from Nature: Palm Forests, Peasantry, and Development on an Amazon Frontier*. New York, Columbia University Press, 233 p.

ARAÚJO R. F., LOPES M. A., 2012 – Diversity of use and local knowledge of palms (Arecaceae) in eastern Amazonia. *Biodiversity Conservation*, 21 : 487-501.

COELHO R. D. F. R. *et al.*, 2013 – Conservação das florestas do projeto de assentamento Benfica, sudeste da Amazônia. *Ciência Florestal*, 23 : 1-17.

MITJA D. *et al.*, 2018 – Satellite Images Combined with Field Data Reveal Negative Changes in the Distribution of Babassu Palms after Clearing off Amazonian Forests. *Environmental Management*, 56 : 1-16.

PIVELLO V. R. *et al.*, 2018 – Thinking about super-dominant populations of native species – Examples from Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16 : 74-82.

SANTOS A. M., MITJA D., 2011 – Pastagens arborizadas no projeto de assentamento Benfica, Município de Itupiranga, Pará, Brasil. *Revista Árvore*, 35 : 919-930.

SANTOS A. M. *et al.*, 2017 – Estimating babassu palm density using automatic palm tree detection with very high spatial resolution satellite images. *Journal of Environmental Management*, 193 : 40-51.

Ont participé aux recherches

Izildinha Souza Miranda (Ufra), Danielle Mitja (IRD), Roberto Barbosa Dos Santos (UFPA), Sébastien Barot (IRD), Deurival da Costa Carvalho (agriculteur), Eric Delaître (IRD), Laurent Demagistri (IRD), Thierry Desjardins (IRD), Jean-Louis Guillaumet (IRD), Roberta de Fátima Rodriguez Coelho (Ufra, IFPA), Wilson Filguera Batista Júnior (Ufra, MPEG), Bénédicte Fontes (Montpellier SupAgro), Michel Grimaldi (IRD), Deiane Jorge Macedo (UFPA, UM et UPVD), Anne Elisabeth Laques (IRD), Marcos Antônio Leite Silva (Ufra, MPEG), Thérèse Libourel (université de Montpellier), Patrick Lavelle (IRD), Patrice Loisel (Inra), Charlotte Maquet (IRD, UPVD), Paulo Fernando Martins (UFPA, Ufra), Jessica Anastacia Medeiros dos Reis (Ufra), Guy D. Meija (UnB), Alessio Moreira Dos Santos (Unifesspa, Ufra), Sandra Maria Neiva Sampaio (Embrapa, Ufra), Michel Petit (IRD), Hervé Rey (Cirad), Pascale de Robert (IRD), Márcia Nazaré Rodrigues Barros (Ufra), Tânia dos Santos Silva (Ufra), Max Sarrazin (IRD), Nikolay Sirakov (UM, Inra), Luciano Souza da Silva (Ufra), Maria Regina Teixeira da Rocha (Unitins), Jean-François Tourrand (Cirad).

Liste des auteurs

PARTIE 1 Suivre les dynamiques, comprendre les processus

1 L'observatoire HyBAm sur les grandes rivières amazoniennes

William Santini, ingénieur hydrologue, UMR GET

Naziano Filizola, géologue, université fédérale d'Amazonas, Brésil

Jean-Michel Martinez, hydrologue, UMR GET

Jean-Loup Guyot, hydrologue, retraité

2 Mesurer la diversité forestière

Raphael Pélessier, écologue, UMR Amap

Eduardo Falconi, biologiste, IRD représentation

Frédérique Seyler, pédologue, télédétection, UMR Espace-DEV

3 Le suivi de la déforestation et de la dégradation forestière

Laurent Polidori, télédétection, géodésie, université fédérale du Pará, UMR Cesbio, Brésil

Claudio Almeida, télédétection, Institut national de recherches spatiales du Brésil

4 Les sols : de la dynamique des latérites à la dégradation des terres et de la biodiversité

Thierry Desjardins, pédologue, UMR IEES

Paulo Martins, agronome, université fédérale du Pará, Brésil

Frédérique Seyler, pédologue, télédétection, UMR Espace-DEV

5 Le rôle majeur des plaines d'inondation sur la fonctionnement de l'hydrosystème amazonien

Patrick Seyler, géochimiste, UMR HSM, émérite

Geraldo Boaventura, géochimiste, université de Brasilia, Brésil

6 L'ichtyologie amazonienne

Marc Pouilly, ichtyologue, UMR Borea

Carlos Freitas, université fédérale d'Amazonas, Brésil

7 Ressources en eau et données spatiales

Rodrigo Paiva, hydrologue grande échelle,
université fédérale de Rio Grande do Sul, Brésil

Fabrice Papa, hydrologue, climatologue, UMR Legos

PARTIE 2 Les interactions global-local

8 Le système estuarien de l'Amazone

Fabien Durand, océanographe, UMR Legos

Alice César Fassoni Andrade, hydrologue, post-doctorante

Patrick Seyler, géochimiste, UMR HSM, émérite

Daniel Moreira, ingénieur cartographe, hydrologie, géodésie,
Service géologique du Brésil

Pieter van Beek, géochimiste, UMR Legos

9 Le système côtier amazonien

Jean-François Faure, géographe, UME Espace-DEV

Maria Teresa Prost, géomorphologue, musée Paraense

Emílio Goeldi, Brésil

10 Les processus physiques à l'embouchure de l'Amazone

Ariane Koch Larouy, océanographe, UMR Legos

Flavia Lucena Fredou, écologue,
université fédérale rurale du Pernambouc, Brésil

Moacyr Araujo, océanographe, climatologue,
université fédérale du Pernambouc, Brésil

Arnaud Bertrand, écologue, UMR Marbec

11 Les climats du passé

Renato Campelo Cordeiro, géochimiste,
université fédérale Fluminense, Brésil

Abdel Sifeddine, climatologue, UMR Locean

12 Les climats actuels

Josyane Ronchail, géographe, retraitée

Jhan Carlo Espinoza, agronome, UMR IGE

PARTIE 3 Populations autochtones, populations locales et écosystème

13 Un observatoire socio-environnemental en Amazonie, l'INCT Odisseia

Marie-Paule Bonnet, hydrologue modélisatrice, UMR Espace-DEV

14 Reconfiguration des modes de vie et dynamiques territoriales

Stéphanie Nasuti, anthropologue, Centre de développement durable, université de Brasilia, Brésil

15 Plantes cultivées : produire et conserver de la diversité

Mauro Almeida, socio-anthropologue, université de Campinas, Brésil, retraitée

Laure Empeaire, ethnobotaniste, retraitée

16 Système alimentaire

Esther Katz, nutritionniste, UMR Paloc

Lucia Van Velthem, anthropologue, ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation du Brésil (MCTI), musée Paraense Emilio Goeldi/sous-secrétariat de Coordination des unités de recherche (MPEG/SCUP), Brésil

17 Biodiversité spontanée dans les agrosystèmes : plantes sauvages utiles et plantes envahissantes

Izildinha Miranda, écologue, université fédérale rurale d'Amazonas (Ufra), Brésil

Danielle Mitja, botaniste, UMR Espace-DEV

18 Déforestation, orpillage et mercure

Jérémie Garnier, géochimiste, département de Géosciences,
université de Brasilia (IG-UnB), Brésil

Patrick Seyler, géochimiste, UMR HSM, émérite

**19 Environnement et santé en Amazonie,
une approche One Health**

Emmanuel Roux, mathématicien, UMR Espace-DEV

Helen Gurgel, géographe, laboratoire de Géographie,
Environnement et Santé, université de Brasilia (Lagas, UnB),
Brésil

TRAJECTOIRES DE RECHERCHES EN AMAZONIE BRÉSILIENNE

L'IRD —————
et ses partenaires

IRD Éditions

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2022

Coordination éditoriale

Corinne Lavagne

Préparation éditoriale

Marie-Laure Portal

Conception maquette

Charlotte Devanz

Mise en page

Aline Lugand – Gris Souris

Sauf mention particulière, toutes les photos de cet ouvrage sont issues de IRD Multimédia.

Photo de couverture

Pupunha, fruit du palmier *Bactris gasipaes*, Amazonie brésilienne.

© IRD/Laure Empeaire



Cette publication en libre accès est mise à la disposition du public selon les termes de la licence Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0, consultable à l'adresse suivante : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>. Elle autorise toute diffusion de l'œuvre originale (partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer), sous réserve de mentionner les auteurs et les éditeurs et d'intégrer un lien vers la licence CC By-NC-ND 4.0. Aucune modification n'est autorisée et l'œuvre doit être diffusée dans son intégralité. Aucune exploitation commerciale n'est autorisée.

© IRD, 2022

ISBN papier : 978-2-7099-2962-2

ISBN PDF : 978-2-7099-2963-9

ISBN epub : 978-2-7099-2964-6

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Frédérique Seyler
Marie-Pierre Ledru
Laure Empeaire

Assistant à l'édition scientifique
Eduardo Falconi