

Mesurer la diversité forestière

Représentant environ 45 % des forêts tropicales du monde,
l'Amazonie est l'écosystème terrestre
le plus diversifié de la planète.

La superficie totale de ce biome
de près de 7 millions de kilomètres carrés
– 25 fois la taille du Royaume-Uni –
est partagée par 9 pays d'Amérique du Sud.



Canopée en Guyane.

Contexte

Peut-être en raison de son immensité, la forêt tropicale a été perçue comme un lieu vaste, inhospitalier, sauvage et homogène. Pourtant, comme nous le verrons dans la troisième partie de cet ouvrage, la seule Amazonie brésilienne est habitée par plus de 180 peuples autochtones, mais aussi par plus de 1 000 communautés quilombolas (communautés formées par des descendants d'esclaves pratiquant l'agriculture), et sa population a été estimée à 20 millions d'habitants en 2000. Même si la population d'occupation récente est surtout concentrée dans les centres urbains que compte chaque État de l'Amazonie brésilienne (États de l'Acre, de l'Amapá, de l'Amazonas, du Pará, du Rondônia, du Roraima et une partie des États du Mato Grosso, du Tocantins et du Maranhão), la diversité du biome amazonien a été de tout temps exploitée par les populations autochtones et rurales traditionnelles, et continue à l'être aujourd'hui.

Les études sur le domaine forestier amazonien ont commencé à l'Orstom/IRD suivant deux voies différentes : une voie agronomique, à Belém, avec les premiers liens entre l'Institut amazonien de Belém et l'Institut de développement économique et rural tropical (Idert) d'Adiopodoumé, et la découverte, lors d'une première mission en Amazonie du spécialiste d'agronomie tropicale et de phytopathologie Georges Mangenot, de l'extrême ressemblance physiologique et donc écologique entre l'Amazonie, l'Afrique de l'Ouest forestière, le Cameroun et la cuvette congolaise. La deuxième est une voie botanique puis ethnologique, avec l'implantation d'une équipe à l'Institut national de recherches amazoniennes (INPA) à Manaus à partir de 1992 (Jean-Louis Guillaumet), pour étudier les modifications écologiques dues à l'exploitation agrosylvopastorale de la forêt.

La forêt tropicale amazonienne est le principal puits de carbone terrestre de la planète, capturant le gaz carbonique de l'atmosphère grâce au mécanisme



Forêt, Guyane.

de la photosynthèse. On pourrait supposer qu'une forêt « en équilibre », qui croît autant qu'elle meurt, est neutre du point de vue du bilan de carbone. Les études récentes cherchent à établir dans quelle mesure la déforestation transforme la région amazonienne en source de carbone, et comment la fonction de puits des parties encore forestières évolue dans un contexte de changement climatique. Ces questions ne sauraient être élucidées sans une connaissance des schémas de variabilité « naturelle » de la forêt et des impacts des modifications climatiques et anthropiques.

L'Amazonie présente une extrême hétérogénéité spatiale et temporelle, à toutes les échelles d'observation. Les recherches sur cette écologie spatiale, qui ont démarré au Brésil, sont centrées aujourd'hui sur la Guyane et sur le réseau de parcelles permanentes d'inventaires d'arbres, mais se maintiennent au Brésil au travers des réseaux Rainfor (Amazon Forest Inventory Network, <http://www.rainfor.org>) et Amazon Tree Diversity Network (ATDN, <https://atdn.myspecies.info/node/2456>), ainsi que par les contributions de l'IRD à l'Observatoire régional amazonien de l'OTCA et l'étude des stocks de biomasse par télédétection (en partenariat avec l'Institut de recherches scientifiques et techniques de l'État d'Amapá, IEPA, Brésil).

PARTENAIRES

Institut national de météorologie et d'hydrologie (Inamhi), Équateur

Herbier de Guyane

Parc amazonien de Guyane

Office national des forêts (ONF), Guyane française

Institut de recherches scientifiques et techniques de l'État d'Amapá (IEPA), Brésil

Institut de recherches scientifiques et techniques de l'État d'Amapá (IEPA), Brésil

Comment mesure-t-on la diversité forestière sur un aussi vaste territoire ?

L'un des moyens d'évaluer la biodiversité végétale consiste à compter ou à dénombrer les espèces présentes dans une communauté, généralement sur un petit espace. Les inventaires utilisent un échantillonnage quantitatif pour fournir initialement des informations sur la présence ou l'absence d'espèces dans des zones particulières. Le produit de ces études consiste en des listes d'espèces qui alimentent les collections biologiques de musées telles que celles du musée Emilio Goeldi (Pará) et l'herbier de Guyane française (CAY). Ce dernier a été créé et maintenu depuis 1960 par l'Orstom/IRD comme outil scientifique et patrimonial au service de la connaissance des espèces parfois menacées ou en voie de disparition.

Les inventaires dits « projets écologiques à long terme » (PELD), qui ont pour objectif principal l'étude de la structure, de la composition et la compréhension des processus écologiques, utilisent la mise en place et l'entretien de parcelles permanentes. Cette méthode est très coûteuse et nécessite une longue période pour la mise en œuvre, la collecte des données et l'entretien des parcelles.

Des inventaires rapides (*Rapid Assessment Program*, RAP) sont parfois réalisés pour évaluer la composition et le nombre d'espèces échantillonnées dans dix transects linéaires de 2×50 m, d'une superficie totale de 0,1 ha. Ces deux dernières méthodes sont courantes dans les études sur les communautés végétales.

Une autre approche de la recherche sur la biodiversité consiste à analyser la variabilité génétique des individus ou des populations d'espèces. La diversité génétique est la variété des allèles et des génotypes présents dans un groupe (populations, espèces ou groupes d'espèces). La diversité génétique est nécessaire pour que les populations puissent évoluer et faire face aux changements environnementaux.

Selon l'occupation des espèces, il existe des zones de succession primaire (lente occupation par une succession d'espèces végétales sur un substrat géologique initialement non occupé par la végétation) et secondaire (s'installe sur un substrat qui soutenait auparavant la végétation, mais qui connaît une perturbation écologique). Tout au long du processus de succession, la composition en espèces de la communauté change.

Le processus de succession secondaire maintient les communautés dans un état dynamique : les individus meurent et sont ensuite remplacés par d'autres. Le maintien de la grande diversité biologique présente dans la forêt est lié en partie à l'hétérogénéité environnementale et géographique (gradient de pluviosité par exemple), mais aussi à des processus locaux comme la compétition pour la lumière et l'eau ou la dispersion des graines par les animaux frugivores. Les écologistes et les forestiers étudient les clairières (appelées chablis lorsqu'elles sont créées par la chute naturelle d'un ou plusieurs arbres) car elles jouent un rôle important dans la régénération qui suit les perturbations. La compréhension des mécanismes de régénération et de la dynamique forestière permet, par exemple, de raisonner l'exploitation forestière.

Beaucoup d'études ont également tenté de déterminer des classes floristiques ou de classer les types de forêt présents dans le biome amazonien. La plupart du temps, les classifications forestières sont basées sur le climat, les types de sols et la physionomie ou l'apparence générale d'une forêt, incluant la hauteur, l'espacement, et la structure de ses espèces dominantes et, dans une certaine mesure, sur la composition floristique.

La biodiversité peut être quantifiée à l'aide de différentes méthodes. Les plus couramment utilisées sont la richesse (nombre d'espèces présentes dans une zone ou un habitat donné) et l'équité (l'équité reflète l'uniformité de la répartition de l'abondance entre les espèces d'une communauté) des espèces. Dans une communauté, l'abondance varie selon les espèces, certaines étant très abondantes (dominantes) et d'autres peu abondantes (rares) et extrêmement vulnérables aux changements. Les patrons d'abondance sont cependant susceptibles de varier d'une région d'Amazonie à une autre.

Mais pour donner une estimation de la diversité forestière à l'échelle du vaste bassin amazonien, d'autres méthodes sont nécessaires. Certains proxys – un proxy est une variable qui n'a pas forcément d'intérêt pour une question particulière, mais qui montre une corrélation avec une variable non ou difficilement mesurable – ont été utilisés, comme la précipitation totale annuelle, dont certaines études ont pu montrer une corrélation avec la diversité forestière. Des études statistiques permettent d'extrapoler la diversité à partir des très nombreuses analyses faites à l'échelle de la parcelle.

Que peut-on dire de la diversité de la forêt amazonienne ?

Une équipe internationale, à laquelle ont participé des chercheurs de l'IRD, a publié plusieurs travaux importants sur la diversité forestière amazonienne.

Une analyse a été menée, basée sur les 16 principales familles d'arbres. On compte au total 292 familles de plantes, dont 140 contiennent des espèces d'arbres. Sur ce nombre élevé, seules 16 familles représentent près de 80 % de tous les arbres qui atteignent 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP). Cette analyse a permis de classer les types forestiers en quatre classes : les forêts sur sols latéritiques jaunes ou rouges, également appelées forêts de terre ferme ; les forêts de plaine inondable ; les forêts sur podzols ou sable blanc, qui sont des sols très appauvris ; et les forêts marécageuses.

Pour l'Amazonie, la quantité totale de précipitations annuelles ne semble pas être un bon proxy de la diversité locale. La variable la plus déterminante est la surface occupée par le type forestier. Plus la surface est grande et plus la diversité va être importante, plus l'espace est fragmenté et plus faible est la diversité, mais plus sera élevé le nombre d'espèces endémiques. Les forêts de terre ferme sont à cet égard les plus diverses, alors que les forêts de podzols contiennent un nombre important d'espèces endémiques.

Au travers de 530 025 collections rapportées pour l'Amazonie entre 1707 et 2015, la même équipe a répertorié un total de 11 676 espèces d'arbres, dans 1 225 genres et 140 familles.

L'extrapolation par une méthode de régression du nombre d'espèces collectées sur 1 170 parcelles réparties dans toute l'Amazonie et le bouclier guyanais

a estimé la diversité globale du biome amazonien à 16 000 espèces. Sur ces 16 000 espèces, 227 ont été qualifiées d'hyperdominantes, puisqu'elles représentent la moitié de tous les arbres d'Amazonie (1,4 % de la totalité des espèces), alors que les 11 000 espèces les plus rares ne représentent que 0,12 % du total des espèces. Une part significative de ces hyperdominantes appartiennent à trois familles, dont les palmiers.

En conclusion

Il existe encore beaucoup d'incertitudes et de discussions scientifiques sur le nombre d'espèces présentes en Amazonie. Le fait que 10 000 espèces d'arbres rares, peu connues et peu documentées, soient potentiellement menacées car elles occupent des espaces restreints et fragmentés est extrêmement préoccupant. La déforestation d'une très petite zone particulièrement diversifiée peut être catastrophique. Les récentes mises en évidence de la corrélation entre la perte de biodiversité et l'expansion des zoonoses et des pandémies viennent accroître cette préoccupation.

Dans ce scénario, la déforestation, la fragmentation de la forêt qui en découle et l'intensification des événements extrêmes tels que les sécheresses mettent en danger l'Amazonie que nous connaissons aujourd'hui.

Pour répondre à ces urgences, il s'avère essentiel que la science soit en mesure d'étudier la diversité des forêts avec le soutien des décideurs, de la société civile et des citoyens.



Palmier, forêt marécageuse amazonienne (igapó), Brésil.

Pour en savoir plus

MICHON S., CARRIÈRE M., MOIZO B. (éd.), 2019 – *Habiter la forêt tropicale au XXI^e siècle*. Marseille, IRD Éditions, 482 p.

TER STEEGE H. *et al.*, 2016 – The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. *Scientific Reports*, 6 (29549). 10.1038/srep29549.

TER STEEGE H. *et al.*, 2000 – An Analysis of the Floristic Composition and Diversity of Amazonian Forests Including Those of the Guiana Shield. *Journal of Tropical Ecology*, 16 (6) : 801-828.



Lianes des forêts marécageuses, Amazonie, Brésil.

Ont participé aux recherches

Raphaël Pélissier (IRD), Pierre Couteron (IRD), Piero Delprete (IRD), Julien Engel (IRD), Hubert de Foresta (IRD), Sophie Gonzales (IRD), Jean François Molino (IRD), Marie-Françoise Prevost (IRD), Christophe Proisy (IRD), Daniel Sabatier (IRD), Grégoire Vincent (IRD).

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 Emperaire, 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