

Les processus physiques à l'embouchure de l'Amazone

La campagne Amazomix est la première campagne multidisciplinaire menée face au plateau amazonien. Elle a été conçue pour répondre aux très nombreuses questions qui se posent sur les processus physiques et biogéochimiques et sur leurs impacts sur l'ensemble de l'écosystème marin du plateau continental situé en face de l'embouchure de l'Amazone.

PARTENAIRES

Centre national de la recherche scientifique (CNRS), France

Centre national d'études spatiales (Cnes), France

Université fédérale rurale du Pernambouc (UFRPE), Brésil

Université fédérale du Pernambouc (UFPE), Brésil

Université fédérale du Pará (UFPA), Brésil

Université fédérale rurale d'Amazonas (Ufra), Brésil

Université fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ), Brésil

Institut national de recherche spatiale (INPE), Brésil

Université de Porto, Portugal

Rockland Scientific, Canada

Le fleuve Amazone apporte une charge considérable d'eau, de sédiments et d'organismes à l'océan Atlantique, mais son embouchure est peu étudiée (voir chapitre 8) et de nombreux aspects de son fonctionnement restent à découvrir. Le plateau continental amazonien connaît une variété de processus physiques tels que les apports fluviaux, les courants côtiers, la variabilité de méso-échelle, tourbillons ou filaments, l'upwelling (courant puissant du fond vers la surface, réputé pour générer des eaux riches en nutriments, donc favorables à la pêche), ou encore la marée et ses ondes de marée internes – se propageant à la fréquence de la marée et créées par l'interaction du courant de marée avec une topographie abrupte dans un océan à plusieurs couches de densité différente – ou même toutes sortes d'ondes internes dues au vent ou aux courants. L'ensemble de ces processus joue un rôle clé dans la machine climatique, influence la concentration en nutriments, en chlorophylle et en matières en suspension, et modifie les équilibres énergétiques, halins et thermiques. Ces paramètres conditionnent à leur tour les interactions entre le milieu physique et le milieu vivant, des bactéries au plancton et aux stocks de poissons.

Le panache dessalé de l'Amazone ou plume est un grand volume d'eau douce, turbide et riche en nutriments d'origine continentale qui est amené sur la bande côtière. C'est un site de forte production de phytoplancton qui a des effets bénéfiques sur toute la chaîne alimentaire. Il pénètre dans un important couloir de circulation océanique et dans le « tapis roulant de l'océan », entraîné par les vents, la température et la salinité. L'eau chaude et salée se déplace vers le nord, où elle se refroidit. Cette eau plus froide et plus dense coule au fond des océans et retourne vers le sud. Cette circulation



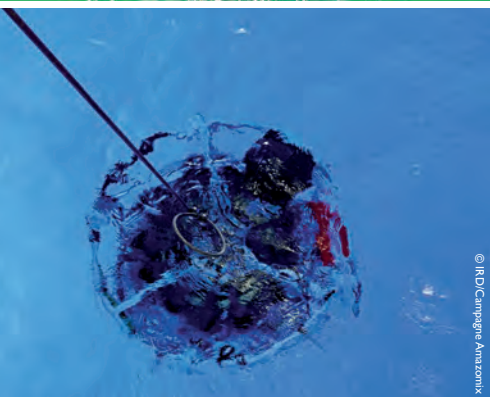
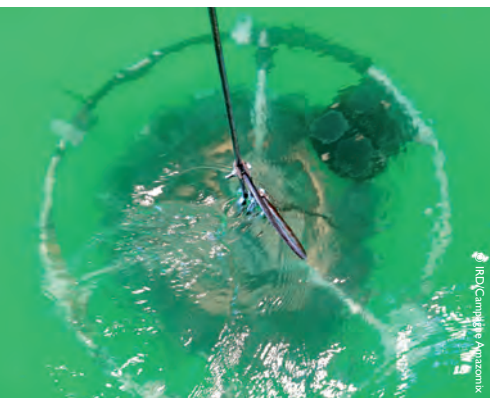
Débarquement d'échantillons biologiques, campagne Amazomix, Brésil.

En conformité avec les accords internationaux et la législation brésilienne, les échantillons biologiques recueillis lors de la campagne Amazomix ont été débarqués au Brésil, pays où ils ont été prélevés. On voit ici l'équipage s'activer pour passer les échantillons depuis l'Antea vers le bateau de pêche en pleine mer. De là, ils ont été acheminés à l'université fédérale du Pará, partenaire de l'IIRD.

méridienne de retournement de l'Atlantique (*Atlantic Meridional Overturning Circulation, Amoc*) est cruciale pour la régulation du climat mondial et s'avère être l'une des raisons pour lesquelles les températures sont plus élevées le long des côtes européennes qu'en Amérique du Nord.

Les marées internes sont particulièrement énergiques dans cette région. Par leurs mouvements verticaux importants ou le mélange turbulent qu'elles peuvent créer, elles ont un impact sur les cycles biogéochimiques, permettant un apport important de nutriments dans la couche euphotique – qui est la couche supérieure de l'écosystème océanique –, favorisant la production primaire, comme observé en surface à partir de données satellitaires. Ainsi, les marées internes pourraient influencer la pompe biologique et le cycle du carbone.

La biodiversité marine globale de la région, des bactéries aux poissons, n'est pas bien décrite. La présence de récifs coralliens malgré les eaux turbides n'est pas expliquée. La connectivité des espèces dans l'Atlantique tropical



Mise à l'eau d'une rosette, campagne océanographique Amazomix.

Une rosette est un instrument océanographique doté de bouteilles d'échantillonnage qui recueillent de l'eau à des profondeurs sélectionnées, grâce à un système qui actionne leur ouverture depuis le navire. Ici, on voit l'instrument lâché trois fois dans le même océan, bien que sa couleur varie fortement.

reste également une question ouverte. La région des Caraïbes est de loin plus riche en biodiversité que l'océan au large du Brésil. Une hypothèse est que le panache amazonien, qui peut s'étendre jusqu'à 3 000 km à l'extérieur de l'embouchure, pourrait agir comme une barrière pour certains organismes.

Le plateau amazonien constitue donc un laboratoire expérimental idéal pour étudier l'impact des processus physiques sur la structure et la fonction des écosystèmes marins, côtiers et océaniques.

La campagne Amazomix

Toutes ces questions ont amené les chercheurs de l'IRD et leurs partenaires à mener à la fin de l'année 2021 une campagne en mer de grande envergure, la campagne Amazomix. Une équipe pluridisciplinaire de 17 chercheurs français et brésiliens a embarqué à bord de l'*Antea*, un navire semi-submersible de la flotte océanographique française. Parti de Cayenne (Guyane française), le navire a navigué dans les eaux brésiliennes en explorant l'embouchure de l'Amazone sur plus de 6 000 km. Cette campagne a couvert le plateau amazonien et le talus continental pour étudier l'impact des courants à échelle fine, du panache amazonien et des processus turbulents (résultant des ondes internes qui se forment dans l'océan, ces mouvements de quelques millimètres par kilomètres provoquent un mélange irréversible des eaux et de leurs propriétés sur plusieurs milliers de kilomètres), sur le fonctionnement de l'écosystème marin d'un point de vue physique, biogéochimique et biologique. L'expédition visait également à retracer l'origine et la distribution des polluants, des métaux lourds et des microplastiques, et à déterminer leur rôle dans la chaîne alimentaire.

En plus des scientifiques embarqués, Amazomix comprend une équipe de 70 chercheurs du Brésil, de France et d'autres pays.

Les mesures ainsi que les analyses des prélèvements *in situ* seront étudiées en interaction avec les outils et données numériques (modélisation et données satellitaires). L'analyse des données collectées sera réalisée conjointement par les différents partenaires et les résultats seront partagés. La campagne aura également une fonction de formation à la recherche pour quelque 50 étudiants internationaux.

En conclusion

Les résultats préliminaires révèlent un fort impact des ondes internes sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème marin, des processus physiques aux processus écologiques. Un échantillonnage biologique étendu des différents compartiments, depuis la surface jusqu'à plus de 1 300 m de profondeur, a révélé une biodiversité bien plus importante que celle enregistrée précédemment dans la région.



Tri des prélèvements biologiques avant conditionnement.

Pour en savoir plus

<https://www.ird.fr/campagne-amazomix-etude-des-processus-physiques-et-leurs-impacts-sur-lecosysteme-marin-lembouchure>

Ont participé aux recherches

Ariane Koch Larouy (IRD), Flavia Lucena Fredou (UFRPE), Moacyr Araujo (UFPE), Arnaud Bertrand (IRD) et plus de 70 chercheurs.

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