

DOSSIER

MALADIES PARASITAIRES ET INFECTIONS MULTIPLÉS

TECHNIQUE

**LA STATION DE
RECHARGE SOLAIRE
DES ÉTUDIANTS DE
L'INSTITUT UNIVERSITAIRE
DE TECHNOLOGIE**

PORTFOLIO

**ALUKUJANA, L'ART
TRADITIONNEL ALUKU ET
WAYANA DES ANNÉES 50
À NOS JOURS**



E-MAGAZINE DE LA FONDATION UNIVERSITAIRE,

Université de Guyane

Université de Guyane – Établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel situé sur le Campus de Troubiran, BP 20792, 97337 Cayenne Cedex

Président de la Fondation universitaire : Laurent Linguet

Comité éditorial : Suzanne Pons, Gaëlle Fornet, Sophie VO

Rédactrice/éditrice : Sophie VO

Conception : Cellule de communication de l'Université de Guyane

Maquette

Laure jacob - <https://ilgraphiste.com>

Photo de couverture

© nechaevkon/stock.adobe.com

Réf 11/2023

ISSN 2825-8797

En application de la réglementation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification ou d'effacement, de limitation du traitement de vos données, d'un droit d'opposition, d'un droit à la portabilité de vos données ainsi que du droit de définir des directives relatives au sort de vos données après votre décès qui s'exercent par courrier électronique à cette adresse : dpo@univ-guyane.fr

Vous disposez enfin du droit d'introduire une réclamation auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL), autorité de contrôle du respect des obligations en matière de données de la fondation universitaire, [cliquez ici](#).

Si vous souhaitez vous désinscrire, veuillez [cliquer ici](#).

SOMMAIRE

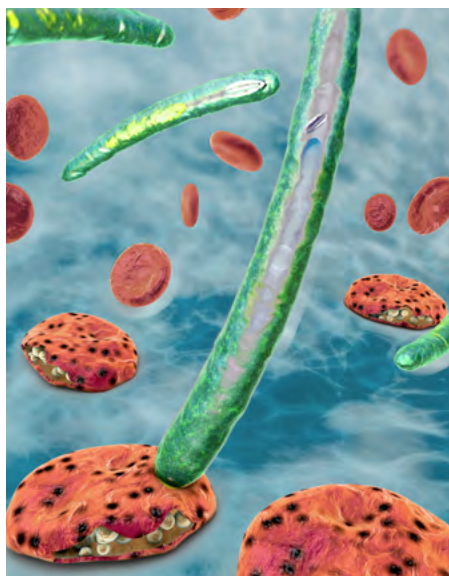
Edition n°11 - septembre 2023

5 LE MOT DU PRÉSIDENT

LA SANTE ET ECOLOGIE DE LA SANTE EN MILIEU TROPICAL

8 DOSSIER MALADIES PARASITAIRES ET INFECTIONS MULTIPLES

- Le rôle du microbiote des moustiques lors de l'infection parasitaire par *Plasmodium*, Estelle Chabanol
- Les mécanismes de défenses immunes dans le cas d'une co-infection à *P. falciparum* et *T. Gondii*, Inès Leleu
- L'impact des infections multiples à protozoaires sur l'immunité humorale et l'évolution de la maladie en Guyane, Kevin Néron-Lefort



6 ACTUALITÉS :

- La Guyane invitée pour une recherche amazonienne partagée
- La Guyane mise à l'honneur au Forum International Bois Construction 2023
- ACCEDENS, le premier séminaire du laboratoire MINEA, aborde la notion de biographisation

LA DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITE EN AMAZONIE ET VALORISATION DES RESSOURCES NATURELLES

36 RECHERCHE

- Le cacao de Guyane, une richesse à valoriser, Elodie Jean-Marie

41 INITIATIVES

- Les alcaloïdes, un moyen de défense chez les plantes et des vertus thérapeutiques chez l'homme, Rudy Covis

24 GRAND ENTRETIEN

- L'immunologie des maladies parasitaires, Sylviane Pied

LA DYNAMIQUE DES SOCIÉTÉS AMAZONIENNES DANS LEURS ENVIRONNEMENTS ET LA GESTION DURABLE DES TERRITOIRES AMAZONIENS

30 PORTFOLIO

- ALUKUJANA : Exposition sur l'évolution de l'art businenge et amérindien des années 50 à nos jours, Marie Fleury



LES TECHNOLOGIES INNOVANTES EN MILIEU AMAZONIEN ET TECHNOLOGIES BIO-INSPIRÉES

45 TECHNOLOGIES INNOVANTES

- Fabrication d'une station de recharge solaire mobile pour véhicules électriques légers, par les étudiants de l'IUT de Kourou en Génie Electrique

48 L'UNIVERSITÉ DE GUYANE

- L'écosystème de la recherche et de l'innovation en Guyane, Ghislaine Prévot et Amandine Courte

51 FAITS & CHIFFRES



Illustration du projet du Centre Hospitalier Universitaire de Cayenne © TOURRET JONERY ARCHITECTE

“

Nous sommes en train de bâtir les fondations d'une institution qui produira des chercheurs et des professionnels de la santé compétents et engagés, prêts à répondre aux besoins de notre population.

”

LE MOT DU PRÉSIDENT

Laurent Linguet

C'est un immense plaisir d'annoncer **l'ouverture de la seconde année de médecine** dans notre université. Cette ouverture est d'une importance capitale, non seulement pour notre institution, mais aussi pour toute la Guyane. La seconde année de médecine représente bien plus qu'un simple chapitre de notre programme académique. Elle ouvre de nouvelles perspectives, de nouvelles opportunités qui auront un impact considérable sur le futur de notre région, je souhaiterais partager avec vous quelques-unes de ces perspectives majeures.

Tout d'abord, nous sommes sur le point de réaliser **un accomplissement historique** : la mise en œuvre des études médicales en Guyane. Aujourd'hui, cela signifie que nos étudiantes et étudiants auront la possibilité de suivre l'intégralité des trois premières années de leur formation médicale ici, chez nous, en Guyane. Plus besoin de quitter notre belle région pour accéder à une formation médicale de qualité. Mais demain, il n'est pas exclu que nous ouvrons le second cycle de médecine en partenariat avec les Antilles, pour aboutir ensuite à l'installation des études médicales complètes à l'Université, car nous croyons fermement que former des professionnels de santé dans notre université favorisera la rétention de talents locaux.

En outre, cette seconde année est le prélude à **la création d'une Unité de Formation et de Recherche de santé (UFR)** au sein de notre université. Avec cet UFR, notre université sera appelée à devenir un pôle d'excellence en matière de formation médicale et de recherche dans le domaine de la santé. Nous avons l'ambition de créer **une unité mixte de recherche en santé** dont le rayonnement sera international. Et nous y travaillons avec tous nos partenaires, l'Institut Pasteur tout comme l'INSERM et les hôpitaux de Guyane qui nous accompagnent dans ce beau projet. Nous sommes en train de bâtir les fondations d'une institution qui produira des chercheurs et des professionnels de la santé compétents et engagés, prêts à répondre aux besoins de notre population.

Mais ce n'est pas tout. Nous aspirons également à **la création du futur Centre Hospitalier Régional Universitaire**. Un établissement de santé de haut niveau qui sera à la fois un lieu d'apprentissage pour nos étudiantes et étudiants en médecine, ainsi qu'un centre de soins de qualité pour nos concitoyens. Sachez que nous, Université, avons en charge la dernière lettre du CHRU, le U, et nous travaillons en étroite collaboration avec nos partenaires dont l'Agence Régionale de la Santé, et tout particulièrement la CTG et son président pour faire de ce rêve une réalité. Car il va falloir construire des locaux de formations, acquérir des équipements de haute qualité et nous apprécions l'engagement sans faille de la CTG pour y parvenir.

En conclusion, nous sommes à **un moment charnière de l'histoire médicale de la Guyane**. Ensemble, bâtissons un avenir où la santé de notre population sera mieux prise en charge, où nos étudiants auront accès à une formation de qualité sans quitter leur région, et où la Guyane deviendra un centre d'excellence médicale dans la région Amazonie-Caraïbes. Nous sommes les architectes du changement, et je suis convaincu que nous réussirons à construire un avenir meilleur pour notre belle région.

Vive la médecine, vive la Guyane, et vive notre université !



photo Université de Guyane

ACTUALITÉS

EN BREF

ACCEDENS, le premier séminaire du laboratoire MINEA, aborde la notion de « biographisation »

Mardi 30 mai 2023, dans le cadre du séminaire ACCEDENS « Accueillir, éduquer, enseigner et former en Guyane » du laboratoire MINEA, se tenaient deux conférences ayant pour fil conducteur le concept de biographisation.

Les intervenants ont apporté leur contribution sur cette pratique d'échanger, de se raconter, de faire des choix pour se construire dans une forme d'écriture de soi. L'invité, Maryan Lemoine, enseignant chercheur de l'Unité de recherche Education et diversité en espaces francophones à l'Université de Limoges a exposé le travail qu'il mène, en insistant sur le recours à des entretiens biographiques comme un appui et un moyen d'aider l'autre à se réinscrire par la narrativité. Il a souligné cette capacité qu'on en retire pour mieux comprendre les jeunes concernés. Maryan Lemoine s'est attardé sur la mobilisation face au décrochage comme contribution à l'élaboration de « territoires éducatifs », notamment en Nouvelle Calédonie ainsi qu'entre autres, l'accompagnement et la mise en œuvre d'une cité éducative dans l'académie de Limoges.

Sa présentation succède à celle de Dominique Boisdron, docteur en sciences de l'éducation et de la formation de l'Université de Guyane EA MINEA qui aborde le concept de biographisation tel



qu'il peut être mobilisé dans le cadre des pédagogies critiques. Chaque expérience d'apprentissage mobilise un ensemble complexe de représentations, de comportements, d'interventions qui sont le produit unique d'une histoire et d'un environnement collectifs et individuels.

Deux pédagogues américains se sont intéressés aux discriminations engendrées par les constructions sociohistoriques de ce continent. L'un, brésilien, Paulo Freire, initiateur des pédagogies critiques, l'autre, Gloria Jean Watkins, connue sous son nom de plume bell hooks, étasunienne qui a su mettre en place dans son

enseignement universitaire une pratique de la biographisation. Les pédagogies critiques inspirées, entre autres des théories de l'école de Francfort visent la transformation de la société. Ce qui suppose l'appropriation de leur propre histoire par, entre autres, la biographisation.

Peu connues et peu expérimentées dans le mode francophone, les pédagogies critiques se sont développées aux USA, dans certains pays d'Europe et en Amérique du sud, notamment en Équateur où, en valorisant des notions indigènes comme le « buen vivir », une pédagogie interculturelle critique est expérimentée.

photo fournie par l'auteur

La Guyane invitée à participer à une recherche amazonienne partagée

Le 4 août 2023, des scientifiques du Brésil, de la Colombie, d'Équateur, de la France et du Pérou ont signé la « Déclaration de Manaus pour une recherche engagée en Amazonie et partagée », suite à un atelier régional Amazonie qui s'est tenu du 3 au 5 juillet à Manaus au Brésil.

[Lire la déclaration de Manaus](#)



Table ronde avec Carlos Edwar de Carvalho Freitas (UFAM), Arielle Salmier, (Préfecture de Guyane), Catherine Aubertin (IRD/Guyane), Savio Jose Barros de Mendonca (EMBRAPA, Brésil), Cristian Guerrero (GIZ, Brésil).

Photo : Léa Servais, Juillet 2023

Lors de cet événement, scientifiques, organisations et institutions des pays de la région amazonienne se sont rassemblés pour partager leurs connaissances sur la préservation de l'Amazonie, l'une des plus grandes réserves naturelles du monde. La Guyane a elle participé avec une vidéo sur la création de l'institut amazonien de la biodiversité et du développement durable.

Les participants à l'atelier scientifique de Manaus, issus des institutions académiques, organisations non gouvernementales, organisations régionales et représentants

des peuples originaires, déclarent qu'il est urgent de concentrer les efforts sur le respect et la préservation de l'Amazonie dans toute sa diversité culturelle et biologique. Ils demandent aux gouvernements d'aborder de manière urgente et responsable les actions en faveur de :

- ▶ la biodiversité et une gestion durable et équitable des ressources naturelles
- ▶ les géoressources et une meilleure santé humaine
- ▶ des villes durables et un développement territorial
- ▶ des systèmes alimentaires durables, et le lien terre-sol

▶ du climat, de l'eau, et un gradient terre-mer.

Les chercheurs affirment que la protection de l'Amazonie nécessite une approche systémique, du local au global, et un engagement collectif et inclusif. Pour cela, il est essentiel d'identifier et d'intensifier les interfaces de dialogue avec les sociétés pour mieux comprendre les enjeux et recherches visant la durabilité.

La Guyane mise à l'honneur au Forum International Bois Construction 2023

Du 12 avril au 14 avril 2023, la 12^e édition du Forum International Bois Construction qui s'est déroulé à Lille a été un succès.

Durant ces trois jours de congrès, plus de 5600 participants se sont rassemblés pour profiter de conférences de haut niveau technique et découvrir l'actualité de la construction, de la rénovation, de l'aménagement bois et des isolants en biosourcés.

Comme chaque année, le programme du Forum Bois Construction s'inscrit dans l'actualité en conciliant une dimension politique européenne avec une attention particulière portée aux avancées régionales et nationales. Dans ce cadre et pour la première fois, la Guyane a été mise à l'honneur pour sa recherche en matériaux de construction biosourcée.

La Fondation de l'Université de Guyane a participé avec Les Cahiers de l'Adaptation, revue numérique de divulgation des résultats de la



recherche menée à l'Université de Guyane et ses unités mixtes de recherche. Le N°4 sur les éco-matériaux part du

constat que la construction actuelle n'est pas en adéquation avec les enjeux du réchauffement en zone équatoriale ni avec la croissance démographique : moisissures, murs qui ruissellent, maisons étouffantes... à l'exception notable des maisons bioclimatiques. Raison pour laquelle valoriser la ressource locale en bois est une priorité pour développer des matériaux plus adaptés



au territoire en adéquation avec les enjeux. Le couvert forestier guyanais est d'une grande richesse spécifique dont il est opportun d'élargir la palette d'espèces exploitées en forêt naturelle.

Il est nécessaire de diversifier les usages pour valoriser en cascade les produits de défriche et connexes d'exploitation, par exemple

en transformant une partie de la biomasse résiduelle en isolant ou bien utiliser les molécules extractibles comme bioadditifs et biotraitements.

Lien en français : <https://www.calameo.com/read/006821969a33a835ceca4>

Lien en anglais : <https://www.calameo.com/read/006821969a34f1ce78f80>

Collection sur le site de la Fondation : <https://www.univ-guyane.fr/recherche/fondation/publications/>

A detailed microscopic illustration showing several green, elongated Plasmodium parasites (malaria) and numerous red, oval-shaped red blood cells. The parasites are shown in various stages of development, some with visible internal structures like nuclei and vacuoles. They are set against a light blue, textured background that resembles water or a biological environment. The overall composition is dynamic, with the parasites and cells scattered across the frame.

LA SANTÉ ET ÉCOLOGIE DE LA SANTÉ EN MILIEU TROPICAL

Cellules sanguines et plasmodium provoquant le paludisme.
Illustration : Christoph Burgstedt/stock.adobe.com

DOSSIER

MALADIES PARASITAIRES ET INFECTIONS MULTIPLLES

L'écosystème amazonien de Guyane est caractérisé par la circulation de nombreux agents infectieux tels que les parasites Plasmodium, Leishmania et Toxoplasma. Mieux comprendre la transmission de ces pathogènes, ainsi qu'étudier l'impact des co-infections et les réponses immunes de l'hôte, est primordial afin de mieux prévenir et lutter contre les maladies parasitaires.

LE RÔLE DU MICROBIOTE* DES MOUSTIQUES LORS DE L'INFECTION PARASITAIRE PAR PLASMODIUM

par Estelle Chabanol

Si on sait que les bactéries du microbiote ont un impact majeur sur le développement et le métabolisme du moustique, le rôle de ces bactéries lors de la transmission de parasites tels que Plasmodium n'est pas encore bien défini. Les travaux menés par Estelle Chabanol combinent recherche en laboratoire et sur le terrain afin de consolider les connaissances à ce sujet.

“

L'étude de ces communautés bactériennes, de leur composition ainsi que de leur métabolisme peut permettre de mieux comprendre, voire maîtriser, les mécanismes de transmission des pathogènes.

”

*Microbiote : Le microbiote est l'ensemble des micro-organismes – bactéries, microchampignons, protistes – vivant dans un environnement spécifique chez un hôte ou une matière. Ces micro-organismes peuvent être présents sans impact sur leur hôte ou entrer en interaction étroite avec lui

Les moustiques peuvent être vecteurs de parasites ou de virus responsables de maladies chez l'homme, telles que le paludisme, la fièvre jaune ou la dengue. Le paludisme est causé par un parasite du genre Plasmodium. Il est transmis par des moustiques du genre Anopheles. L'Organisation Mondiale de la Santé estime aujourd'hui que la moitié de la population planétaire est exposée au risque palustre, avec 84 pays dans lesquels la maladie est endémique 📍. Les diverses espèces d'anophèles sont réparties sur une majeure partie du globe, en particulier dans la zone intertropicale, et la Guyane ne fait pas exception. Initialement, la lutte antivectorielle consistait surtout à éliminer les moustiques, notamment grâce aux insecticides, ce qui a eu une efficacité indéniable mais a malheureusement également abouti à la sélection de gènes de résistance parmi les populations de moustiques. Il est donc maintenant nécessaire de mieux comprendre la biologie des anophèles afin de trouver de nouvelles alternatives de lutte contre le paludisme, à l'échelle locale et internationale.

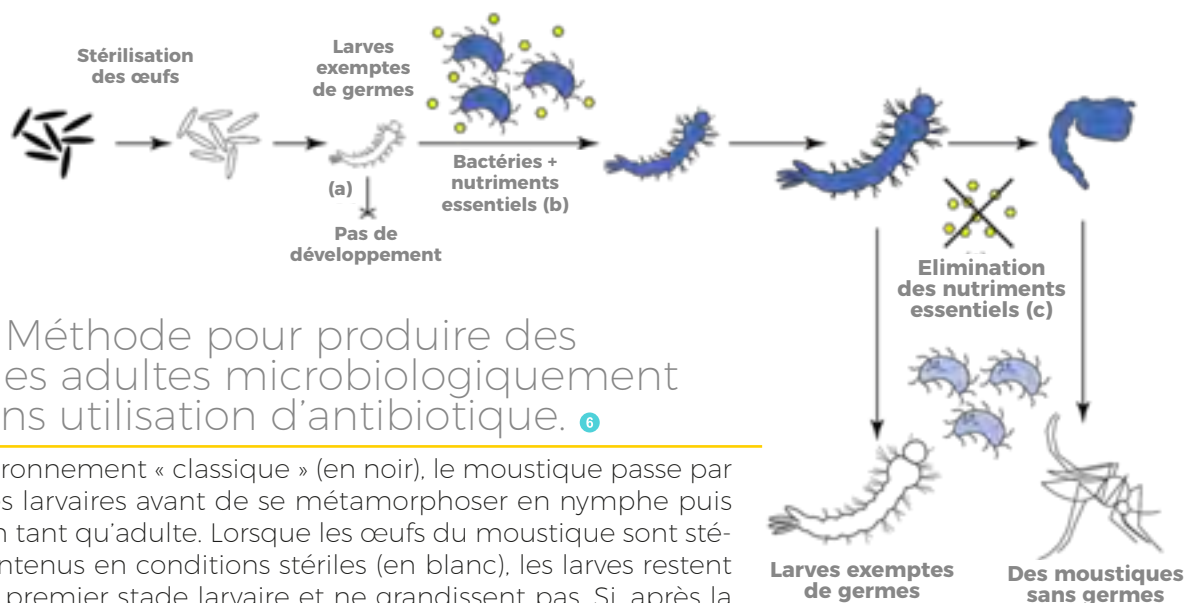


FIGURE 1 Méthode pour produire des moustiques adultes microbiologiquement stériles sans utilisation d'antibiotique. ⁶

Dans un environnement « classique » (en noir), le moustique passe par quatre stades larvaires avant de se métamorphoser en nymphe puis d'émerger en tant qu'adulte. Lorsque les œufs du moustique sont stérilisés et maintenus en conditions stériles (en blanc), les larves restent bloquées au premier stade larvaire et ne grandissent pas. Si, après la stérilisation des œufs, une bactérie est ajoutée dans le milieu d'élevage, le développement est sauvé. La technique mise au point consiste donc à ajouter une bactérie ayant des besoins nutritifs particuliers (en bleu) et de supprimer ces apports alimentaires spécifiques afin de l'éliminer naturellement après qu'elle a permis de soutenir le développement larvaire du moustique. Les adultes produits sont alors microbiologiquement stériles.



FIGURE 2 : Localisation des missions de terrain en Guyane Française

Les missions se sont déroulées sur quatre années consécutives, de 2018 à 2021, et dans cinq localités distinctes : La Césaire (CE), Le Galion (GA), Cacao (CA), Trois Palétuviers (TP) et Blondin (BL). Source :

Etudier l'effet de la présence des bactéries sur le métabolisme de l'anophèle...

La transmission est assurée par les femelles qui sont les seules à piquer l'homme : les mâles et les femelles se nourrissent habituellement de nectar de fleurs, mais les femelles ont besoin de nutriments supplémentaires, présents dans le sang, afin de produire leurs œufs. Pour pouvoir transmettre le pathogène à l'homme, la femelle moustique doit d'abord elle-même en être porteuse. Lorsqu'une femelle saine prend un repas de sang sur un être humain infecté, le pathogène entre dans le système digestif du moustique. Après cela, dans un processus durant une semaine à dix jours, le pathogène passe la barrière intestinale du moustique, se multiplie et migre vers les glandes salivaires. Le moustique devient alors vecteur, il est capable de transmettre le pathogène lors de ses futurs repas de sang et tout au long de sa vie.

L'entrée dans le système digestif du moustique ainsi que le passage de la barrière intestinale sont des étapes clés pour le pathogène, où celui-ci est particulièrement vulnérable. De plus, l'intestin du moustique est peuplé de communautés bactériennes qui influencent l'infection par le pathogène. Les bactéries peuvent interagir avec le pathogène de manière directe, en produisant des composés toxiques, ou indirecte, en activant l'immunité basale du moustique qui

se défendra plus efficacement lors de l'infection ^②. Des interactions au niveau métabolique, notamment des compétitions nutritives entre le microbiote et un agent infectieux, ont aussi été décrites chez d'autres hôtes mais ont très peu été étudiées chez le moustique. Des traitements antibiotiques ont montré que les bactéries limitent généralement l'infection parasitaire, mais des variations ont été mises en évidence selon les bactéries étudiées. L'étude de ces communautés bactériennes, de leur composition ainsi que de leur métabolisme, peut permettre de mieux comprendre, voire maîtriser, les mécanismes de transmission des pathogènes.

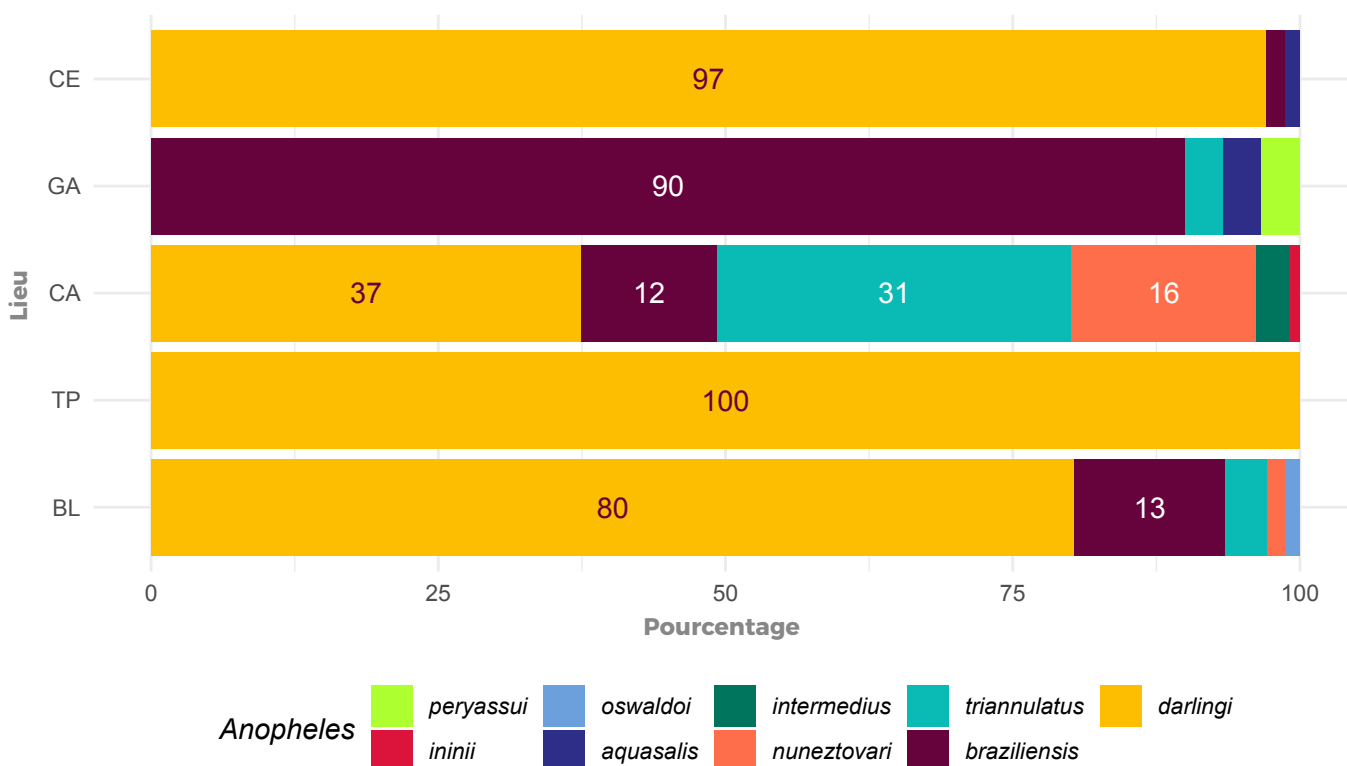
Notre projet vise d'une part à étudier l'effet de la présence des bactéries sur le métabolisme de l'anophèle et d'autre part à déterminer si la composition du microbiote est fixée de façon aléatoire ou si des compositions typiques peuvent être mises en évidence. Dans une optique de contrôle vectoriel, il est en effet important d'identifier les communautés bactériennes limitant ou non la transmission du pathogène.

... en éliminant le microbiote par l'utilisation d'antibiotiques...

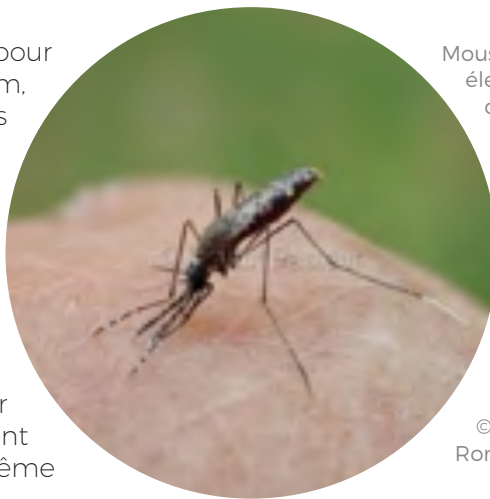
Dans un premier temps, nous avons mené une étude sur des anophèles femelles adultes, traitées ou non avec un cocktail d'antibiotiques ^③. Nous avons comparé le métabolisme des femelles traitées, dans lesquelles le microbiote avait donc été éliminé, et celui de femelles non traitées, colonisées par un microbiote conventionnel. Nous avons constaté que certaines

FIGURE 3

Distribution des espèces d'anophèles collectées au cours des missions de terrain.



molécules d'intérêt, qui sont connues pour aider le développement de *Plasmodium*, sont présentes en quantités plus élevées lorsque les bactéries sont absentes. Cette observation pourrait expliquer pourquoi l'absence de bactéries favorise l'infection du moustique par *Plasmodium*. Cependant, l'utilisation d'antibiotiques pour cette étude, bien que permettant d'éliminer le microbiote, a pu impacter le métabolisme du moustique et on ne peut pas écarter la possibilité que certains résultats soient dus à l'effet de l'antibiotique en lui-même plutôt qu'à la déplétion des bactéries.



Moustique *Anopheles darlingi* femelle élevée au Vectopôle de l'Institut Pasteur de la Guyane.

Anopheles darlingi, le principal vecteur du paludisme en Guyane, est un moustique selvatique, sortant majoritairement la nuit et au lever du jour, avec une saisonnalité marquée, plutôt présent en début de saison sèche. Les larves d'anophèles locales se développent de façon saisonnière dans des grandes retenues d'eau en bordure de fleuve.

© Institut Pasteur de la Guyane - photo Romuald Carinci 2017/02/07

... et en produisant des moustiques sans microbiote

Pour pallier ce problème, une solution consiste à produire des moustiques sans microbiote : en stérilisant des œufs et en maintenant les larves dans un environnement contrôlé ⁴. Toutefois, alors qu'un moustique adulte peut vivre dans un environnement stérile, une larve ne peut grandir sans bactérie, elle reste bloquée au premier stade de développement. Une méthode mise au point dans notre laboratoire consiste alors à introduire une souche bactérienne particulière dans l'eau des larves : cette bactérie a des besoins métaboliques spécifiques et peut être éliminée en retirant simplement de la nourriture du moustique le complément alimentaire auquel elle est dépendante. Lorsque la bactérie est maintenue durant le développement larvaire puis éliminée au stade nymphal (pendant la métamorphose), les adultes résultant du processus sont dépourvus de microbiote (Figure 1). Pour les besoins expérimentaux, les adultes peuvent ensuite rester microbiologiquement stériles, en tant que contrôles, ou peuvent être colonisés par les bactéries que l'on souhaite étudier.

Alors que cette technique existait pour d'autres moustiques, j'ai réussi pendant ma thèse à l'adapter aux anophèles. Nous menons actuellement une nouvelle étude afin de conclure de manière moins ambiguë (par rapport aux résultats avec un traitement antibiotique) quant au rôle global du microbiote sur le métabolisme de l'anophèle, et afin d'identifier des molécules influencées par le microbiote pouvant avoir un effet sur *Plasmodium*. Pour aller plus loin, il sera intéressant d'infecter expérimentalement les anophèles par *Plasmodium* et de tester l'effet de différentes bactéries, individuelles ou combinées, ou des molécules d'intérêt sur le résultat de l'infection.

Recenser les souches bactériennes au sein des moustiques de Guyane

En parallèle, nous menons une étude de terrain sur la diversité et composition des communautés bactériennes naturellement présentes au sein des

anophèles de Guyane. Nous avons collecté plus de 770 anophèles sur quatre années successives et dans cinq localités différentes de Guyane et analysons la composition du microbiote de chacun de ces moustiques par séquençage (Figure 2). L'analyse de leur microbiote nous renseignera sur l'existence, ou non, de compositions typiques ainsi que sur leurs déterminants : type de paysage, saison, espèces de moustique, etc. Ces informations permettront de déterminer les bactéries pertinentes à tester dans notre modèle, dans le but d'être au plus proche des conditions du terrain en Guyane. Additionnellement, les missions de terrain nous ont aussi permis de recueillir des informations sur la répartition des espèces d'anophèles en Guyane (Figure 3) ⁵.

Les missions de terrain ont permis de récupérer des anophèles afin d'étudier leur microbiote naturel, cependant ces missions ont aussi apporté des informations sur la répartition des espèces. *Anopheles darlingi*

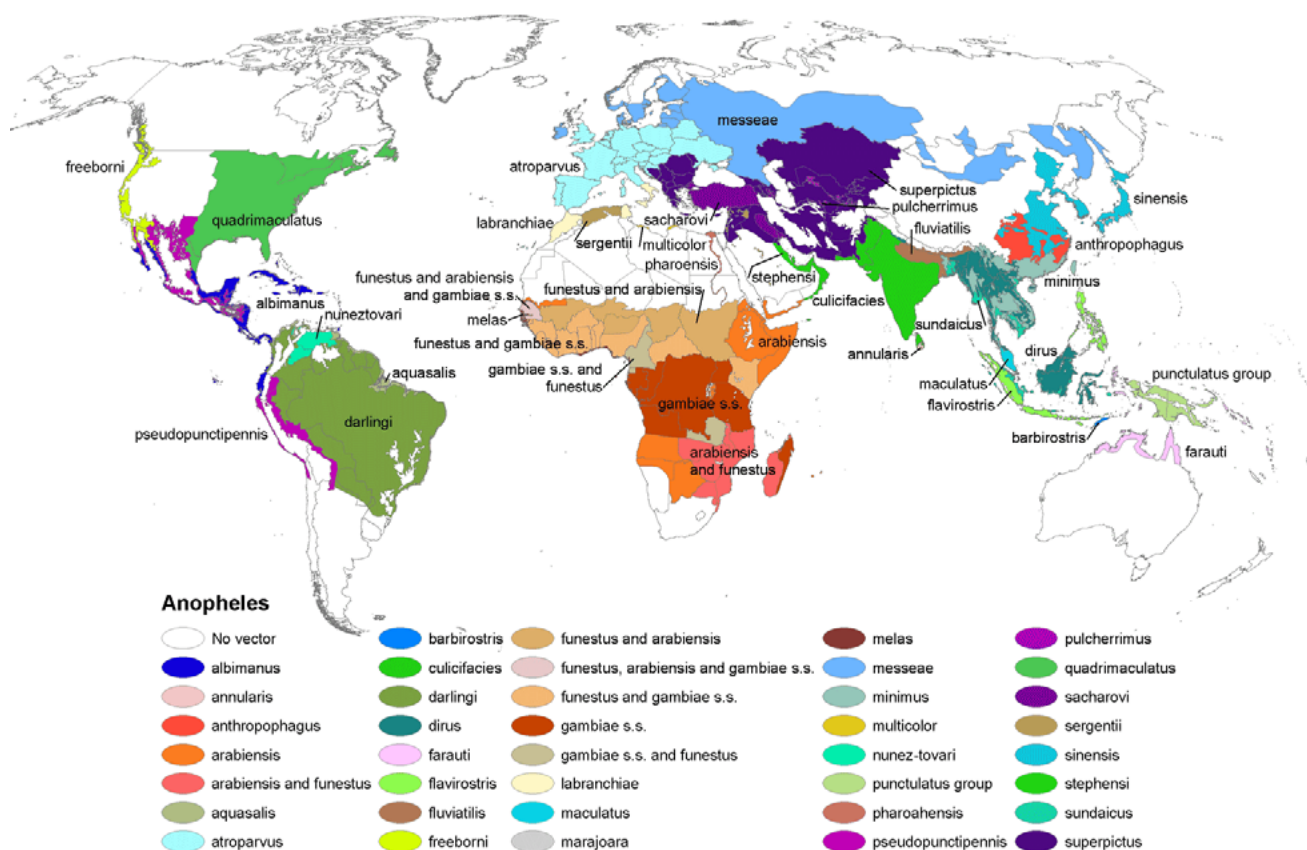
BIBLIOGRAPHIE

- ¹ World malaria report 2022. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- ² Romoli O, Gendrin M. The tripartite interactions between the mosquito, its microbiota and *Plasmodium*. *Parasit Vectors*. 2018 Mar 20;11(1):200. doi: 10.1186/s13071-018-2784-x. PMID: 29558973; PMCID: PMC5861617.
- ³ Chabanol E, Behrends V, Prévot G, Christophides GK, Gendrin M. Antibiotic Treatment in *Anopheles coluzzii* Affects Carbon and Nitrogen Metabolism. *Pathogens*. 2020 Aug 21;9(9):679. doi: 10.3390/pathogens9090679. PMID: 32825534; PMCID: PMC7558193.
- ⁴ Romoli O, Schönbeck JC, Hapfelmeier S, Gendrin M. Production of germ-free mosquitoes via transient colonisation allows stage-specific investigation of host-microbiota interactions. *Nat Commun*. 2021 Feb 11;12(1):942. doi: 10.1038/s41467-021-21195-3. PMID: 33574256; PMCID: PMC7878806.
- ⁵ Chabanol E, Romoli O, Talaga S, Epelboin Y, Heu K, Prévot G, Gendrin M. A novel mosquito species identification method based on PCR and capillary electrophoresis. *Authorea*. March 21, 2023.
- ⁶ <https://microbiologycommunity.nature.com/posts/a-microbiota-off-switch-to-understand-mosquito-bacteria-interactions>

CARTE DE DISTRIBUTION DES ANOPHÈLES

Source : Wikipedia

Centers for Disease Control and Prevention, United States Department of Health and Human Services



est l'espèce majoritaire en Guyane Française de manière générale, et *Anopheles braziliensis*, *Anopheles triannulatus* et *Anopheles nuneztovari* sont les trois autres espèces les plus représentées. D'autres espèces ont été retrouvées de manière plus sporadique.

En conclusion...

L'intérêt de la communauté scientifique pour le microbiote des moustiques est relativement récent. Pourtant les bactéries ont un impact majeur sur le moustique, et sont notamment essentielles pour son développement larvaire. Le rôle de ces bactéries lors de la transmission d'arbovirus ou de parasites, tels que *Plasmodium*, n'est

pas encore totalement défini, notamment d'un point de vue métabolique. La recherche menée dans le cadre de cette thèse a donc pour but de consolider les connaissances à ce sujet.

De plus, en combinant recherche en laboratoire et sur le terrain, il est possible de se rapprocher au plus près des problématiques locales. En recensant les souches bactériennes au sein des moustiques du territoire et en étudiant leurs caractéristiques, il est probable de trouver des souches avec un fort potentiel à limiter l'infection des anophèles par le *Plasmodium*. Ces bactéries seraient alors de bons outils de lutte antivectorielle, car un moustique dans lequel le parasite est incapable de se multiplier est un moustique qui ne sera pas vecteur.

BIOGRAPHIE

Estelle Chabanol, est doctorante à l'Université de Guyane. Elle réalise sa thèse sous la direction de Mathilde Gendrin (Institut Pasteur de la Guyane) et Ghislaine Prévot (Laboratoire Biomes Tropicaux et Immunophysiopathologie, Université de Guyane), au sein du groupe Microbiote des Insectes Vecteurs à l'Institut Pasteur de la Guyane. Son projet combine recherches sur le terrain et en laboratoire pour étudier les relations métaboliques entre moustique *Anopheles*, vecteur du paludisme, et son microbiote. Notamment, elle s'intéresse au métabolisme des bactéries intestinales des anophèles et leurs interactions avec le parasite *Plasmodium*. Son travail est à l'interface entre la microbiologie, la parasitologie, l'entomologie et la métabolomique.



ENCART METHODOLOGIQUE

En pratique : moustiques de laboratoire et moustiques de terrain

Il est possible d'élever certaines espèces de moustiques en laboratoire. Le cycle de vie du moustique se fait en insectarium : en bassines pour le développement larvaire et le stade nymphal, et en cages pour les adultes. Les adultes sont nourris avec une solution sucrée pour assurer leur survie et un repas de sang est proposé aux femelles lorsqu'il est nécessaire d'obtenir des œufs. On parle de colonies lorsque les moustiques sont maintenus sur plusieurs générations.

Une colonie de laboratoire permet d'avoir des moustiques disponibles à tout moment de l'année, en nombre adaptable aux besoins expérimentaux. Les expériences faites sur des moustiques de laboratoire sont aussi plus facilement reproductibles car il est possible de contrôler précisément les conditions et paramètres de vie de ces moustiques : leur âge, l'accouplement et la reproduction, les repas de sang, etc. De plus, certaines colonies établies depuis plusieurs dizaines d'années sont partagées par des laboratoires du monde entier, ce qui fait de ces moustiques des « standards » pour l'expérimentation et facilite les collaborations ainsi que la comparaison des résultats. Malheureusement il n'est pas toujours possible d'établir des colonies, certaines espèces de moustiques sont très résistantes et demandent peu d'entretien mais d'autres sont plus délicates à élever avec des besoins spécifiques, difficiles à identifier.

Le prélèvement de moustiques sur le terrain présente d'autres avantages. En effet, au laboratoire, les populations se standardisent aux dépens de la diversité génétique et les variations induites par l'environnement sont perdues. Notamment, la composition du microbiote intestinal d'un moustique de laboratoire peut différer grandement de celles d'un moustique de terrain, pour une même espèce. Ce facteur doit être pris en considération lorsqu'on cherche à étudier l'influence des bactéries sur la transmission vectorielle, car différentes souches bactériennes peuvent avoir

des effets variés. Baser sa recherche sur des moustiques de terrain permet donc d'être au plus près des conditions réelles dans lesquelles la transmission vectorielle se fait effectivement. Finalement, l'échantillonnage sur le terrain est aussi un moyen de surveiller la répartition et les dynamiques des populations de moustiques, vecteurs ou non.

Les deux approches, laboratoire et terrain, sont donc très complémentaires. Pour notre projet, la collecte d'anophèles dans plusieurs localités de Guyane va permettre de mieux connaître les espèces bactériennes présentes naturellement au sein de ces moustiques. Cette connaissance permettra de définir et d'utiliser des compositions bactériennes simplifiées afin d'établir un modèle d'anophèle en laboratoire, proche des conditions extérieures mais néanmoins contrôlé. Pouvoir combiner les deux approches est un atout inestimable dans un projet de recherche comme celui-ci, afin d'obtenir des résultats concrets et applicables plus directement au territoire de la Guyane.

En pratique : où, quand et comment capturer les moustiques sur le terrain ?

Lorsqu'on s'intéresse aux moustiques du terrain, il est possible de collecter des larves ou des adultes, en fonction des besoins expérimentaux. Les larves peuvent être trouvées dans différents types de gîtes, naturels ou artificiels : flaques d'eau, bambous

et autres plantes, pots de fleurs non vidés, pneus laissés à l'abandon, etc. Récupérer des larves peut se faire avec une simple épaisse. Il y a environ 250 espèces de moustiques en Guyane, donc les gîtes larvaires sont divers et plus ou moins accessibles. Les larves d'anophèles locales sont généralement difficiles à collecter car elles se développent de façon saisonnière dans des grandes retenues d'eau en bordure de fleuve.

Collecter des moustiques adultes nécessite plus de matériel. Il existe des pièges lumineux et/ou à UV pour collecter les adultes attirés par la lumière. D'autres pièges comme le BG-Sentinel ou le Mosquito Magnet (Figure 4) attirent principalement les femelles en quête d'un repas de sang, en imitant les stimuli comme l'émission de CO₂, de chaleur et/ou de molécules odorantes. Dans tous les cas, les moustiques sont piégés par un flux d'air les bloquant dans un filet qu'il est possible de détacher pour les récupérer.

Les lieux, saisons et horaires de capture vont dépendre de l'espèce de moustique recherchée : *Aedes aegypti* par exemple, vecteur de la dengue et autres arbovirus, est un moustique urbain et diurne, présent tout au long de l'année ; *Anopheles darlingi* quant à lui, vecteur du paludisme, est un moustique selvatique, sortant majoritairement la nuit et au lever du jour, avec une saisonnalité marquée, plutôt présent en début de saison sèche. Ces caractéristiques sont à connaître et prendre en compte pour préparer les missions de terrain.



Figure 4 : Photo d'un Mosquito Magnet déployé sur le terrain. [Crédit photo : Vectopôle, Institut Pasteur de la Guyane]. Le Mosquito Magnet est un piège permettant de capturer des moustiques adultes sur le terrain. La bombonne de gaz est utilisée par le dispositif pour émettre du CO₂ et produire de la chaleur. Une pastille avec une molécule attractante est ajoutée et son odeur est également diffusée par le système. Ces stimuli attirent les femelles en quête de repas de sang et lorsque ces dernières s'approchent, elles sont aspirées par un flux d'air les piégeant dans le filet au cœur de la machine. Ce filet peut être fermé et retiré pour récupérer les moustiques.

LES MÉCANISMES DE DÉFENSES IMMUNES DANS LE CAS D'UNE CO-INFECTION À *P. FALCIPARUM* ET *T. GONDII*

par Inès Leleu

Et si une maladie parasitaire conférait une protection contre les formes graves d'une autre ? A la vue de la forte transmission des parasitoses sur le territoire guyanais, de potentielles co-infections pourraient affecter la population guyanaise, suggérant le développement d'une immunité croisée* atypique, mais qui reste à être étudiée. Les travaux de Inès Leleu suggèrent l'importance des mécanismes de la réponse immune innée dans une protection liée à des infections antécédentes ou concomitantes.

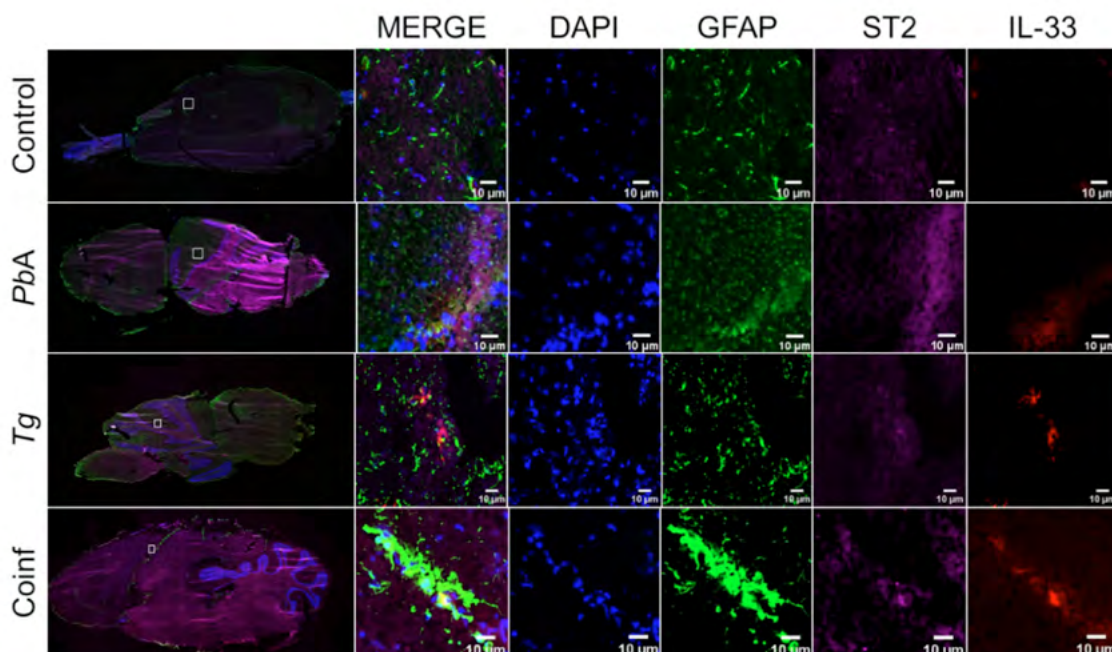
Le rôle des astrocytes dans les co-infections *Plasmodium-Toxoplasma*

Le neuropaludisme est la complication cérébrale et mortelle de l'infection, chez l'Homme, à *Plasmodium falciparum* (étudié dans un modèle expérimental murin par l'infection à PbA), se traduisant par une séquestration d'hématies parasitées dans les micro-vaisseaux du cerveau et une neuroinflammation exacerbée, responsables du coma conduisant à la mort des patient 1 2 3.

A l'inverse, la toxoplasmose induite par l'infection à *Toxoplasma gondii*, est une maladie chronique, souvent asymptomatique, caractérisée par l'enkystement du parasite, notamment dans le cerveau des patients infectés 4 5 6. Dans notre étude sur la co-infection *Plasmodium-Toxoplasma* des souris, nous avons décrit que la protection conférée contre la forme sévère du paludisme était associée en partie à une activation des **cellules gliales du cerveau***, les astrocyte et microglies ainsi

FIGURE 1 :

Coupes de cerveaux de souris mono- ou co-infectées par *Plasmodium berghei* ANKA et/ou *Toxoplasma gondii*. Les astrocytes activés (GFAP+, en vert ; ADN des cellules, en bleu) produisent de l'IL-33 (en rouge) et présentent à leur surface le récepteur à l'IL-33, le ST2 (en rose). Photo prise en microscopie confocale.



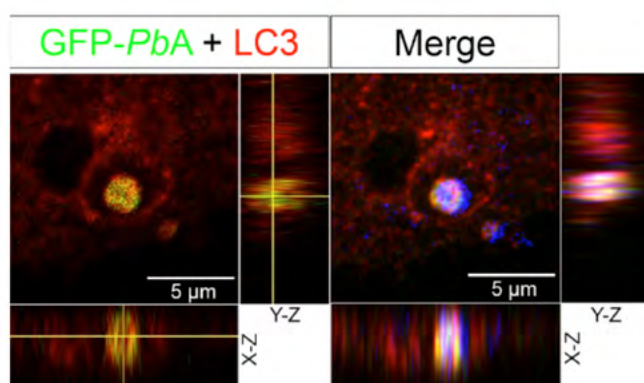
qu'à une modification de leur phénotype et de leur réponse inflammatoire.

Les astrocytes, qui composent majoritairement le cerveau, sont impliqués dans l'**homéostasie*** du système nerveux central et dans l'immunité innée cérébrale ^{7 8 9}. Chez les souris co-infectées par PbA et Tg, ces cellules produisent en grande quantité deux cytokines anti-inflammatoires ; le TGF- β qui permettrait de maintenir les kystes de Tg dans le cerveau et limiterait

l'inflammation et les dommages neuronaux ^{10 11} ; et l'IL-33 (Figure 1) responsable de l'activation de cellules de l'immunité innée, les ILC de type 2, impliquée dans la réponse anti-parasitaire. De ce fait, notre étude montre l'intérêt fort d'étudier les astrocytes et leurs rôles clefs, dans les infections parasitaires et de manière innovante, dans les co-infections telles qu'on les observe davantage sur le territoire de la Guyane.

FIGURE 2 :

Microvésicules dérivées de *Plasmodium* (en vert) transmises des hématies parasitées aux astrocytes et prise en charge par les cargos de recyclages (autophagosomes, LC3+ en rouge) dans l'astrocyte pour être dégradée définitivement dans la cellule.



LEXIQUE

Immunité croisée :

L'immunité croisée est une immunité acquise contre un agent infectieux qui protège contre un autre pathogène

Cellules gliales du cerveau :

Cellules spécialisées dont la fonction est d'entourer, de soutenir et d'isoler les cellules nerveuses (neurones) du système nerveux central (SNC), y compris le cerveau et la moelle épinière. Les principaux types de cellules gliales sont les oligodendrocytes, les astrocytes, les cellules microgliales et les épendymocytes.

Homéostasie :

L'homéostasie est un phénomène par lequel un facteur, comme la température corporelle, est maintenu autour d'une valeur constante pour le corps humain grâce à divers processus de régulation

Apoptose : Processus physiologique de mort cellulaire programmée

BIBLIOGRAPHIE

- ① World Health Organization. 2020. ISBN: 978-92-4-001579-1.
- ② Baptista FG, et al. Infect. Immun. 2010. doi: 10.1128/IAI.00079-10.
- ③ Medana IM, et al. Immun. Cell. Biol. 2001. doi: 10.1046/j.1440-1711.2001.00995.x.
- ④ Griffiths EC, et al. J Infect 2011. doi: 10.1016/j.jinf.2011.06.005.
- ⑤ Israelski DM, et al. J Acquir Immune Defic Syndr 1993. PMID: 8455146.
- ⑥ Landrith TA, et al. Semin Immunopathol. 2015. doi: 10.1007/s00281-015-0487-3.
- ⑦ Gimsa U, et al. J. Mol. Med. 2004. doi: 10.1007/s00109-004-0531-6.
- ⑧ Ransohoff RM, Brown MA. J.Clin. Invest. 2012. doi: 10.1172/JCI58644.
- ⑨ Dalko E, et al. Brain Behav. Immun. 2016. doi: 10.1016/j.bbi.2016.07.157.
- ⑩ Hidano S, et al. mBio. 2016. doi : 10.1128/mBio.01881-16.
- ⑪ Cekanaviciute E, et al. J Immunol. 2014. doi : 10.4049/jimmunol.1303284.
- ⑫ Shrivastava SK, et al. Glia. 2017. doi: 10.1002/glia.23075.
- ⑬ Leleu I, et al. Autophagy. 2021. doi: 10.1080/15548627.2021.1993704.
- ⑭ Leleu I, et al. Life. 2022. doi: 10.3390/life12030415.
- ⑮ Hernandez-Segura, et al. Trends Cell Biol. 2018. doi : 10.1016/j.tcb.2018.02.001.
- ⑯ Brondello, et al. Med Sci. 2012. doi : <https://doi.org/10.1051/medsci/2012283017>

Dans notre équipe, nous nous focalisons plus particulièrement sur l'étude des astrocytes dans la physiopathologie du neuropaludisme. Dans un premier temps, nous avons observé un transfert de microvésicules parasitaires des hématies parasitées dans les astrocytes ⑫. Ces microvésicules sont ensuite prises en charge par un mécanisme de recyclage intracellulaire non conventionnel, appelé autophagie, conduisant à leur dégradation définitive au sein de l'astrocyte ⑬ ⑭ (Figure 2). Ce mécanisme stimule la réponse pro-inflammatoire de l'astrocyte, qui se caractérise par la production de cytokines et chimiokines pro-inflammatoires comme le CXCL-10, biomarqueur prédictif d'un neuropaludisme chez l'Homme ⑮ ⑯ (Figure 3). Ceci participerait à la pathogénèse et à l'aggravation de la maladie ⑮ ⑯. Par la suite, nous nous sommes intéressés au devenir de ces cellules, et plus spécifiquement, leur implication dans les déficits cognitifs et séquelles neurologiques observés chez les patients qui survivent au neuropaludisme. Nous avons montré que les astrocytes, au sein desquels sont dégradés les microvésicules parasitaires, entrent dans un phénomène de sénescence. La sénescence est un état où la cellule arrête son cycle cellulaire et résiste à l'apoptose*⑮. Il en résulte ensuite une réponse inflammatoire de l'astrocyte par la mise en jeu de réseaux de molécules dont le P21 et une production de CXCL-10, comme nous observons dans le cerveau et le sérum de patients décédés d'un neuropal-

ludisme. Comme dans les maladies dégénératives, ce mécanisme est aussi connu pour jouer un rôle dans le vieillissement prématuré du cerveau ⑯.

Mieux comprendre les réponses immunes associées aux infections parasitaires multiples, un enjeu en Guyane

En Guyane, l'environnement est propice aux infections multiples entre protozoaires comme *Plasmodium falciparum* ou *vivax*, *Toxoplasma gondii* et *Leishmania guyanensi* ou *braziliensis*... Les patients multi-porteurs de ces parasites présentent plus souvent des formes asymptomatiques chroniques de ces maladies, plutôt que des formes graves. Ces individus, qui constituent un véritable réservoir de parasites, semblent développer une immunité anti-maladie atypique, qui pourraient expliquer leur résistance aux formes sévères de la maladie. Néanmoins, les réponses immunes associées à ces co-infections restent mal connues. C'est pourquoi une application de nos études chez l'Homme et la recherche de biomarqueurs de gravité de maladies semblent nécessaires, afin d'améliorer à la fois la prise en charge des patients en milieu hospitalier, mais aussi pour une meilleure compréhension des mécanismes de défense immunitaire contre ces infections parasitaires multiples.

“

Notre étude montre l'intérêt fort d'étudier les astrocytes et leurs rôles clefs, dans les infections parasitaires et de manière innovante, dans les co-infections telles qu'on les observe davantage sur le territoire de la Guyane.

”

FIGURE 3:

Schéma du transfert de microvésicules parasitaires de *Plasmodium* dégradés dans l'astrocyte par une autophagie non-conventionnelle, appelé « LC3-associated phagocytosis », et de la réponse pro-inflammatoire induite.

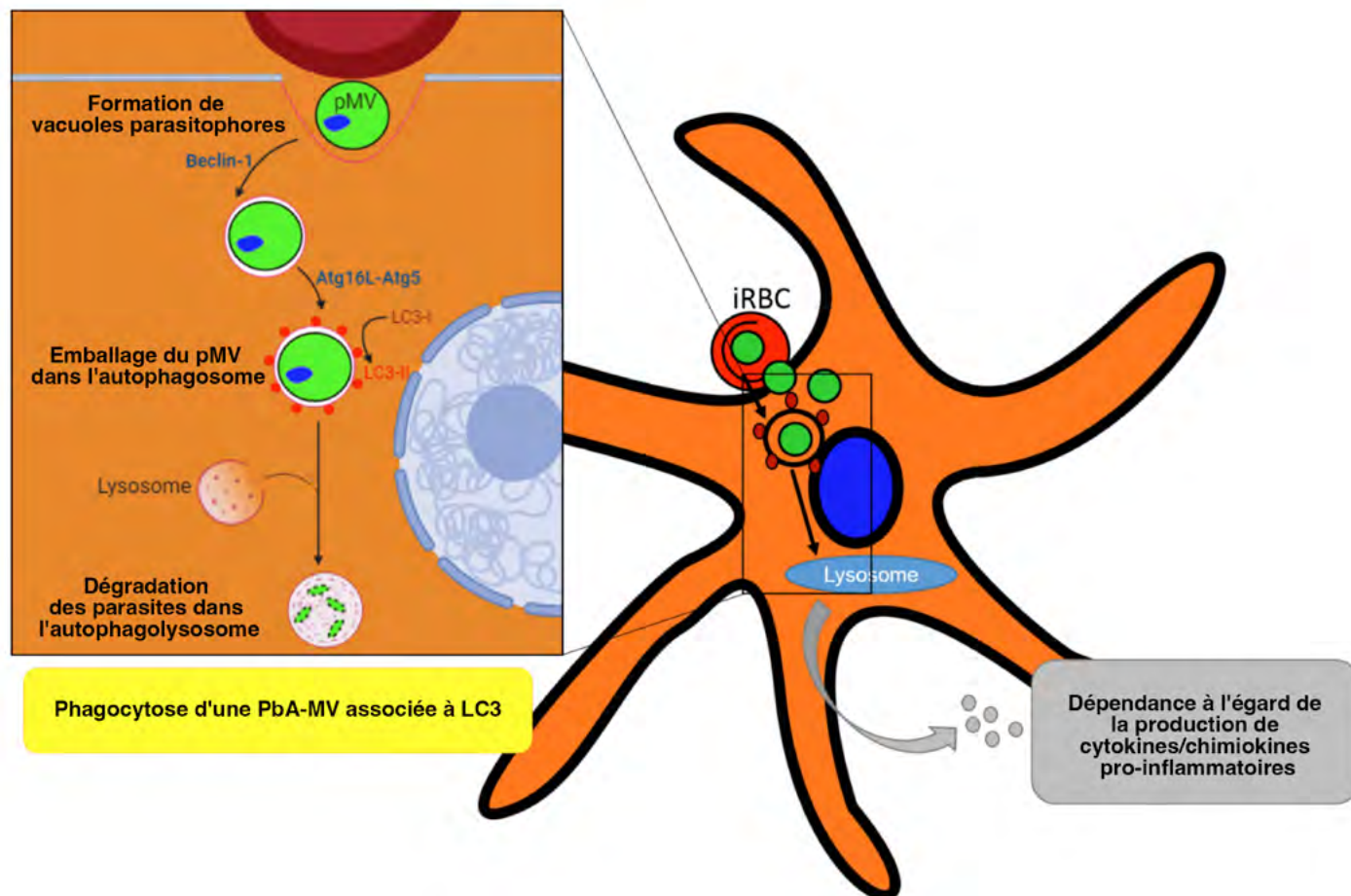


photo fournie par l'auteure



BIOGRAPHIE d'Inès LELEU

Diplômée d'un double master Biologie-Santé de l'Université de Lille et Parasitologie-Mycologie de Paris Sorbonne, je suis ingénieur d'études CNRS dans l'équipe TBIP depuis 2018. En parallèle de mon travail, je suis étudiante en thèse Sciences de la vie et de la santé, à l'Université de Guyane, depuis début 2021, en co-direction entre Dr Sylviane Pied et Pr Magalie Pierre-Demar. Mes travaux de recherches de thèse portent sur le rôle des astrocytes dans le neuropaludisme et la co-infection *Plasmodium-Toxoplasma*.

L'IMPACT DES INFECTIONS MULTIPLES À PROTOZOAIRES SUR L'IMMUNITÉ HUMORALE ET L'ÉVOLUTION DE LA MALADIE EN GUYANE

par Kévin Néron-Elfort

La Guyane est caractérisée par la circulation de nombreux agents infectieux parmi lesquels les parasites protozoaires, responsables de maladies d'origines vectorielles ou alimentaires dont le paludisme, la leishmaniose et la toxoplasmose, des causes majeures de morbidité et de mortalité mondiales. L'objectif des travaux de Kévin Néron-Lefort est d'estimer le risque et la prévalence des multi-infections et d'analyser l'impact de ces infections multiples sur la réponse immunitaire.

La prévalence des infections multiples à ces parasites n'a jamais été estimée en Guyane. Celle-ci pourrait être sous-évaluée au vu du portage chronique asymptomatique de ces protozoaires. Cependant, la façon dont ces parasites interagissent entre eux et avec l'hôte peut favoriser l'émergence d'une surinfection, d'une pathologie grave ou augmenter le risque de résistance aux médicaments. Leurs interactions pourraient aussi favoriser des mécanismes de protection immunologique qui contribueraient au portage asymptomatique des parasites, ce qui constituerait un réservoir non négligeable de transmission. Les mécanismes qui contribuent à la diminution de la morbidité ainsi que de la mortalité sans pour autant éliminer le parasite restent encore aujourd'hui largement méconnus, mais sont souvent corrélés avec un changement dans la réponse immunitaire.

Les conséquences des infections multiples

L'impact des infections multiples quant à l'évolution d'une maladie donnée peut résulter en plusieurs scénarios. Une

surinfection due à une synergie entre les deux parasites ou au contraire une réduction des symptômes due à leur compétition pour les ressources. Des mécanismes d'immunorégulations, c'est-à-dire les processus biologiques complexes qui maintiennent l'équilibre du système immunitaire, peuvent contribuer soit à une protection par la mise en place de réponses anticorps croisées ou encore à des processus pathologiques graves.

Une stratégie de recherche qui combine études cliniques, biologiques et épidémiologiques

La stratégie d'analyse développée dans le cadre de cette étude consiste en une démarche sans a priori combinant des études cliniques, épidémiologiques et immunologiques couplées à des analyses statistiques multivariées. Trois cent patients recrutés au Centre Hospitalier de Cayenne (CHC) ont été inclus dans cette étude (âge médian de 34 ans). Ils ont été sélectionnés sur la base de leur positivité à au moins une des trois protozooses. Ainsi, l'objectif premier de

Figure 1 : carte de localisation des patients inclus

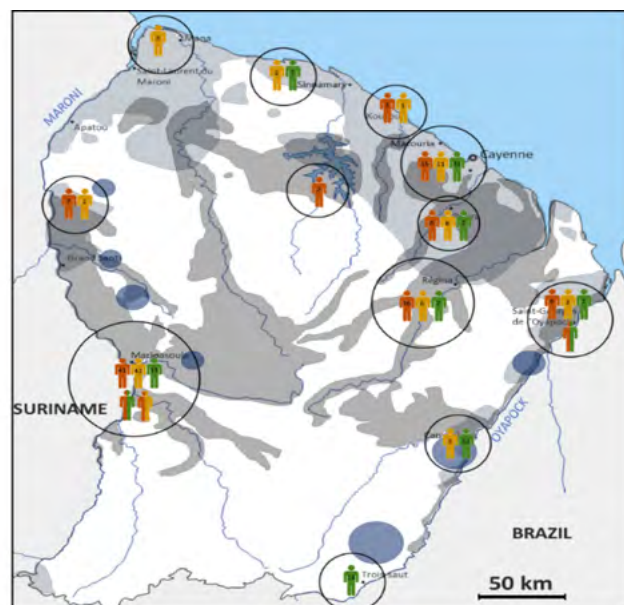
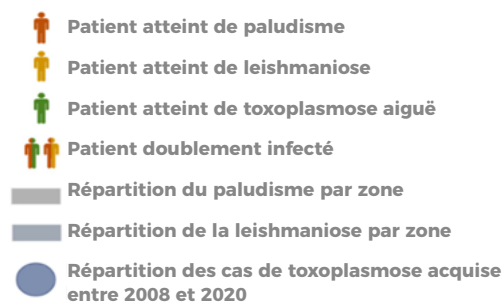
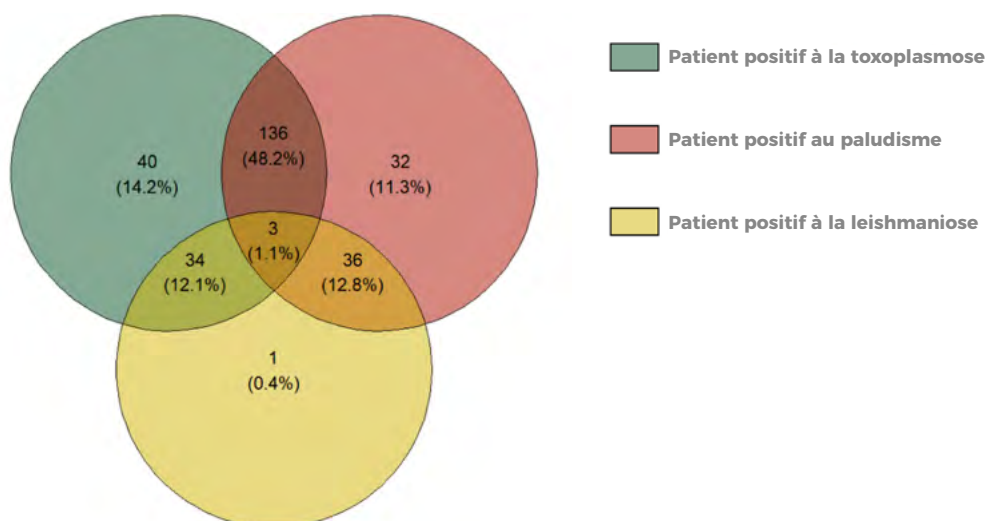
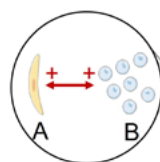


Figure 2 : groupe basé sur l'historique de plusieurs infections

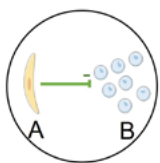


INFECTION SIMULTANÉE

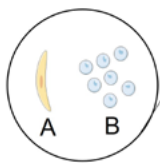
Surinfection
Augmentation de la gravité de la maladie



Compétition
Inhibition de la concurrence/ réduction des symptômes

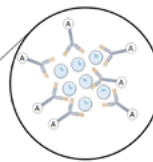


Neutre
Aucun impact sur les deux protozoaires, mais la gravité peut encore augmenter en raison d'une réponse immunitaire exacerbée.



INFECTION SÉQUENTIELLE

Augmentation de la gravité
Immunité de protection
Les anticorps anti-A peuvent réduire la gravité de l'infection B



Neutre
Les anticorps anti-A n'ont pas d'effet sur l'infection de l'organisme.

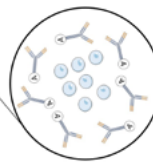
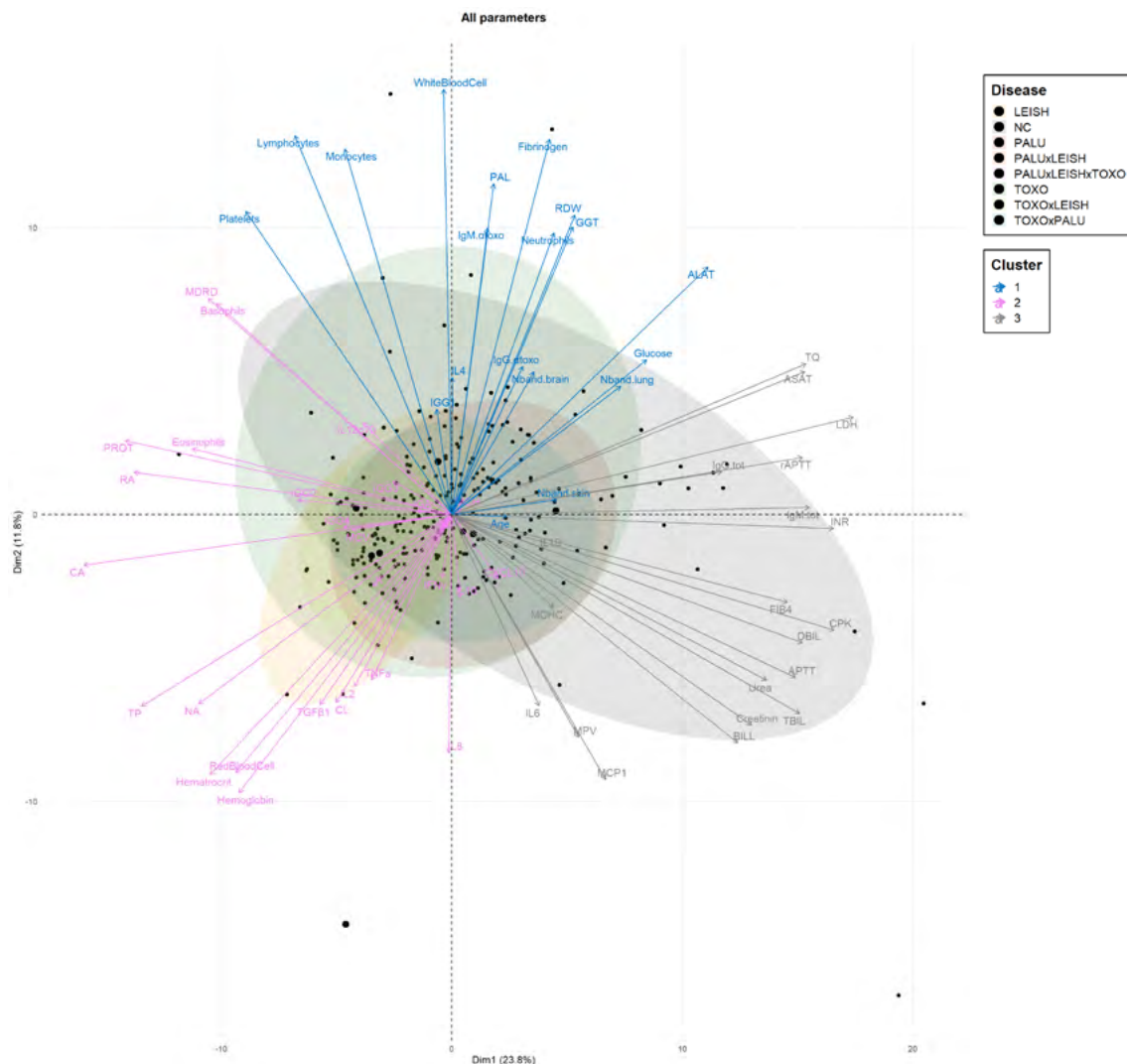


Figure 3 : Analyse en composante principale



la recherche est d'estimer le risque et la prévalence des co-portages entre protozoaires en Guyane. Puis dans un second temps, d'analyser l'impact de ces infections multiples sur la réponse immunitaire au niveau humoral et cytokinique. L'ensemble des données cliniques, biologiques et épidémiologiques recueillies est intégré dans une base de données et analysé afin de tenter d'établir des associations et/ou des corrélations avec des facteurs de la réponse humorale dans le but de mettre en évidence des signatures immunologiques pouvant servir de biomarqueurs à des fins diagnostic, pronostic et/ou thérapeutiques adaptés au contexte guyanais.

Des régions endémiques à risque accru

Une méta-analyse sur les données épidémiologiques, bien qu'encore insuffisante, montre un risque de transmission et d'infection dans les mêmes zones géographiques pour les trois parasites, notamment aux abords des points d'eau. Le risque est d'autant plus grand lorsqu'on se situe dans les régions frontalières de Maripasoula ou de Camopi où circulent les orpailleurs illégaux et les peuples premiers. Bien qu'en apparence seulement 2% des patients semblent être multi-infectés, des tests de diagnostics sérologiques montrent qu'ils sont en réalité près de 75% à avoir rencontré au moins deux des trois parasites dans leur vie.

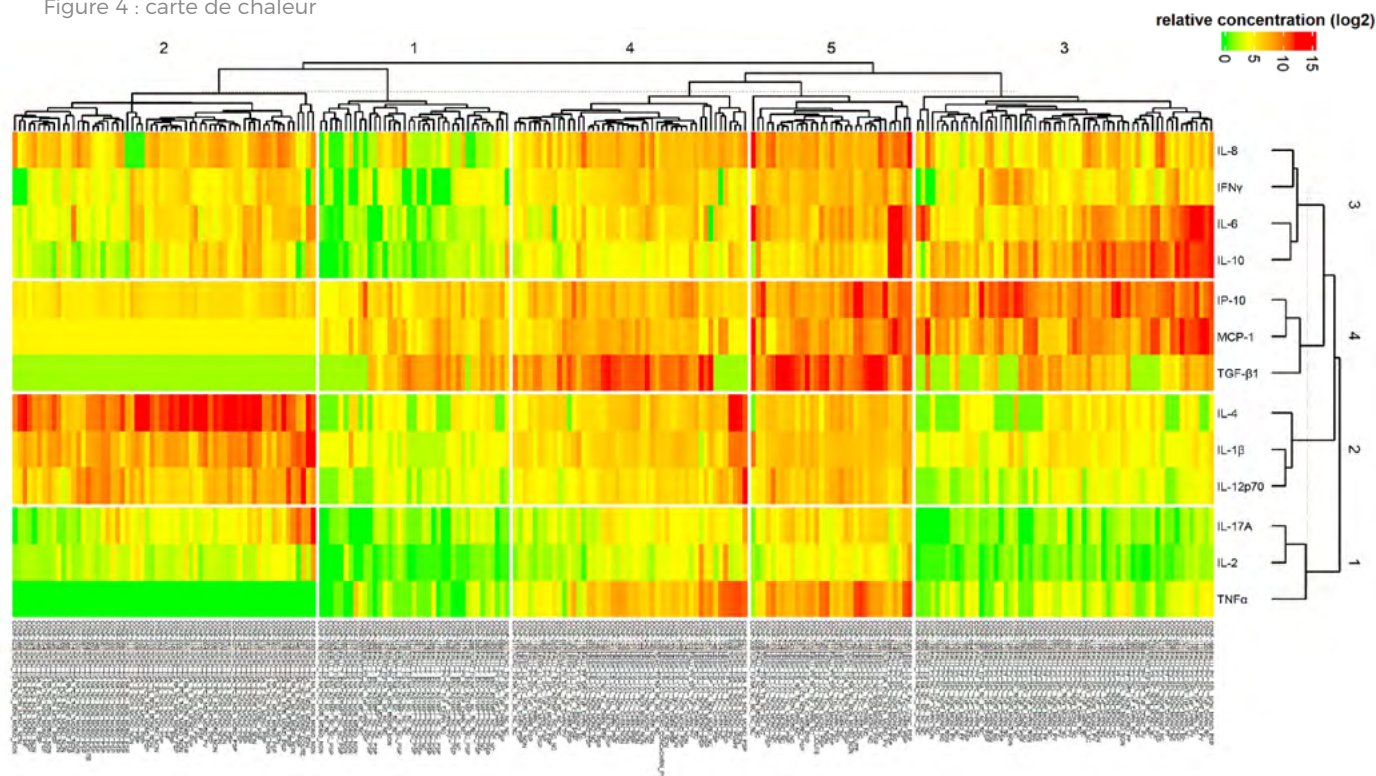
Une première analyse globale de la population d'étude (fig. 3)

Une analyse en composante principale sur l'ensemble des données biologiques a été conduite afin de voir si on pouvait déjà discriminer les patients. Malgré le caractère non spécifique des paramètres étudiés, et sans prise en compte de la symptomatologie spécifique de chacune des maladies, les individus peuvent tout de même être classés en différents groupes. Néanmoins, ces analyses montrent la nécessité de prendre en compte d'autres paramètres afin de mieux discriminer nos différents groupes de maladie et de patients multi-infectés. Pour autant, quatre à cinq groupes de variables semblent déjà pouvoir expliquer les différences observées entre nos patients.

Le spectre cytokinique impacté par les multi-infections (fig. 4)

J'ai réalisé le dosage d'un panel de 13 cytokines dans le sérum des patients afin de pousser la discrimination des patients coinfectés des non-coinfectés, des multi-infectés, des mono-infectés. Ainsi, aucune différence n'apparaît entre les différentes catégories de patients, exceptés pour 7 patients impaludés coinfectés qui ont un profil cytokinique semblable à des patients contrôles non infectés. En revanche, les patients infectés par la toxoplasmose ou le paludisme avec une antériorité de paludisme semblent avoir des profils cytokiniques qui les distinguent de ceux sans antécédents de paludisme.

Figure 4 : carte de chaleur



En Conclusion...

A travers ma thèse, je cherche avec cette démarche d'Immunomonitorage, à mieux comprendre la réponse immunitaire humorale en cas de multi-infection et mettre en évidence des biomarqueurs qui permettront de mieux classer les patients qui viennent à l'hôpital. Cette première série d'analyses a permis de faire ressortir quelques cytokines et paramètres biologiques qui discriminent les différents groupes de patients. D'autres analyses multivariées sur le répertoire d'autoanticorps et d'anticorps spécifiques contre le parasite permettront de mieux caractériser ces signatures immunologiques. Il est déjà observable une réactivité importante des IgG contre le cerveau dans le cas des patients impaludés ou atteint par la toxoplasmose amazonienne et que ce niveau de réactivité semble être corrélé à la gravité de la maladie. Le rôle joué par ces autoanticorps reste encore à élucider.

METHODOLOGIQUE

La stratégie de recherche adoptée est empirico-inductive, basée sur la collecte de données brutes et réelles sur le terrain. Notre méthodologie porte d'abord sur une recherche rétrospective visant à critiquer les approches classiques organisationnelles, ensuite sur une approche analytique et comparative ayant pour but d'identifier les démarches qui ont permis d'assurer une relative résilience chez certaines entreprises face à la crise. Les moyens mis en œuvre sont la recherche documentaire, les enquêtes de terrain, par des questionnaires et entretiens semi-directifs auprès de différents acteurs de la chaîne touristique en Guyane, au Suriname et au Brésil.

LEXIQUE

Immunomonitorage : l'immunomonitorage consiste à identifier des biomarqueurs immunologiques et de mieux comprendre la physiopathologie des pathologies dysimmunitaires (cellules, fonctions, molécules)

Photo fournie par l'auteur



BIOGRAPHIE

Titulaire d'un Master en Biotechnologie à l'Université de Montpellier, **Kevin** est doctorant en immunologie parasitaire au sein de l'équipe Biomes Tropicaux et Immunopathophysiologie (TBIP). Sa thèse, « L'impact des infections multiples à protozoaires sur l'immunité humorale et l'évolution de la maladie en Guyane » est financée par un contrat CNES-CTG et est co-dirigée par Sylviane PIED, Directrice de Recherche CNRS à Lille, et Magalie DEMAR, Professeure des Universités – Praticienne hospitalier en Guyane..



GRAND ENTRETIEN

L'IMMUNOLOGIE DES MALADIES PARASITAIRES

Sylviane Pied,
Directrice de recherche CNRS au Centre d'Infection et d'Immunité de Lille

Spécialisée dans l'immunophysiopathologie des infections parasitaires et, en particulier, le paludisme, le Dr Sylviane Pied travaille sur l'étude des réponses immunes qui s'établissent lors de l'infection par *Plasmodium falciparum* notamment dans le cas du neuropaludisme, maladie encore responsable d'environ 0,6 million de morts par an. Collaborant depuis longtemps avec l'Inde et l'Afrique, elle coordonne depuis 2020 une équipe de recherche qui s'intéresse aux modifications immunologiques induites par les co-infections parasitaires, dans le contexte particulier de l'écosystème amazonien en Guyane. Son projet est également de mettre en place une plate-forme d'immunologie des maladies infectieuses en Guyane, maillon manquant de la recherche locale en santé. Cette plateforme devrait permettre l'identification de biomarqueurs et le développement d'outils afin de mieux diagnostiquer les maladies parasitaires, voire de développer de nouveaux traitements.

Lemag' : Très tôt dans votre parcours, vous vous êtes intéressée à l'immunologie du paludisme ?

Sylviane Pied : J'ai toujours été intéressée par les infections parasitaires, très répandues dans notre environnement, ainsi que par les stratégies de défenses mises en œuvre chez l'hôte infecté pour contrecarrer les effets néfastes de ces agents pathogènes. Jeune, étant également attirée par l'agronomie, j'ai suivi un parcours de biologie avec un aspect agronomie. J'étais en fac à Grenoble, puis j'ai poursuivi par une formation en immunologie à Sorbonne Université. J'ai ensuite effectué mon doctorat à la Pitié-Salpêtrière, fief de la parasitologie, sur le paludisme. Mon sujet de thèse portait sur l'identification des mécanismes immuns protecteurs ciblant le **stade hépatique*** du développement des plasmodies. L'idée était de prévenir l'infection en ciblant ce stade, qui est asymptomatique, afin de

“ Actuellement, la Guyane a des équipes de recherche qui travaillent sur la transmission ou la biologie des pathogènes, mais il manquait l'étude de la réponse de l'hôte. Cette plateforme d'immuno-monitorage est le maillon manquant. ”

protéger du processus infectieux. J'ai pu mettre en évidence un rôle important de facteurs pro-inflammatoires comme les Interleukines 1 et 6 et la C-réactive protéine dans l'inhibition du développement intrahépatocytaire du parasite. Suite à l'obtention de ma thèse, j'ai eu le choix de poursuivre mes recherches en Angleterre ou en Inde. J'ai choisi de faire un post-doctorat en Inde, au Centre International de l'Ingénierie Génétique et de la Biotechnologie (ICGEB) et au Centre de Recherche sur la malaria (MRC) à New Delhi. Cela me permettait d'associer la partie biologie-immunologie avec un travail de terrain permettant une meilleure connaissance de la maladie et du processus infectieux. En effet, mon travail combinait des expériences en laboratoire avec des observations cliniques, chez les patients infectés en Inde. Je me suis notamment intéressée aux réponses immunes qui contribuaient à la protection naturelle contre le paludisme. Cette expérience a été très riche, les relations que j'ai gardé m'ont aidé

ensuite à porter le premier laboratoire international associé du CNRS dans le domaine des maladies infectieuses. J'ai eu pour cela une bourse de la Fondation pour la Recherche Médicale, quand je suis rentrée en France. Assez tôt, j'ai donc pu avoir une petite équipe au sein de laquelle j'ai diversifié mon travail de recherche et étendu ma collaboration sur le paludisme à l'Afrique (Gabon).

Lemag' : Ensuite, vous avez poursuivi vos recherches sur une forme grave du paludisme, le neuropaludisme ?

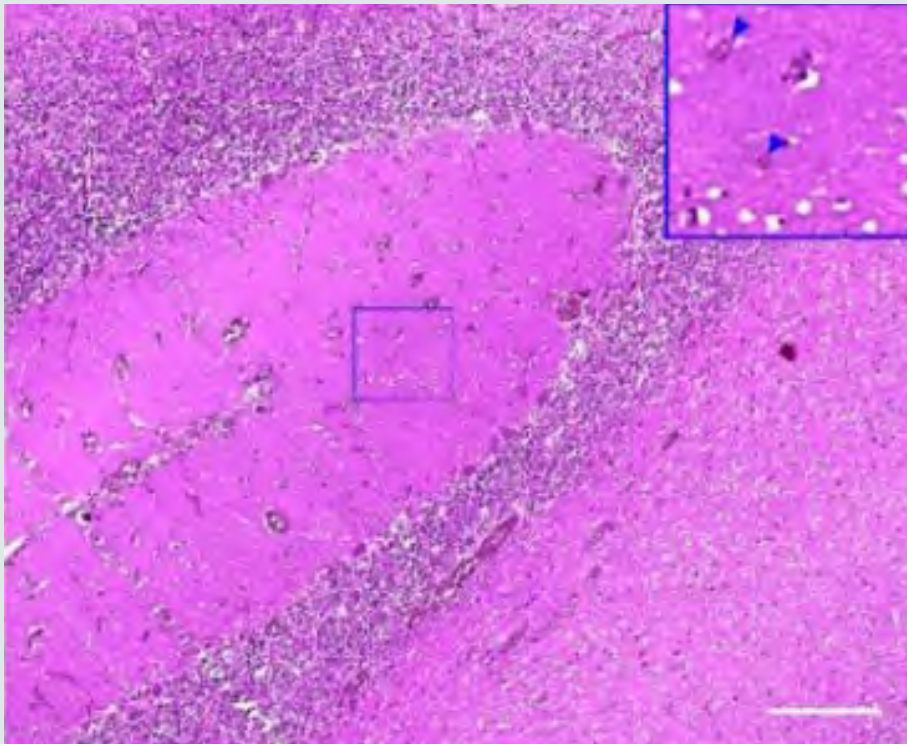
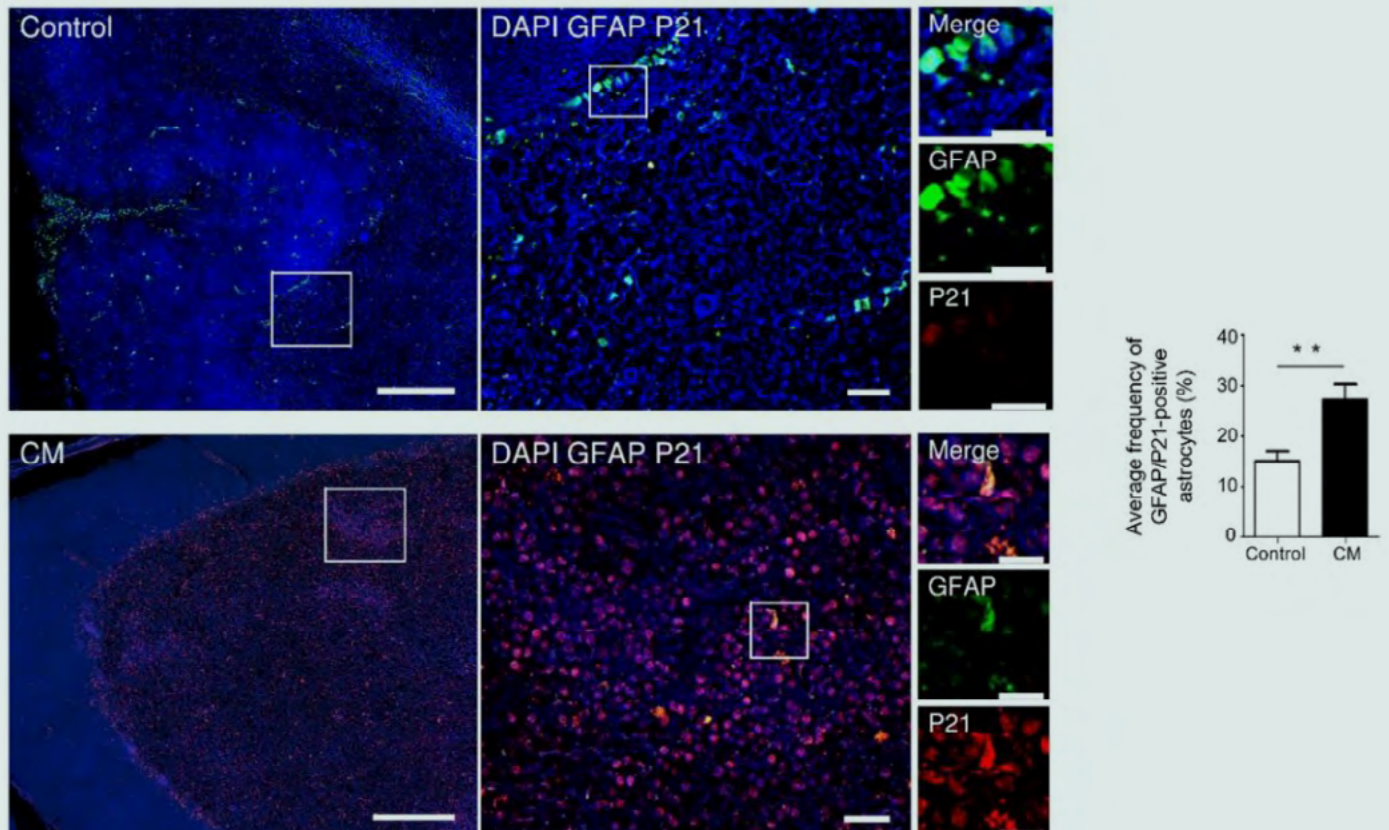
Sylviane Pied : Je me suis intéressée aux réponses immunes qui s'établissent dans le cas du neuropaludisme, qui est une complication grave et souvent mortelle du paludisme à *Plasmodium falciparum*. C'est une maladie multifactorielle qui se développe dans 20% des cas d'infection par *Plasmodium falciparum*. Elle fait environ 600000 victimes par an dans les régions endémiques, plus particulièrement les enfants en bas-âge et les adultes dépourvus d'immunité. La sensibilité dépend d'une conjonction tripartite : souche parasitaire, histoire immunologique mais aussi génétique de l'hôte. Les parasites séquestrés dans les micro vaisseaux cérébraux vont engendrer une inflammation locale mais aussi systémique. Les neurones sont alors endommagés. Ce qui déclenche la maladie, c'est l'infection, mais elle est aussi la résultante d'une réponse inflammatoire et d'une réponse immune qui se traduit par la migration de lymphocytes T dans le cerveau. C'est une maladie qui présente des spectres communs avec d'autres maladies neuro-inflammatoires.

Avec mon équipe, nous nous sommes penchés sur le rôle joué par les cellules gliales du cerveau, qui correspondent aux cellules de l'immunité innée et sont responsables de la réponse inflammatoire locale. Elles peuvent **présenter des antigènes*** aux lymphocytes T et B. Nous avons donc étudié ces populations cellulaires, et en particulier 2 types : les microglies et les astrocytes. Nous avons mis en évidence une activation de ces cellules lors de l'infection par le *Plasmodium* avec en particulier, un transfert de microvésicules parasitaires dans les astrocytes qui déclenche la réponse inflammatoire par la mise en jeu d'un mécanisme d'autophagie et l'induction d'une sénescence - un phénomène qui se caractérise par l'arrêt de son cycle et par des modifications biochimiques sans mort cellulaire. De façon intéressante, ce processus de sénescence est celui aussi observé lors de maladies liées au vieillissement.

Lemag' : Ces travaux vous ont amené à d'autres idées de sujet, notamment liées au contexte Guyanais ?

Suite page 28...

Images représentatives de la double immunofluorescence montrant la co expression de la GFAP (vert) - marqueur d'activation des astrocytes et p21 (rouge)- marqueur de senescence sur une coupe de cerveau d'un patient décédé d'un neuropaludisme (CM) par rapport à un cerveau control (b) 663 coupes de cerveaux de patients CM colorées à l'hématoxyline et à l'éosine. La barre d'échelle représente 100 µm.



Coupe de cerveau d'un patient décédé d'un neuropaludisme. Il s'agit d'une coloration à l'hématoxyline et à l'éosine mettant en évidence des globules rouges infectés par *Plasmodium falciparum* séquestrés dans les microvaisseaux. La barre d'échelle représente 100 µm.

LEXIQUE

***stade hépatique :** stade hépatique : Lors du cycle du *Plasmodium*, le parasite qui est injecté à l'homme via le moustique va migrer rapidement, via la circulation sanguine, vers le foie. Il pénètre dans la cellule hépatique, où il se divise pour donner naissance à des dizaines de milliers de nouveaux parasites. Puis la cellule du foie éclate en libérant ces parasites dans le sang : là, ils pénètrent à l'intérieur des globules rouges et se multiplient.

***présentation antigénique :** Lors de la réponse immunitaire, des cellules spécialisées "présentent" des antigènes, c'est-à-dire qu'elles "informent" les lymphocytes de la présence de molécules étrangères, afin d'aboutir à l'élimination des cellules infectées.

Sylviane Pied : Une des questions que je me pose actuellement et que je voudrais développer en Guyane concerne l'impact des maladies infectieuses touchant le cerveau dans les mécanismes liés aux désordres neurologiques dont certains peuvent conduire à des formes de démences précoces. Ces démences sont observées en Inde, en Afrique mais aussi en Guyane. Il semblerait (bien que ceci reste des observations non quantifiées et étudiées) que ces démences seraient plus fréquentes chez les femmes vivant dans un milieu où sévissent les parasites qui migrent dans le cerveau (comme dans le cas du paludisme ou de la toxoplasmose). Le fait qu'il y ait des parasites dans le cerveau favoriserait une inflammation et des réponses de types autoimmunes faisant partie des mécanismes intervenant dans certaines maladies neuroinflammatoires comme l'Alzheimer, ou la sclérose en plaque par exemple.

“ Dans le neuropaludisme, la réponse immune joue un rôle important. Les parasites sont séquestrés dans les micro-vaisseaux ce qui engendre l'inflammation au niveau du cerveau. ”

Lemag' : Depuis quelques années, vous dirigez des projets de recherche en Guyane?

Sylviane Pied : Je suis Guyanaise mais j'ai longtemps travaillé sur le paludisme en Inde ou en Afrique. Depuis 2008, je suis directrice de recherche à Lille et cela fait seulement quelques années que je me suis réinvestie dans des projets de recherche en Guyane. Depuis 2020, je co-dirige avec le Pr. Magalie Demar une équipe de recherche appelée "Biomes tropicaux et Immuno-Physiopathologie" (TBIP), qui est bi-site (Lille et Cayenne) et fait partie d'une UMR impliquant l'Université de Guyane, l'Université de Lille, l'INSERM et le CNRS. L'objectif est d'étudier les mécanismes immunitaires induits par les co-infections parasitaires et de comprendre comment ils sont modulés par les facteurs environnementaux, notamment dans le contexte particulier de l'écosystème Amazonien de la Guyane. L'équipe est pluridisciplinaire, elle

comprend notamment des cliniciens et des biologistes. J'enrichis les savoirs de cette équipe par mon expertise d'immunologiste.

Je forme actuellement deux doctorants de l'Université de Guyane sur des sujets de recherche en Guyane. L'un des projets, MALTOX, est financé par le FEDER (Fonds Européen de Développement Régional), et concerne l'étude des co-infections parasitaires (*Leishmania*, *Toxoplasma gondii* et *Plasmodium*) en Guyane. En particulier, ce projet vise à étudier les conséquences d'une infection parasitaire sur une autre ainsi que sur les réponses immunes chez des individus vivants dans différentes régions de la Guyane endémiques pour ces parasites. En effet, les co-infections peuvent favoriser des interactions mutualistes complexes avec des effets néfastes et/ou bénéfiques sur la physiologie de l'hôte. Elles peuvent aussi affecter les mécanismes immunitaires qui contribuent à la mise en place des réponses protectrices et au développement d'infections asymptomatiques. Cette thématique est abordée par la mise en place d'une stratégie intégrée et multidisciplinaire combinant des études cliniques, des analyses de paramètres immunologiques à haut débit, la bioinformatique et les statistiques multivariées. C'est un projet original, n'ayant jamais été abordé par cette approche intégrative au niveau international, le contexte guyanais le permettant par la transmission de ces 3 parasites dans le même environnement.

Lemag' : Dans vos divers projets, vous vous intéressez aux relations complexes entre le parasite, l'hôte et l'environnement?

Sylviane Pied : Dans les différents projets que je développe, j'ai toujours une vision holistique, globale. On s'intéresse à l'interaction entre les parasites et le système immunitaire, mais aussi à l'impact de l'environnement, aussi bien le micro-environnement que le macro-environnement. Le micro-environnement, c'est la génétique de l'hôte par exemple, ou l'état de son microbiote, le microbiome jouant un rôle important dans la régulation et la mise en place de la réponse immunitaire. Le macro-environnement, en Guyane, c'est la génétique des populations, l'impact de la destruction des biomes Amazoniens par l'orpaillage illégal qui influe sur la biodiversité ou encore la contamination des eaux par les métaux lourds, plomb, mercure.

Le deuxième projet de recherche porte sur l'étude du rôle des astrocytes activés dans la neuroinflammation au cours du neuropaludisme, et d'analyser comment ces derniers seraient régulés lors d'une co-infection par un autre parasite protozoaire induisant une neuroinflammation chronique, comme *Toxoplasma gondii*; et par conséquent, contribuer à la mise en place d'une protection contre le neuropaludisme.

Lemag' : Votre projet en cours est de développer une plate-forme d'immuno-monitorage en Guyane?

Sylviane Pied : J'ai le projet de mettre sur pied en Guyane une plateforme d'immunologie des maladies infectieuses en Guyane. Cette structure sera dédiée à une recherche biomédicale translationnelle axée sur l'analyse intégrative qualitative et quantitative à grande échelle des réponses immunes dans les conditions normales ou pathologiques et, plus particulièrement dans le cadre des maladies infectieuses. L'immunomonitorage combine différentes technologies novatrices à haut débit alliant la cytométrie de flux, l'imagerie dynamique et fonctionnelle, et les omiques (génomique, immunoprotéomique, cytokinomique) pour produire un ensemble de données permettant une analyse de la réponse immunitaire au niveau cellulaire et moléculaire. Ces données sont ensuite intégrées grâce à la bio-informatique puis analysées en utilisant des approches de statistiques multivariées et de la modélisation mathématique qui permettront d'obtenir une image globale et plus fidèle de la réponse immunitaire dans des situations physiologiques ou pathologiques ou en réponse à des traitements. Actuellement, la Guyane a des équipes de recherche qui travaillent sur la transmission ou la biologie des pathogènes, mais il manquait l'étude de la réponse de l'hôte. C'est le maillon manquant, et ce maillon est complémentaire à ce qui fait actuellement.

L'idée était donc de répondre à un besoin. Certains pathogènes ne sont pas intéressants à analyser en Europe, mais cela présente un intérêt au niveau local car c'est là où ils sont présents. Plutôt que d'envoyer des échantillons en Europe, on pourra ainsi faire des tests directement sur place. Cela permettra aussi de s'associer à des boîtes privées.

Lemag' : L'objectif est de mieux diagnostiquer les maladies parasitaires, mais aussi de développer de nouveaux traitements ?

Sylviane Pied : Le côté translationnel est vraiment important. Le but, c'est d'identifier des biomarqueurs de protection et de maladies, afin de faire des tests diagnostiques, mais ces marqueurs peuvent aussi être la cible de vaccins ou de drogues. Je me suis donc penchée sur les plantes de Guyane, en collaboration avec Mariana Royer de BioStratégie Guyane. C'est un laboratoire industriel qui utilise les plantes locales, notamment pour en faire des produits cosmétiques. Comme certaines de ces plantes ont des propriétés immuno-modulatrices - c'est-à-dire qu'elles peuvent réguler le système immunitaire -, on s'est dit qu'elles pourraient être intéressantes dans le traitement des maladies parasitaires. Mariana Royer avait également observé que certaines tisanes de plantes avaient un effet sur le microbiome.

C'est donc un aspect que nous allons développer sur la plate-forme. Nous pourrions également collaborer avec l'équipe de chimie du CNRS qui travaille sur les plantes.

Lemag' : Ce projet permettra également de répondre aux besoins de l'hôpital ?

Sylviane Pied : La plate-forme va s'intéresser aux maladies infectieuses, qu'elles soient bactériennes, virales ou parasitaires, mais aussi à l'analyse anatomopathologique. On pourra ainsi répondre à certains besoins de l'hôpital dans le suivi des malades de cancers. Il est prévu que la plate-forme se situe au-dessus du laboratoire de l'hôpital, avec des espaces mutualisés pour la recherche par d'autres équipes. Il y aura donc une partie développement et une partie hospitalière. Le projet implique l'Université, l'hôpital, l'Inserm et le CNRS, il est également soutenu par la Collectivité territoriale de Guyane. Ce serait une plate-forme ouverte à la recherche fondamentale et translationnelle, humaine ou vétérinaire.

“J'ai une vision holistique et globale. Je m'intéresse à l'interaction entre les parasites et le système immunitaire, mais aussi à l'impact de l'environnement, qui peut influencer la réponse de l'hôte.”

Lemag' : Avec l'expertise qu'elle apportera à la Guyane, cette plateforme permettra le développement de collaborations avec d'autres pays ?

Sylviane Pied : Ce type de plateforme n'existe pas dans les Caraïbes, ni dans l'Amazone ou le Suriname. L'idée est donc d'apporter une expertise à la Guyane et de l'ouvrir aux pays environnants, ce qui concorde avec la politique de l'Université ou de la CTG. Par ailleurs, je collabore avec l'Afrique depuis longtemps (notamment le Gabon, le Sénégal, la Côte d'Ivoire, ou la République Démocratique du Congo). En Inde, j'ai levé le pied en termes de participation active dans les collaborations, mais le réseau est encore existant. Dans ces pays, les problématiques par rapport à certaines maladies sont les mêmes. Ce serait donc intéressant d'élargir les collaborations.

Entretien mené par Sophie Vo

**LA DYNAMIQUE
DES SOCIÉTÉS
AMAZONIENNES
DANS LEURS
ENVIRONNEMENTS
ET LA GESTION
DURABLE DES
TERRITOIRES
AMAZONIENS**

Photo de Jean Hurault.

PORTFOLIO

ALUKUJANA EXPOSITION SUR L'ÉVOLUTION DE L'ART BUSINENGE ET AMÉRINDIEN DES ANNÉES 50 À NOS JOURS

Par Marie Fleury, Présidente de GADEPAM, ethnobotaniste, Maître de Conférences au MNHN

L'exposition Alukujana organisée à l'ENCRE-EPCC les Trois fleuves, du 25 mai au 23 juin 2023, dans le cadre des 20 ans de l'association GADEPAM, propose un regard particulier sur l'art traditionnel businenge, le tembe, et sur l'art amérindien wayana depuis les années 1950 jusqu'aux œuvres plus contemporaines. Le propos est de montrer l'évolution de ces arts traditionnels, de leurs influences mutuelles, et aussi de souligner la frontière fluide entre l'artisanat traditionnel et l'art plus contemporain. C'est aussi l'occasion d'aborder l'histoire et les influences culturelles entre deux peuples : les Afro-descendants Aluku (ou Boni) et les Amérindiens Wayana, tous deux en lutte contre l'esclavage, qui ont su s'entraider mutuellement à la fin du XVIII^e siècle, dans l'extrême sud de la Guyane pour regagner leur liberté.

Le tembe (ou tenbe) à travers le temps

Né pendant le marronnage, le *tembe* est un terme (de l'anglais « *timber* », signifiant bois d'œuvre) qui désigne une forme d'expression graphique, formé d'entrelacs et de traits géométriques complexes. Plus qu'un art, il représente un véritable langage, n'ayant jamais cessé d'évoluer et de se transmettre au fil des générations. Les hommes le tracent en sculptant du bois (bancs, peignes, pagaies, portes, ...) et plus récemment avec de la peinture (frontons de maisons traditionnelles, pagaies, canots, tableaux, etc.). Les femmes le brodent sur les pagnes traditionnels (*pangi* et *kamisa*) (figure 1), le tressent dans les cheveux, ou encore le gravent dans le fond des calebasses.

Selon la tradition orale, le *tembe* a été inventé pendant le marronnage, afin de communiquer via un langage secret tracé sur les troncs d'arbre, pour permettre aux fugitifs de se retrouver et de s'orienter dans la forêt. Par la suite, en temps de paix, le *tembe* se développe sous forme d'un art sculpté dans le bois des objets de la vie quotidienne : bancs, pagaies, plateaux à riz (figure 2), ustensiles de cuisine, tambours... C'est ce qu'on appelle *koti tembe*. En offrant à la femme de tels objets porteurs de ces entrelacs complexes qu'il a lui-même tracés, l'homme lui exprime son amour et son attachement. Mais au-delà du message chargé d'affection, le *tembe* traduit en réalité une philosophie, un art de vivre ensemble.

Si des couleurs issues de la nature ont pu être utilisées, à l'instar des Amérindiens (noir de fumée, roucou, etc.), c'est à partir des années 50, que la peinture fait réellement son apparition. A Maripasoula la création d'un centre administratif, a certainement été à l'origine de l'importation de peintures acryliques

colorées. Ce *tembe* peint appelé *ferfi tembe* ou *feifi tembe*, pratiqué par les *Aluku* mais aussi les *Dyuka*, et les *Paamaka*, va ouvrir la porte de la diversification des supports et matériaux utilisés.

Dans les années 1990, à Papaïchton (« capitale du pays Boni »), Antoine Dinguïou est le premier artiste à utiliser la toile pour peindre du *tembe*. Différentes expositions font connaître son art au grand public, mais lui-même continue à sculpter le bois, à l'instar de son père. D'autres artistes *aluku* se sont attachés à réinventer le *tembe* à travers l'utilisation de nouveaux matériaux colorés : Francky Amété choisit du sable, mais aussi de la terre et des feuilles en remplacement de la peinture acrylique, et travaille d'autres supports comme de la



Figure 3 : Tembé sur bâche de Franklin Amete



Figure 2 : Reproduction d'un plat à riz boni début XX^e (collection Jean Hurault).

Figure 1 : Broderie Pangi. Photo de Marie Fleury



Figure 8 : Tukusipan – Malawana
Photo de Marie Fleury

Figure 9 : Kulijaman
Photo de Marie Fleury

Figure 7 : Aimawame Opaya présentant son ciel de case lors de l'inauguration du 25 Mai 2023

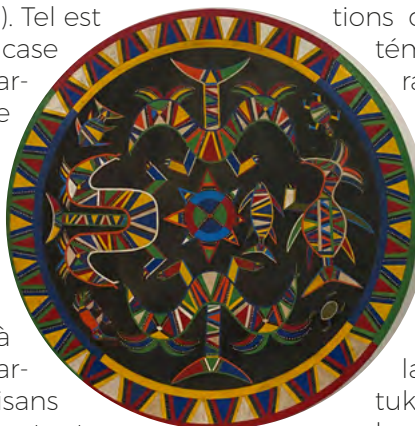


temps) amalgame les pigments et les fixe sur le bois. La finalité traditionnelle du maluwana est d'être enchâssée sous le faîte du mat central de la case la plus symbolique du village. Cet emplacement le met en valeur mais surtout le protège et le rend inaliénable au tukusipan (figure 8). Tel est le nom de cette case communale si particulière, construite au centre du village. On y reçoit les gens de passage, on y célèbre les fêtes et les réunions publiques et c'est souvent à l'ombre de ce carbet que les artisans se réunissaient en toute convivialité pour confectionner les vanneries, arc, flèches, hamacs de coton. Mais le tukusipan prend toute sa symbolique lorsque l'on y célèbre la fête du rituel de passage dit maraké.

Cette cérémonie dont l'étape ultime consiste à appliquer des guêpes ou fourmis venimeuses sur la peau de jeunes adolescents.

Le processus est douloureux, long et complexe mais tous les participants sont volontaires et peuvent abandonner si le courage leur manque. Le maluwana est donc un élément culturel très important chez les Wayana-Apalai. Il a subi des modifications et évolutions depuis les premiers témoignages d'explorateurs qui ont pu observer des motifs peints sur les cloisons des maisons (Tony, 1769). Une légende raconte comment un chasseur Wayana découvre pour la première fois un tukusipan orné de son maluwana, dans une autre

ethnie (ou, selon les versions, dans le « pays des esprits ») et rapporte la technique dans son village. Les premiers maluwana connus actuellement dans les musées remontent au XIX^e siècle. A la fin du XX^e, Kulijaman, reconnu comme maître du maluwana, utilisait des pigments acryliques achetés dans le commerce (figure 9). L'association Yepe, créée par André Cognat



dans les années 1990 a contribué à les commercialiser. Elle pratiquait alors le plus souvent du troc, échangeant les pièces artisanales contre des biens de consommations, tels des moteurs hors-bord, des fusils, des cartouches, etc.

A la fin des années 90, l'artiste plasticien Patrick Lacaisse réalise un travail sur les arts traditionnels du haut Maroni. Il donne alors l'idée aux jeunes Wayana d'utiliser un lien acrylique afin de pouvoir fixer les argiles naturelles, qui étaient utilisées autrefois comme pigments naturels. Le succès de cette technique est immédiat. Se développe alors un art nouveau, qui va assez rapidement se substituer aux anciennes peintures en acrylique : le *maluwana* en pigments naturels. Plusieurs artistes se font connaître, dont Aimawale, et Minestelli qui développent chacun leur style différent. On voit aussi apparaître des motifs de

ciel-de-case sur d'autres supports tels les poteries, bancs, ou médallions et boucles d'oreilles.

Si le ciel de case est traditionnellement confectionné par les Hommes, une femme d'origine Teko se démarque, il s'agit de Tiiwan Couchili : élevée à Élahé chez les Wayana, elle s'inspire du *maluwana wayana-apalai*, pour inventer un ciel-de-case marqueur de l'identité Teko, en reproduisant des motifs de ce groupe ethnique trouvés sur d'anciens documents historiques.

L'exposition tout en mettant en parallèle des œuvres de tembe businenge et l'art wayana, permet de comparer leur co-évolution à travers le temps : la diversification des matériaux et des supports s'est faite de manière concomitante et pourtant chaque communauté a réussi à conserver ses propres motifs et son identité culturelle spécifique.



Figure 6 : Minestrelli présentant son ciel de case lors de l'inauguration le 25 Mai 2023



Banc wayana avec motif de ciel de case artiste Tasikale Alupki.



Figure 5 : Maluwana en forme de tortue de Minestelli

Figure 4 : Paravent Tembè

Banc wayana avec motif de ciel de case Artiste Minestelli.





LA DYNAMIQUE DE LA BIODIVERSITÉ EN AMAZONIE ET VALORISATION DES RESSOURCES NATURELLES

RECHERCHE

LE CACAO DE GUYANE, UNE RICHESSE À VALORISER

par Elodie Jean-Marie

Endémique que Guyane, le Guiana est une variété de cacao à fort potentiel. Les travaux de thèse de Elodie Jean-Marie ont évalué pour la première fois sa composition chimique et ses propriétés biologiques, notamment son activité anti-oxydante et ses effets sur l'inflammation.

Le cacao est une ressource alimentaire très prisée. Avec une part de production de 68%, l'Afrique se positionne comme premier producteur mondial, suivi des Amériques (18%) et de l'Asie (14%). On estime de 1994 à 2021 une production mondiale croissante passant de 2,7 à 5,7 Millions de tonnes. Cette forte demande induit la recherche de nouvelles zones de production, de cacaos aux saveurs nouvelles et un besoin de traçabilité. Ce contexte offre à la Guyane, ancien producteur, de multiples possibilités de relancer sa production. L'une des possibilités consisterait notamment à mettre en valeur le cacao endémique de Guyane, c'est à dire 100% guyanais.



Figure 1 : Cabosse de Guiana

Le Guiana, aliment « terroir » unique...

En effet, en 1729, une variété guyanaise de cacaos spontanés appelée « cacao sauvage de Guyane » a été découvert sur le Haut Oyapock. C'est en 2008 que sa spécification a eu lieu suite à une étude génétique montrant que ce cacao appartenait à un groupe génétique unique,

le nommant alors « Guiana ». Ce dernier présente donc un intérêt stratégique car il offre à la Guyane l'opportunité de produire deux variétés de cacao. On compterait donc le **Guiana**, endémique de nos régions, et le **Forastero africain**, introduit dès le 18^{ème} siècle dans les zones de Mana, Ile de Cayenne, Sinnamary, Roura, Kaw, Régina et Saint-Georges. Ce dernier étant la variété la plus produite au niveau mondial. Une meilleure connaissance de la composition chimique et des propriétés de notre variété locale permettrait ainsi l'essor de la filière « Cacao de Guyane » avec la volonté de produire un aliment santé, comme les autres cacaos, mais surtout un aliment terroir unique.



Figure 2 Cabosse ouverte.
Les Photos sont fournies par l'auteur



Figure 3 Fèves de cacao

... aux propriétés antioxydantes...

La thèse intitulée « *Impact des procédés de fermentation sur les propriétés antioxydantes et immunomodulatrices des cacaos Guiana et Forastero de Guyane Française* » est la première évaluation de la composition chimique et des activités biologiques du Guiana et sa première comparaison à la variété majeure mondiale. Réalisée dans le laboratoire CONnaissance et VALorisation des Produits végétaux AMazoniens (COVAPAM) de Guyane au sein de l'Unité Mixte de Recherche Qualisud, elle répondait à deux objectifs majeurs :

- Évaluer la composition des fèves de Guiana et leurs potentialités santé, avec comme référence le cacao Forastero.
- Évaluer l'impact d'une des étapes de process capitale en chocolaterie (la fermentation) sur ces paramètres.

Dans un premier temps, une caractérisation des composés bioactifs des fèves de cacao Guiana a été réalisée par le biais de diverses

méthodes de dosages. La fève de Guiana s'est révélée riche en méthylxanthines*, avec des teneurs en theobromine* équivalentes et deux fois moins de caféine que la fève de Forastero. Les fèves de cacao sont des matrices également riches en composés polyphénoliques*. A ce titre, bien que les teneurs en polyphénols totaux et que le profil qualitatif soient identiques au cacao de référence, notre cacao local se distingue par une variabilité quantitative en termes de composés. En exemple, le Guiana est plus riche en petits polymères polyphénoliques qui portent le nom de procyanidines A1 et A2. Cela est avantageux car ces derniers à l'image des autres polyphénols sont connus pour être des molécules bioactives qui pourraient être à l'origine de propriétés bénéfiques pour la santé.

En effet, certaines études ont montré que les polyphénols et les méthylxanthines du cacao présentaient des actions préventives contre les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives ou encore une action contre le

*DÉFINITIONS

Méthylxanthines : ce sont des molécules naturelles que l'on trouve dans les plantes stimulantes tels que le café, le cacao ou le thé. La caféine par exemple est une méthylxanthine, comme la théophylline du thé et la théobromine du chocolat.

Composés polyphénoliques : groupe de composés chimiques présents dans les plantes, on leur attribue notamment des effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire.

Flavonoïdes : molécules naturelles appartenant à la grande famille des polyphénols, présents dans les plantes



Figure 4 Fermentation

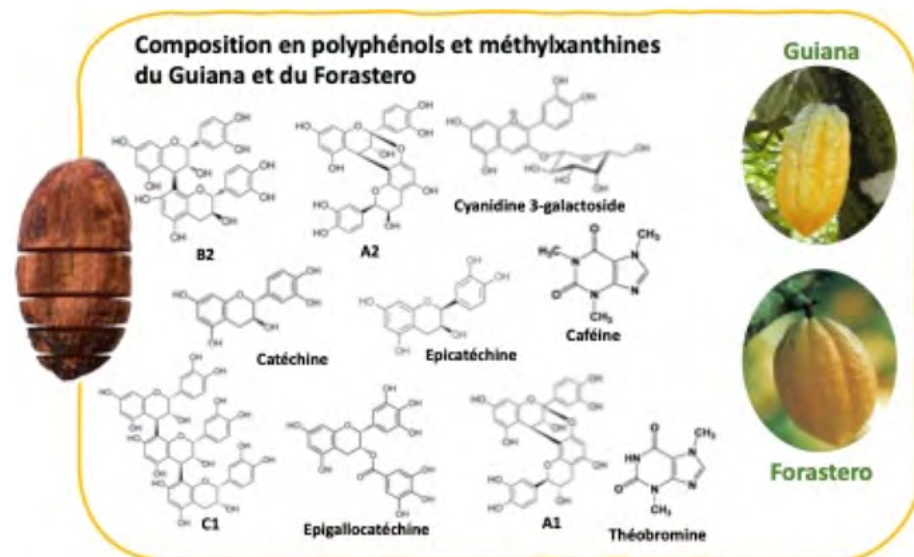
stress oxydant. Ces composés seraient également impliqués dans la modulation de l'inflammation. Bien que l'inflammation soit un processus naturel bénéfique pour éliminer les infections, ce mécanisme peut s'emballer et devenir délétère pour l'organisme lui-même. On parle alors d'inflammation chronique. Afin de combler un déficit de connaissance sur les propriétés thérapeutiques du cacao Guiana, ma thèse s'est focalisée sur l'évaluation des capacités antioxydantes et immunomodulatrices. Dans des tests sur cellules en culture ou biochimiques de réactivité en tube, le Guiana s'est révélé être aussi antioxydant que son homologue Forastero. Le Guiana a présenté un effet stimulant ou inhibant sur la production de certaines cytokines inflammatoires comme l'Interleukine-6 et Tumor Necrosis Factor- α . Il s'illustre par son rôle anti-inflammatoire et pro-inflammatoire en fonction des conditions. Par conséquent, le Guiana s'est révélé être un candidat de choix dans la modulation de l'immunité avec des activités notables antioxydantes.

ENCART METHODOLOGIQUE

L'UMR Qualisud utilisent divers protocoles permettant l'analyse de l'activité antioxydante d'extraits végétaux. Ces protocoles suivent des modes d'actions différents. Durant ma thèse, j'ai évalué le pouvoir antioxydant du cacao via 4 tests. Le test ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) se caractérise par l'évaluation de la capacité protectrice des extraits de cacao contre les dommages oxydatifs causés par des radicaux libres sur une molécule fluorescente. Ces radicaux libres sont générés par un composé appelé AAPH en condition aérobie. Si l'extrait est efficace, il protège la molécule et cette dernière présente une forte intensité de fluorescence. Au contraire, s'il n'est pas efficace, les radicaux dégradent la molécule qui perd ainsi son intensité. C'est au sein du laboratoire de culture cellulaire de l'UMR Qualisud que l'on mesure la capacité immunomodulatrice (anti ou pro-inflammatoires) des extraits végétaux. Pour ce faire, des macrophages murins, cellules immunitaires au repos sont mis en contact durant 4 à 24h avec des extraits de cacao à différentes concentrations. Après retrait des extraits dans le milieu cellulaire, une inflammation est initiée au sein des cellules par ajout d'allergènes. Ces cellules ainsi « activées » vont relarguer des molécules anti-inflammatoires telles que le Tumor Necrosis Factor (TNF- α) et l'interleukine-6 (IL-6) pour amplifier l'inflammation. Or les cellules ayant été en contact des extraits de cacaos ont eu des comportements différents traduisant des effets anti-inflammatoires (réduction de la production de cytokines) ou pro-inflammatoires (augmentant la production de cytokines).

... et dont la composition change après fermentation

Dans un second temps, les fèves de cacao ont été fermentées durant 6 jours et l'impact de ce processus a été analysé sur les différents paramètres sélectionnés. En effet, si la teneur en theobromine ne semblait pas impactée, on observait une perte de 22% de la caféine, accompagnée d'une perte de 36% des polyphénols totaux et de 70% pour les flavonoides* totaux. Malgré tout, le Guiana après fermentation présentait une teneur en composés relativement proche de son homologue avec des teneurs en A1 et A2 certes délestées de 70% et 37% respectivement, mais toujours supérieures à celles du Forastero. La fermentation a induit des comportements différents entre les cacaos, révélant ainsi la particularité du Guiana. En effet, bien qu'elle n'ait eu aucun effet sur les activités de la variété référence, la fermentation aurait augmenté cette activité pro-inflammatoire chez le Guiana vis à vis du TNF- α . Par ailleurs, malgré que la fermentation diminue les capacités anti-inflammatoires vis-à-vis de l'IL-6, celle-ci serait mieux conservée chez le Guiana. Cette fermentation est d'autant plus importante car elle constitue une étape primordiale de la chocolaterie en créant des propriétés organoleptiques caractéristiques du chocolat final. Ce processus est orchestré par un ensemble de microorganismes (bactéries, levures) qui vont influencer la composition biochimique des fèves en bien mais aussi en mal. Nos



expériences ont confirmé cela en diminuant parfois drastiquement les teneurs en bioactifs du Guiana, mais en modulant également ces propriétés biologiques.

Un aliment stratégique à valoriser

En conclusion, le Guiana étant une matrice stratégique à valoriser, l'approfondissement de la caractérisation chimique de ce cacao est nécessaire. D'un point de vue agro-alimentaire, la fermentation étant une étape impactante sur le Guiana, moduler les conditions de process pourrait permettre la conception de produits dérivés aux qualités nutritionnelles et sensorielles satisfaisantes. Au sein de l'UMR Qualisud, d'autres projets voient le jour et tendent à valoriser d'autres fruits du genre *Theobroma* comme le Cupuaçu.

Références

1. Jean-Marie, E.; Bereau, D.; Poucheret, P.; Guzman, C.; Boudard, F.; Robinson, J.-C. Antioxidative and Immunomodulatory Potential of the Endemic French Guiana Wild Cocoa "Guiana." *Foods* 2021, 10, 522, doi:10.3390/foods10030522.
2. Jean-Marie, E. Impact Des Procédés de Fermentation Sur Les Propriétés Antioxydantes et Immunomodulatrices Des Cacaos Guiana et Forastero de Guyane Française. Thèse de doctorat, Guyane, 2020.

BIOGRAPHIE de Elodie JEAN-MARIE

Passionnée de sciences et de nature, j'ai fait le choix très tôt de m'orienter vers la valorisation des ressources issues de la biodiversité amazonienne. Après une licence en Biologie, Biochimie et Biotechnologie à l'Université de Guyane, je me suis spécialisée en Santé et en Nutrition notamment par l'étude des produits végétaux tropicaux aux Antilles. Mon projet de thèse m'a permis de travailler sur les méthodes de transformations agroalimentaires d'une matrice à fort potentiel: le Cacao de Guyane. Je travaille actuellement sur la conception de produits agroalimentaires fonctionnels à base de fruits du genre *Theobroma* avec l'envie de faire rayonner nos richesses guyanaises.



Photo fournie par l'auteure

INITIATIVES

LES ALCALOÏDES, UN MOYEN DE DÉFENSE CHEZ LES PLANTES ET DES VERTUS THÉRAPEUTIQUES CHEZ L'HOMME

Rudy COVIS, Maître de Conférences en chimie, DFR Sciences et Technologies, Laboratoire Connaissance et VALorisation des Plantes Amazoniennes et Médicinales - QUALISUD GUYANE



Les 3/4 de la population en Guyane ont recours à la pharmacopée amazonienne pour leurs propriétés curatives. Il est donc nécessaire d'avoir de meilleures connaissances botaniques et scientifiques de ces plantes afin de les employer à bon escient et avec les précautions d'usage nécessaires.

Les plantes médicinales offrent de multiples avantages par rapport à la médecine moderne. Bien que cette dernière soit très efficace pour enrayer les infections (et plus efficace que d'autres traitements dus à la présence concentrée de principes actifs), les plantes médicinales viennent en complément de la médecine conventionnelle. Notre société trouve actuellement un regain pour l'intégration des plantes médicinales pour des usages journaliers et un maintien des savoirs et savoir-faire traditionnels. C'est un héritage conservé par les différentes populations. Elles sont non seulement utilisées à **des fins préventifs, thérapeutiques et curatives (médicaux) pour améliorer la santé des hommes, mais aussi pour leurs vertus apaisantes et analgésiques.**

Les plantes médicinales traditionnelles

L'utilisation des plantes et de leurs principes actifs

Réglementairement, les plantes médicinales sont définies comme des plantes dont **au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses**. En France, les plantes considérées comme médicinales sont inscrites sur la « *liste des plantes médicinales* » de la pharmacopée française. Cette liste précise les parties considérées comme médicinales et constituant la drogue végétale.

Celle-ci est divisée en deux parties :

- **la liste A** répertorie les « *plantes médicinales utilisées traditionnellement* ». Elles peuvent être destinées à la production de substances isolées (par exemple, pavot somnifère : morphine) ou bien à l'utilisation de préparations à base de plantes en phytothérapie (par exemple, harpagophyton, poudre ou extrait de racine) ;
- **la liste B** répertorie les « *plantes médicinales utilisées traditionnellement en l'état ou sous forme de préparation dont les effets indésirables poten-*

tiels sont supérieurs au bénéfice thérapeutique attendu ». Elle correspond à des plantes qui ont été anciennement exploitées à des fins médicinales mais qui ne peuvent plus être employées en phytothérapie en raison de leur toxicité importante. Certaines sont utilisées pour la préparation de teintures mères homéopathiques destinées à être diluées (par exemple, aconit).

En pharmacie, il est capital de maîtriser l'action des différents principes actifs pris isolément tandis qu'en phytothérapie, il est recommandé d'utiliser la plante entière (*totum*) plutôt que des extraits obtenus afin que son action soit efficace. Les principes actifs agissent de manière complexe et combiné pour produire un effet thérapeutique global.

Notre corps sait bien mieux s'adapter à un traitement à base de plantes qu'à une thérapeutique exclusivement chimique, toutefois il est important de connaître la notion de doses : certains principes actifs isolés à petites doses peuvent être létaux, irritants, purgatifs, alors qu'à des doses élevées avoir des effets bénéfiques comme anti-inflammatoires, immunostimulants, antioxydants ... D'autres aspects pour une efficacité thérapeutique optimale de la plante sont à respecter : la culture dans de bonnes conditions (itinéraires techniques), le jour et l'heure de récolte, le mode de conservation dans des bocal ombrés, l'absence de contaminants, le mode de séchage, les parties de la plantes sélectionnées lors des préparations, le temps de préparation et la date limite de consommation, les posologies (quantités justes à administrer, temps de traitement) afin de ne pas obtenir un effet toxique (surdosage), ainsi que le procédé d'extraction (par infusion, décoction ou encore macération).

Une pratique médicale ancestrale

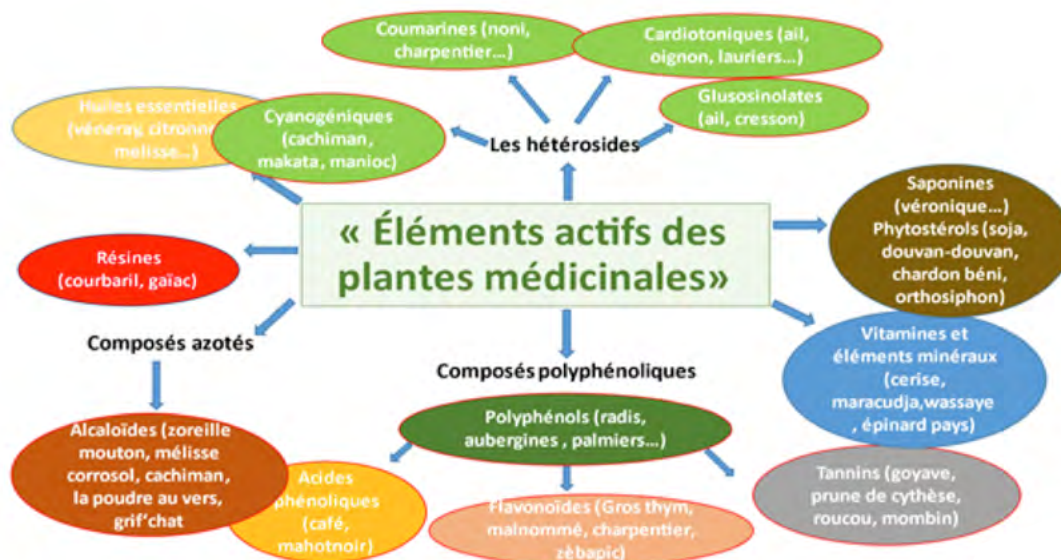
L'utilisation des plantes à des fins médicinales en Amazonie et dans les Caraïbes est ancestrale. Grâce à l'expérience accumulée de génération en génération, aujourd'hui, toutes les populations du territoire ont une connaissance plus ou moins approfondie de la phytothérapie (traitement ou prévention des maladies par l'usage des plantes ou leurs extraits et fait partie de la médecine « *douce* ») et partagent leurs savoirs populaires et savoir-faire traditionnels (patrimoine culturel). Dans la médecine populaire, cette utilisation des plantes médicinales relève d'une dimension magico-religieuse, où le mode de préparation est un rituel associé à un nombre divin : 3 (représente la trinité), 5, 7 (représente les 7 jours de la création), 9... est accompagné de neuvaines aux Saint(e)s spécialisé(e)s dans le traitement de la maladie. L'utilisation des plantes médicinales peut provenir également de rêves.

La drogue végétale, matière première pharmaceutique

Selon la pharmacopée européenne 07/2017:1433 et l'Académie Nationale de Pharmacie :

PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES DES PRINCIPES ACTIFS

- **Propriétés polyvalentes** : Sédatives du système nerveux, Curarisantes (anesthésiantes), Toniques du système nerveux (Stimulants), Hypertensives, Hypotensives, Antispasmodiques, Anticancéreuses, Antidiabétiques, Analgésiques, Vasodilatatrices, Antipaludéennes, Anti-arythmiques, Anti-thrombotiques, Agonistes des récepteurs β -adrénergiques, Inhibitrices de la mélanogénèse, Suppression de la prolifération des lymphocytes T (effets immunomodulateurs), Antivirales...
- **Propriétés associées aux minéraux** : Reminéralisantes, Anti-rhumatismales, Dépuratives, Diurétiques, Anti-inflammatoires



- une drogue végétale concerne « *tout produit ayant quelque propriété médicamenteuse, employé à l'état brut, tel qu'il existe dans la nature ou après des opérations matérielles qui n'exigent aucune connaissance pharmaceutique* ».

La drogue végétale correspond à toute substance ou produit naturel ou synthétique capable de provoquer des effets psychotropes et parfois d'engendrer une dépendance, entraînant une toxicomanie souvent classée.

Le terme de drogue végétale s'applique plus précisément à la partie de plante ou plus rarement la plante entière portant les propriétés thérapeutiques.

La drogue végétale doit être considérée comme une matière première pharmaceutique. Elle doit donc répondre aux exigences de la pharmacopée pour pouvoir alimenter le circuit pharmaceutique. Elle peut être commercialisée en vrac (notamment sous forme de plantes pour tisanes).

La drogue végétale est susceptible de subir différentes étapes de transformation permettant d'aboutir à la substance active.

Selon la Pharmacopée européenne 07/2017:1433, elle inclut aussi les : algues (*Fucus*, *Chondrus*, etc.), champignons, lichens, exsudats.

Les alcaloïdes, des molécules issues du monde végétal

Des rôles multiples au sein de la plante...

Les alcaloïdes sont des **métabolites secondaires** issus le plus souvent des végétaux dont la particularité est la présence d'au moins un atome d'azote (symbole chimique : N) inclus dans un hétérocycle avec une certaine basicité et se présentent sous forme de sels dans les plantes. Depuis la découverte de l'opium (ou morphine, premier alcaloïde extrait du pavot (*Pavot somniferum*, famille des Papaveraceae)) en 1806, bien d'autres composés organiques azotés de motifs structuraux différents ont été découverts et isolés, soit

plus de 12000 alcaloïdes contenus dans différentes espèces végétales. Ils sont surtout présents chez les Angiospermes (plantes à fleurs) et rarement rencontrés chez Gymnospermes (plantes à graines $\Leftrightarrow$ conifères) et les cryptogames (organes reproducteurs cachés $\Leftrightarrow$ fougères).

Dans la plante, les alcaloïdes sont retrouvés dans l'endoderme des racines, et également dans les fleurs, les tiges, les feuilles, l'écorce, le mésocarpe des fruits, les graines, le placenta. Les alcaloïdes sont stockés dans les différents tissus cellulaires allant de 1 % à 15 % du poids sec de la plante.

Divers paramètres influent sur la teneur en alcaloïdes. La concentration en alcaloïdes dépend des espèces végétales et de leur culture, de leur habitat et de la génétique, ainsi que des stimuli extérieurs : Température, Lumière, Taux d'humidité, Altitude, Nature du sol. La concentration varie également dans les organes de la plante suivants leurs stades de croissance : germination, croissance de la plantule, croissance végétative, bourgeonnement, floraison ou maturation.

...et des propriétés thérapeutiques chez l'homme

8 classes sont répertoriées suivants leurs structures chimiques :

1) Les benzylisoquinoléines :



Le boldo (*Peumus boldus*) est une plante tonique amère qui stimule les fonctions digestives en cas de dyspepsie. La boldine a des propriétés diurétique et antiseptique (cystite), antipyrétique, cholagogue (cholecystite), hépatoprotectrice, antioxydante aux effets anti-inflammatoires et relaxants sur les muscles lisses intestinaux, décongestion nasales. Elle est à proscrire pour les femmes enceintes ou qui allaitent et les personnes sous anticoagulants.

Photo : Franz Eugen Köhler, Köhler's Medizinal-Pflanzen, 1897
Wikipedia

2) Les tropanes :



Les feuilles de coca (*Erythroxylum coca*) contiennent de la cocaïne, utilisé comme anesthésiant, en traitement de la dépression post-natal et de l'addiction à la morphine, ou comme vasoconstricteur

Photo : *Erythroxylum coca* - US DEA photo {{PD-USGov-DEA}}, 2005 Wikipedia

3) Les indoles :



On trouve dans la **Pervenche de Madagascar** (*Catharanthus roseus*) des alcaloïdes aux propriétés anticancéreuses dont la vincristine (traitement anticancéreux broncho-pulmonaire, col de l'utérus, du sein, de leucémies du aigüs lymphoblastiques, sarcomes...) et la vinblastine (traitement des cancers de l'ovaire, de la vessie, du rein, du sein, des testicules...). Elle contient également de la réserpine, un hypotenseur à faible dose et à forte dose, apaisant lors d'anxiété, mais qui peut aggraver l'asthme et provoquer une bradycardie, de la somnolence ou des vertiges.

Photo *Catharanthus*. (2023, August 28). In Wikipedia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Catharanthus>

4) Les pyrrolizidines :



Les esters d'alcaloïdes de la **salade de Mme Hector** (*Emilia sonchifolia*) ont un effet neuroprotecteur modéré. Ces esters d'alcaloïdes sont hépatotoxiques, provoquent des douleurs abdominales avec ascite, une hépatomégalie et une splénomégalie, une anorexie avec nausées, vomissements et diarrhée, dommages pulmonaires.

Photo : *Emilia sonchifolia* (L.) DC., 1834, Inventaire National du Patrimoine naturel, INPN

5) Les quinolizidines :



Le **trèfle** (*trifolium pratense*) fait partie de la famille des Fabiaceae (pois-chiche cacahuète, lentilles, soja...). Il contient des alcaloïdes qui agissent comme phago-répulsifs, ce qui permet la défense contre les prédateurs.

Photo : *Trifolium pratense* L., 1753, Inventaire National du Patrimoine Naturel, INPN

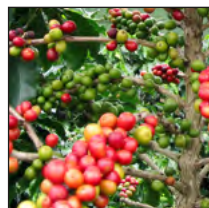
6) Les purines



Dans le **cacao** (*theobroma cacao*), on trouve de la théobromine qui a un effet cardio-stimulant (augmentation du rythme cardiaque), vasodilatateur (diminution de la tension artérielle), diurétique et antitussif.

Photo : Cacaoyer. (2023, August 21). Gutenberg project In Wikipedia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cacaoyer>

7) Les pyridines et piperidines :



La trigonelline qu'on trouve dans le **café** (*Coffea arabica*) ou le **tabac** (*Nicotiana tabacum*) a des effets protecteurs du cœur et du foie. Elle est utilisée dans les traitements de l'hyperglycémie, de l'hypercholestérolémie, de la nervosité, dans les perturbations hormonales et cancers.

Photo *Coffea arabica*. (Fernando Rebelo 2023, May 16). In Wikipedia. https://fr.wikipedia.org/wiki/Coffea_arabica

8) Les pyrroles :



L'**héliotrope** (*Heliotropium indicum*) est une plante de la famille des Boraginaceae. Elle est riche en alcaloïdes pyrrolizidiniques, aux propriétés anti-microbiennes, anti-inflammatoires, antivirales, antinéoplasiques, inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (efficace dans la maladie d'Alzheimer)

Photo: *Heliotropium indicum*. (Patrice78500, 2022, April 2). In Wikipedia. https://fr.wikipedia.org/wiki/Heliotropium_indicum

En conclusion...

Les feuilles, les écorces et les racines sont le siège par excellence de la biosynthèse et même du stockage des métabolites secondaires responsables des propriétés biologiques de la plante. Les alcaloïdes vrais dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocycliques.

Ce sont des substances douées d'une grande activité biologique, même à faibles doses. Ils apparaissent dans les plantes, soit sous forme libre, soit sous forme d'un sel, soit comme N-oxyde.

Les plantes de la famille des Solanaceae, des Apocynaceae et des Rubiaceae sont pour la plupart des plantes riches en divers alcaloïdes.

Les alcaloïdes interviennent dans les mécanismes de défense des plantes contre les herbivores. La solanine, la caféine, chaconine, l'aconitine sont par exemple des alcaloïdes présents dans les graines, les feuilles et les fruits de différentes plantes où elles agissent comme des défenseurs naturels.

En médecine, les alcaloïdes sont utilisés comme antalgiques majeurs (morphine), antipaludéen (quinine), pour combattre l'excès d'acide urique (colchicine), comme substance paralysante (curare, caféine), comme poisons (strychnine, nicotine), comme stupéfiants (cocaïne, mescaline), comme cholinergique (pilocarpine) ou comme anticancéreux (vinblastine, vincristine), contre les vers intestinaux, contre les maux de ventre (effets contre les spasmes gastro-intestinaux), comme laxatifs (accroissent le péristaltisme intestinal). Ils agissent directement sur le système nerveux avec des effets sur la conscience et la motricité. L'action sur le système nerveux peut aller jusqu'à une action antispasmodique, mydriatique, anesthésique locale ou analgésique et narcotique.

LES TECHNOLOGIES INNOVANTES EN ENVIRONNEMENT AMAZONIEN ET TECHNOLOGIES BIO-INSPIRÉES



Figure 3 : Structure dépliée et mise en fonctionnement

TECHNIQUE

FABRICATION D'UNE STATION DE RECHARGE SOLAIRE MOBILE POUR VÉHICULES ÉLECTRIQUES LÉGERS, PAR LES ÉTUDIANTS DE L'IUT DE KOUROU EN GÉNIE ÉLECTRIQUE

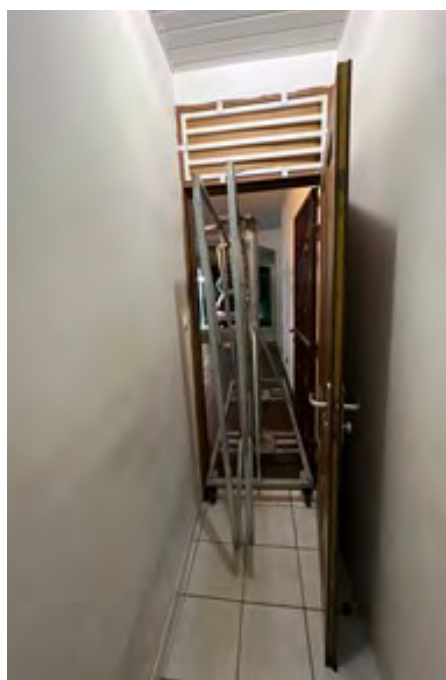


Figure 1 : Structure repliée

Si la décennie précédente s'était illustrée par une explosion de l'utilisation des smartphones, la décennie actuelle semble se distinguer par l'essor des véhicules électriques légers. Pour pallier au problème de la consommation électrique, la recharge à l'énergie solaire est une alternative intéressante à moindre coût.

Vélos électriques, draisienne, scooters électriques ; tous ces différents moyens gagnent en popularité parmi la population guyanaise, en particulier dans les centres urbains. Plusieurs facteurs contribuent à ce phénomène. Le premier d'entre eux est bien sûr un coût relativement bas, accompa-

gné de formalités administratives réduites en comparaison de véhicules thermiques, puisque ces véhicules ne nécessitent pour la plupart ni carte grise, ni assurance, ni permis de conduire. De plus, l'emploi de ces moyens de locomotion permet à leurs utilisateurs d'éviter les stations-services avec leurs aléas d'ap-

provisionnement et la hausse des prix du pétrole. Ces différents arguments ont tout pour séduire la population guyanaise, jeune et sensible au prix et aux vicissitudes des démarches administratives.

Néanmoins, l'explosion du prix de l'électricité ainsi que les différents problèmes rencontrés par la filière de production énergétique en Guyane ont de quoi inquiéter les utilisateurs de véhicules électriques, les poussant à chercher des moyens moins onéreux de recharger leurs batteries. De plus, ces véhicules légers possèdent souvent des batteries de faibles capacités, nécessitant des recharges fréquentes et posant donc la problématique du nombre restreint de station de recharge en Guyane.

Les étudiants de l'IUT de Kourou font partie de ces utilisateurs. Ainsi, dans le cadre des projets semestriels appelés SAés (Situations d'Apprentissage et d'évaluation), les enseignants de l'IUT de Kourou ont proposé aux étudiants en deuxième année de BUT (Bachelor Universitaire de Technologie) en Génie Electrique et Informatique Industrielle un projet de réalisation répondant à cette problématique. L'objectif à atteindre consiste à concevoir et installer une station de recharge solaire mobile pour les véhicules électriques légers.

Une station de recharge solaire mobile et sécurisée...

Les différentes caractéristiques du prototype ont été définies en se basant sur le contexte d'utilisation de la station de recharge. Tout d'abord, le critère de mobilité de la station permet de prévenir les risques de vols. En effet pour ce prototype, la station de recharge mobile présentée peut être sécurisée dans un local fermé après utilisation. Les étudiants ont donc réalisé une structure métallique, permettant de déployer les panneaux solaires en extérieur, de choisir l'orientation afin de maximiser la surface exposée au soleil, puis de replier la structure afin de faire passer la station de recharge à travers les portes vers son local de stockage. Cette structure est présentée aux Figure 1 à 3.

Les étudiants ont ensuite dimensionné l'installation électrique permettant le stockage de l'énergie électrique produite par les panneaux et l'utilisation de cette énergie pour

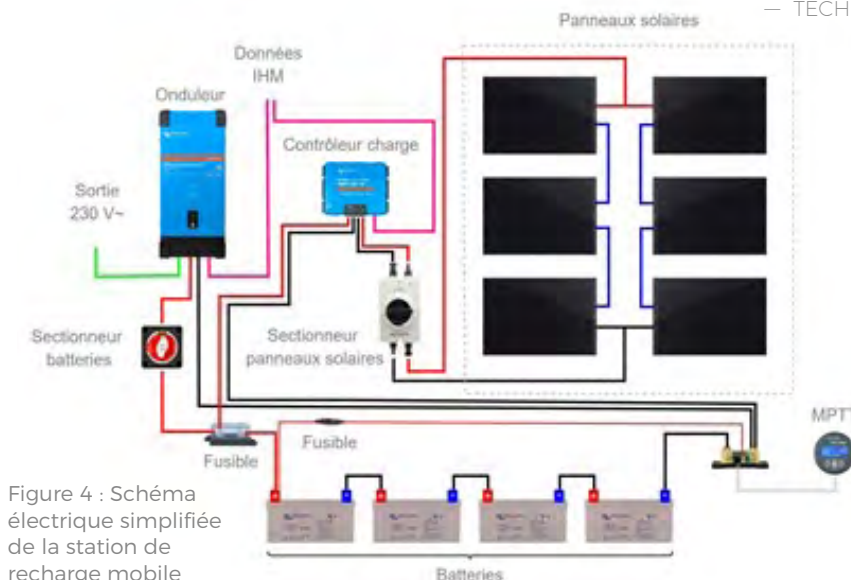


Figure 4 : Schéma électrique simplifié de la station de recharge mobile

la recharge de 7 vélos électriques. Les armoires électriques ont ensuite été réalisées pour le contrôle et la sécurisation de l'installation. Les six panneaux solaires produisent une puissance maximale de 3kW, stockée dans quatre batteries de type AGM permettant un stockage de 110Ah chacune. L'énergie électrique est ensuite convertie par un onduleur en courant alternatif, compatible pour un usage domestique (230V, 50Hz). Un schéma électrique simplifié du système est présenté à la Figure 4.

... qui effectue en continu un diagnostic de son état de santé

Dans un second temps, afin de garantir une facilité de prise en main et de maintenance du système, les étudiants ont instrumenté leur prototype afin que celui-ci puisse réaliser un autodiagnostic continu de l'état de santé de ses différents composants et de la production électrique réalisée. Les mesures sont centralisées et rendues accessibles sur un ordinateur permettant la visualisation de

l'état général de la station et conseillant l'utilisateur dans le cas d'apparition de défaut. Cette approche, appelée « smart maintenance », est une stratégie de maintenance des systèmes allant de pair avec le développement de la quatrième révolution industrielle (industrie 4.0), où la productivité se voit accroître par la digitalisation des moyens.

En conclusion,

Cette station de recharge pourrait être adaptée et étendue en accueillant divers utilisateurs de véhicules électriques, et pourrait même être un argument de plus en faveur de la e-mobility dans les établissements guyanais, publics ou professionnels. La capacité de redimensionnement de ce prototype permet une adaptabilité selon le nombre de véhicules, mais également de la charge attendue. De plus, la centrale de production étant hors-réseau EDF, son installation et sa maintenance sont simplifiées, et permet une économie d'énergie importante, faisant de cette station un outil rapidement rentable à moindres frais.



Figure 2 : Structure repliée et son installation électrique

L'UNIVERSITE DE GUYANE



L'ÉCOSYSTÈME DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION EN GUYANE

Ghislaine Prévot, Professeur des Universités et Vice-Présidente du Conseil d'Administration à l'Université de Guyane & Amandine Courte, docteure en agronomie et chef de projet à Guyane Développement Innovation

UNE RECHERCHE PLURIDISCIPLINAIRE ET INNOVANTE

Créée il y a 8 ans, l'Université de Guyane est une jeune université. Unique université européenne amazonienne, elle compte aujourd'hui 4500 étudiants, 71 enseignant.es- chercheur.es, 6 laboratoires de recherche et une école doctorale pluridisciplinaire qui a formé plus de 80 diplômés de doctorat depuis sa création. Elle a été lauréate de plusieurs appels à projets nationaux, dont l'AAP du Programme d'accélération des stratégies de développement des établissements d'enseignement supérieur et de recherche (ASDESR) et l'AAP ExcellenceS sous toutes ses formes (Projet AIBSI).

L'activité de recherche de l'Université bénéficie de plateformes en milieu naturel et des plateaux technologiques mutualisés permettant de mener des expérimentations et analyses de pointe en Guyane. L'Université concentre ses efforts de recherche autour de **4 thématiques prioritaires** :

- ▶ Dynamique de la biodiversité en Amazonie et valorisation des ressources naturelles
- ▶ Santé et écologie de la santé en milieu tropical
- ▶ Dynamique des sociétés amazoniennes dans leurs environnements et gouvernance durable des territoires amazoniens
- ▶ Technologies innovantes et bio-inspirées en milieu amazonien.

Elle comprend **6 Unités de Recherche** : l'UMR Espace Dev (Energies renouvelables, Dynamiques spatiales et temporelles, Relations entre écosystèmes et sociétés), l'UMR Qualisud (Valorisation de la biodiversité, Plantes aromatiques et médicinales, agroalimentaire), l'UAR LEEISA (Dynamiques des écosystèmes littoraux et des sociétés en Amazonie, Biodiversité), TBIP UMR-CIIL (Santé des populations en Amazonie, approche one health des maladies infectieuses), et l'UR MINEA (Etude des mondes amazoniens basées sur les sciences humaines, sociales, juridiques et littéraires).

Le projet **AIBSI « Institut Amazonien de la Biodiversité et de l'Innovation Durable »** conforte la politique du site et a pour ambition de :

- ▶ Créer une signature de site « Biodiversité et Innovations Durables en Amazonie »
- ▶ Répondre à des grands enjeux sociétaux
- ▶ Former les compétences d'aujourd'hui et de demain
- ▶ Construire une plateforme scientifique pour amener la Guyane au carrefour de l'excellence
- ▶ Développer des sciences avec et pour la société

L'Université de Guyane développe **une politique recherche à l'échelle du site qui se veut inclusive et innovante** et qui se caractérise par un partenariat fort avec les organismes nationaux de recherche et les acteurs du territoire. Une stratégie basée sur la mutualisation et la mises en synergie des moyens

et des compétences et sur une meilleure prise en compte des besoins et attentes du territoire. Pour cela l'UG entend :

- ▶ Développer les partenariats de recherche public/privé
- ▶ Favoriser les thèses en entreprises (CIFRE/COFRA)
- ▶ Soutenir la création d'entreprises innovantes
- ▶ Encourager le dispositif de Doctorant-Entrepreneur
- ▶ Contribuer à la valorisation des résultats de la recherche
- ▶ Accompagner la maturation des projets de recherche vers une valorisation

Cette structuration de l'écosystème de la recherche et de l'innovation en Guyane contribue aujourd'hui à mieux positionner l'UG en tant que seule Université européenne d'Amazonie.

DES ACCÉLÉRATEURS DE PROJETS AU SERVICE DE L'INNOVATION

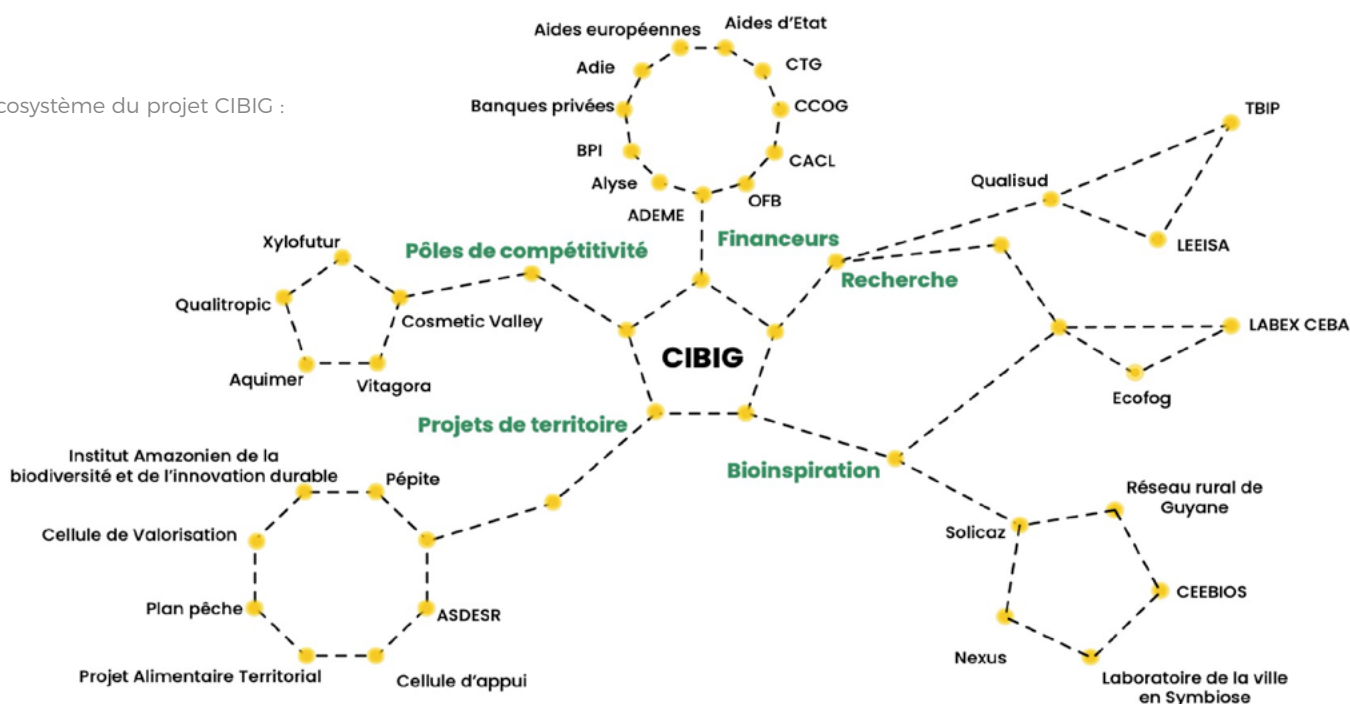
Partenaire de l'Université de Guyane, l'agence Guyane Innovation est une agence au service du développement économique guyanais, de ses filières et de ses entreprises.

Ses missions sont d'accompagner les porteurs de projets et les filières stratégiques, innover pour la compétitivité des entreprises via l'animation des écosystèmes de l'innovation, promouvoir l'attractivité du territoire et attirer les investisseurs, investir dans les outils et équipements de l'accompagnement, et héberger les start-ups.

Le CIBIG (Centre d'Ingénierie Bioinspirée de Guyane) a pour but d'accompagner le développe-

ment du territoire en termes d'innovation via la mise en réseaux entre acteurs de la recherche, des entreprises et des collectivités. Il s'adresse aux porteurs de projets innovants issus du privé ou du monde de la recherche travaillant autour des thématiques de l'alimentation, l'éco-construction/éco-matériaux et la chimie du végétal. Il favorise la valorisation de la recherche et le déploiement des produits et services R&D.

Ecosystème du projet CIBIG :



LES PUBLICATIONS DE LA FONDATION

Les Cahiers de l'Adaptation

Afin de sensibiliser au besoin de s'adapter pour réduire notre vulnérabilité, à la nécessité de protection des populations et des territoires, à la responsabilité collective impliquée, mais aussi à l'opportunité économique que présente la transition vers une économie plus sobre en carbone, la Fondation de l'Université de Guyane lance une nouvelle publication consacrée à l'adaptation au changement climatique sur le plateau des Guyanes.

Les Cahiers de l'Adaptation se concentrent sur les dernières avancées scientifiques dans les filières économiques du bois, des éco-matériaux, de la pêche, des énergies renouvelables et de l'agriculture, ainsi que sur les initiatives et les projets innovants qui sont mis en place pour lutter contre ce phénomène. La parole est donnée non seulement aux chercheurs, mais aussi aux usagers de ces techniques.

Publiés sous format numérique, en français et anglais, Les Cahiers de l'adaptation sont accessibles sur la plateforme Calameo à partir du site de la Fondation :

<https://www.univ-guyane.fr/recherche/fondation/publications/>



FAITS & CHIFFRES : L'UNIVERSITÉ DE GUYANE

Yves Jamont Junior DUPLAN, Responsable de l'Observatoire de la Vie Etudiante, Enquêtes et Statistiques (OVEES), Chercheur associé à l'UR 7485 MINEA



74

enseignants/
lecteurs



64

chercheurs/
researchers et
70 doctorants/
doctoral (PhD)
students
(2022/2023)



4 480

étudiants/
students



135

personnel
administratif/
administrative
employees



2

Campus/
campuses,
Cayenne
et Kourou
(Bois Chaudat)



4

grands pôles
de recherches
centrés sur les
problématiques
amazoniennes



Campus Troubiran - BP 20792
97336 Cayenne Cedex

www.univ-guyane/fondation.fr
@ : fondation@univ-guyane.fr