

La multidimensionnalité de la plante
Sept espèces d'arbres tropicaux de Guyane Française
à travers le prisme de l'art et la science



La multidimensionalidad de la planta
Siete especies de árboles tropicales de Guayana Francesa
a través del prisma del arte y la ciencia



Auteurs Autoras

Marion Boisseaux

Marionboisseaux.netlify.app

Recherche scientifique en écophysiologie
et écologie microbienne

Investigación científica en ecofisiología
y ecología microbiana

Université de Guyane
L'UMR EcoFog
Kourou, Guyane Française

Antía Iglesias Fernández

Antiaiglesias.com

Recherche art&science et
conception graphique et éditoriale

Investigación en Arte&ciencia,
diseño gráfico y editorial

Universidade de Vigo
Dx5 Digital and Graphic art_research
AF4 Enxeñaría Forestal
Pontevedra, Galicia, Spagne

Titre Título

La multidimensionnalité de la plante.
Sept espèces d'arbres tropicaux de Guyane
Française à travers le prisme de l'art et la science.

La multidimensionalidad de la planta.
Siete especies de árboles tropicales de Guayana
Francesa a través del prisma del arte y la ciencia.

Édition bilingue: Français - Espagnol

Edición bilingüe: Francés - Español

Développement du projet

Desarrollo del proyecto

14 Sep. - 15 Dec. 2021

Kourou, Guyane Française

Textes Textos

Marion Boisseaux

Antía Iglesias Fernández

Illustrations & photographies

Ilustraciones & fotografías

Antía Iglesias Fernández

Financement Financiamiento

Soutien financier de
l'Agence Nationale de la
Recherche (ANR) dans le cadre
des Investissements d'avenir
au sein du LaBex CEBA (Centre
d'études de la Biodiversité
amazonienne)
CEBA: ANR- 10-LABX-25-01

Éditeurs Editoras

Ann Heyvaert, Universidade de
Vigo, Dx5
Ángeles Cancela, Universidade
de Vigo, AF4

Conseillers Consejeros

Heidy Schimann, INRAE
Sabrina Coste, Université de
guyane, UMR EcoFog
Clément Stahl, INRAE,
UMR EcoFog

Conception graphique

Diseño gráfico

Antía Iglesias Fernández

Imprimé Impresión

Gráficas Anduriña,
Galicia, Spagne Septembre 2022

ISBN 979-10-415-0152-6

Copyright

© Textes: Les auteurs respectifs.

© Photographie: Antía Iglesias Fernández.

© Illustrations: Antía Iglesias Fernández & Marion
Boisseaux.

© De cette édition actuelle: les auteurs. Tous Droits
Réservés. Le but de cette publication est la diffusion
des connaissances et son utilisation commerciale et
sa modification sont strictement interdites. Pour les
éditions et les corrections, veuillez contacter les auteurs.

Copyright

© Textos: Los autores respectivos.

© Fotografía: Antía Iglesias Fernández.

© Ilustraciones: Antía Iglesias Fernández
y Marion Boisseaux.

© De esta edición actual: los autores. El propósito de
esta publicación es la difusión de conocimientos y
su uso comercial y modificación están estrictamente
prohibidos. Para posibles ediciones, póngase en contacto
con los autores.

La présente publication, bilingue en français et en espagnol, est financée et soutenue par le Labex CEBA (Centre d'études de la biodiversité amazonienne) ; il s'agit d'une auto-publication des auteurs, qui cherchent à élargir l'audience de cette étude.

Une première édition de '*The multidimensionality of the plant. An art and ecophysiology approach to the comprehension of Amazonian tree seedlings*' bilingue en galicien et en anglais a été publiée et éditée par l'Université de Vigo, Espagne, en 2022.

La actual publicación, bilingüe en Francés y Español está financiada y apoyada por el Labex CEBA (Centro de Estudios de la Biodiversidad Amazónica); constituye una autopublicación realizada por las autoras, buscando ampliar el público receptor del presente estudio.

Una primera edición '*The multidimensionality of the plant. An art and ecophysiology approach to the comprehension of Amazonian tree seedlings*' bilingüe en Gallego e Inglés fue publicada y editada por la Universidade de Vigo, en España en 2022.

Préfaces Prefacios

Enrique Leal, chercheur, artiste visuel et professeur en médias imprimés au département d'art de l'université de Californie à Santa Cruz.

Jérôme Chave, directeur de l'unité EDB, responsable scientifique et technique du Labex CEBA et directeur scientifique de la station de recherche scientifique en Écologie des Nouragues.

Enrique Leal, investigador, artista visual y Profesor Titular en Medios de Impresión del Departamento de Arte de la Universidad de California Santa Cruz.

Jérôme Chave, director de la Unidad EDB, responsable científico y técnico del Labex CEBA y director científico de la Estación de investigación científica en Ecología de Nouragues.

Enrique Leal

Par sa propre définition, l'écologie désigne la coexistence de tous les organismes vivants grâce aux échanges perméables qu'ils entretiennent avec leur environnement physique. Elle décrit un foyer (du grec *oikos*) de présence mutuelle - du microscopique au macroscopique - que nous partageons avec des entités non humaines. En termes d'occupation absolue, les plantes représentent 80 % de la biomasse terrestre et constituent la force de vie omniprésente sur la planète. Une vie de continuité complète et d'assimilation intégrale avec l'environnement qui est perçue à tort comme une présence passive et immobile (enracinée). Dépourvues de sentience et de mouvement propre, les plantes sont considérées proche de matières inanimées comme une matière brute excédentaire et donc destinées exclusivement à la consommation animale et humaine.

L'observation engagée des attributs explicites et vitaux des plantes favorise d'autres modes de perception et contribue à décentrer l'exceptionnalisme humain. En percevant respectueusement et de façon correcte leur présence végétale dans le monde, nous pouvons anticiper les affinités interdisciplinaires des arts et des sciences qui remettent en question les territoires épistémologiques et nous aident à discerner les certitudes relationnelles. La réalité des espaces communautaires où l'*oikos* n'est pas considéré comme la propriété d'un seul individu, mais comme un espace perméable et florissant de sympathies interspécifiques et d'émerveillement esthétique sans fin.

Enrique Leal

Por definición propia, la ecología hace referencia a la coexistencia de todos los organismos vivos a través del intercambio permeable que mantienen con su entorno físico. Describe un hogar (del griego *oikos*) de presencia mutua -desde lo microscópico hasta lo macroscópico- que compartimos con entidades no humanas. En términos de ocupación, las plantas constituyen el 80% de la biomasa de la Tierra y son la fuerza vital que impregna el planeta. Una vida de completa continuidad y asimilación integral con el entorno que se percibe erróneamente como una presencia pasiva e inmóvil (enraizada). Vacías de sensibilidad y movimiento propio, las plantas son consideradas como excedentes en bruto, más cercanas a la materia inanimada y, por tanto, destinadas exclusivamente al consumo animal y humano.

La observación activa de los atributos vitales explícitos de las plantas promueve modos alternativos de percepción y ayuda a de-centrar el excepcionalismo humano. Al percibir receptivamente su permanencia vegetativa en el mundo, podemos anticipar las afinidades interdisciplinarias de las artes y las ciencias que desafían los territorios epistemológicos y nos ayudan a discernir las certezas relacionales. La realidad de los espacios comunitarios, donde el *oikos* no es visto como una propiedad, sino como un espacio permeable y floreciente de simpatías inter-especies y asombro estético sin fin.

Jérôme Chave

García da Orta est l'un des personnages les plus curieux de la Renaissance botanique. Son texte 'Colloques sur les simples, les drogues et les produits médicinaux de l'Inde' (1563) est une somme de descriptions de plantes et de leurs usages, mais aussi de critiques des savoirs passés. García da Orta, médecin installé à Goa supposément pour échapper à l'Inquisition, y fit travail d'ethnobotaniste. Les systèmes de connaissance ayurvédiques et ezhava, dans lesquels il puisa, transformèrent profondément les connaissances botaniques passées en Europe et dans le monde Arabe. Malgré cela, les 'Colloques' faillirent être oubliés au profit de l'ouvrage de Cristóbal Acosta, pourtant publié 15 ans plus tard et copié des 'Colloques', parce qu'Acosta avait inclus dans son édition une vingtaine de gravures sur bois.

L'ouvrage de Marion Boisseaux et Antía Iglesias Fernández explore les confins de l'art et de la science. Leur expérience partagée nous mène dans les luxuriantes forêts tropicales de Guyane, un endroit où l'aventure reste à écrire. Marion a la besace chargée d'instruments, dont certains au nom poétique de fluoromètre chlorophyllien, et forte de protocoles expérimentaux rigoureux. Antía penchée avec sa pointe douce et ses pinces, trace le réseau racinaire d'un jacaranda ou d'un wapa. Leur ouvrage engage le lecteur dans une dialectique fertile par laquelle l'image suscite l'idée, et le protocole expérimental suscite de nouvelles représentations de la nature. Les micro-paysages en bois dessinés au laser, par-delà leur beauté, nous rappellent que la xylogravure fut l'outil de choix de la représentation du monde botanique par Acosta, Carolus Clusius et Andrea Cesalpino.

Les espèces d'arbres sélectionnés pour le projet scientifique de Marion racontent aussi l'influence des savoirs locaux sur la botanique moderne. Les genres *Eperua*, *Tachigali*, et *Virola*, publiés dans l'Histoire des plantes de la Guyane française de Jean-Baptiste Fusée-Aublet, sont issus de la langue Kali'na. Aublet en Guyane, comme García da Orta deux siècles avant lui en Inde, fut d'abord un interprète de systèmes de connaissance Kali'na.

Depuis 2012, le laboratoire d'excellence CEBA cherche à faire avancer les connaissances sur les forêts d'Amazonie, par des approches scientifiques rigoureuses, des programmes de recherche ambitieux, et le soutien de doctorantes et doctorants talentueux. Le CEBA interroge les frontières de la nature, celles que les artistes explorent aussi. Je suis ravi que Marion et Antía aient choisi de parcourir ensemble ces frontières et qu'elles nous en fassent profiter dans ce bel ouvrage.

Jérôme Chave

García da Orta es una de las figuras más curiosas del Renacimiento botánico. Su texto 'Coloquios sobre los simples, las drogas y los productos medicinales de la India' (1563) es una suma de descripciones de plantas y sus usos, pero también de críticas a los conocimientos anteriores. García da Orta, un médico que se instaló en Goa, supuestamente para escapar de la Inquisición, realizó allí trabajos de etnobotánica. Los sistemas de conocimiento ayurvédico y ezhava, de los que se nutrió, transformaron profundamente los conocimientos botánicos del pasado en Europa y el mundo árabe. A pesar de ello, los 'Coloquios' fueron casi olvidados en favor de la obra de Cristóbal Acosta, que se publicó 15 años después y fue una copia de los 'Coloquios', ya que Acosta había incluido una veintena de xilografías en su edición.

El libro de Marion Boisseaux y Antía Iglesias Fernández explora los límites del arte y la ciencia. Su experiencia compartida nos lleva a las exuberantes selvas de la Guayana Francesa, un lugar donde la aventura está aún por escribir. Marion tiene una bolsa llena de instrumentos, algunos con el poético nombre de *fluorómetro de clorofila*, y rigurosos protocolos experimentales. Antía, inclinándose con su punta suave y sus pinces, traza la red de raíces de una Jacaranda o una wapa. Su trabajo involucra al lector en una fértil dialéctica por la que la imagen da lugar a la idea, y el protocolo experimental da lugar a nuevas representaciones de la naturaleza. Los micropaisajes de madera dibujados con láser, más allá de su belleza, nos recuerdan que la xilografía fue la herramienta elegida para la representación del mundo botánico por Acosta, Carolus Clusius y Andrea Cesalpino.

Las especies arbóreas seleccionadas para el proyecto científico de Marion también nos refieren a los conocimientos locales en la botánica moderna. Los géneros *Eperua*, *Tachigali* y *Virola*, publicados en la Histoire des plantes de la Guyane française de Jean-Baptiste Fusée-Aublet, derivan de la lengua kali'na. Aublet, en la Guayana Francesa, al igual que García da Orta dos siglos antes en la India, fue principalmente un intérprete de los sistemas de conocimiento de Kali'na.

Desde 2012, el laboratorio de excelencia del CEBA ha tratado de avanzar en el conocimiento de los bosques de la Amazonia a través de enfoques científicos rigurosos, ambiciosos programas de investigación y el apoyo a estudiantes de doctorado con talento. El CEBA cuestiona los límites de la naturaleza, aquellos que también exploran los artistas. Estoy encantada de que Marion y Antía hayan decidido explorar estas fronteras juntas, y de que compartan su experiencia con nosotros en este hermoso libro.

‘In science, the more different perspectives you have on the phenomena you’re studying, the richer the understanding becomes’

Catherine Murphy in Eldred, S. M. (2016, 31 agosto).
Art&science collaborations: Change of perspective.
Nature. London UK

Dans le cadre de leur doctorat, Marion Boisseaux (écologie des forêts tropicales) et Antía Iglesias Fernández (Arts & Design & Nature-interactions) ont développé entre septembre et décembre 2021 une collaboration unissant l’art et la science. Leur objectif est de combiner deux approches différentes afin d’améliorer la compréhension de sept espèces d’arbres tropicales étudiées dans la thèse de Marion. Cette dernière s’articule autour de la résistance à la sécheresse de ces espèces d’arbre du bassin amazonien. Ensemble, elles ont voulu partager leur expérience à la fois esthétique et scientifique. Elles expliquent les processus techniques au travers d’illustrations botaniques en complément de données issues de la recherche scientifique. C’est en décomposant chacune leurs environnements de travail, qu’elles ont pour vocation de communiquer leurs travaux de thèse pour leurs pairs mais aussi vers un plus large public.

Dos estudiantes de doctorado, Marion Boisseaux (ecología de los bosques tropicales) y Antía Iglesias Fernández (Arte y Diseño e Interacciones con la Naturaleza) desarrollaron durante los meses de septiembre a diciembre de 2021 una colaboración que unía arte y ciencia. El objetivo era combinar dos enfoques diferentes para mejorar la comprensión de siete especies de árboles tropicales que se utilizaron para analizar los efectos de la sequía en la selva amazónica, dentro del proyecto de doctorado de Marion. Se quería compartir la experiencia estética y científica explicando los procesos técnicos necesarios para producir ambos enfoques. Las ilustraciones botánicas y la imagen artística se complementaban con los datos extraídos de la investigación científica. Al compartir ambos entornos de trabajo, se buscaba iniciar un diálogo en el ámbito académico, así como ampliar nuestra audiencia sobre los conceptos científicos a un público más amplio.

'The aim of botanical illustration is to produce not only a picture that is pleasing to the eye but one which is botanically accurate, comprehensive and recognisable to species level. Such works broach the gap between art and science'.

Rosemary Wise - Botanical Illustrator, Oxford
Botanical Garden

'I am interested in how nature printing images can be used and reinterpreted today as an image making medium in the artistic rather than the scientific field. I think it still has a lot of potential in education and can be a powerful tool in reconnecting people with nature'.

Pia Östulund - Freelance consultant for Oxford
Botanical Garden

'However simple or sophisticated his drawing (the artist in plant science) was, it could only be of real service to science when botanists at large could study and use its information'.

Bridson, G. D. R., & Wendel, D. E. (1986). Printmaking in the service of botany.

'The plant is to be evaluated as a thoroughly artistic-architectural structure. In addition to an ornamental-rhythmic creative primal instinct that prevails everywhere in nature, the plant only builds useful and functional forms. In its constant struggle for existence, it was forced to create resistant, vital and functional organs. It builds according to the same static laws that every master builder must observe. But the plant never lapses into merely sober practicality; it shapes and forms according to logic and expediency and forces everything with elemental force to the highest artistic form'.

Adam, H. C. (2008). Karl Blossfeldt: The Complete Published Work. Taschen America Llc.

Préfaces par Enrique Leal et Jérôme Chave	
Prefacios por Enrique Leal y Jérôme Chave	8-11
Notre expérience Nuestra experiencia	18-25
I. Liaison des thématiques de recherche	
Unión de las temáticas de investigación	26-33
II. Introduction Introducción	36-39
II.1 Illustration botanique Ilustración botánica	40-43
III. Matériel et méthodes Materiales y métodos	46-53
IV. Explication des codes d'approche Códigos de aproximación	54-57
V. Codes d'approximation d'une réalité physique	
Códigos de aproximación a una realidad física	58-151
V.1 <i>Eperua falcata</i>	60-67
V.2 <i>Iryanthera hostmannii</i>	68-77
V.3 <i>Jacaranda copaia subsp. copaia.</i>	.78-85
V.4 <i>Pterocarpus officinalis</i>	98-105
V.5 <i>Symphonia globulifera</i>	106-113
V.6 <i>Tachigali melinonii</i>	114- 121
V.7 <i>Virola surinamensis</i>	122-129
VI Une approche artistique Una aproximación artística	152-161
VII. Termes et curiosités Términos y curiosidades	162-169
VIII. Conclusions Conclusiones	170-171
VIII. Références Bibliografía	174-175
Remerciements Agradecimientos	176-177
Biographie Biografía	178-179

Notre expérience

Avant-propos par Antía Iglesias Fernández

La collaboration avec Marion a été le fruit d'un long travail d'interconnection et de hasard. Le tissu social formé nécessitait un besoin de liaison entre les disciplines et était animé par un fort désir de communication. L'élément déclencheur du projet était le souhait de Marion qui voulait illustrer son projet de thèse. De mon point de vue, je considère que les limites entre l'illustration et la représentation artistique et son interprétation sont floues, mais elles existent. Je ne me considère pas comme une illustratrice, mais plutôt comme une traductrice de réalité et d'irréalité.

C'est en lien avec le hasard, la coïncidence et la possibilité, que je souhaiterais donner un cadre à ce projet. Mon approche se veut sensible et poétique, loin du pragmatisme scientifique. C'est par ce concours de circonstances que j'arrive à la conclusion suivante : l'art et la science dialoguent dans la même réalité dans laquelle la création prend tout son sens.

Nuestra experiencia

La voz de Antía Iglesias Fernández

La colaboración que se llevó a cabo entre Marion y yo fue el resultado de una exigente tarea de tejido y azar, a partes iguales. Este tejido social se acompañó de una necesidad de interconexión entre disciplinas y fue promovido por un deseo de comunicación.

El proyecto se inició por una sugerencia de Marión 'me gustaría ilustrar mi proyecto'. Personalmente, considero que los límites entre la ilustración y la representación e interpretación artística son difusos, pero existen. No me considero una ilustradora, si no una traductora entre la realidad y la irrealidad.

Es en términos de azar, coincidencia y posibilidad en donde me gustaría enmarcar esta iniciativa, manteniendo un componente sensible y poético, más allá del carácter pragmático de la ciencia. Igualmente, de forma azarosa llegué a comprender que el arte y la ciencia dialogan en una misma realidad y que es en esta dimensión donde la creación tiene sentido.

Notre expérience

Avant-propos par Marion Boisseaux

En recherche fondamentale, beaucoup de temps est généralement nécessaire avant de pouvoir développer des applications concrètes. Le parcours est lent et les résultats sont imprévisibles. Néanmoins, la recherche répond aux défis actuels pour une société qui a besoin de réponses maintenant. Le changement climatique est l'un des problèmes les plus urgents qui touche l'ensemble des habitants de cette planète. Alors que j'arpente les couloirs d'écophysiologie et d'écologie microbienne afin de déterminer la réponse aux futures sécheresses de plantules tropicales, je souhaiterais mettre en lumière la démarche scientifique d'une manière accessible à tous.

L'art est un moyen extraordinaire de sensibilisation. L'art a la capacité d'attirer l'attention et de favoriser les connexions à un niveau émotionnel que la science n'a pas. J'ai été honoré de l'intérêt que Antía porte à mon projet de thèse.

Notre collaboration a sans cesse évolué, devenant bien plus qu'un simple moyen de communication, mais un véritable dialogue interdisciplinaire.

Nuestra experiencia

La voz de Marion Boisseaux

En la investigación fundamental, suele pasar mucho tiempo antes de que se desarrollen aplicaciones directas. El camino es lento e imprevisible en cuanto a resultados. Sin embargo, la investigación aborda los retos actuales y la sociedad necesita respuestas ya. El cambio climático es uno de los problemas más urgentes que afectan a todo el mundo. Mientras exploro los largos pasillos de la ecofisiología y la ecología microbiana para determinar la respuesta de las plántulas tropicales a las futuras sequías, he querido sacar a la luz el proceso científico de una manera accesible para todos.

El arte es un medio extraordinario para sensibilizar. El arte tiene la capacidad de llamar la atención y fomentar conexiones a un nivel emocional del que carece la ciencia.

Fue muy gratificante ver el interés de Antía por mi proyecto. Nuestra colaboración evolucionó a lo largo del camino, convirtiéndose en mucho más que un medio de comunicación, sino en un verdadero diálogo interdisciplinario.

Notre expérience

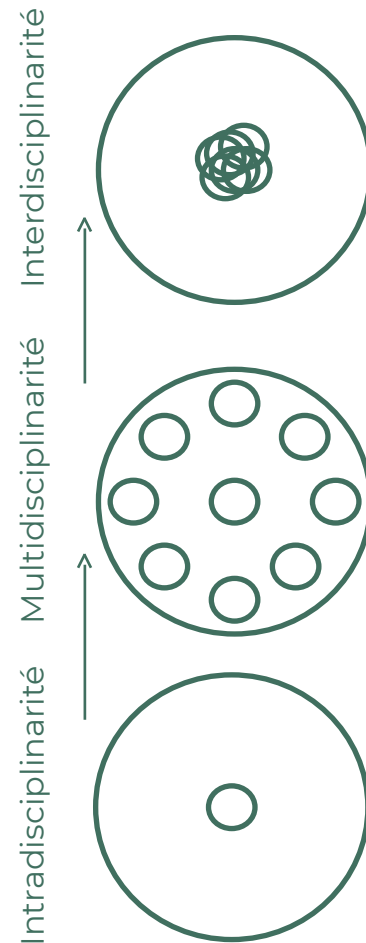
Ensemble

L'art et la science peuvent être perçus comme des mouvements dont les ondes ne coïncident pas. Cependant, elles peuvent bel et bien se recouper. De manière subtile, notre collaboration a émergé d'un environnement inconnu (la forêt tropicale), puis s'est prolongé dans environnement contrôlé (des serres), s'est diffusé dans des espaces intermédiaires (laboratoire, bureau) pour aboutir dans une salle d'exposition et dans les pages de ce livre ; ainsi que dans les images d'un court documentaire.

Nous avons commencé à parler d'illustrations et de dessins pour chaque plantule tropicale questionnée par nos regards. Nous avons débuté par un trait, une tâche, une couleur, à travers un parcours qui semblait ne pas avoir de but précis. Après une période d'ajustement, les options ont commencé à s'offrir devant nous. Nous avons pu ainsi parler de représentation biomimétique, de reproduction de textures et d'éléments naturels à travers des ressources graphiques, d'interactions lumineuses, de conformations de volumes, de conversations entre données et images. Nous avons eu diverses étapes intermédiaires, certaines transitoires, d'autres permanentes.

L'art est devenu une option pour la science et la science une excuse pour l'art. En s'interconnectant, nous avons commencé à parler un langage qui, bien que différent au premier abord, était tout à fait compréhensible. En effet, la

multidisciplinarité peut paraître déroutante, si nous l'interprétons seulement comme mise en commun de multiples îles lointaines. Cependant, nous cherchons pas à exposer de manière isolé les différents points de vue de nos disciplines respectives, mais tentons d'établir un lien entre elles. C'est en construisant



Nuestra experiencia

Nuestras voces

El arte y la ciencia son movimientos cuyas ondas no suelen coincidir, pero a veces lo hacen. De forma sutil, la comunicación partió de un entorno desconocido (la selva), pasó por un ambiente controlado (el invernadero), espacios intermedios (el laboratorio, la oficina) para acabar en una sala de exposiciones y en las páginas de un libro; así como en las imágenes de un corto documental.

Empezamos a hablar de las ilustraciones, de los dibujos de los diferentes brotes tropicales interpretados o cuestionados por nuestra mirada. Pasamos por la línea, la mancha y el color, en un viaje que parecía no tener un propósito claro. Tras un periodo de adecuación, las opciones empezaron a ser mayores. Pudimos hablar de representación biomimética, de reproducción de texturas y elementos naturales a través de recursos gráficos, de interacciones lumínicas, de conformaciones de volúmenes, de conversaciones entre datos e imagen y de estados intermedios, algunos de paso, otros definitivos.

El arte se convirtió en una opción para la ciencia y la ciencia en una excusa para la representación y el cuestionamiento. Interactuando y conectando por hilos tensos, empezamos a hablar un lenguaje que, aunque diferente, era comprensible. La multidisciplinariedad es una opción a veces confusa e intensa, se presenta como el conocimiento múltiple y extenso de tierras

o islas lejanas. Sin embargo, más que exponer uno al lado del otro nuestros puntos de vista desde nuestras respectivas disciplinas, buscamos una combinación, un vínculo, puentes que unieran nuestros campos de investigación. Empezamos a construir barcos, aviones o canoas de remo que debíamos tomar para trasladarnos de uno a otro. Concluimos que, quienes habitaran estas islas, cada campo de estudio, debían hacer un esfuerzo por entenderse. Pero que finalmente la coexistencia y la interexistencia eran posibles y maravillosas.

Figure 1: Analyse et représentation graphique de la différence entre intra-multi et interdisciplinarité.

Figura 1: Análisis y representación gráfica de la diferencia entre intra-multi e interdisciplinariedad.

bateaux, avions ou canoës que nous construisons des ponts à travers nos îlots de recherche. Les habitants de ces îles doivent faire un effort pour sortir de leur zone de confort et se comprendre. Finalement, la coexistence et l'inter-existence sont possibles et merveilleuses.

Ainsi, l'intégration de la méthodologie provenant d'environnements isolés vise à créer une approche plus holistique et, dans notre cas, nous avons frolé la limite entre l'intra- et l'interdisciplinarité.

En recherche, le doute est omniprésent. Le doute prend des formes différentes dans chacune des disciplines. En science, le doute remet sans cesse en question les faits et les données et pour que le scientifique réévalue sans cesse ses hypothèses. Pour l'artiste, ce doute est comme une ombre interrogeant chacune de ses décisions, favorisant la créativité et conduisant l'artiste sur des chemins inconnus. Il n'est que naïf de penser que la science ou l'art sont linéaires. Notre chemin est rocaillieux avec le doute comme compagnon, que l'on se doit de voir comme une force puissante et non une vulnérabilité.

Au cours de cette collaboration, le doute était particulièrement présent:

- Comment faire pour que la vision de l'artiste ne biaise pas la reproduction exacte d'un élément sur lequel on a besoin d'informations aussi concrètes que possible?

Cette question en amena d'autres : Dans

quelle mesure l'artiste peut-il représenter ce qu'il voit? Ou encore : où peut-on mettre une limite entre la représentation et la réalité? L'art est constitué d'un ensemble de termes qui évoluent en permanence; un langage qui utilise ses propres armes de création pour proposer des contenus et rarement des réponses. Pour faire face à ces questions, nous avons choisi de créer puis interpréter, au lieu du processus inverse.

- Le cadre si rigoureux d'une expérience en serre peut-il encore laisser place à l'expression de l'artiste?

La recherche artistique et scientifique et leurs méthodologies respectives sont des terrains mouvants où les limites de la première sont floues par rapport aux limites cristallines de la seconde. Dans leur ampleur et leur marge d'action respective, chacune des disciplines tend à être structurée par des étapes. Dans le cas présent, nous avons choisi d'appliquer la méthode scientifique au processus artistique.

La integración de metodologías de disciplinas aisladas pretende crear un enfoque más holístico y en nuestro caso caminamos en los límites de la intra, multi e interdisciplinariedad.

En la investigación, siempre hay un factor dominante: la duda. La duda adopta formas diferentes en cada disciplina específica. Para el científico, cuestiona repetidamente los hechos y los datos y reevalúa las hipótesis. Para el artista, esta duda es como una sombra que acecha y cuestiona cada paso que da, fomentando la creatividad y conduciendo a caminos desconocidos. Es ingenuo pensar que la ciencia o el arte son lineales. Nuestro camino es rocoso y tenemos a la duda como compañera, la cual es una fuerza poderosa y no una vulnerabilidad.

En esta ocasión la duda era muy concreta

- ¿Cómo puede la visión del artista no intervenir en la reproducción exacta de un elemento sobre el que se necesita una información lo más concreta posible?

Esta pregunta se ramifica en muchas otras: ¿Hasta qué punto puede la mano creadora representar lo que ve? ¿O dónde se encuentra lo que vemos, con la realidad de lo que tenemos delante? Se puede decir que el arte se compone de un metalenguaje sobre el que gira todo el tiempo. Un lenguaje que utiliza sus propias armas de creación para proponer contenidos y raramente respuestas. Para hacer frente a estas cuestiones, se propuso la

acción como forma reactiva. Es decir, crear e interpretar, en lugar del proceso inverso.

- ¿Puede el marco riguroso de un experimento en un invernadero seguir dando cabida a la expresión del artista?

La investigación artística y la científica y sus respectivas metodologías son terrenos pantanosos en los que los límites de la primera son borrosos en comparación con los cristallinos de la segunda. Dentro de su amplitud y amplio margen de acción, cada uno tiende a establecer una estructura y unos pasos a seguir para encontrar su propio camino. En esta ocasión, la dirección fue la interiorización o apropiación del método científico aplicado al proceso artístico.

I. Liaison des thématiques de recherche

En tant que doctorantes, les deux auteures développent des projets respectifs. Ces projets constituent la toile de fond sur laquelle repose leur collaboration. Afin de comprendre l'origine de leurs recherches, le lecteur trouvera ci-dessous les résumés de chaque projet, des travaux en cours et des axes de recherche connexes.

Projet de thèse, titre provisoire:

'Biomatériaux issus de milieu naturel galicien appliqués à la conception, l'impression et la fabrication d'objets du quotidien. Fétichisme en faveur de l'objet en tant que lien'.

Antía Iglesias Fernández

De nos jours, on constate un besoin croissant de revendiquer l'environnement naturel dans lequel nous vivons. C'est dans cette thématique que ce projet de thèse s'inscrit, grâce aux bourses pré-doctorales de la Xunta de Galicia. Nous allons étudier les fibres végétales pour leur application dans la conception, l'impression et la fabrication. Nous cherchons à obtenir des objets uniques, élaborés à travers l'expérimentation de matériaux et de matrices provenant de l'environnement naturel.

L'objectif est de mettre au point une méthode permettant de tirer profit des espèces envahissantes. C'est en jouant avec les fibres naturelles extraites de ces espèces que l'on souhaite générer des surfaces durables et

biodégradables, ainsi que de l'encre naturelle combinée avec des techniques graphiques, telles que la xylographie et l'impression.

En gardant l'idée d'une économie circulaire durable, les dessins au trait, les encres et les matrices, auront la même origine. La même matière première sera utilisée pour l'extraction du pigment, puis pour la surface et comme source d'inspiration pour le développement artistique.

Les processus mis en place valoriseront l'utilisation des techniques manuelles de l'artisanat. De plus, ces processus revendiqueront des techniques graphiques tout en combinant innovation technologique et connaissances traditionnelles.

Nous utiliserons la découpe laser de bois pour la production de textures naturelles ou encore l'impression directe de la matière première.

Ces procédés permettent une approche biomimétique du lieu d'origine. Le végétal occupe ainsi une place centrale, tant dans le domaine scientifique

I. Vinculando temáticas de investigación

Como estudiantes de doctorado, ambas autoras están desarrollando sus respectivos proyectos, que constituyen el bagaje en el que se basa la colaboración. Con el fin de acercar al lector a sus trayectorias, a continuación pueden encontrar el resumen de sus investigaciones individuales, así como otros trabajos en curso y líneas de investigación relacionadas.

Proyecto de tesis doctoral, título provisional:

'Biomateriales del entorno natural gallego aplicados al diseño, estampación y confección del objeto cotidiano. El fetichismo en favor del objeto como vínculo'.

Antía Iglesias Fernández

En la actualidad se puede encontrar una creciente necesidad social de reivindicar el entorno natural en el que vivimos. Por ello, este proyecto de tesis forma parte de las becas predoctorales de la Xunta de Galicia. Investigaremos las fibras vegetales para su aplicación en el diseño, impresión y fabricación. Se busca obtener objetos únicos, elaborados a través de la experimentación con materiales y matrices del entorno natural.

Se pretende conseguir un método de aprovechamiento de especies invasoras. La experimentación con las fibras extraídas de estas especies servirá para generar superficies sostenibles y biodegradables, así como biotintas para ser utilizadas con técnicas gráficas manuales, como la xilografía

y la impresión directa.

Manteniendo la idea de una economía circular sostenible, la línea gráfica, las tintas y las matrices, tendrán el mismo origen. Se procesará la misma materia prima para la extracción del pigmento, para la superficie y como fuente de inspiración para el desarrollo artístico.

Los procesos desarrollados reivindicarán el uso de técnicas manuales de artesanía y técnicas gráficas aprovechando la innovación tecnológica a la vez que reivindicando la recuperación de conocimientos tradicionales.

Se busca la reproducción de texturas naturales mediante el corte láser de madera o la impresión directa de materias primas. Estos procedimientos permitirán un acercamiento biomimético al lugar de origen. La investigación mantendrá el mundo vegetal en su eje central, tanto en el ámbito científico como en el artístico. Los objetos fabricados pondrán en muestra valores ambientales, culturales, emocionales y sociales.

que dans le domaine artistique. Les objets fabriqués mettent en exergue des valeurs environnementales, culturelles, émotionnelles et sociales.

Ce projet lie deux groupes de recherche, le premier dans le domaine des Beaux-Arts (le groupe Dx5 Digital and graphic art_research), le deuxième dans celui du génie forestier (groupe AF4).

SAT-BioBasin Sécurité de l'eau et bioproduits issus des espèces envahissantes dans les bassins hydrographiques - AF4 Ingénierie forestière

Les changements climatiques mondiaux affectent la ressource en eau de la planète en modifiant les processus naturels des écosystèmes. Les ressources naturelles et leurs écosystèmes sont affectés par des impacts anthropiques, tels que les perturbations de la végétation, les changements d'utilisation des terres, l'eutrophisation, la destruction de la végétation riveraine (un filtre naturel), la perte et la fragmentation des habitats, la prolifération des espèces envahissantes, etc. Tous ces impacts altèrent et dégradent fortement la qualité de l'eau et sont abordés dans le projet SAT-BioBasin. L'objectif principal est d'analyser les effets du changement climatique (CC) sur le bassin de la rivière Umia (Galice, nord-ouest de l'Espagne) en tant que zone d'étude pilote. L'utilisation de nouvelles technologies, qui ont déjà fait leurs preuves dans d'autres domaines, en réduisant les coûts et les ressources, est d'un grand intérêt pour aborder ce problème environnemental.

Pour cette raison, l'utilisation d'images satellitaires et de drones est proposée pour la caractérisation et le diagnostic de l'état des forêts riveraines et de la qualité de l'eau. Après avoir analysé les principales influences du CC sur la sécurité hydrique du bassin, ainsi que certaines mesures préventives, des mesures correctives seront proposées pour une gestion intégrale des bassins hydrologiques. L'élimination des espèces envahissantes sera proposée dans le but de réduire leur impact. Une gestion complète du problème est proposée en utilisant ces espèces pour obtenir des bioproduits durables. Le cycle est ainsi bouclé, avec une réduction totale des déchets, tout en augmentant l'efficacité énergétique.

Actuellement, ces aspects font encore objet de débat ; aujourd'hui les initiatives visent simplement à réduire et à prévenir les espèces envahissantes. Il n'y a pas d'approche systémique qui utilise ces résidus. SAT-BioBasin soutient le développement d'approches informatiques innovantes pour la sécurité de l'eau.

Este proyecto está vinculado a dos grupos de investigación, uno en el ámbito de las Bellas Artes Dx5 digital and graphic art_research y otro desde la ingeniería forestal AF4.

SAT- BioBasin Seguridad hídrica y bioproductos de especies invasoras en cuencas hidrográficas - AF4 Ingeniería forestal

Los cambios climáticos globales parecen afectar a la mayoría de los recursos hídricos del mundo al alterar los procesos naturales de los ecosistemas. Estos recursos naturales y sus ecosistemas se ven afectados por impactos antropogénicos, como las alteraciones de la vegetación, los cambios en el uso del suelo, la eutrofización, la destrucción de la vegetación ribereña (un filtro natural), la pérdida y fragmentación de hábitats, la proliferación de especies invasoras, etc. Todos estos impactos alteran y perjudican enormemente la calidad del agua y se abordan en el proyecto SAT-BioBasin. El objetivo principal es analizar los efectos del cambio climático (CC) en la cuenca del río Umia (Galicia, noroeste de España) como área de estudio piloto. El uso de nuevas tecnologías, que ya están demostrando su éxito en otros ámbitos, reduciendo costes y recursos, es de gran interés para abordar este problema medioambiental. Por ello, se propone el uso de imágenes de satélite y UAVs para la caracterización y diagnóstico del estado de los bosques de ribera y de la calidad del agua. Finalmente, tras analizar las principales influencias del CC en la seguridad hídrica de la cuenca, así como algunas medidas preventivas, se propone la posibilidad de llevar a cabo medidas correctoras para realizar una gestión

integral de las cuencas hidrológicas. Se propondrá la eliminación de las especies invasoras con el objetivo de reducir su impacto. Se propone una gestión integral del problema con el aprovechamiento de estas especies para la obtención de bioproductos sostenibles. De esta forma se cierra el ciclo, con la reducción total de los residuos, además de aumentar la eficiencia energética.

Actualmente, estos aspectos no están consensuados, el enfoque general se centra en llevar a cabo medidas de reducción y prevención de especies invasoras pero sin un enfoque integral que optimice estos residuos. SAT-BioBasin apoya el desarrollo de enfoques computacionales innovadores para la seguridad hídrica basados en una novedosa cadena que parte de mejores datos hacia un mejor modelo, una mejor predicción y, finalmente, una mejor decisión. En este sentido, el proyecto pretende mejorar la toma de decisiones basada en el conocimiento para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Celles-ci se basent sur une nouvelle conception du processus: des données plus précises pour aboutir à un modèle plus efficace afin d'améliorer les prédictions et la prise de décision. Le projet vise ainsi à optimiser la gestion durable de la ressource en eau grâce à l'amélioration la prise de décision.

Lignes directrices du groupe de recherche DX5 digital and graphic art_research:

L'empreinte de l'immatériel. Relation entre le visible et l'invisible.

Réflexion conceptuelle et philosophique sur les œuvres d'art multiples du XXIe siècle. Complexité et durabilité.

Macrocosme et microcosme. Systèmes relationnels.

Systèmes de durabilité appliqués à l'art contemporain.

Application des nouvelles technologies industrielles à l'art contemporain.

Líneas de investigación del DX5 Digital and graphic art_research relacionadas:

La huella de lo inmaterial. Relación entre lo visible y lo invisible.

La obra de arte múltiple en el s.XXI. Complejidad y sostenibilidad.

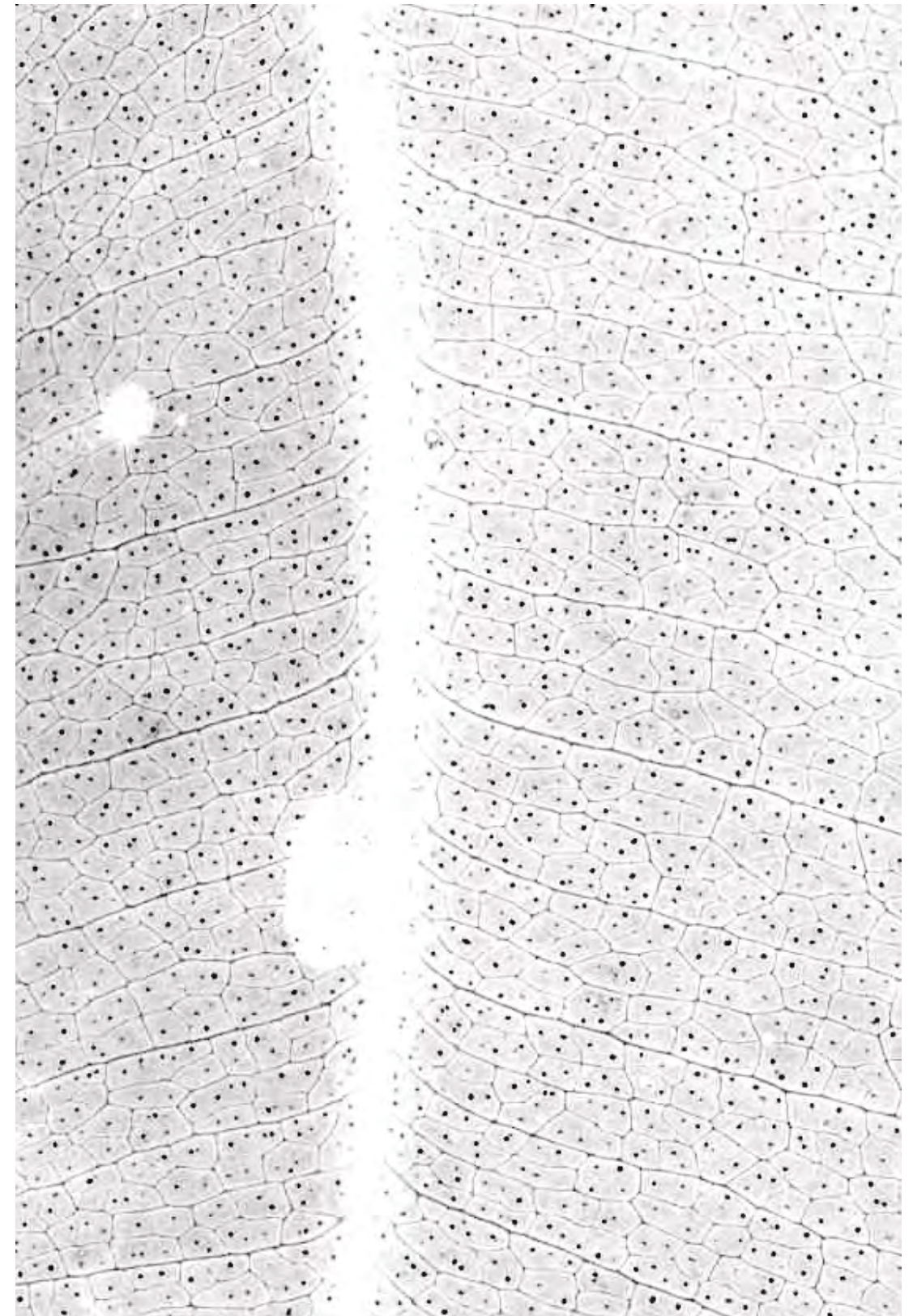
Macrocosmos y microcosmos. Sistemas relacionales.

Sistemas de sostenibilidad aplicados al arte contemporáneo.

Nuevas tecnologías industriales en el arte contemporáneo.

Figure 2: Image agrandie et simplifiée de la structure interne de la feuille d'*Eperua falcata*.

Figura 2: Imagen aumentada y simplificada de la estructura interna de la hoja de la *Eperua falcata*.



Titre, résumé de la thèse de Marion Boisseaux
‘Traits mécanistes et distribution des arbres tropicaux à travers des habitats contrastés dans un contexte de changement climatique’.

Mon sujet de thèse s’attache à déterminer la réponse des arbres tropicaux face aux climats du futur. Pour cela, je me place dans le contexte de l’holobionte avec une approche originale combinant l’écophysio­logie des arbres et l’écologie microbienne. Je caractérise d’une part les stratégies de réponse des espèces d’arbres dans des milieux contrastés à l’aide de traits écophysio­logiques. Cette étude sera menée à l’échelle locale, de l’habitat, et régionale, suivant un gradient de précipitation. D’autre part, je caractérise la composition et la diversité des communautés des microbiotes associés aux feuilles et aux racines par des méthodes de séquençage à haut-débit. A l’aide de mesures sur le terrain combinées à des expérimentations en conditions semi-contrôlées en serre, j’explore différents scénarios de sécheresses afin de comprendre la résistance et la résilience des espèces d’arbres. *In fine*, il s’agit de déterminer si les microbiotes associés à la phyllosphère et la rhizosphère des espèces tropicales sont un moyen supplémentaire mis en place par les arbres pour améliorer leur performance face aux futures sécheresses.

Projet DRYER Résilience des forêts de bas-fond à la sécheresse

Réalisé dans le cadre de la thèse de Marion Boisseaux, le projet DRYER, financé par le Labex Ceba, fournit des informations importantes sur les stratégies de vie des arbres tropicaux des bas-fonds. Des

épisodes de sécheresse plus fréquents et plus intenses sont annoncés sur le bassin amazonien. Les travaux précédents étaient principalement axés sur les forêts de plateau, mais peu d’études abordent les caractéristiques écophysio­logiques des forêts saisonnièrement inondées. Les espèces d’arbres de cet habitat pourraient être moins vulnérables à la sécheresse puisque la nappe phréatique reste élevée et pourrait devenir un refuge pour certaines espèces dans les années à venir. Le projet accorde une attention particulière à la communauté microbienne, en quoi celle-ci contribue au fonctionnement des forêts tropicales, comment les interactions arbre-microbiome affectent la résistance (capacité à résister et à maintenir un état fonctionnel) et la résilience (capacité à se rétablir et retrouver un état fonctionnel qui peut être différent de l’état initial) des arbres dans un environnement changeant. L’approche scientifique combine un échantillonnage de terrain avec une expérience en serre.

Proyecto de tesis doctoral de Marion Boisseaux, título:

‘Las relaciones entre los rasgos mecánicos de las especies y su distribución en hábitats contrastados en los bosques tropicales de la Guayana Francesa en un contexto de cambio climático’.

Mi tema de doctorado consiste en determinar la respuesta de los árboles tropicales a los climas futuros. Para ello, estudio en el contexto del holobionte, un enfoque original que combina la ecofisiología de los árboles y la ecología microbiana. Por un lado, caracterizo las estrategias de respuesta de las especies arbóreas en entornos contrastados mediante rasgos ecofisiológicos. Este estudio se realizará a escala local, estudiando hábitats contrastados, y a escala regional, a lo largo de un gradiente de precipitación. Por otro lado, caracterizo la composición de la comunidad y la diversidad de la microbiota asociada a hojas y raíces utilizando métodos de secuenciación de alto rendimiento. Utilizando mediciones de campo combinadas con experimentos semicontrolados en invernadero, exploro diferentes escenarios de sequía para entender la resistencia y resiliencia de las especies arbóreas. En última instancia, el objetivo es determinar si la microbiota asociada a la filosfera y la rizosfera de las especies tropicales es un medio adicional por el que los árboles pueden mejorar su rendimiento en futuras sequías.

DRYER Resiliencia a la sequía de los restos de las inundaciones estacionales

Realizado en el marco de la tesis doctoral de Marion Boisseaux, el proyecto DRYER,

financiado por el Labex Ceba, aporta datos significativos sobre las estrategias de vida de los árboles tropicales. Se prevén eventos de sequía más frecuentes e intensos en la cuenca del Amazonas. Los trabajos anteriores se centraban principalmente en los bosques de tierra firme, pero pocos estudios abordan las características ecofisiológicas de los bosques estacionalmente inundados. Las especies de este hábitat pueden ser menos susceptibles a la sequía, ya que el nivel freático se mantiene alto y podría convertirse en un refugio para las especies en los próximos años. El proyecto presta especial atención a la medida en que la comunidad microbiana contribuye al funcionamiento de los bosques tropicales, a cómo las interacciones árbol-microbioma afectarán a la resistencia (capacidad de resistir y mantener la aptitud) y a la resiliencia (capacidad de recuperación) de las plantas en un entorno cambiante. El enfoque científico combina el muestreo de campo con un experimento en invernadero.

'La transdisciplinariedad se convierte así en el producto de una visión dialógica de procesos interconectados donde diferentes formas de conocimiento se contaminan, se fusionan, se influyen y se hibridan entre sí, proyectando un fértil tapiz irregular donde el arte, como forma de construcción social de la realidad que conecta con los imaginarios colectivos, se hace resonante, transformándose en desplazamientos más allá de las formas que lo han organizado tradicionalmente y aventurándose en paisajes híbridos, nuevos territorios aún por codificar bajo la etiqueta de lo 'nuevo' que configura nuestra experiencia consciente'.

Alsina, P. (2007). Arte, ciencia y tecnología (spanish edition). Editorial UOC.

II. Introduction

L'art et la science sont souvent définis en opposition : l'un implique la création d'objets esthétiques individuels, et l'autre la collecte de données pour générer les lois générales de la nature. Tout au long de l'histoire, l'art et la science ont reflété des valeurs communes, faisant appel aux mêmes concepts, méthodes et matériaux. (Eliane Strosberg). Nous retrouvons ainsi les concepts d'objectivité et de méthodologie à travers un processus créatif.

Notre collaboration est née de l'idée suivante : l'art et la science contribuent à la compréhension d'un même objet, mais selon des perspectives différentes. Nous souhaitons montrer qu'objectivité et créativité font partie d'une méthodologie commune, que ce soit pour l'artiste ou le scientifique, dans le but d'analyser un même environnement.

En écologie, nous mesurons ce que nous appelons un 'trait', qui est une caractéristique d'un individu (Violle et al 2007) telle que la forme du bec d'un oiseau, la taille d'une graine, la composition chimique d'une feuille, le potentiel hydraulique d'une plante à midi. Aujourd'hui, nous avons des bases de données remplies de ces traits dans l'espoir d'expliquer les modèles de biodiversité et les réponses aux changements environnementaux.

Étant donné la multi-dimensionnalité de la forêt, les traits peuvent nous aider à caractériser la 'niche' de l'espèce. Le concept de niche a été défini en 1957 par Hutchinson comme le volume, dans l'espace des variables environnementales, où l'espèce peut survivre indéfiniment (la niche fondamentale).

Deux espèces différentes ne peuvent pas occuper la même niche, celle-ci est donc spécifique à chaque espèce. Le concept de niche a un rôle central en écologie car il permet de visualiser les mécanismes écologiques qui se déroulent entre l'organisme et son environnement (Pocheville 2015).

L'illustration est la représentation graphique de l'information issue d'une réalité donnée. Pour cela, le créateur, l'artiste, l'illustrateur, le designer... et d'innombrables autres identités, utilisent les 'traits' visibles ou non visibles pour illustrer la réalité de la meilleure façon possible. L'illustration et l'art sont de merveilleux outils pour nous rapprocher et nous faire ressentir les questions contemporaines et les plus problématiques du XXIe siècle, telles que la crise climatique, d'une perspective douce et complète, ouverte à tous.

Tout au long du livre, nous faisons appel à la logique et aux émotions du lecteur. C'est une invitation à un voyage rempli

II. Introducción

El arte y la ciencia se definen a menudo en oposición: uno implica la creación de objetos estéticos individuales, y el otro la recopilación de hechos para promover leyes generales de la naturaleza. Sin embargo, a lo largo de la historia, el arte y la ciencia han reflejado valores comunes, apelando a los mismos conceptos, métodos y materiales. (Eliane Strosberg). Ambas alimentan los conceptos de objetividad y método a través de un proceso creativo.

Nuestra colaboración surgió de la idea de que el arte y la ciencia contribuyen a la comprensión de un mismo objeto, pero desde perspectivas diferentes. Nuestro objetivo es mostrar que la objetividad y la creatividad forman parte del método tanto de un artista como de un científico en el análisis del mismo entorno.

En la ciencia de la ecología basada en rasgos, medimos lo que llamamos un 'rasgo', es decir, una característica de un individuo (Violle et al 2007) como la forma del pico de un pájaro, el tamaño de una semilla, la composición química de la hoja o el potencial hidráulico de una planta al mediodía. Hoy en día, hay bases de datos llenas de estos rasgos, con la esperanza de explicar los patrones de biodiversidad y las respuestas a los cambios ambientales. Dada la multidimensionalidad del bosque, es de esperar que la medición de diferentes rasgos nos ayude a caracterizar el 'nicho' de la especie. El concepto de nicho fue definido en 1957 por Hutchinson como el volumen, en el espacio de las variables ambientales, donde la especie puede

sobrevivir indefinidamente (el nicho fundamental),

Dos especies diferentes no pueden ocupar el mismo nicho y, por tanto, es específico para cada una. Este concepto tiene un papel central en el pensamiento sintético en ecología, ya que es una visualización de los mecanismos ecológicos que tienen lugar entre el organismo y su entorno (Pocheville 2015).

La ilustración es la representación gráfica de la información de una realidad. Para ello, el creador, artista, ilustrador, diseñador... y un sinfín de identidades más, utilizan los 'rasgos' visibles o no visibles para formar la mejor, más clara o más inteligente idea de lo representado. Para el fin último de la visualización y la autoexpresión, la ilustración y el arte nos proporcionan las herramientas necesarias para acercarnos y poder sentir los temas más contemporáneos y problemáticos del mundo, como la crisis climática, desde una perspectiva suave y comprensiva, abierta a todos.

de perceptions, à travers une approche multidisciplinaire, pour se rendre compte du changement climatique.

Notre collaboration a pour but de visualiser sept espèces d'arbre tropicales au stade de plantules, représentant l'avenir de nos forêts. L'interprétation de ces espèces passe par des illustrations botaniques, des textures biomimétiques et des graphiques scientifiques. En utilisant différentes méthodes artistiques, nous essayons de capturer l'essence de ces espèces et les notions scientifiques associées. Cette collaboration permet d'aborder des sujets scientifiques avec expertise tout en ayant un contenu vulgarisé. Le but de notre livre est un moyen de mieux communiquer nos idées dans nos deux domaines respectifs, un art en soi comme un pont émotionnel entre la science et la société, et d'amener une partie de la forêt tropicale dans la vie quotidienne du lecteur.

A lo largo del libro, apelamos a la lógica y a las emociones del lector, ya que le invitamos a embarcarse en un viaje de percepciones a través de este enfoque multidisciplinar y a fomentar la concienciación sobre el cambio climático.

Nuestra colaboración tenía como objetivo visualizar siete especies en fase de plántula, que representan el futuro de nuestros bosques. Una interpretación destinada al público en general, las ilustraciones botánicas, las texturas biomiméticas y los gráficos científicos se acompañan de la información sobre los diferentes métodos utilizados, así como el significado científico que hay detrás de ellos. Permitimos abordar los temas científicos con pericia a través de un contenido comprensible y diferente al de otros textos científicos. El objetivo de nuestro libro es proponer un medio para comunicar mejor nuestras ideas de ambos campos, mostrando el arte en sí mismo como puente emocional entre la ciencia y la gente. Buscamos acercar una parte del bosque tropical a la vida cotidiana de la persona lectora.

II.I Illustration botanique

L'illustration botanique est définie comme 'la représentation précise de la plante et de ses caractéristiques dans un but scientifique' (Hickman et al., 2017).

Les origines de l'illustration botanique sont liées aux propriétés médicinales des espèces. C'est au 8e siècle av. J.-C. qu'apparaît la première tablette d'argile, dans laquelle 61 noms de plantes sont répertoriés, comme témoignage de leur existence. Les premiers textes botaniques complets sont enregistrés en Chine au 5e siècle av. J.-C. Et ce n'est qu'en Inde (4e av. J.-C.) que sera publié le premier livre contenant des descriptions de plantes médicinales, destiné aux étudiants en médecine (Bridson & Wendel, 1986). En Occident, il faut attendre le 5e siècle après J.-C. pour que le *De Materia Medica* de Dioscoride ou le *Naturalis Historia* de Plinius l'Ancien référencent 600 plantes, toutes illustrées à la main avec les propriétés médicinales associées des plantes (Bridson & Wendel, 1986).

Un autre élément de l'illustration botanique qu'il convient de mentionner est l'herbier. Dans l'introduction de 'The Illustrated Herbal', les auteurs Wilfrid Blunt et Sandra Raphael, 1979, définissent l'herbier comme suit : un livre contenant les noms et les descriptions de plantes avec leurs propriétés et leurs vertus. Selon la British Library, un herbier 'est un livre de plantes dans lequel sont décrits leur aspect, leurs propriétés et la manière dont elles doivent être utilisées pour les onguents et les médicaments'. Outre les représentations graphiques et les textes de description,

les pages sont souvent accompagnées d'échantillons de spécimens séchés et traités pour faciliter leur conservation. L'illustration par un échantillon concret de la plante et de ses différents organes joue un rôle clé dans la recherche botanique. Celle-ci permet de documenter la diversité d'une zone géographique particulière, être une référence pour une identification future ou une source d'ADN qui, ensemble, facilitent notre compréhension de l'évolution des plantes et des processus par lesquels de nouvelles espèces végétales apparaissent.

Ce n'est qu'au XVIe siècle que l'on retrouve les premières illustrations botaniques dont le but principal n'était pas la diffusion de connaissances scientifiques mais la simple reproduction de la beauté naturelle des plantes, fleurs, arbres ou arbustes. Ces publications étaient appelées *Florilegium* (pluriel, *Florilegia*), nom qui provient du latin *flos* (fleur) ou *flores* (fleurs) et *legere* (cueillir ou collecter), littéralement 'une collection de fleurs'. L'essor de l'illustration botanique est

II.I Ilustración botánica

Una ilustración botánica se define como 'la representación pictórica precisa de las plantas y sus características distintivas con un propósito científico' (Hickman et al., 2017).

Los orígenes de la ilustración botánica estuvieron ligados al registro de las propiedades medicinales de las especies. Es en el siglo VIII a.C. cuando aparece la primera tablilla de arcilla en la que se enumeran 61 nombres de plantas, como testimonio de su existencia. Los primeros textos botánicos completos se registran en la China del siglo V a.C. Y es en India (siglo IV a.C.) donde se publicará el primer libro completo con descripciones de hierbas y plantas medicinales, destinado a los estudiantes de medicina. (Bridson & Wendel, 1986). En Occidente, hay que esperar al siglo V d.C. para que el *De Materia Medica* de Dioscórides o la *Naturalis Historia* de Plinio el Viejo hagan referencia a 600 plantas, todas ellas ilustradas a mano con las propiedades medicinales asociadas a las mismas (Bridson & Wendel, 1986).

Otro elemento de la ilustración botánica que hay que mencionar es el herbario. Un herbario se define, en la introducción de 'The Illustrated Herbal' por los autores Wilfrid Blunt & Sandra Raphael, 1979 como: 'un libro que contiene nombres y descripciones de hierbas o plantas en general, con sus propiedades y virtudes'. Según la Biblioteca Británica, un herbario 'es un libro de plantas en el que se describen su aspecto, sus propiedades y la forma de utilizarlas en ungüentos y medicinas'.

Además de las representaciones gráficas y los textos de las plantas, las páginas solían ir acompañadas de muestras de ejemplares secos y debidamente tratados para facilitar su conservación y catalogación. La ilustración mediante una muestra concreta de las plantas y sus diferentes órganos desempeña un papel clave en la investigación botánica para documentar la diversidad de una zona geográfica concreta. Proporciona una referencia para futuras identificaciones, una fuente de ADN que, en conjunto, facilita nuestra comprensión de la evolución de las plantas y los procesos por los que surgen nuevas especies vegetales.

No es hasta el siglo XVI d.C. cuando encontramos las primeras ilustraciones botánicas cuya finalidad no era la difusión de conocimientos científicos ni la catalogación de especies, sino la mera reproducción de la belleza natural de plantas, flores, árboles o arbustos. Estas publicaciones recibieron el nombre de *Florilegium*, en plural *Florilegia* cuyo origen se encuentra en el latín

étroitement lié à l'évolution technologique des techniques d'impression. On retrouve simultanément le développement des techniques graphiques et celle de l'imprimerie. Cet aspect ne sera pas traité en profondeur ici, mais nous recommandons le livre de Bridson, G. D. R. R., & Wendel, D. E. (1986), *La gravure au service de la botanique*.

L'illustration botanique a joué un rôle important dans l'histoire et dans la connaissance des terres et cultures étrangères. Les naturalistes et botanistes qui ont voyagé dans les premières expéditions en Amérique, enregistraient tout ce qui était nouveau pour l'Europe jusqu'alors. Il est également nécessaire de souligner que ce que nous connaissons en Occident sur le développement de la reproduction naturaliste du monde végétal n'est qu'une partie de l'histoire. Nous devons être conscients d'un filtre colonial appliqué à cette histoire fragmentée.

Comme le rapporte le *Draw Botanical*, dans l'article 'Decolonizing botanical art', de nombreux BIPOC (Black, Indigenous, and people of colour, et son équivalent en français PANDC 'personnes autochtones, noires et de couleur') possédaient la connaissance de nombreuses plantes indigènes, y compris de leurs diverses utilisations. Une fois cette connaissance partagée avec les colonisateurs, la découverte était considérée comme celle des colons, avec peu ou aucune reconnaissance des BIPOC les ayant aidés. Cette situation d'inégalité est remarquable en raison du rôle que joue l'illustration botanique en tant qu'enregistrement et mémoire d'un territoire. Depuis l'Europe, nous avons ainsi une vision biaisée des premières images

obtenues de plantes du continent américain faites par des voyageurs, des naturalistes, ou encore des artistes européens.

En quelques mots sur l'histoire de l'illustration botanique et de sa collaboration avec la science, à l'époque, ces illustrations étaient considérées comme des 'outils' et leurs créateurs reconnus pour la maîtrise de ces compétences et techniques. Cependant, ce n'est pas ici l'intention recherchée des images présentées dans ce livre. Loin de vouloir démontrer une maîtrise contrôlée technique ou une capacité de reproduction exacte, ce que les auteures cherchent, c'est à travers l'art, propager l'interprétation et la communication de notre environnement, du créateur au spectateur.

flos (flor) o flores y legere (reunir o recoger), siendo su significado literal 'una colección de flores'.

El desarrollo y el auge de la ilustración botánica están estrechamente relacionados con el desarrollo tecnológico de las técnicas de impresión. De hecho, encontramos una historia paralela a la de la ilustración botánica, que va de la mano de la historia de las técnicas gráficas, a su vez en paralelo con la evolución técnica de la imprenta. Este tema no será tratado en profundidad en esta ocasión, pero se recomienda la lectura y catalogación de 'Bridson, G. D. R. R., & Wendel, D. E. (1986). *Printmaking in service of botany*'.

La ilustración botánica ha desempeñado un papel importante en la historia y en el conocimiento de tierras y culturas extranjeras. Consideramos de gran importancia el papel jugado por los naturalistas y botánicos que viajaron en las primeras expediciones a América, cuyo propósito era poder registrar todo lo que era nuevo para Europa hasta entonces. Aun así es igualmente necesario subrayar que la historia que conocemos de Occidente sobre el desarrollo de la reproducción naturalista del mundo vegetal no ofrece el cuadro completo y nos falta información. Debemos ser conscientes del filtro colonial aplicado a esta historia fragmentada.

Como se informa en el *Draw Botanical*, en el artículo 'descolonizando el arte botánico' Muchos BIPOC (negros, indígenas y personas de color) poseían conocimientos sobre muchas plantas indígenas, incluida su variedad de usos. Una vez compartido con los colonizadores, el descubrimiento era tomado como propio,

sin apenas mencionar a los expertos originales que les ayudaron. Esta situación de desigualdad es notable por el papel que juega la ilustración botánica como registro y memoria de un territorio, y evidencia cómo, desde Europa, tenemos una visión sesgada debido a que las primeras imágenes obtenidas de las plantas del continente americano fueron realizadas por viajeros, naturalistas, botánicos y artistas europeos.

Para concluir estas ideas generales de la historia de la ilustración botánica y su colaboración con la ciencia, debemos entender que en su momento, estas ilustraciones fueron consideradas 'herramientas' y sus creadores reconocidos por dominar estas habilidades y técnicas.

Sin embargo, esta no es la intención de las imágenes de este libro. Lejos de querer demostrar un dominio técnico o una capacidad de reproducción exacta, lo que las autoras buscamos es, a través del arte, propiciar la interpretación y comunicación de nuestro entorno, desde la persona creadora hasta la persona espectadora.

'The question of whether scientific illustration and botanic illustration in particular should be considered an art form, has been discussed repeatedly. There is no easy answer to that question (...) However a botanist can evaluate the degree to which a plate reflects reality, not just in terms of the individual characteristics but regarding the overall look of a plant. (...) The botanical illustrator reaches this high level of communication, which might be recognized as an art form, by looking past the dilemma posed over and over to scientific illustrators: Do you serve Science or Art? Doubtless both must be served seamlessly. (...) The gold standard for evaluating botanical images is assessing how well the creator understood the plant scientifically and how ably the illustrator depicted it with an artist's mind and hand'.

Leonardi, C., & Stagi, F. (2019). *The Architecture of Trees*. Princeton Architectural Press.

III. Matériels et méthodes

Stratégie d'échantillonnage

Sept espèces tropicales ont été collectées dans les habitats de bas-fond pendant la saison humide. Les plantules ont été échantillonnées à Paracou, une station de recherche en Guyane française (5°18'N, 52°53'W) au sein d'une forêt tropicale naturelle exceptionnellement riche.

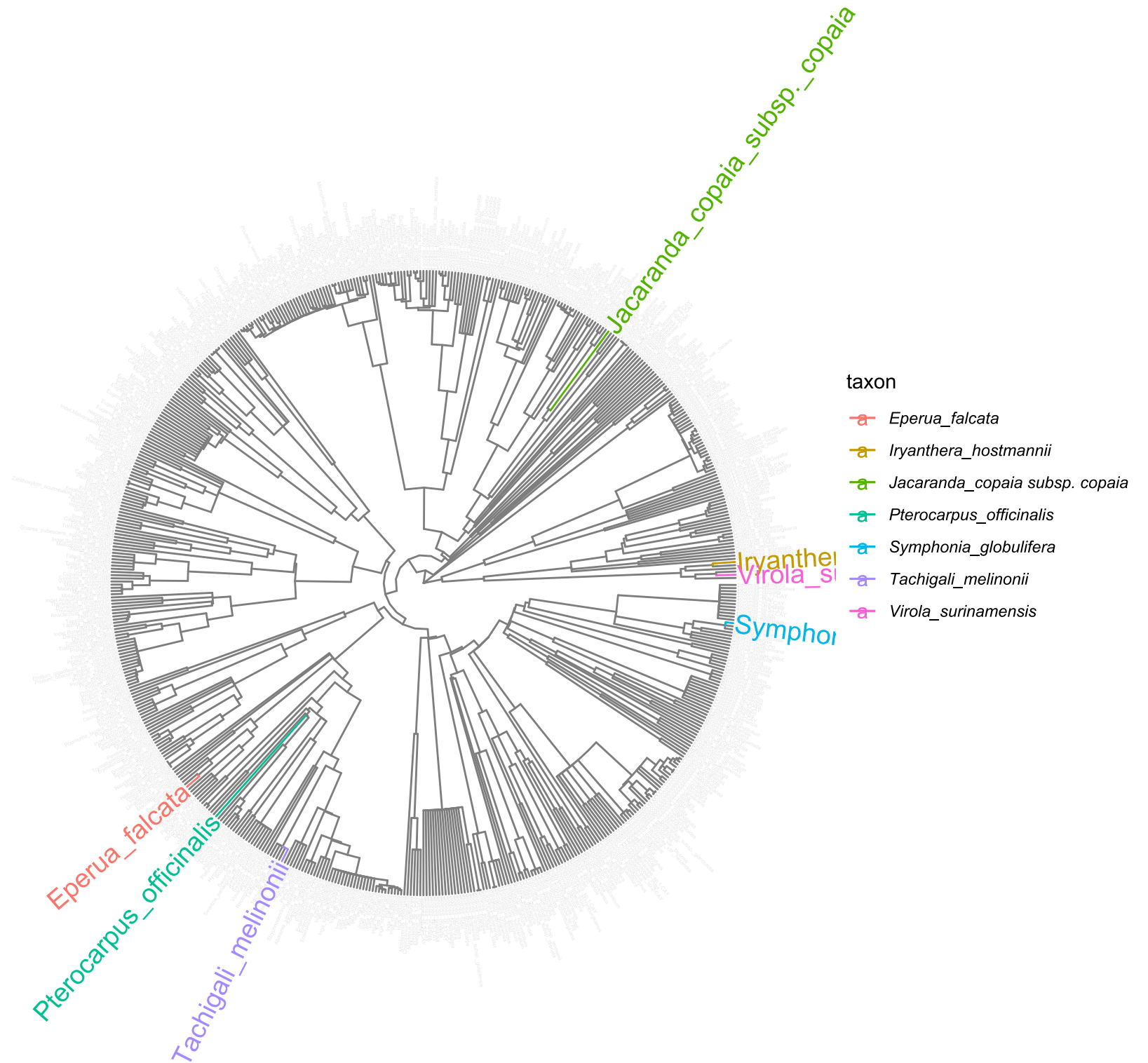
Figure 3: L'arbre phylogénétique, position des sept espèces dans la phylogénie de la Guyane française.

III. Materiales y métodos

Estrategia de muestreo

Se eligieron siete especies tropicales en hábitats estacionalmente inundadas durante la estación húmeda de la Guayana Francesa. Las plántulas se muestrearon en Paracou, una estación de investigación en la Guayana Francesa (5°18'N, 52°53'W), un bosque tropical natural excepcionalmente rico.

Figura 3: El árbol filogenético muestra la posición de las siete especies focales en la filogenia de la Guayana Francesa.



Expérience en serre

Après avoir récolté les plantules, elles ont été transplantées dans des pots remplis d'un mélange de sable et de terre forestière. Les plantules ont ensuite été placées dans la serre selon un plan en blocs aléatoires. Une partie de l'expérience consistait à voir comment les plantules résistaient à la sécheresse. La sécheresse a été induite par une privation totale d'eau. La moyenne annuelle du nombre de jours consécutifs sans précipitation pendant une saison sèche en Guyane française est de 21 jours. Une diminution jusqu'à 30 % de la tendance des précipitations est prévue dans la région amazonienne d'ici 2100 (GIEC 2014). Le nombre maximal de jours consécutifs sans précipitation enregistré était de 71 jours en 1976. Nous avons exposé les plantules aux quatre traitements d'arrosage suivants.

Arrosé (Contrôle)

Aucun arrosage pendant 21 jours (D1)

Aucun arrosage pendant 27 jours (D2)

Aucun arrosage pendant 71 jours (D3)



Experimento en invernadero

Después de recoger las plántulas, se trasladaron a macetas llenas de una mezcla de sustrato arenoso y suelo forestal. A continuación se colocaron en el invernadero según un diseño de bloques aleatorios. Parte del experimento consistía en ver cómo resistían las plántulas a la sequía. Esta se indujo mediante la supresión total del agua. La media anual de días consecutivos sin precipitaciones en una estación seca en la Guayana Francesa es de 21 días. Se prevé una disminución de hasta el 30% en la tendencia de las precipitaciones en la región amazónica para el año 2100 (IPCC 2014). El número máximo de días consecutivos sin precipitaciones registrado fue de 71 días en 1976. Basados en estos datos expusimos a las plántulas a los cuatro tratamientos de riego siguientes:

Bien regadas (Control)

Retención de agua durante 21 días (D1)

Retención de agua durante 27 días (D2)

No se riega durante 71 días (D3)

Figure 4: Vue de dessus de l'expérience en serre. Chaque couleur correspond à un traitement: contrôle (bleu); vert (D1); blanc (D2); rouge (D3). Les numéros à l'intérieur de chaque bloc correspondent à l'une des sept espèces (1: *Eperua falcata*; 2: *Iryanthera hostmannii*; 3: *Jacaranda copaia subsp. copaia*; 4: *Pterocarpus officinalis*; 5: *Symphonia globulifera*; 6: *Tachigali melinonii*; 7: *Virola surinamensis*). Le nombre impair d'étages a donné lieu à des blocs vides (n° 8).

Figura 4: Vista superior del experimento en invernadero. Cada color corresponde a un tratamiento: control (azul); verde (D1); blanco (D2); rojo (D3). Los números dentro de cada bloque corresponden a una de las siete especies (1: *Eperua falcata*; 2: *Iryanthera hostmannii*; 3: *Jacaranda copaia subsp. copaia*; 4: *Pterocarpus officinalis*; 5: *Symphonia globulifera*; 6: *Tachigali melinonii*; 7: *Virola surinamensis*). El número impar de plantas daba lugar a bloques vacíos (n° 8).

Mesures des traits

Tous les plants ont été mesurés en hauteur (cm) et en diamètre (mm) à la base de la tige, avant et pendant l'expérience, à 0,5 cm près, en utilisant respectivement un mètre ruban et un pied à coulisse. Les mesures de surface foliaire (cm²) et de la densité des nervures principales ont été effectuées sur des feuilles scannées numériquement à 1600 dpi (Epson Perfection V800 Photo) et analysées avec le logiciel Image J. L'épaisseur des feuilles a été évaluée à l'aide d'un micromètre manuel (Micromètre numérique Mitutoyo modèle 293-185, Kawasaki, Japon). La fluorescence chlorophyllienne a été mesurée à l'aide d'un fluoromètre chlorophyllien portable (Mini-PAM, WALZ, Effeltrich, Allemagne). Une fois collectés et séchés à l'étuve pendant au moins 48 heures, les poids secs des feuilles, des racines et de la tige ont été enregistrés à l'aide d'une balance de haute précision analytique (Sartorius Balance Entris BCE224-1S). Le rapport entre la biomasse souterraine (racine) et la biomasse aérienne (pousse) a été calculé. La longueur spécifique des racines a été obtenue en divisant la longueur des racines par la masse des racines. La longueur des racines a été calculée à l'aide du logiciel WinRHIZO 2016.

Codes et techniques de dessin

Le premier code correspond à un **code verbal** basé sur la taxonomie de la plante.

Pour le deuxième code, nous avons travaillé **à partir d'une photographie** pour arriver à un dessin. Pour cela, nous nous appuyons sur une photographie zénithale (prise depuis

l'axe vertical perpendiculaire au support). Ceci propose une vision modifiée de la plante, mais de cette manière, nous observons comment le jeune plant se comporte sur une surface plane, sans force de gravité et hors du sol. Malgré ces inconvénients, nous obtenons les proportions réelles de la plante: ses racines, sa tige et ses feuilles. En utilisant une photographie, nous pouvons y accéder de façon indéfini et pouvons réellement analyser les formes de la plante, bien que conditionnées par un état figé.

Une illustration avec des dégradés nous permet de travailler sur le volume de la plante.

La technique utilisée pour réaliser cela est un **dessin au graphite**. Si l'on contrôle progressivement la pression du graphite, cela nous permet de gérer l'ombre et la lumière, ainsi que la perception du volume.

L'ombrage plat est l'une des techniques les plus classiques ou la plus simple que tout le monde peut utiliser. A partir de l'observation et le maniement du crayon, il est possible

Medidas de los trazos

Entre otros trazos, a todos los brotes presentados en este libro, se les midió la altura (cm) y el diámetro (mm) en la base del tallo, antes y durante el experimento con una precisión de 0,5 cm, utilizando respectivamente una cinta métrica y un calibrador. Las mediciones del área foliar (cm²) y de la densidad de las venas principales se realizaron sobre escaneos de hojas digitalizados a 1600 dpi (Epson Perfection V800 Photo) y analizados con el software Image J. El grosor de las hojas se evaluó con un micrómetro de mano (Mitutoyo Digital Micrometer Model 293-185, Kawasaki, Japón). La fluorescencia de la clorofila se midió utilizando un fluorómetro de clorofila portátil (Mini-PAM, WALZ, Effeltrich, Alemania). Una vez recogidas y secadas en el horno durante al menos 48 horas, se registraron los pesos secos de las hojas, las raíces y el tallo utilizando una balanza de alta precisión analítica (Sartorius Balance Entris BCE224-1S). La relación raíz/tallo se calculó como la relación entre la biomasa subterránea (raíz) y la biomasa aérea (tallo). La longitud específica de la raíz se obtuvo dividiendo la longitud de la raíz por la masa de la misma. La longitud de la raíz se calculó utilizando el software WinRHIZO 2016.

Códigos y técnicas de dibujo

El primer código se corresponde con un código verbal basado en la taxonomía de la planta.

En el segundo código trabajamos de una **fotografía a un dibujo**. Para realizar la

representación de esta dimensión nos basamos en una fotografía cenital (tomada desde el eje vertical perpendicular al soporte), lo propone una visión ciertamente modificada de la planta. De esta forma observamos como la joven plántula se manifiesta de forma plana, sin fuerza y fuera del suelo. A pesar de estos inconvenientes, tenemos acceso a la proporción real de la planta en cuanto a la relación entre raíces, tallo y hojas. Al utilizar una fotografía, tenemos un acceso indefinido y podemos analizar realmente las formas de la planta, aunque condicionadas por un estado congelado.

Una ilustración en degradado nos permite trabajar sobre el volumen del brote.

La técnica utilizada para realizar estas imágenes es el dibujo a grafito, controlando gradualmente la presión y permitiendo así representar las luces y las sombras, creando una percepción del volumen.

El **dibujo sombreado**, con un lápiz blando, es una de las técnicas más clásicas o

de reproduire une réalité fugace, ajoutant l'illusion de la lumière au dessin.

Des **marqueurs calibrés** sont associés à la pratique du dessin technique, du blueprint, de l'architecture ou de l'illustration de précision. Pour cette raison, cette technique nous rapproche d'un résultat concret dans lequel les lignes ont la prédominance. Utiliser une seule ligne sur le papier pour refléter une structure complexe est un acte de synthèse, qui nous oblige à réduire l'information à son expression minimale pour en obtenir une représentation maximale.

Technique de l'aquarelle : L'utilisation de l'aquarelle nous permet d'appréhender la dimension colorée de la plante, et de voir comment elle interagit avec la lumière. Cette technique permet à l'artiste d'introduire les notions d'ombre et de lumière ainsi que de travailler sur plusieurs couches pour rappeler la densité du végétal. En travaillant avec deux tailles de pinceau différentes, nous avons pu jouer avec les lignes, les tâches, l'intérieur, l'environnement et le contour. Par la combinaison de plusieurs couches, il est possible d'approfondir la couleur en opacité, de s'amuser avec les contrastes et la saturation.

La **xylographie au laser** est une technique de gravure utilisant les nouvelles technologies; elle permet d'aboutir à une représentation biomimétique. En partant d'une image numérique, (reprenant les scans de feuilles utilisés pour la partie scientifique du projet), l'image est ensuite vectorisée et adaptée au logiciel. Cette image re-travaillée sera utilisée ensuite par la machine de découpe laser. Le résultat obtenu est une matrice

de bois gravée par le laser reproduisant l'image de la feuille vectorisée. Ainsi, en partant de la feuille, en passant par son image digitale, nous avons obtenu une empreinte en 2D de cette feuille sur une matrice de bois. L'idée d'utiliser un procédé mécanique dans le processus de création permet de renforcer la dimension artistique de ce projet scientifique.

sencillas a las que cualquiera puede acceder. A partir de la observación y el control de la presión, es posible replicar una realidad fugaz.

Los **marcadores calibrados** se asocian a la práctica del dibujo técnico, los planos, la arquitectura o la ilustración precisa. Por ello, esta técnica nos acerca a un resultado concreto en el que las líneas tienen el predominio. Utilizar una sola marca sobre el papel para reflejar una estructura compleja es un acto de especificación y síntesis, que nos obliga a reducir la información a su mínima expresión para obtener la máxima representación.

Técnica de la acuarela: Utilizando una técnica que trabaja con el color podemos intentar comprender la dimensión cromática de la planta, y cómo funciona dentro de la luz. Esta técnica específica permite al artista introducir luces-sombras y trabajar sobre varias capas que recuerdan la densidad de la realidad vegetal. Al trabajarla con dos tamaños de pincel diferentes se puede experimentar con la mancha y la línea, el interior, su entorno y el contorno. Mediante la combinación de varias capas es posible profundizar en el color y sus medidas de opacidad, brillo y saturación.

Láser-xilografía: se presenta como una posibilidad de representación biomimética a través de técnicas de grabado en colaboración con las nuevas tecnologías. Utilizando una imagen digital de partida, en este caso el registro científico de las hojas, a través del escaneado. Siguiendo pasos para adaptar esta imagen inicial al lenguaje de la máquina de corte láser y al software, se consigue obtener una matriz no tangible que se modificará al recrearse con la acción

de la máquina de corte. Finalmente pretendemos tener una matriz de madera cortada con calor que pueda mostrar una representación física de la matriz intangible (datos digitales). Siendo esta imagen impresión y matriz a la vez.

Esta idea del proceso de creación de la máquina (automatización de la creación) se ha desarrollado en diferentes proyectos, dando a esta investigación inicial otra representación artística.

IV. Explication des codes d'approximation

Codes d'approximation à une certaine réalité: Le concept de la plante peut être appréhendé au travers des deux disciplines, avec des outils et des codes qui dissolvent les limites entre les deux. Une référence fondamentale pour notre démarche a été celle de l'artiste conceptuel Joseph Kosuth qui, avec son œuvre 'Une et trois chaises', nous plonge dans les codes de la représentation en illustrant le concept de la chaise à travers trois représentations: verbale, photographique et physique (définition, image et objet).

Ainsi, au travers des deux disciplines, artistique et scientifique, qui s'entremêlent et se complètent, nous pouvons capturer la réalité physique de l'objet d'étude, la plante. Chacun de ces codes, basé sur l'observation, met en évidence certaines caractéristiques ou 'traits' essentiels de la plante. Ces codes permettent d'obtenir l'idée la plus précise possible de la plante, en mettant en évidence sa multidimensionnalité. Huit définitions pluridisciplinaires sont présentées ici.

- **Premier code: verbal.** Il révèle l'origine, l'évolution et la classification taxonomique de l'espèce : domaine, règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce. Il est important que les plantes soient désignées de manière précise, selon les règles de la systématique. La classification et la dénomination des organismes sont des outils essentiels de la communication scientifique. Cela constitue la base sur laquelle repose la recherche biologique et cette discipline est appelée 'Taxonomie' (Sosef et al. 2020).

- **Deuxième code: le clair-obscur.** Ce code, basé sur une photographie permet d'observer la plante dans son intégralité, re-travaille le message en montrant le volume de la plante et ses proportions. Le contour précis de la tige délimite le volume de la plante et trace les bords de la plante.

- **Troisième code: linéaire.** Le code linéaire permet, sur une échelle graduée, de connaître les mesures exactes de la plante à un moment précis de son développement. Longueur et largeur de la tige, anatomie des feuilles, mesures des feuilles... Nous pouvons ici faire le lien avec le rapport des biomasses racines/tiges qui est une mesure de l'allocation des ressources de la plante, soit dans les racines, soit dans sa partie aérienne. Les plantes ayant une proportion plus élevée de racines peuvent être plus compétitives pour les nutriments du sol, tandis que celles ayant une proportion plus élevée de la biomasse aérienne peuvent avoir un rendement photosynthétique plus grand. À partir de l'observation, nous pouvons mieux comprendre la relation que

IV. Explicación de los códigos de aproximación

Códigos de aproximación a una realidad: La planta es diseñada a través de dos disciplinas, con herramientas y códigos que diluyen los límites entre ellas. Un referente fundamental para nuestro planteamiento fue el artista conceptual Joseph Kosuth que, con su obra 'Una y tres sillas', indaga en los códigos de la representación realizando una aproximación a la silla a través de la representación verbal, fotográfica y física (definición, imagen y objeto).

A través de dos investigaciones, la artística y la científica, que se entrelazan y complementan, podemos acercarnos fielmente a la realidad física del objeto de estudio, la planta. Cada uno de estos códigos, basados en la observación, pone de relieve determinadas características o rasgos esenciales de la especie. Así se genera una idea lo más precisa posible de la planta, destacando su multidimensionalidad. Se presentan aquí ocho definiciones multidisciplinares.

- **Primera clave: verbal.** Revela el origen, la evolución y la clasificación taxonómica de la especie: dominio, reino, filo o división, clase, orden, familia, género, especie. Es importante que las plantas se conozcan y se designen de forma precisa, según las reglas de la sistemática. La clasificación y la denominación de los organismos es una herramienta esencial para la comunicación científica. Constituye la base sobre la que se asienta la investigación biológica y la disciplina se denomina 'Taxonomía' (Sosef et al. 2020).

- **Segundo código: el claroscuro.** Este código, basado en una fotografía plana que permite observar la planta en su totalidad, reelabora el mensaje mostrando una representación donde se trabaja el volumen de la especie y las proporciones entre sus partes. Un contorno claro del brote, que incluye la superficie total de la especie, en un ambiente controlado.

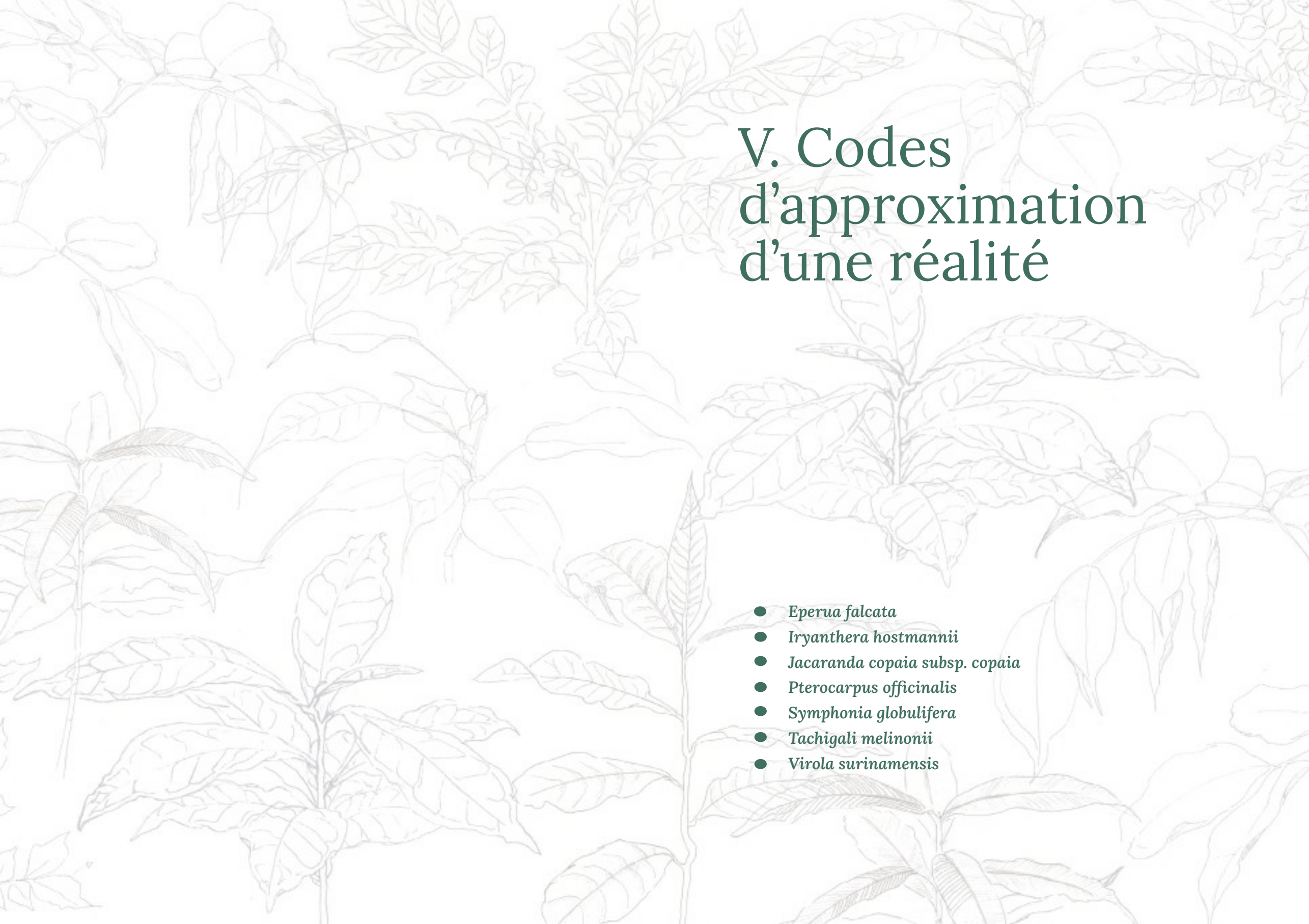
- **Tercer código: lineal.** El código lineal permite, con una escala, tener un registro de todas las medidas del ejemplar en un momento concreto de su desarrollo. La longitud y la anchura del tallo, la anatomía de las hojas, las medidas de las hojas... Aquí podemos relacionar con la proporción entre raíces y brotes una medida de la asignación de los recursos de la planta. Las plantas con una mayor proporción de raíces pueden competir más eficazmente por los nutrientes del suelo, mientras que las que tienen una mayor proporción de brotes pueden recoger más energía luminosa. Desde una experiencia

la plante entretient avec son environnement donné et l'analyser pour mieux comprendre ses formes. C'est au travers de lignes précises et concrètes que se reflètent les mouvements, l'anatomie et les structures.

- **Quatrième code: la couleur.** Certains dessins utilisaient la technique de l'aquarelle pour capter la couleur et l'incidence de la lumière et des ombres, sans l'utilisation de la ligne et des contours. La couleur, bien qu'interprétée par l'œil de l'artiste, génère un volume et une tridimensionnalité au dessin. Accompagné par des données liées à la chlorophylle, nous pouvons également comprendre scientifiquement la dimension colorée de la plante et les processus liés à la lumière.
- **Cinquième code: les données.** Une approche graphique et numérique de la plante. Les mesures ont été effectuées à différents moments de la vie de la plante, et révèlent à la fois l'évolution de la plante et sa réponse à l'environnement au fil du temps.
- **Sixième code: les racines linéaires.** Cette approche est une extension du troisième code. Nous suggérons une représentation linéaire d'un organe spécifique de la plante, les racines. En montrant les racines de la plante et leurs dimensions, nous montrons la partie cachée de la plante, son support et les moyens par lesquels l'eau et les nutriments sont extraits. Nous accordons beaucoup d'attention aux poils racinaires les plus fins, aux racines mycorhizées (associations racines-champignons) ou aux nodules (associations racines-bactéries).
- **Septième code: les empreintes.** Représentation fidèle et directe de la feuille. Les empreintes ont été réalisées en utilisant un scanner double lampe (Epson Perfection V800). Cela révèle les paysages internes de la feuille comme la nervation. Le design et le fonctionnement des nervures des feuilles sont essentiels pour la performance de la plante (Sack et Scoffoni 2013).
- **Huitième code: photographique.** Une capture fidèle de la plante dans son environnement à un moment donné. Elle donne un aperçu de l'environnement naturel de l'espèce : les autres espèces dans son voisinage et les facteurs abiotiques tels que la lumière et l'humidité. La photographie est considérée comme une image neutre, elle ne filtre ni ne biaise l'information, permettant une interprétation fiable et durable dans le temps.

tangible, la interrelación de la planta con un entorno y situación concretos nos permite acercarnos a una mejor y mayor comprensión del individuo. A partir de la observación y el análisis podemos entender las formas que queremos representar y es a través de líneas precisas y concretas que se reflejan los movimientos, la anatomía y las estructuras.

- **Cuarto código: el color.** En alguno de los dibujos se utilizó la técnica de la acuarela para captar el color y la incidencia de la luz y las sombras, sin el uso de la línea y los contornos. El código de color, a pesar de estar filtrado por el ojo del artista, genera volumen y tridimensionalidad al dibujo. Acompañado de los respectivos datos vinculados a la clorofila podemos entender la dimensión del color de la planta y sus procesos vinculados a la luz.
- **Quinto código: los datos.** Una aproximación gráfica y numérica a la especie. Las mediciones, correspondientes a diversos trazos de la planta, se realizaron en diferentes momentos de la vida de la misma y revelan tanto la evolución de la planta como su respuesta al medio ambiente a lo largo del tiempo.
- **Sexto código: lineal-raíces.** Este enfoque es una extensión del tercer código. Proponemos una representación lineal de una superficie aislada de la planta, las raíces. Al mostrar las raíces de la planta y sus dimensiones, estamos mostrando la parte oculta del individuo, su soporte y el medio por el que se extraen el agua y los nutrientes. Prestamos mucha atención a los pelos más finos de las raíces, a las raíces micorrizadas (asociaciones raíz-hongo) o a los nódulos (asociaciones raíz-bacteria) que aumentan la superficie efectiva de absorción.
- **Séptima clave: las huellas.** Representación fiel y directa de la huella de la hoja de la especie, capturada entre dos cristales y luz constante en un escáner Epson Perfection V800. Esto revela los paisajes internos de la hoja y la estructura de la venación. El diseño y la función de la venación de la hoja son importantes para el rendimiento de la planta (Sack y Scoffoni 2013).
- **Octavo código: fotográfico.** Una captura fiel de la especie en su entorno en un momento dado. Proporciona una visión general del entorno natural de la especie: las otras especies en su vecindad, y los factores abióticos como la luz y la humedad en su entorno. Se considera una imagen neutra, no filtra ni sesga la información, lo que permite su posterior interpretación.



V. Codes d'approximation d'une réalité

- *Eperua falcata*
- *Iryanthera hostmannii*
- *Jacaranda copaia* subsp. *copaia*
- *Pterocarpus officinalis*
- *Symphonia globulifera*
- *Tachigali melinonii*
- *Virola surinamensis*

Eperua falcata

Plantae
 Equisetopsida
 Tracheophyta
 Fabales
 Fabaceae
Eperua
falcata, Aubl. 1775

Noms vernaculaires en Guyane française:

Créole **wapa**, **wapa-gr**, **pwa-sab**

Français **wapa**

Kali'na **paliwu**, **paliwi**, **tyoto amote**, **watapa**

Nengee tongo **bii udu**

Palikur **wap-wasiunu**, **wapduwe**

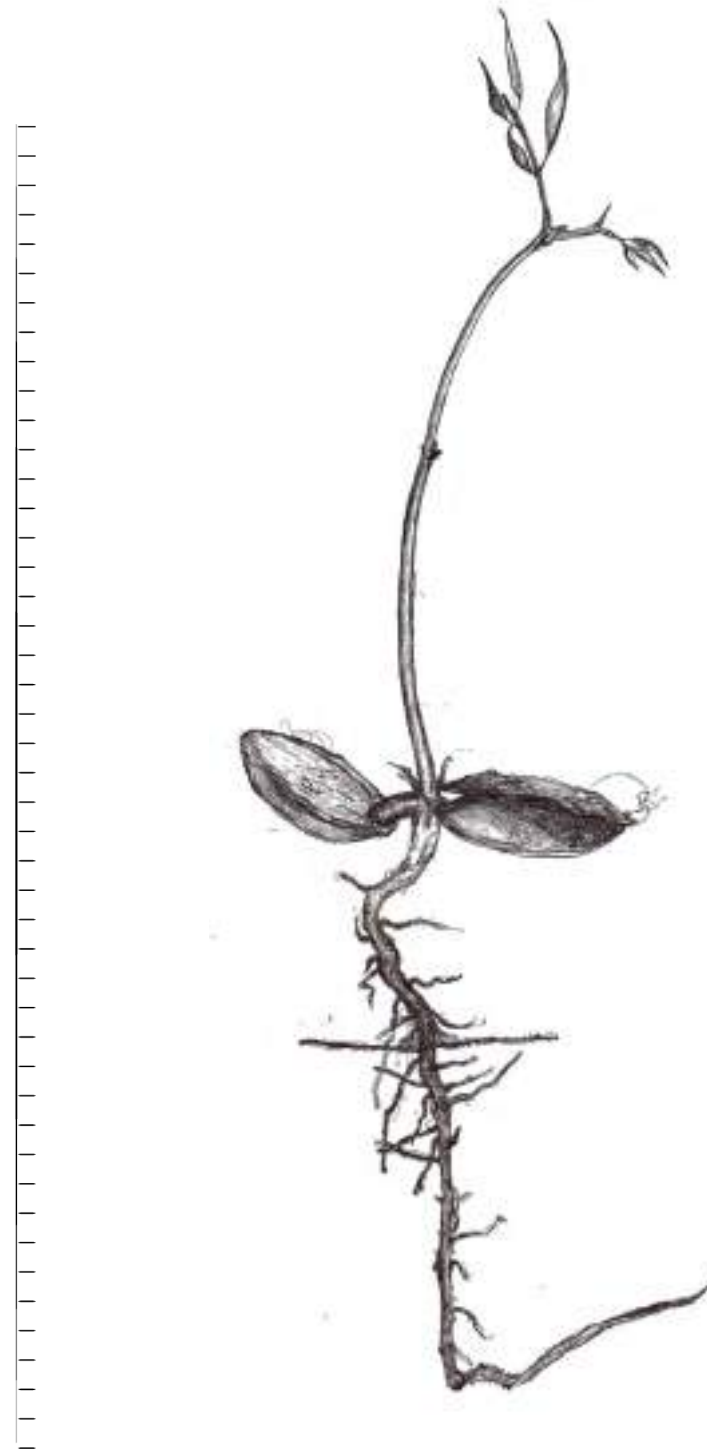
Portugais **apa**, **apazeiro**

Teko **tapaka'i**

Wayana **wapa**

Wayapi **tapaka**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
 Dessin en dégradé au crayon doux.



Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



Code IV

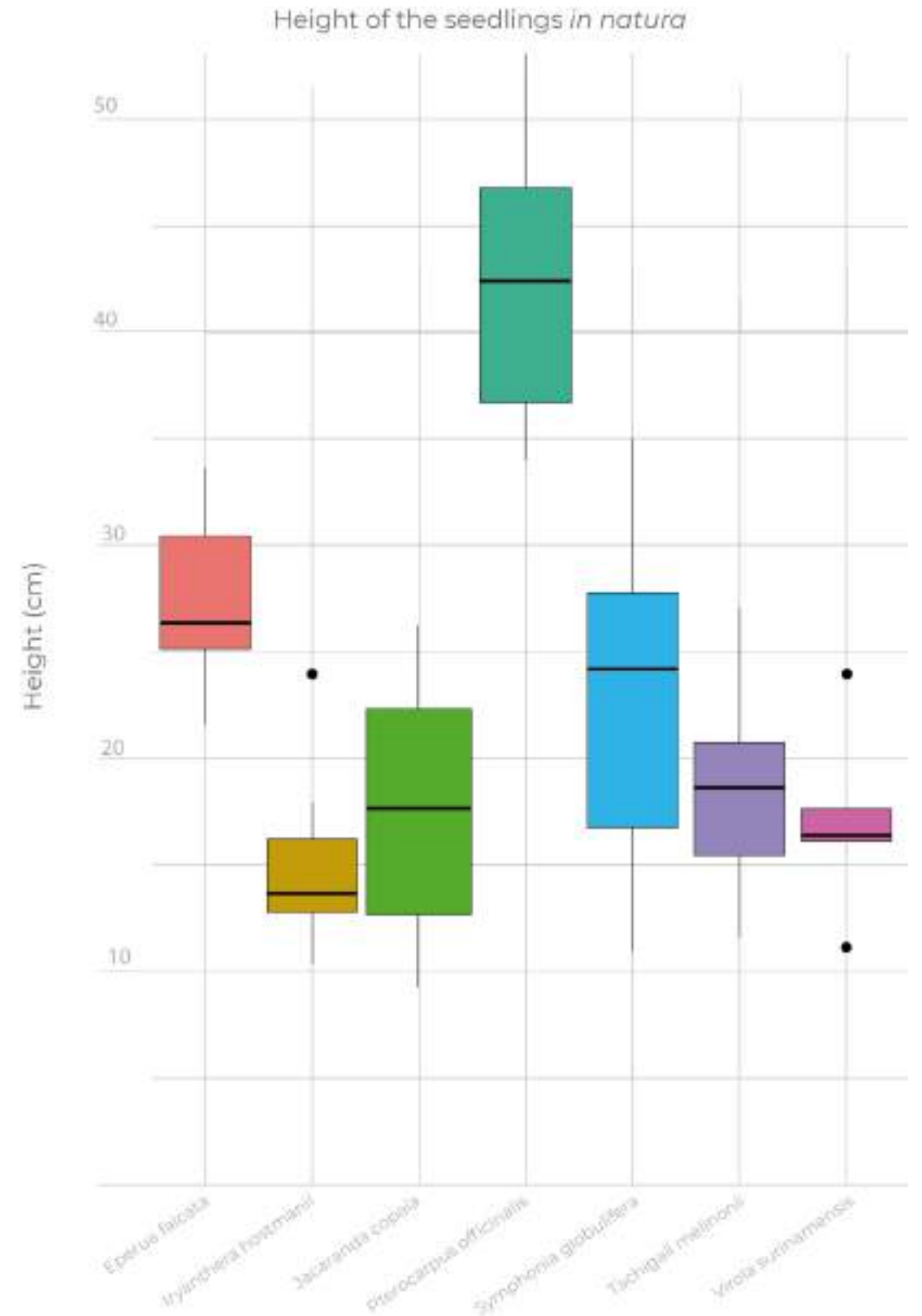
500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.

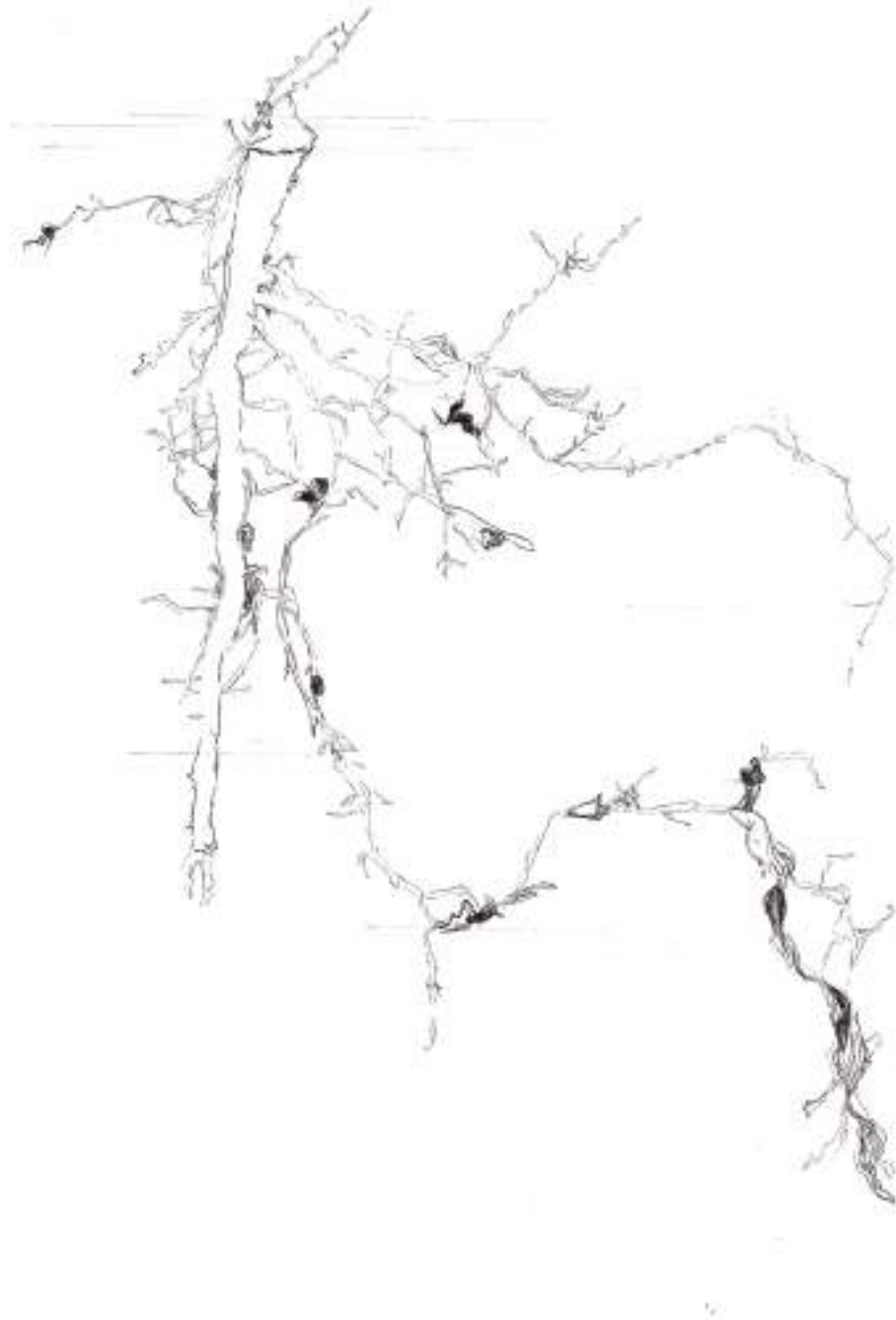
Nous pouvons voir ici la taille des différentes espèces de plantules collectées.

Eperua falcata était l'une des plus grandes plantules. Ses graines tombent plus tôt au sol, dès le mois de mars, par rapport aux autres plantules, qui germent plus tardivement en mai. Nous pouvons aussi noter la variabilité des individus au sein d'une même espèce par l'amplitude des boîtes à moustaches.

Aquí podemos ver los diferentes tamaños de las plántulas recogidas.

Eperua falcata era una de las plántulas más altas. Sus semillas caen antes al suelo, ya en marzo, en comparación con las otras plántulas, más tarde en mayo. Podemos observar la variabilidad de los individuos dentro de la misma especie con la magnitud de los boxplots.





Code VI

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



Code VII

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.

Iryanthera hostmannii

Plantae
 Equisetopsida
 Tracheophyta
 Magnolianaes
 Myristicaceae
 Iryanthera
hostmannii (Benth.) Warb., 1895

Noms vernaculaires en Guyane française:

Créole **mousigo**

Français **moussigot, tossopassa marécage**

Kali'na **inyamu bati**

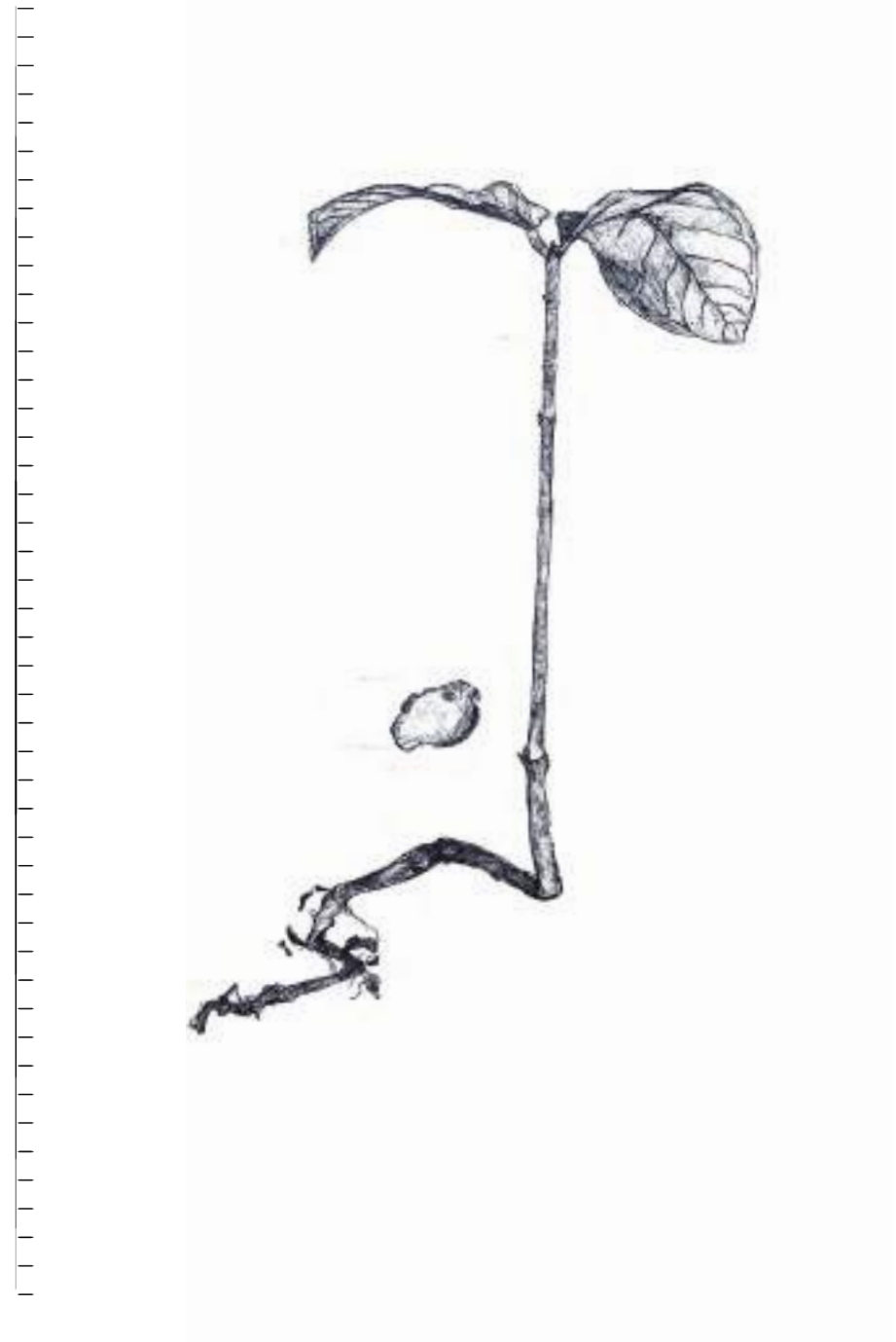
Nengee tongo **sabana tosopassa**

Palikur **wahusi-kamwi, wahusi-wasiunoduwe**

Portugais **ucuubarana**

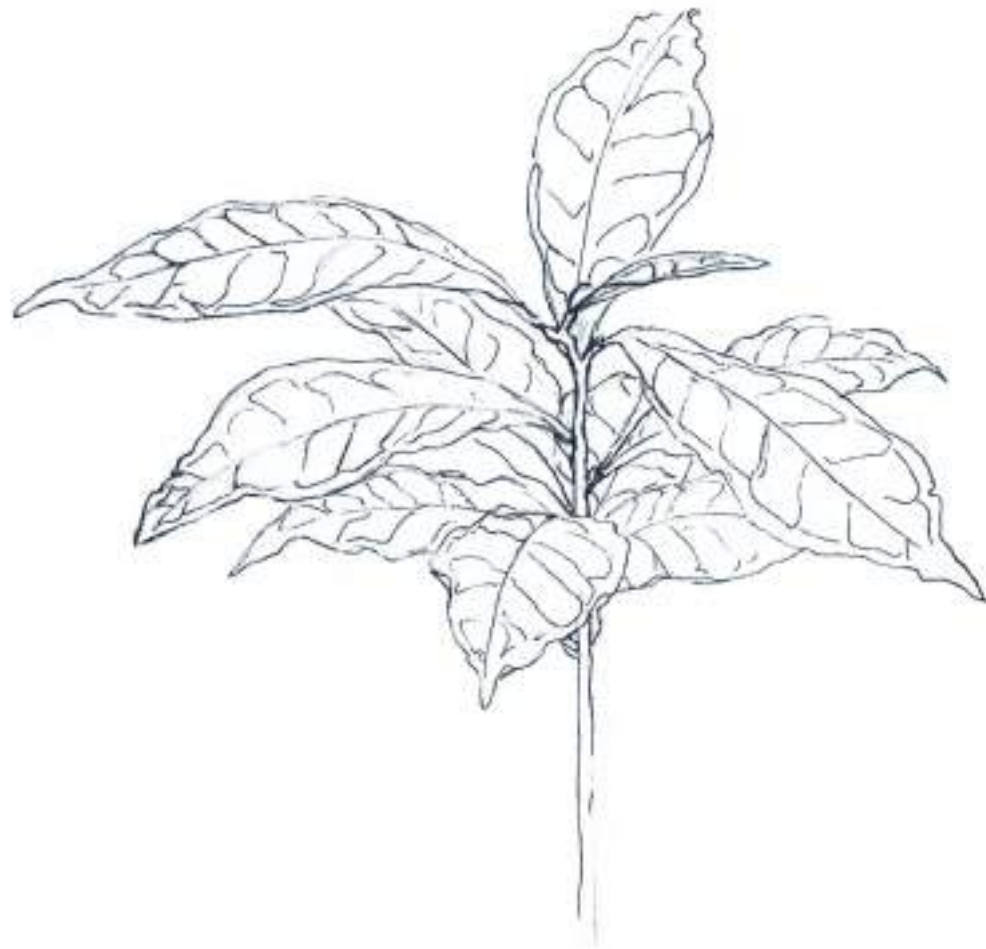
Wayapi **kulupiyi, mukulupiyi**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
 Dessin en dégradé au crayon doux.



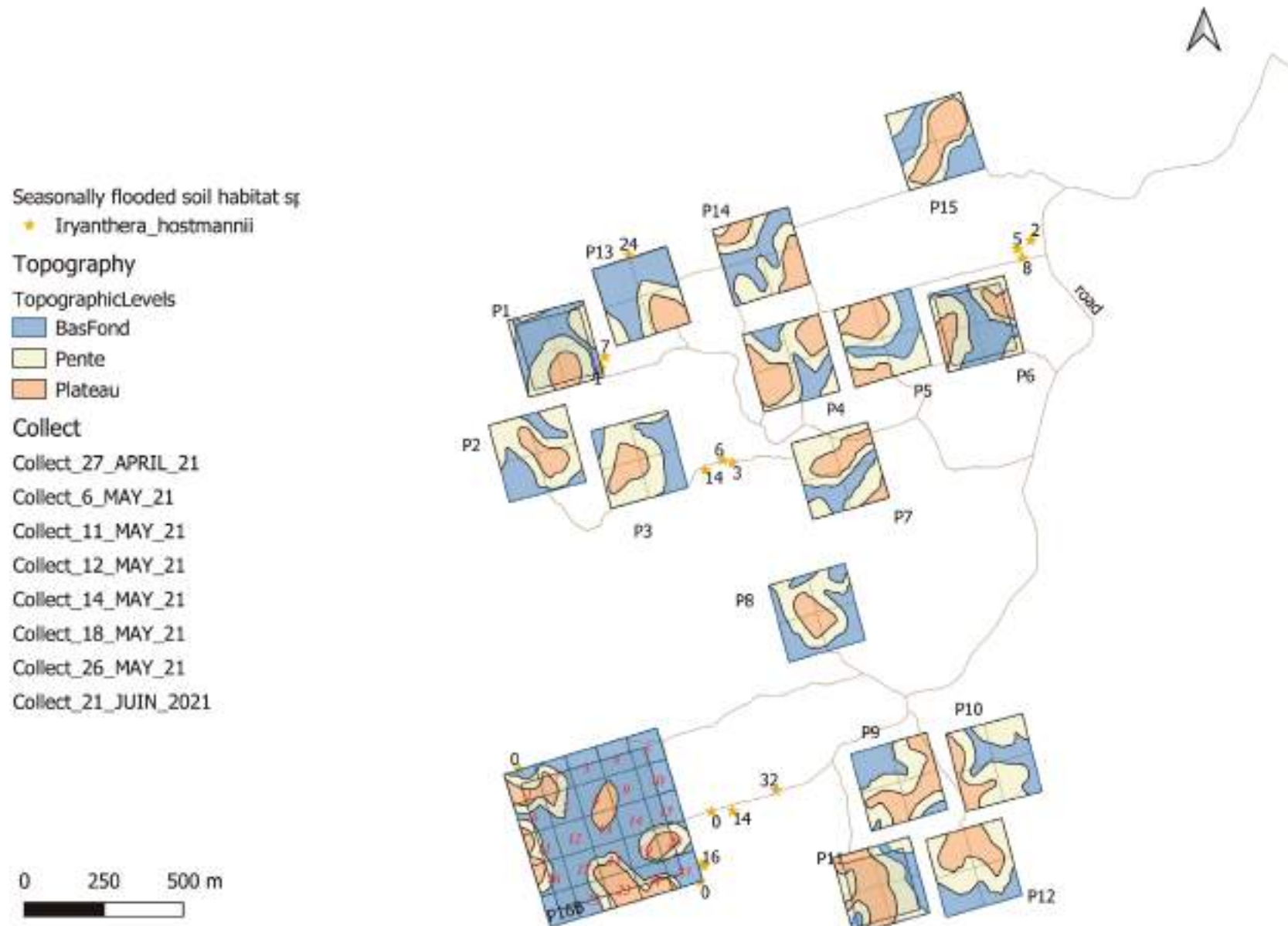
Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



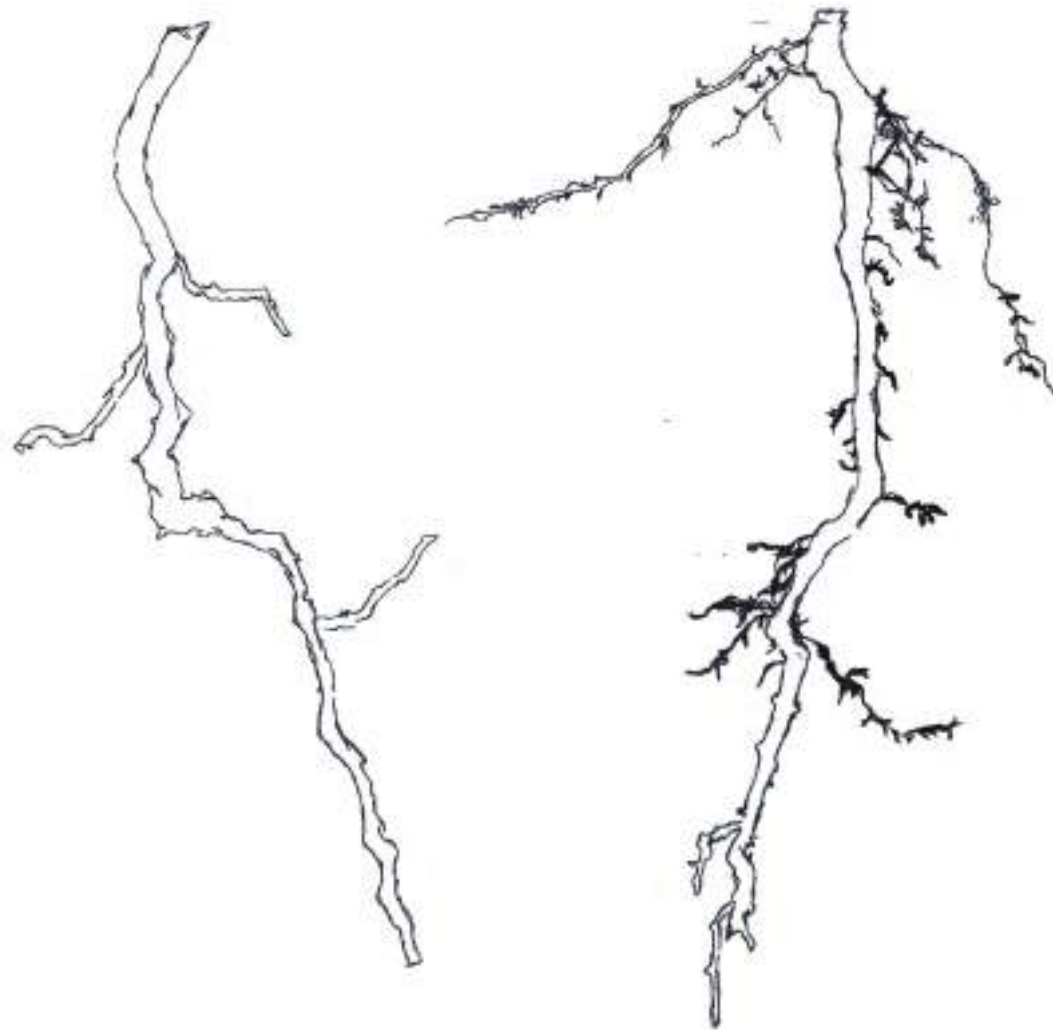
Code IV

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.



Ici, nous mettons l'accent sur l'origine de la plante dans la station de recherche de Paracou. Comme on peut le voir sur la carte, les plantules d'*Iryanthera hostmannii* ont été échantillonnées sur de nombreux arbres mères et à travers la station. Nous avons enregistré les dates et la localisation GPS précise pour la traçabilité de chaque plant.

En esta imagen enfatizamos el punto de origen de la planta en las instalaciones de investigación de Paracou. Como se aprecia en el mapa, los brotes de *Iryanthera hostmannii* fueron recogidos de diversos árboles-madre dentro de la estación. Registramos las fechas y la localización GPS exacta para la trazabilidad de cada uno de los brotes.



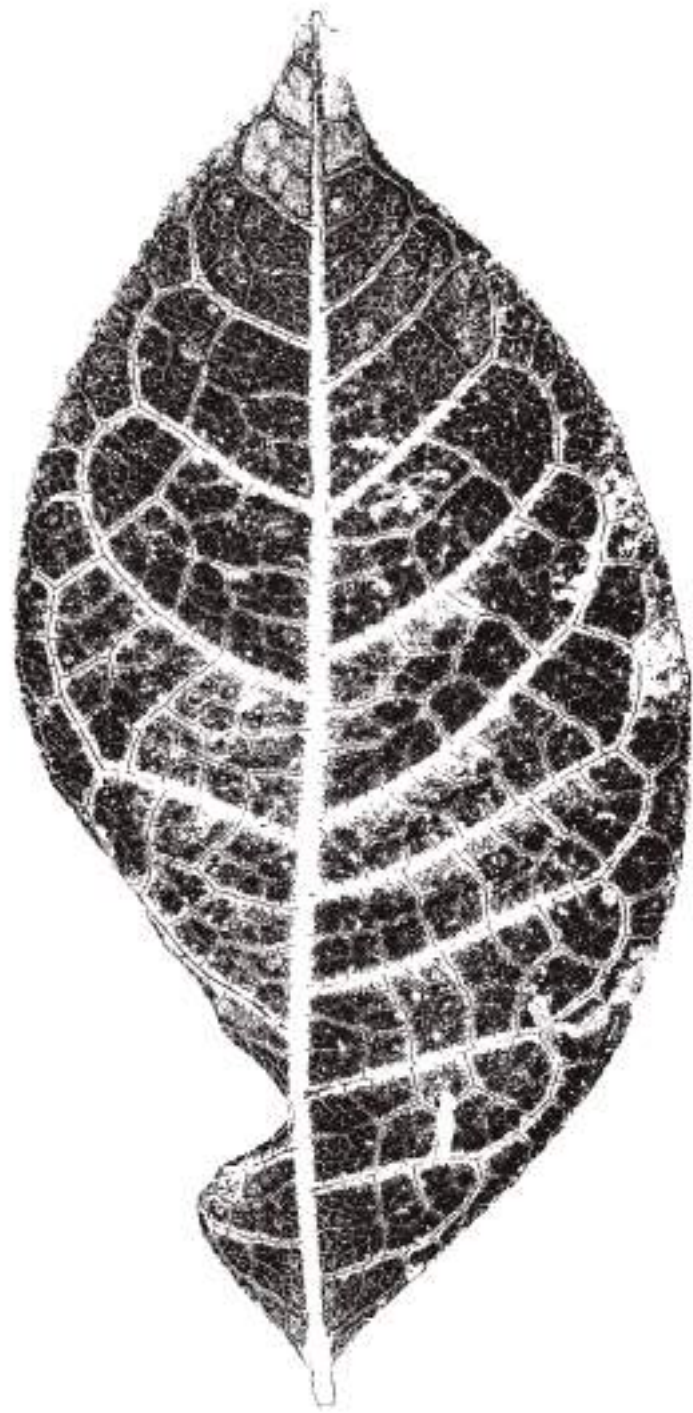
Dans **les racines**, les effets bénéfiques du microbiome, comme les champignons mycorrhiziens ou les bactéries fixatrices d'azote, sont connus pour favoriser l'absorption des nutriments et de l'eau, stimuler la germination, la croissance et la fitness des plantes en cas de stress abiotique. Le dessin nous montre la partie cachée de la plante, illustrant que certaines plantes avaient des 'nodules', la formation d'un nouvel organe dans la zone racinaire de la plante. En effet,

plusieurs plantes ont développé des symbioses avec des bactéries diazotrophes pour assimiler l'azote atmosphérique. Dans un sol pauvre en azote, les bactéries diazotrophes vont transformer l'azote atmosphérique en ammoniac, que la plante peut assimiler. En contrepartie, la plante héberge la bactérie et lui fournit des éléments nutritifs nécessaires à son développement.

La **longueur spécifique des racines** (SRL, $m\ g^{-1}$), c'est-à-dire le rapport longueur/poids d'un fragment de racine, est probablement la caractéristique morphologique la plus fréquemment mesurée. Cela permet de caractériser le fonctionnement du système racinaire car la longueur spécifique des racines illustre les rapports coût/bénéfice et est très indicatif d'un changement de l'environnement. On suppose que la longueur de la racine est proportionnelle à l'acquisition des ressources (bénéfice) et que le poids de la racine est proportionnel à la construction et à son entretien (coût) (Eissenstat & Yanai, 1997). Les racines longues et fines (SRL élevé) sont considérées comme l'équivalent souterrain des feuilles peu épaisses, qui sont moins coûteuses à produire (Withington et al., 2006).

En relación con **las raíces**, se sabe que los efectos beneficiosos del microbioma, los hongos micorrícicos o las bacterias fijadoras de nitrógeno, promueven la captación de nutrientes y agua, estimulan la germinación, el crecimiento y la aptitud de las plantas bajo estrés abiótico. El estudio también se centró en la parte oculta de la planta, ilustrando que algunas plantas tenían 'nódulos', la formación de un nuevo órgano en la zona de la raíz de la planta. De hecho, varias plantas han desarrollado simbiosis beneficiosas con bacterias diazótrofes para adquirir nitrógeno atmosférico. En un suelo deficiente en nitrógeno, las bacterias diazótrofes convertirán el nitrógeno atmosférico en amoníaco, que la planta podrá asimilar. A cambio, la planta acogerá a las bacterias y proporcionará fotosintatos de carbono.

La **longitud específica de la raíz** (SRL, $m\ g^{-1}$), es la relación longitud/masa (L/M) de un fragmento de raíz y es probablemente el parámetro morfológico más frecuentemente medido de las raíces finas. Se cree que caracteriza los aspectos económicos del sistema radicular y que es indicativo de los cambios ambientales, ya que ilustra el beneficio de la raíz en relación con su coste. Se supone que la longitud de la raíz es proporcional a la adquisición de recursos (beneficio) y la masa de la raíz es proporcional a la construcción y el mantenimiento (coste) (Eissenstat & Yanai, 1997). Se cree que las raíces largas y finas (SRL alto) son el equivalente bajo tierra de las hojas finas, cuya producción es menos costosa (Withington et al., 2006).



Code VII

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.

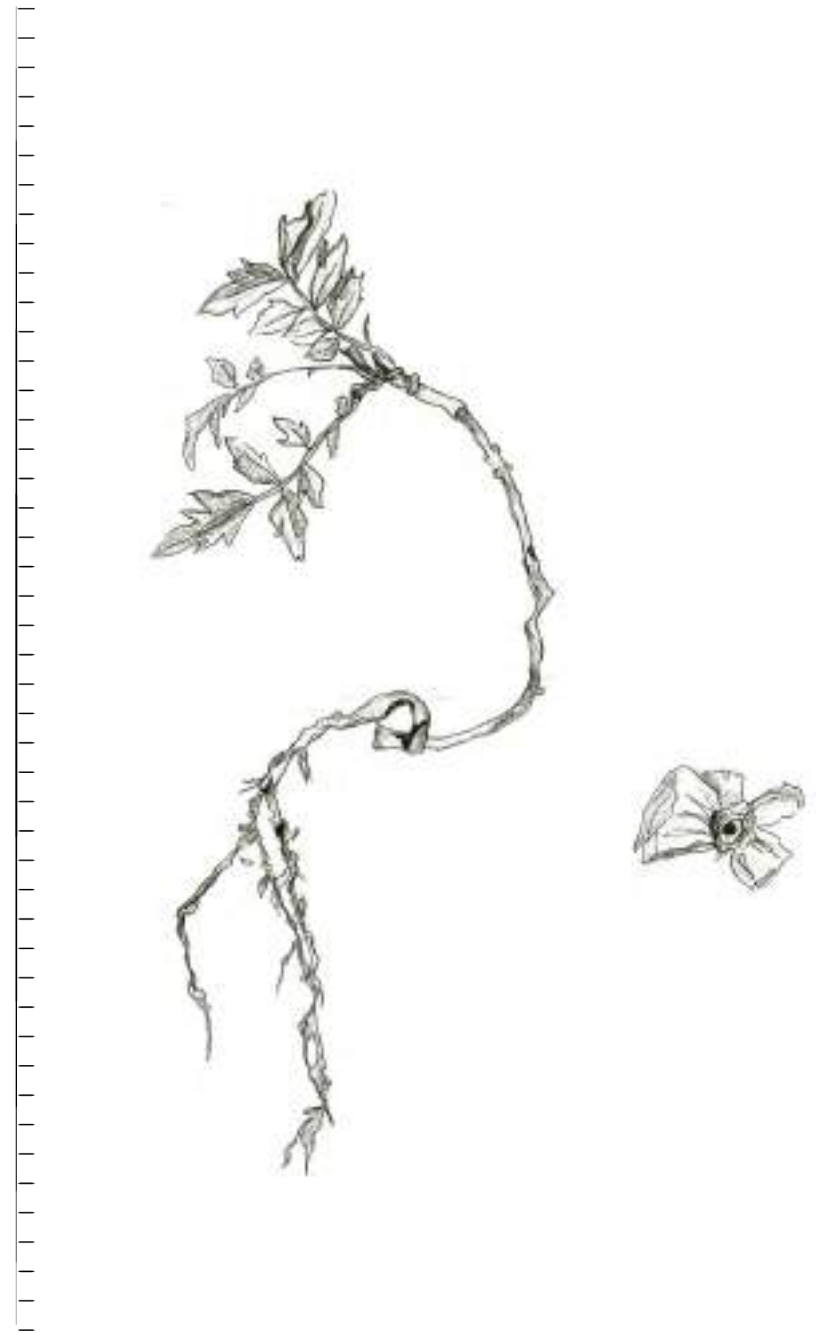
Jacaranda copaia subsp. copaia

Plantae
Equisetopsida
Tracheophyta
Lamiales
Bignoniaceae
Jacaranda
copaia (Aubl.) D. Don, 1823
copaia

Noms vernaculaires en Guyane française:

Créole **koupaya, bwa-pyan**
Français **copaia, faux simarouba**
Kali'na **kupaya. kopaya**
Nengee tongo **faya ati, yasimanbo**
Palikur **pada**
Portugais **caroba, pará-pará**
Teko **mee'i**
Wayana **kupaja, kupahja**
Wayapi **pala'i**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Dessin en dégradé au crayon doux.



Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.

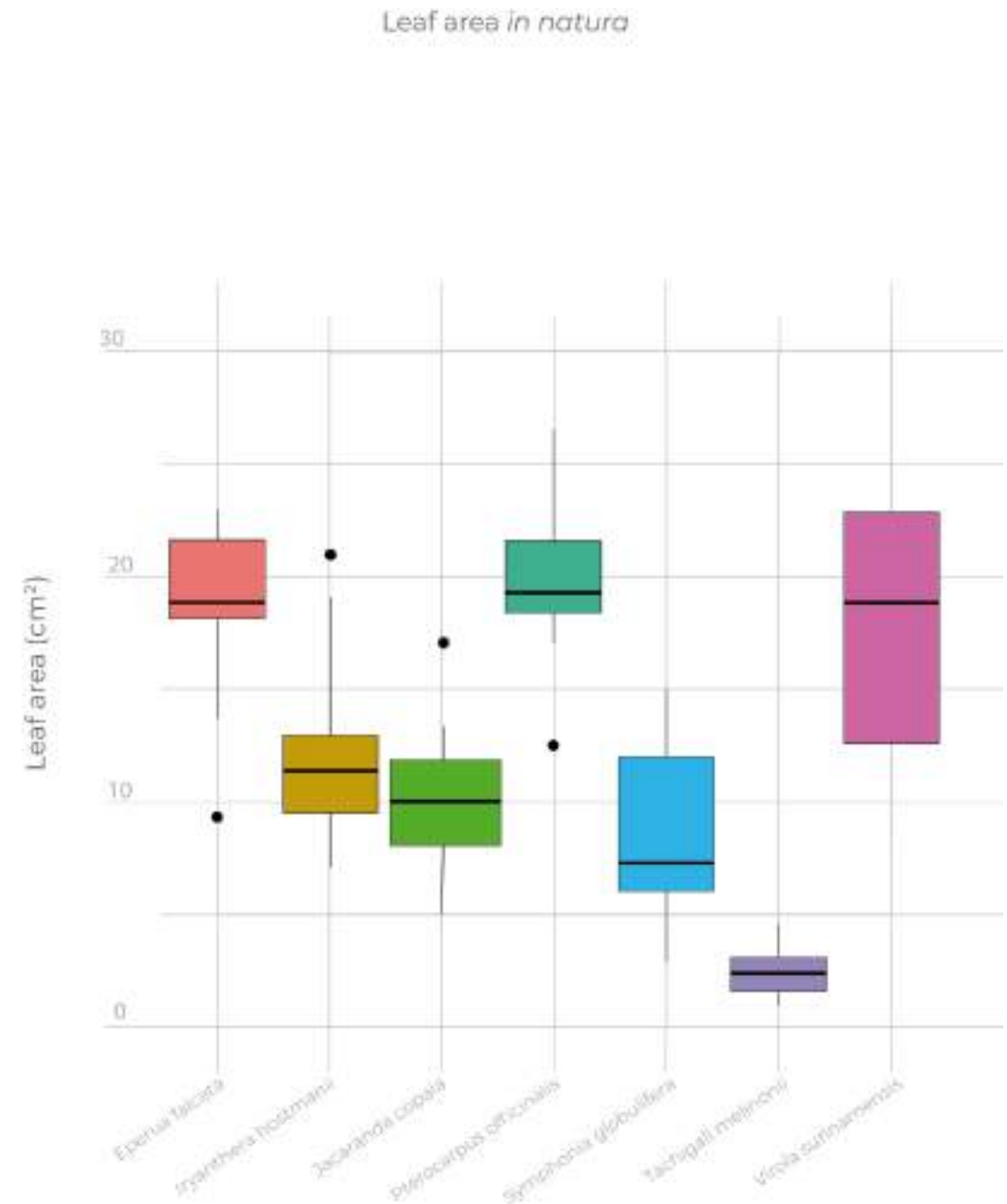


Code IV

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.

Il existe de nombreux types de feuilles dans la nature. Des modifications de la taille des feuilles peuvent entraîner des différences chimiques et structurelles. La taille des feuilles peut diminuer lorsque la plante se trouve dans un environnement stressant, rendant la construction de grandes feuilles trop coûteuse. Les feuilles se présentent principalement selon deux arrangements : simples et composées. Ici, nous avons *Jacaranda copaia subsp. copaia*, la seule espèce n'étant pas une Fabacée, qui a des feuilles composées. Les 3 espèces de Fabaceae ont également des feuilles composées.

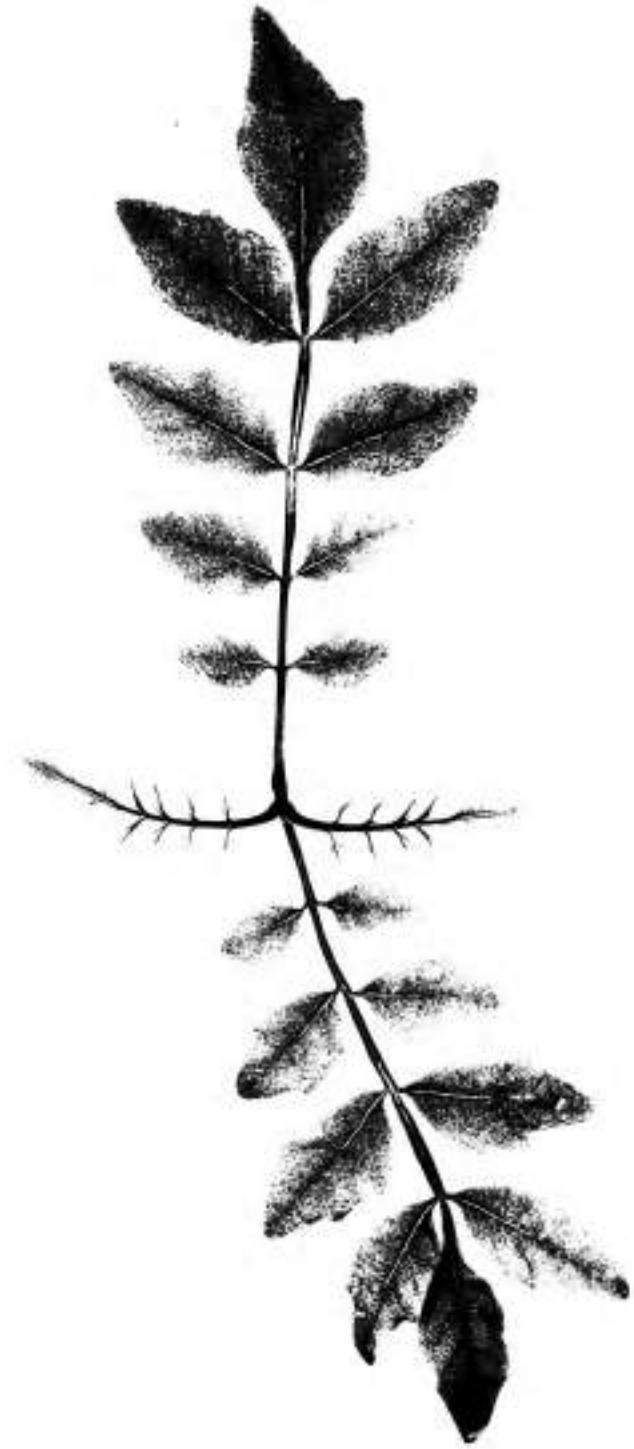
Hay muchos tipos de hojas en la naturaleza. Las diferencias en el tamaño de las hojas pueden alterar significativamente las características químicas y estructurales del conjunto. El tamaño de las hojas puede disminuir cuando la planta se encuentra en un entorno estresante, lo que hace que la construcción de hojas grandes sea demasiado costosa. Las hojas se presentan principalmente en dos disposiciones básicas: simples y compuestas. Aquí tenemos a la *Jacaranda copaia subsp. copaia*, la única no-fabácea que tiene hojas compuestas. Las 3 especies de Fabaceae también tienen hojas compuestas.





Code VI

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



Code VII

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.



L'environnement du foret tropical en Guyane Française.



Jacaranda copaia subs. *copaia*.



Iryanthera hostmannii.



Fleur d'Eperua falcata.



Tachigali melinonii.



Eperua falcata.



Aquarelle d'*Iryanthera hostmannii* à côté des plantules dans la serre.



Aquarelle de *Virola surinamensis* à côté des plantules dans la serre.



Aquarelle de *Pterocarpus officinalis* à côté des plantules dans la serre.



Aquarelle de *Jacaranda copaia* à côté des plantules dans la serre.



Identification des arbres à la station scientifique de Paracou.

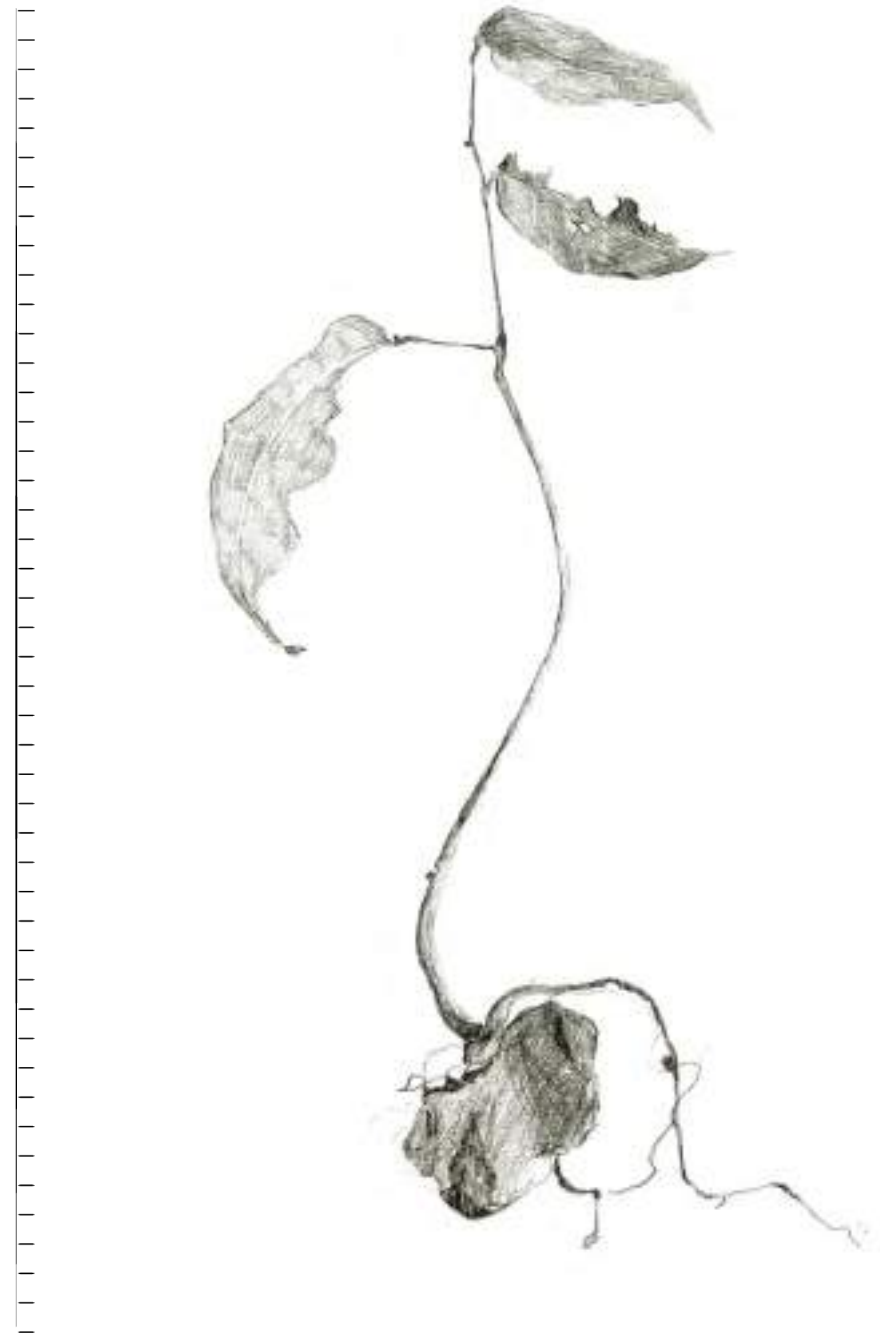
Pterocarpus officinalis

Plantae
 Equisetopsida
 Tracheophyta
 Fabales
 Fabaceae
Pterocarpus
officinalis Jacq. 1763

Noms vernaculaires en Guyane française:

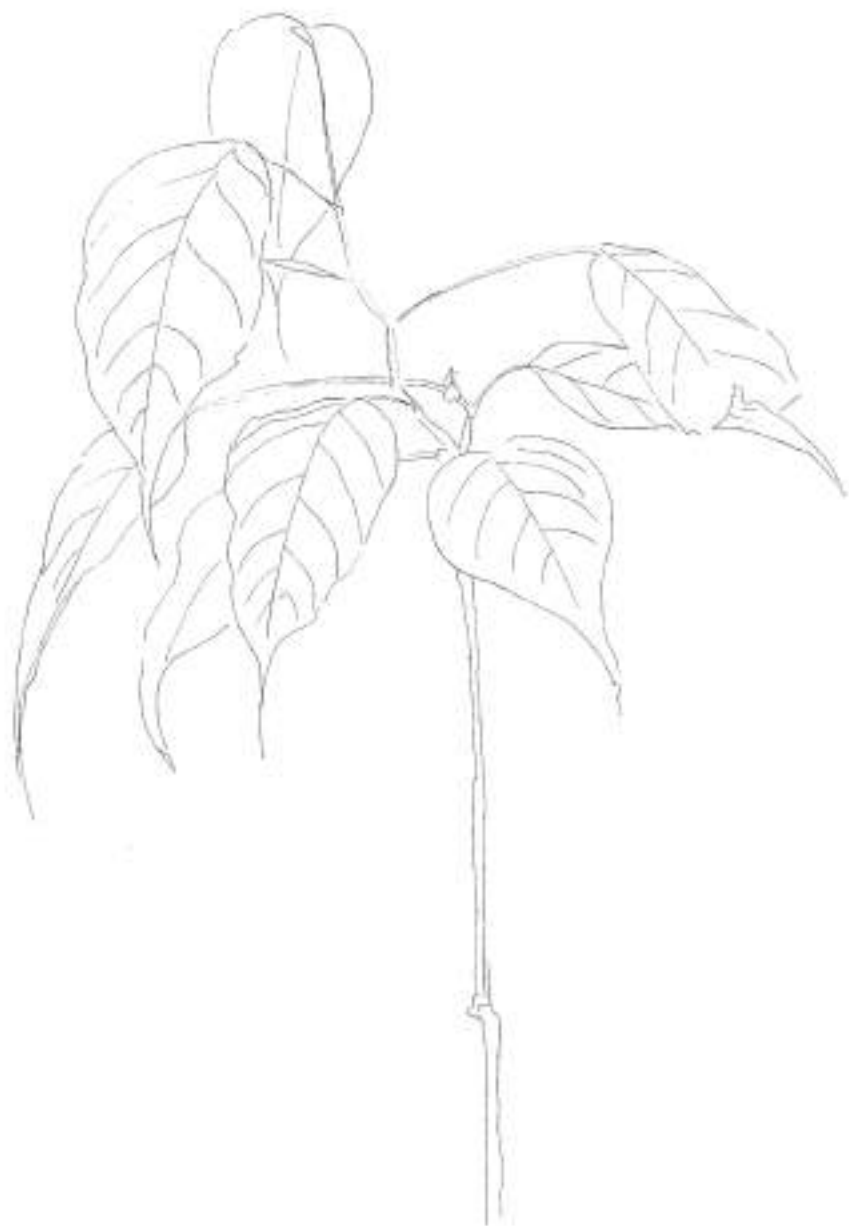
Créole **moutouchi-marikaj, moutouchisavann**
 Français **moutouchi rivière, moutouchi marécage**
 Kali'na **mutusi**
 Nengee tongo **sabana gwegwe**
 Palikur **muhut**
 Portugais **mututy**
 Teko **bututsi**
 Wayana **mïumïli**
 Wayapi **mutusisi, mutusi**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
 Dessin en dégradé au crayon doux.



Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.

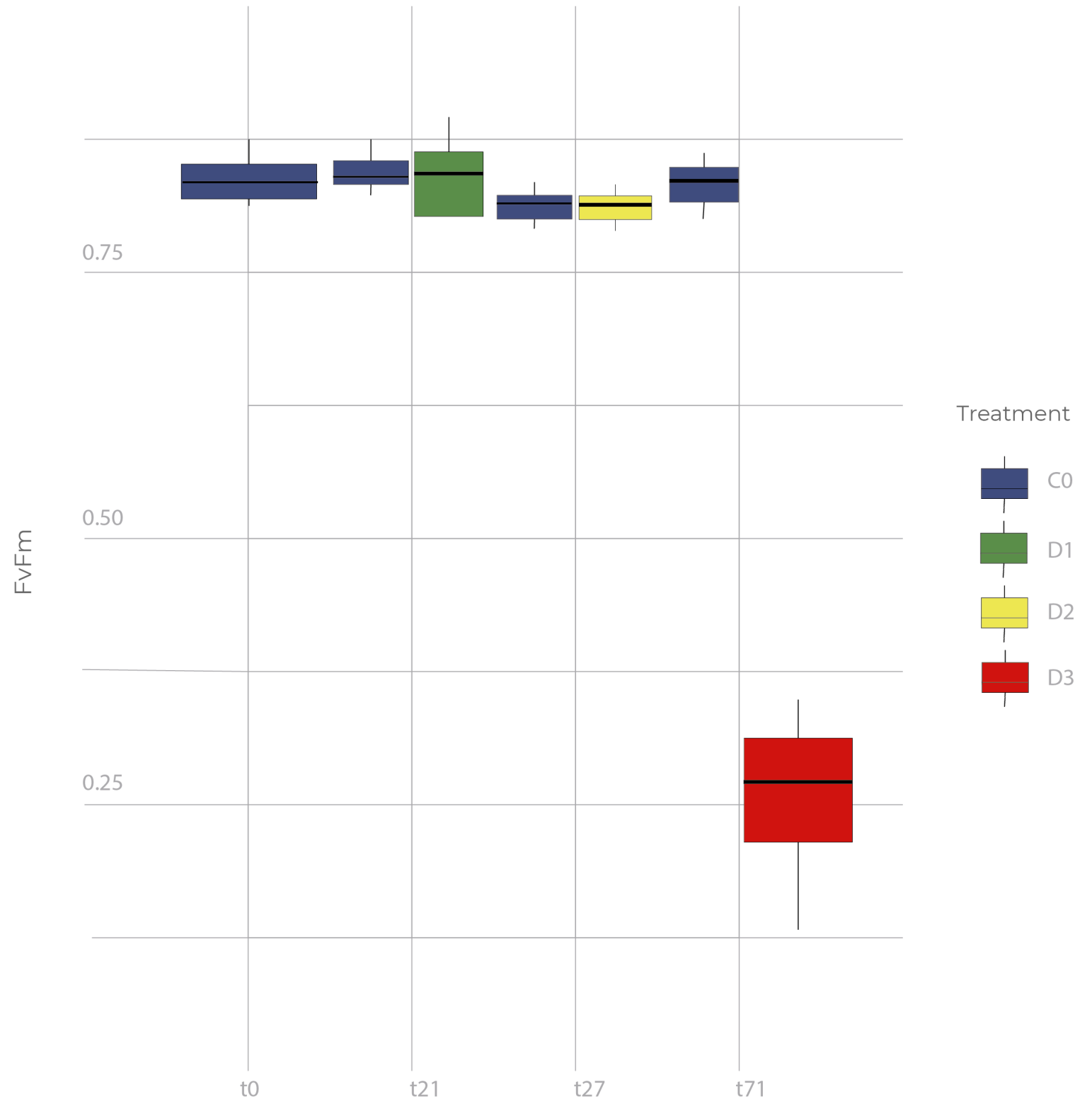


Code IV

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.

L'énergie lumineuse absorbée par les molécules de chlorophylle d'une feuille permet la photosynthèse, processus par lequel les plantes utilisent la lumière du soleil, l'eau et le dioxyde de carbone pour fabriquer de l'oxygène et de l'énergie sous forme de sucre. Cependant, cette lumière peut aussi être convertie en un excès de chaleur ou être ré-émise sous forme de lumière, la fluorescence chlorophyllienne. Nous avons mesuré la fluorescence de la chlorophylle en utilisant le trait 'Fv/Fm'. Ce trait représente un indicateur de la performance photosynthétique des plantes, avec des valeurs optimales d'environ 0,83 (Maxwell et Johnson 2000). *Pterocarpus officinalis* a réussi à maintenir une fluorescence chlorophyllienne optimale pendant les sécheresses de 21 et 27 jours, mais pas pendant la sécheresse extrême de 71 jours, où la valeur tombe à 0,250.

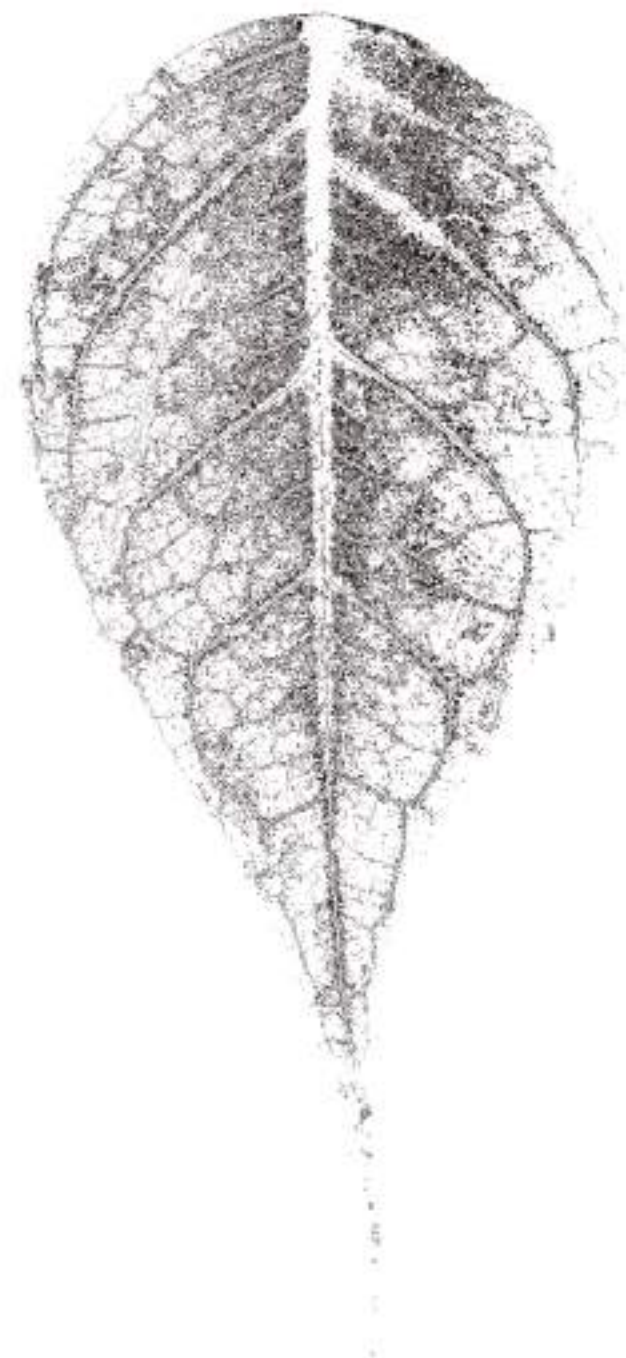
La energía luminosa absorbida por las moléculas de clorofila de una hoja impulsa principalmente la fotosíntesis, el proceso por el que las plantas utilizan la luz solar, el agua y el dióxido de carbono para crear oxígeno y energía en forma de azúcar. Sin embargo, esta luz también puede convertirse en un exceso de calor para el sistema o ser reemitida como luz, la fluorescencia de la clorofila. Evaluamos la fluorescencia de la clorofila mediante el rasgo Fv/Fm. Se utiliza como un indicador sensible del rendimiento fotosintético de la planta, con valores óptimos de alrededor de 0,83 (Maxwell y Johnson 2000). *Pterocarpus officinalis* consiguió mantener una fluorescencia clorofílica óptima durante las sequías de 21 y 27 días, pero no durante la sequía extrema de 71 días, en la que el valor baja a 0,250.





Code VI

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



Code VII

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.

Symphonia globulifera

Plantae
 Equisetopsida
 Tracheophyta
 Malpighiales
 Clusiaceae
 Symphonia
globulifera L.f., 1782

Noms vernaculaires en Guyane française:

Créole **manni-marikaj**

Français **manil marécage**

Kali'na **ananiyu, wesekapo epityi**

Nengee tongo **sabana mattaki, wataa mataaki**

Palikur **timarikasmatgene**

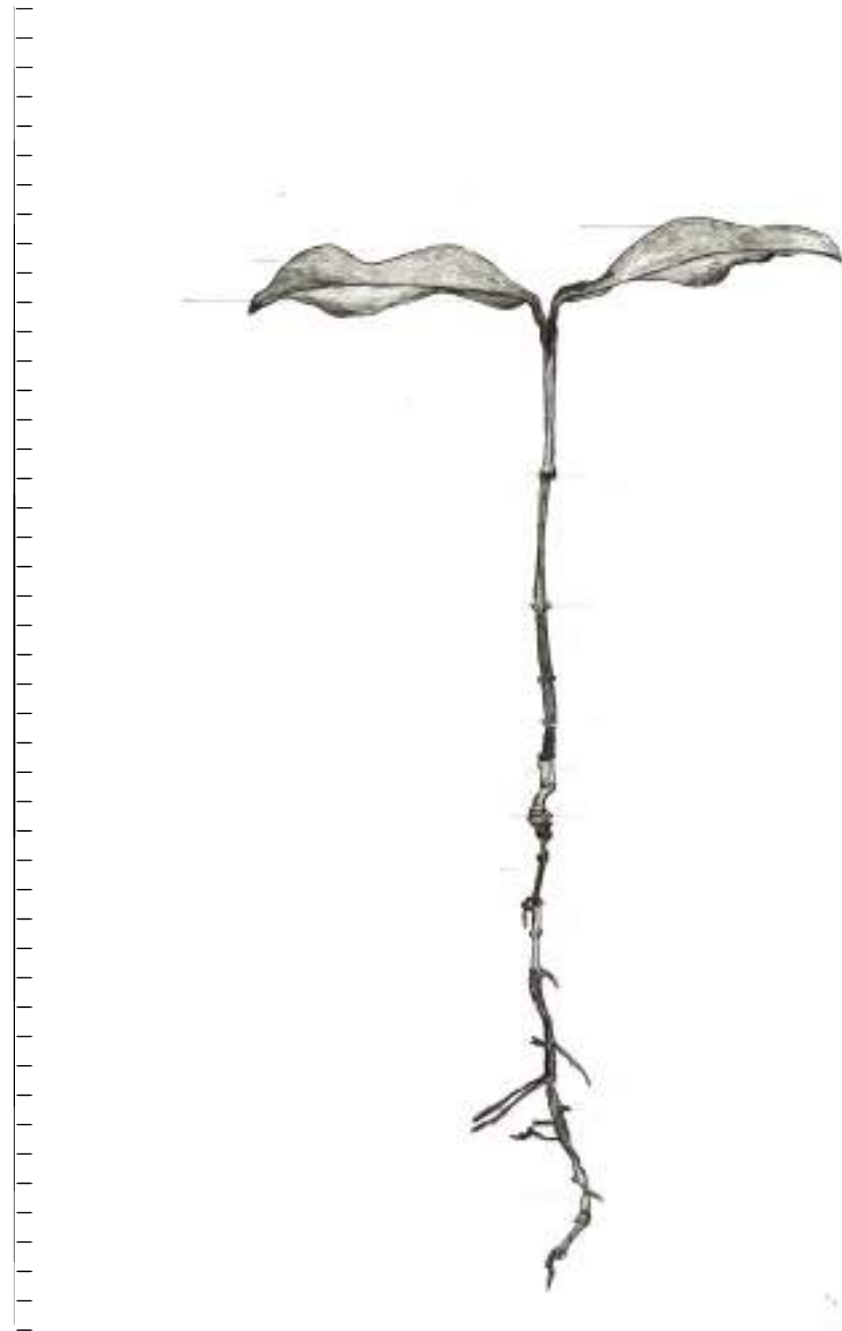
Portugais **anani**

Teko **baytakini**

Wayana **mani epu, mani**

Wayapi **wanani, wanani**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
 Dessin en dégradé au crayon doux.



Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.

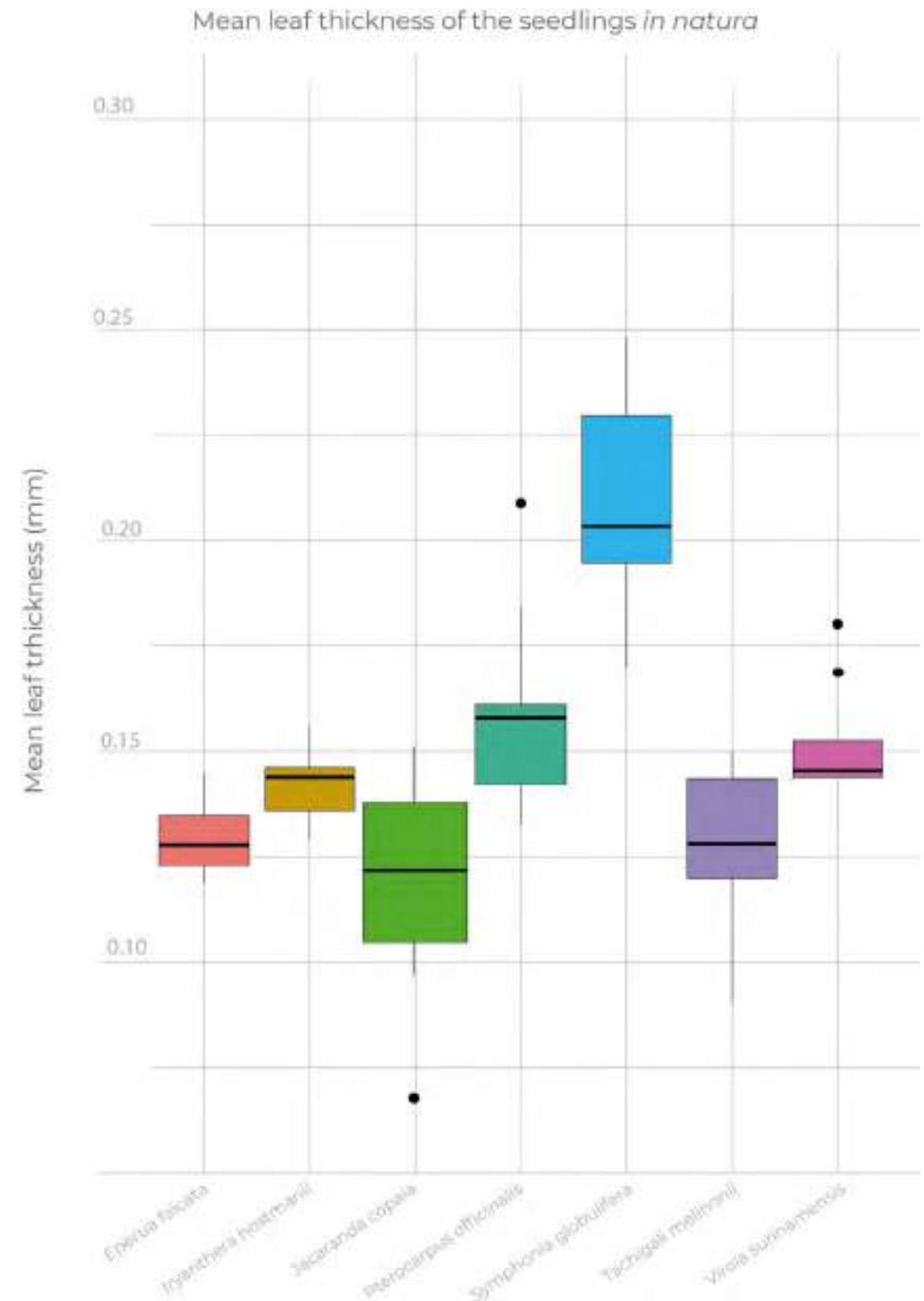


Code IV

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.

L'épaisseur de la feuille est un trait qui nous renseigne sur la longueur du chemin parcouru par la lumière à travers la feuille, ainsi que le nombre de caractéristiques anatomiques (par exemple, les parois cellulaires et les chloroplastes) qui reflètent, absorbent ou transmettent la lumière (Pauli et al. 2017). Les feuilles plus épaisses, comme c'est le cas pour *Symphonia globulifera*, ont généralement des taux de photosynthèse plus élevés (Pettigrew et al., 1993) et peuvent contenir plus d'eau.

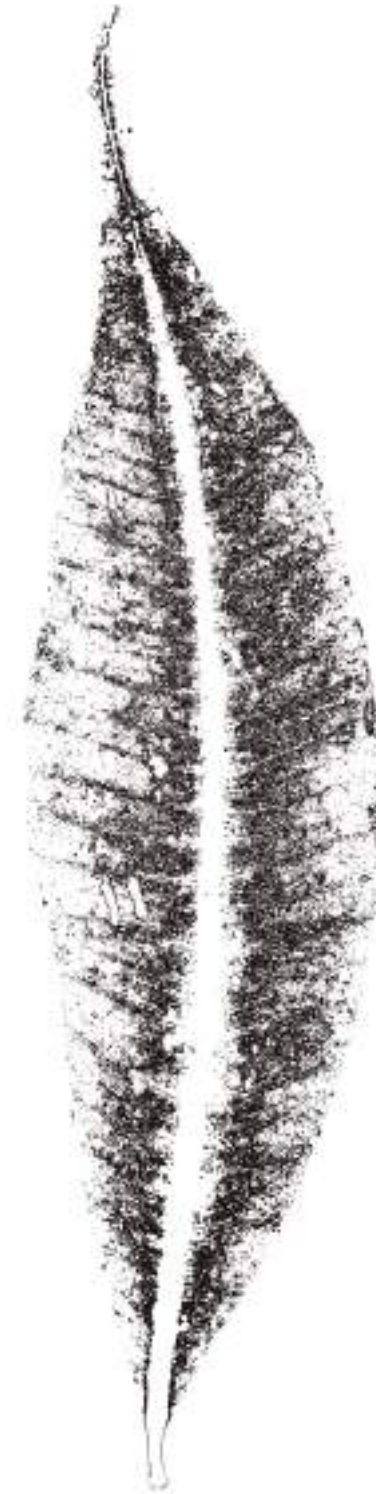
El grosor de la hoja es un rasgo que determina la longitud del camino óptico de la luz a través de una hoja y el número de características anatómicas (por ejemplo, paredes celulares y cloroplastos) que reflejan, absorben o transmiten la luz (Pauli et al. 2017). Las hojas más gruesas, como es el caso de *Symphonia globulifera*, suelen tener mayores tasas de fotosíntesis (Pettigrew et al., 1993) y pueden estar relacionadas con un mayor contenido de agua.





Code VI

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



Code VII

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.

Tachigali melinonii

Plantae

Equisetopsida

Tracheophyta

Fabales

Fabaceae

Tachigali

melinonii (Harms) Zarucchi & Herend., 1993

Noms vernaculaires en Guyane française:

Créole **sèd-rémi, tachi**

Kali'na **tipulu alaulama**

Nengee tongo **dyagidya**

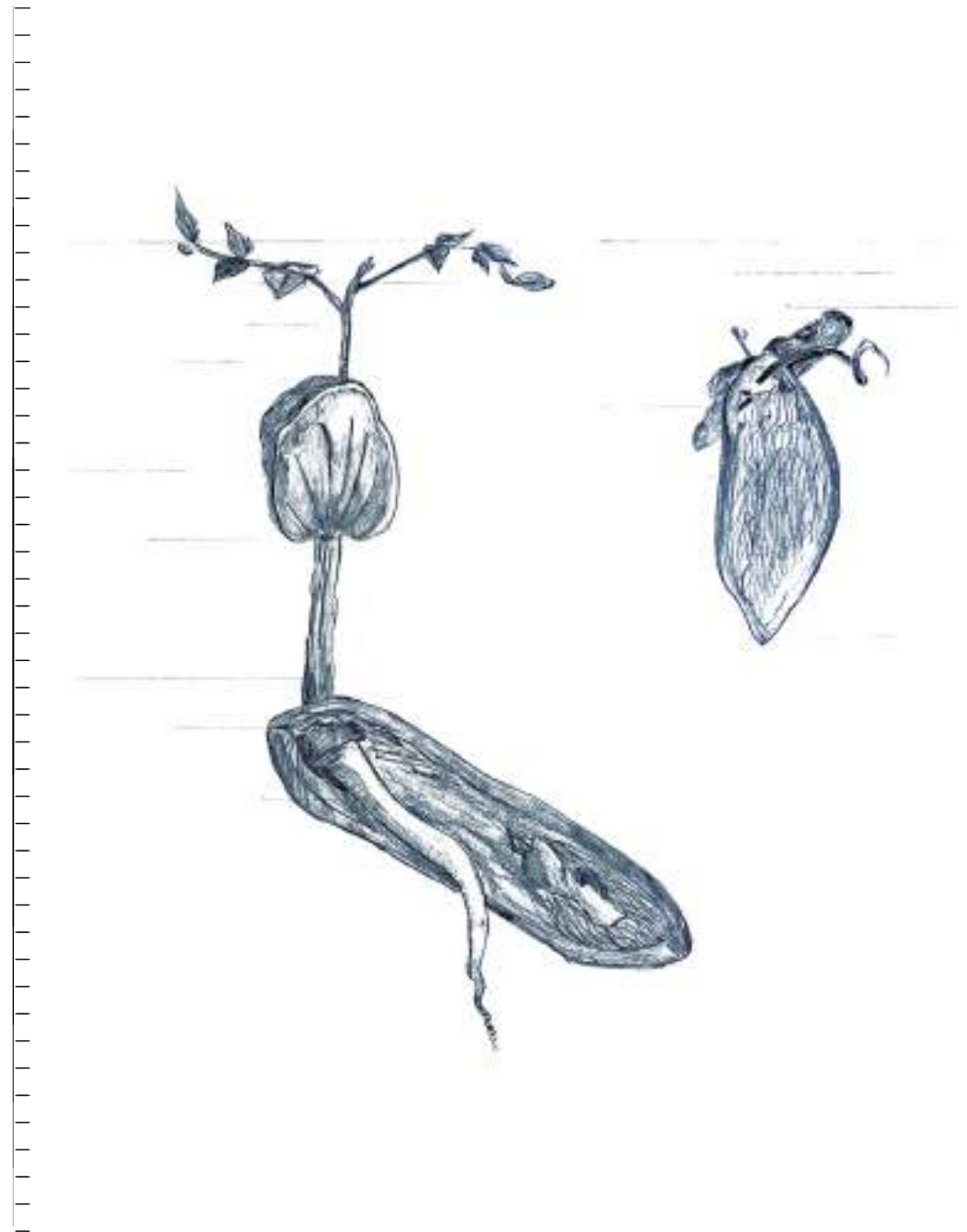
Palikur **arey-avain**

Portugais **taxi**

Teko **tatsi inan**

Wayapi **yapakani'i**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Dessin en dégradé au crayon doux.



Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.

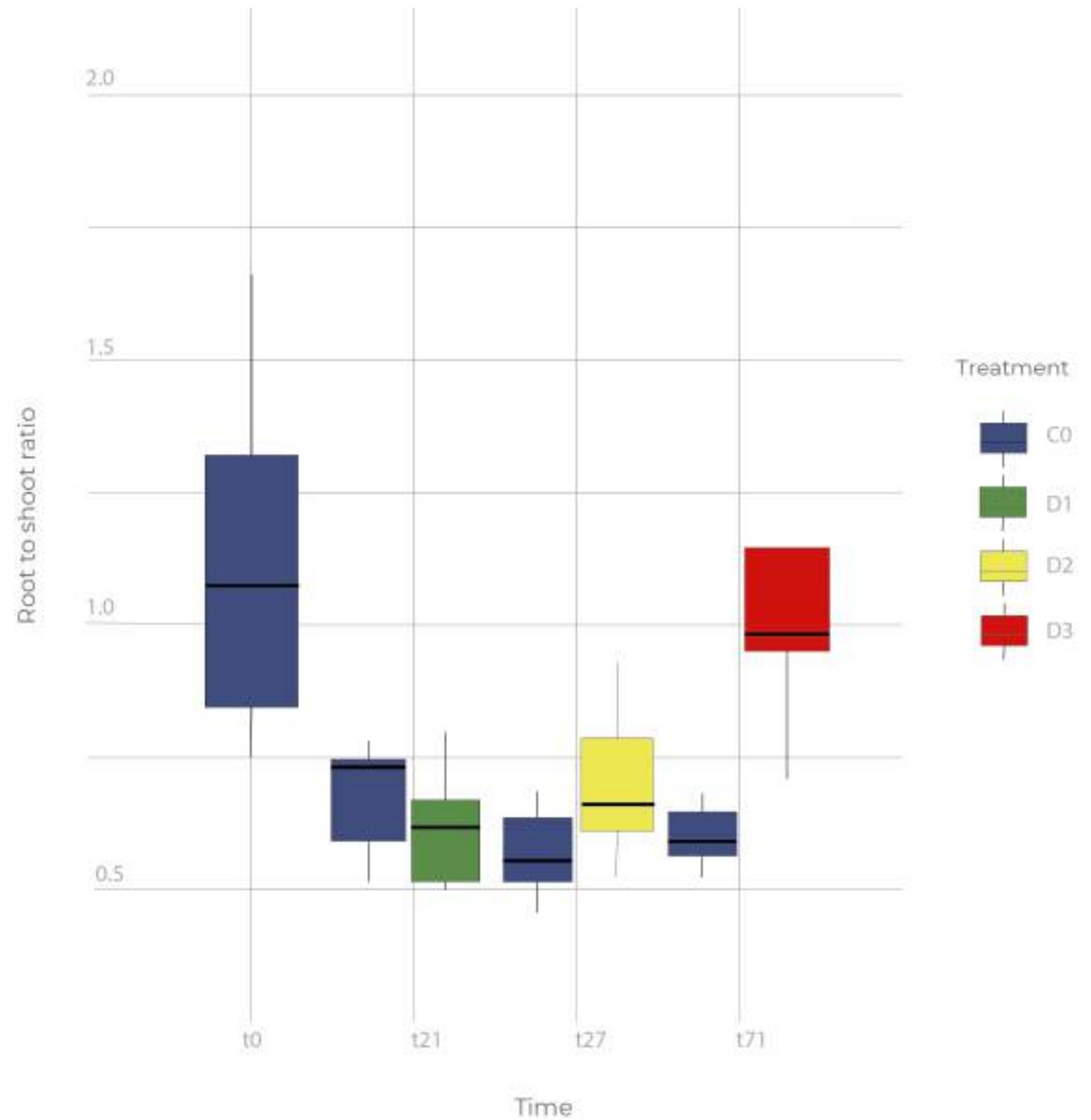


Code IV

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.

Le rapport des biomasses racines/tiges mesure l'allocation des ressources de la plante. Nous pouvons voir ici que lorsque l'eau est un facteur limitant, la plante investie plus dans les racines que dans sa partie aérienne (feuille et tige).

La proporción entre raíces y brotes mide la asignación de los recursos de la planta. Aquí podemos ver que cuando el agua es un factor limitante, la inversión desplaza los recursos de los brotes (hojas y tallo) a las raíces.





Code VI

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.



Code VII

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.

Virola surinamensis

Plantae
 Equisetopsida
 Tracheophyta
 Magnolianaes
 Myristicaceae
Virola
surinamensis (Rol. ex Rottb.) Warb., 1897

Noms vernaculaires en Guyane française:

Créole **djadjamadou-marikaj**
 Français **yayamadou marécage**
 Kali'na **walusi, walushi**
 Nengee tongo **malumba**
 Palikur **wahusi**
 Portugais **ucuúabranca**
 Teko **waletsi**
 Wayana **aluti, waluti**
 Wayapi **walusi**

Code I



Code II

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
 Dessin en dégradé au crayon doux.



Code III

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.

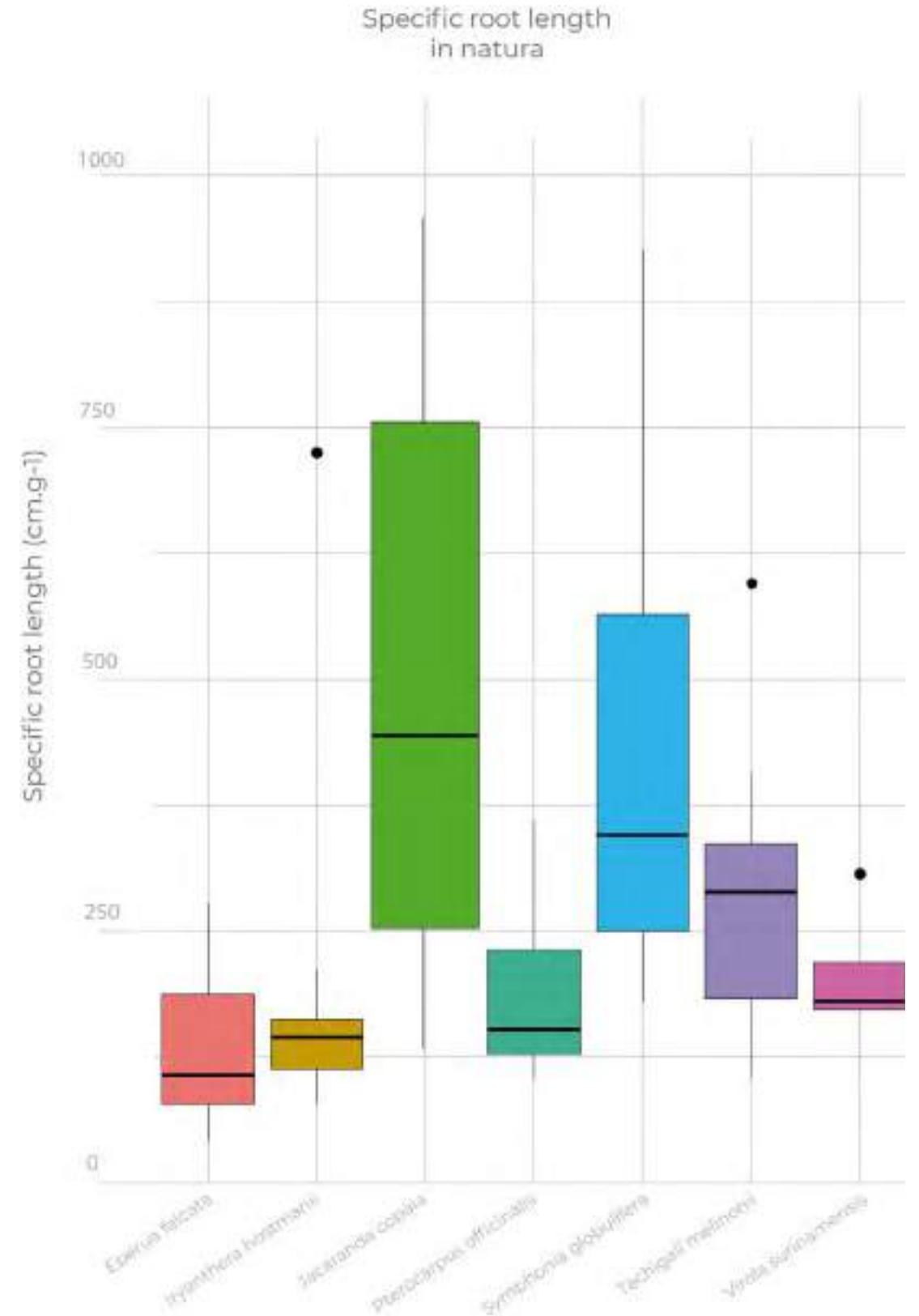


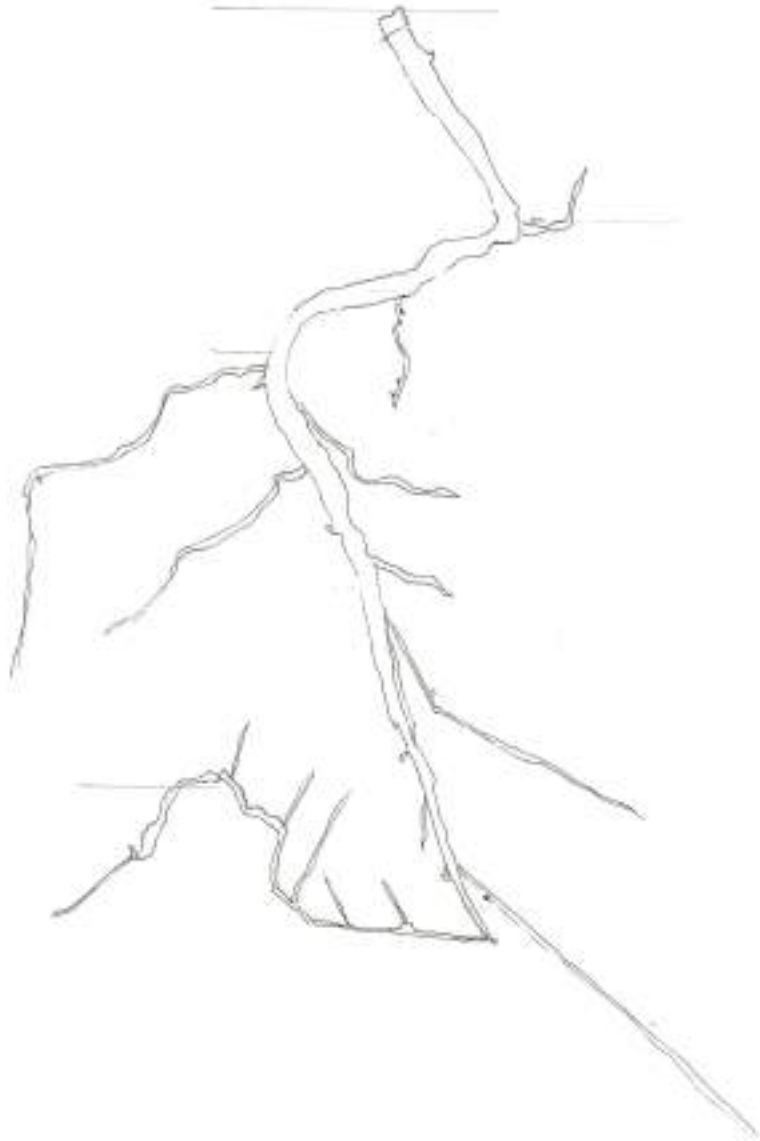
Code IV

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300 gm.
Aquarelle et stylo calibré 0,05.

En mesurant la longueur spécifique des racines (SRL, m.g⁻¹), c'est-à-dire le rapport longueur/poids d'un fragment de racine, nous observons que *Viola surinamensis* a très peu de racines fines par rapport à *Jacaranda copaia* subsp. *copaia*. Son système racinaire est en effet constitué de racines pivotantes, racines larges qui creusent le sol verticalement et sur lesquelles des racines secondaires se développent latéralement.

Al medir la longitud específica de la raíz (SRL, m.g⁻¹), es decir, la relación longitud/peso de un fragmento de raíz, observamos que *Viola surinamensis* tiene muy pocas raíces finas en comparación con *Jacaranda copaia* subsp. *copaia*. Su sistema radicular está formado por raíces pivotantes, que son raíces anchas que se clavan en el suelo verticalmente y sobre las que se desarrollan lateralmente las raíces secundarias.



**Code VI**

500 x 350 mm Hahnemühle Britannia Papier 300gm.
Tracé de lignes, stylo calibré 0,05 - 0,2.

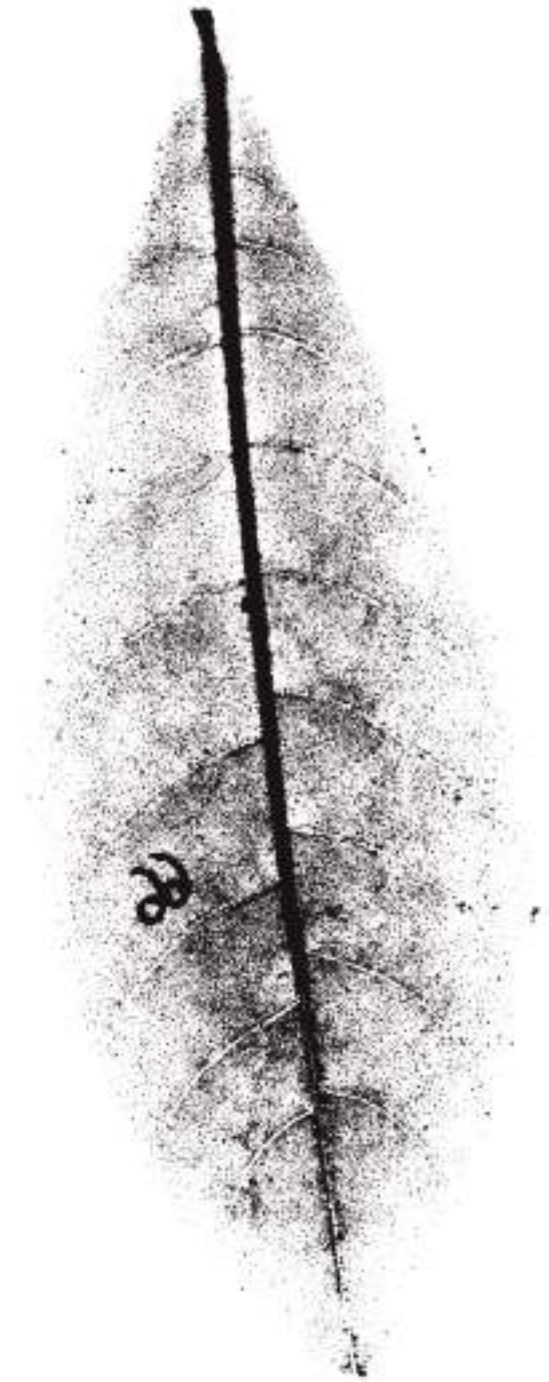
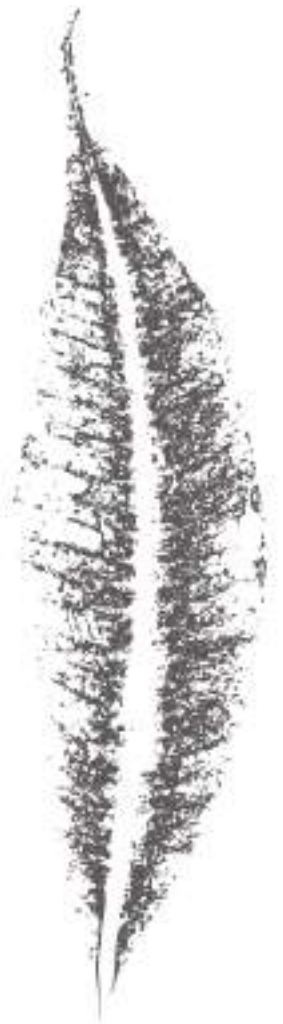
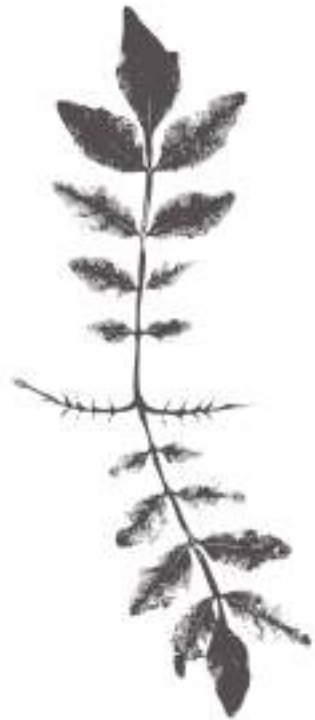
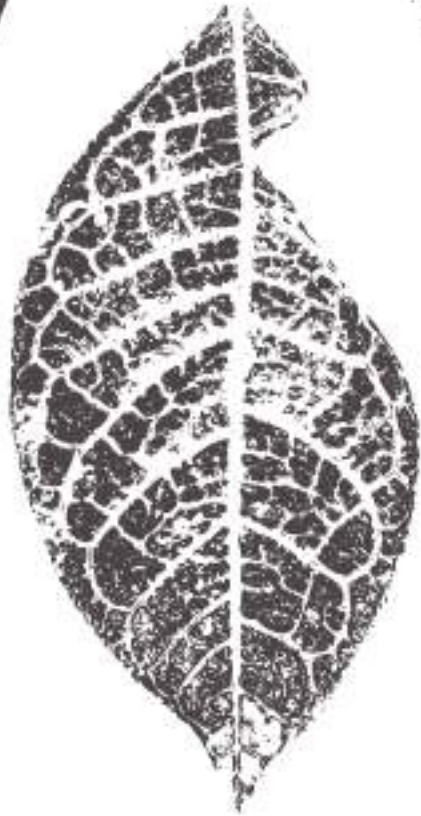
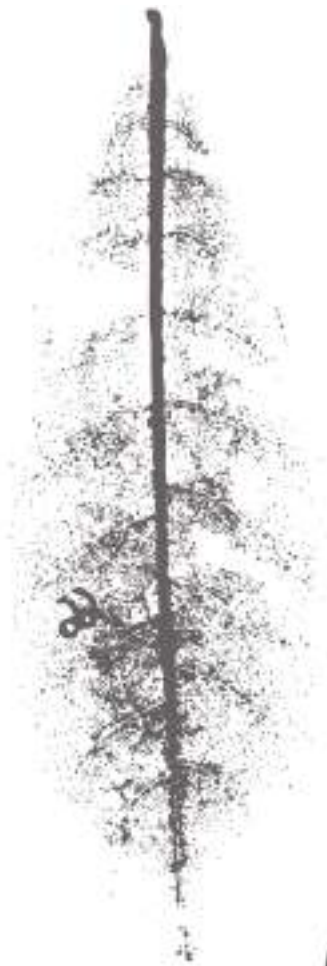
**Code VII**

Image numérique obtenue à partir d'un scan de feuilles.





La serre pour la partie expérimentale.



La serre pour le stockage des espèces au début de l'expérience.



Symphonia globulifera.



Tachigali melinonii.



Système de blocs aléatoires pour l'expérience en serre.



Matrices en bois et plantes correspondantes.



Matrices en bois dans l'espace Fab Lab de Guyane Connect.

Comment résumer la multidimensionnalité?

Lors de l'analyse de données multivariées, nous devons trouver des méthodes statistiques à la fois descriptives et multidimensionnelles.

Mais comment regrouper toutes nos informations pour analyser simultanément tous les traits?

Une méthode courante pour explorer les données est l'analyse en composantes principales. Elle permet de représenter tous les individus (ici toutes les plantes) évoluant dans un espace à n dimensions (où n est égal à notre nombre de traits) dans un espace à 2 dimensions en limitant la perte d'information. C'est une réduction de l'espace.

Figures 5 & 6: Ici, vous pouvez voir comment les espèces occupent leur propre espace lorsque nous les observons à travers différents traits:

- Hauteur
- Diamètre de la tige
- Nombre de feuilles
- Fluorescence chlorophyllienne (fvfm)
- Épaisseur de la feuille (LT)
- Rapport des biomasses racinaire/aérienne
- Longueur de la racine

Nous parvenons à conserver plus de la moitié des informations en réduisant l'espace à seulement 2 dimensions.

Cómo resumir la multidimensionalidad?

En el análisis de datos, tenemos que encontrar métodos estadísticos que sean a la vez descriptivos y multidimensionales.

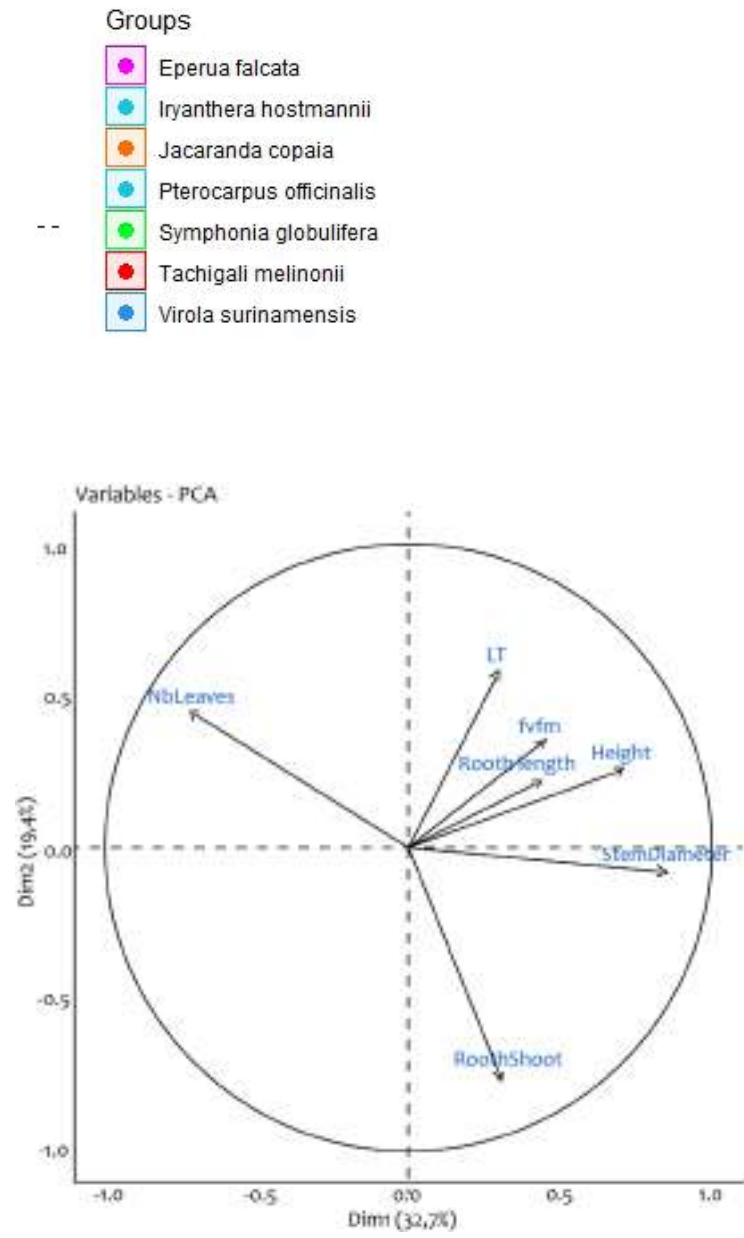
Pero, ¿cómo podemos agrupar toda nuestra información para analizar simultáneamente todos los rasgos?

Un método habitual para explorar datos es el análisis de componentes principales. Representamos a todos nuestros individuos en un espacio n -dimensional, donde n es igual a nuestro número de rasgos, e intentamos representar a cada individuo en un espacio bidimensional sin perder demasiada información.

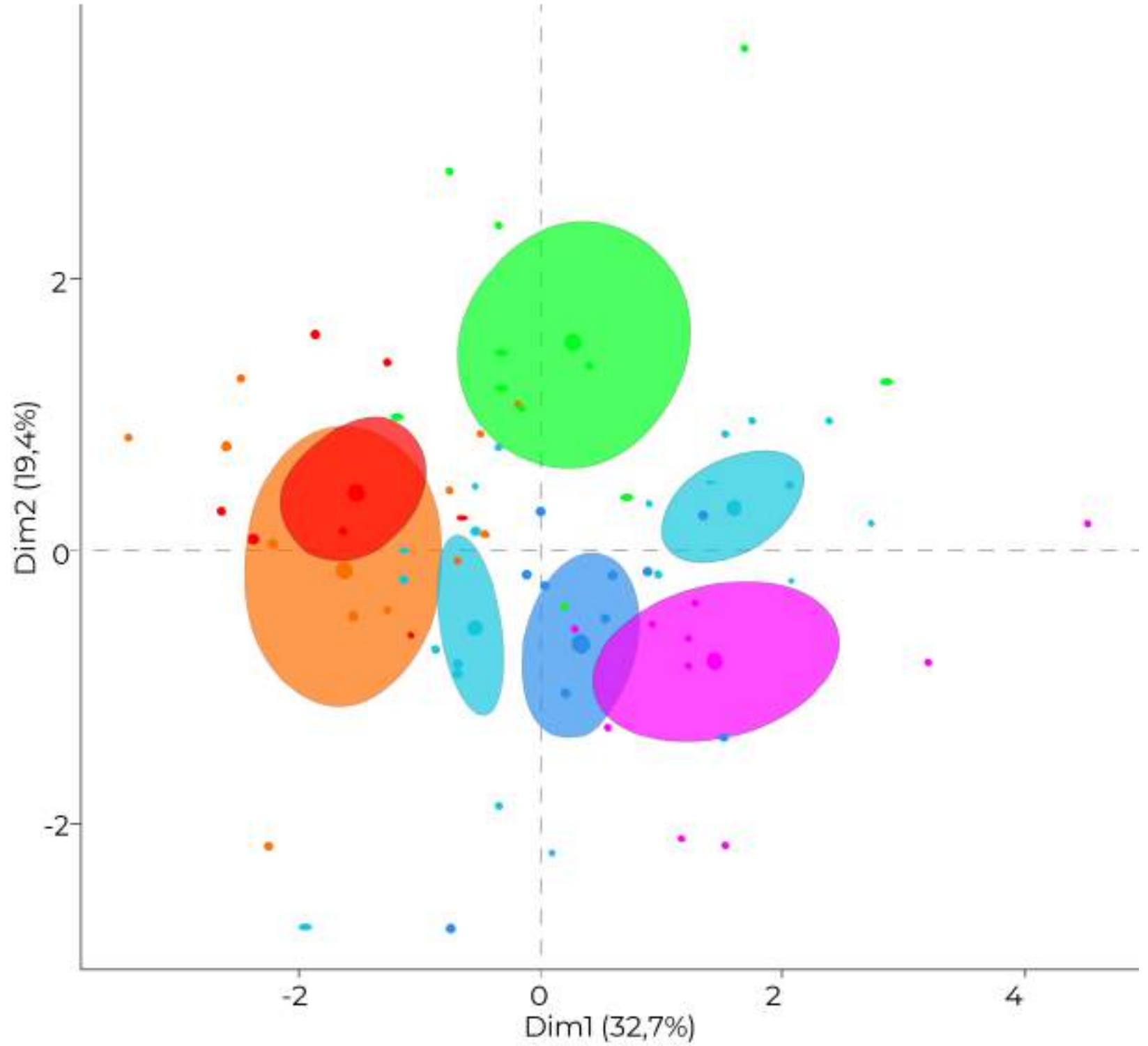
Figuras 5 & 6: Aquí se puede ver cómo las especies ocupan su propio espacio cuando las observamos a través de nuestros diferentes rasgos:

- Altura
- Diámetro del tallo
- Número de hojas
- Fluorescencia de la clorofila (fvfm)
- Espesor de la hoja (LT)
- Relación raíz/semilla
- Longitud de la raíz

Conseguimos mantener más de la mitad de la información al reducirla a 2 dimensiones.



Individuals- PCD



Groups

- Eperua falcata
- Iryanthera hostmannii
- Jacaranda copaia
- Pterocarpus officinalis
- Symphonia globulifera
- Tachigali melinonii
- Virola surinamensis



Un exemple de la démarche scientifique.



Un échantillon du processus artistique.

VI. Une évolution artistique

Nous pouvons découvrir des **micro-paysages** en zoomant et diminuant la zone d'étude.

Lorsqu'il s'agit de structures complexes créées par des couches de points, de lignes, de nœuds, de courbes et d'ombres, notre œil ne parvient pas à saisir l'intégralité de l'objet. Nous pouvons simplement essayer de nous en approcher. En utilisant la technologie et des outils scientifiques comme le microscope, le scanner, différents logiciels et interfaces graphiques ou une machine de découpe laser, nous nous rapprochons un peu plus de cette représentation authentique. Grâce à ces différents outils, l'approche artistique nous permet de décontextualiser l'image et ouvre de nombreuses voies d'interprétation.

Les différentes textures et trajets dessinés par les empreintes sont caractéristiques de chaque espèce. Grâce à plusieurs outils et technologies, ces paysages formés peuvent être transférés sur une autre surface, ce qui permet de les reproduire, d'accroître la qualité de la reproduction des ces images auxquelles nous ne prêtons que rarement attention.

En faisant appel à des procédés scientifiques tels que l'étude des stomates au microscope ou la lecture des nervures des feuilles, nous arrivons à des résultats très intéressants en termes d'arts plastiques et visuels.

Par la paramétrisation, la machine en tant que créateur réduit au minimum l'intervention de la main de l'artiste,

éliminant une partie de la subjectivité. Avec une telle approche, qui se matérialise sous la forme de matrices en bois découpées au laser, l'objectivité de l'œil humain et/ou artistique à reproduire fidèlement ou précisément ce que nous avons devant nous est remis en question. L'on peut, par conséquent, se poser la question sur l'intérêt des deux approches dans le processus de création. Qu'apporte l'intervention d'un artiste à notre interprétation du monde? Quelle est la plus-value d'une représentation objective et méthodique apportée par une machine?

VI. Una evolución artística

Los micropaisajes aparecen al disminuir el área de visión y ampliar el zoom.

Cuando se trata de estructuras complejas creadas con capas de puntos, líneas, nudos, curvas y sombras, nuestro ojo no es suficiente para captar la representación real del objeto. Sólo podemos intentar acercarnos a él y hacer posible un lugar en donde nuestra creación se haga realidad. Utilizando la tecnología y las herramientas científicas como el microscopio, el escáner, varios programas e interfaces informáticas y una máquina de corte por láser, nos acercamos un poco más a esta 'representación real'. Este enfoque también nos da la oportunidad de descontextualizar la imagen y abrir caminos diferentes para sumergirse en ella.

Las texturas y los recorridos corresponden a la huella de cada hoja, de cada especie. A través del uso de herramientas (manuales y tecnológicas), estos paisajes pueden transferirse a otra superficie, lo que permite reproducirlos y aumentar la calidad tangible de imágenes que normalmente no nos detenemos a mirar.

Haciendo uso de procesos científicos como el estudio de los estomas a través de microscopios o la lectura de las venas de las hojas, llegamos a resultados plásticos y visualmente interesantes.

A través de procesos parametrizados, se ha planteado la hipótesis de la máquina como creadora, reduciendo al mínimo la intervención de la mano artística, eliminando parcialmente el componente

subjetivo de la pieza. Desde este planteamiento, que se materializa en forma de matrices de madera realizadas mediante corte láser, se cuestiona la viabilidad del ojo humano/artístico para reproducir fielmente o con exactitud lo que tenemos delante. Y en consecuencia, se cuestiona el interés añadido que tiene una creación, desde ambos enfoques: ¿Qué aporta la intervención de un artista a nuestra interpretación del mundo? y ¿Qué nos dice la representación objetiva y metódica a través de una máquina sobre nuestro entorno?



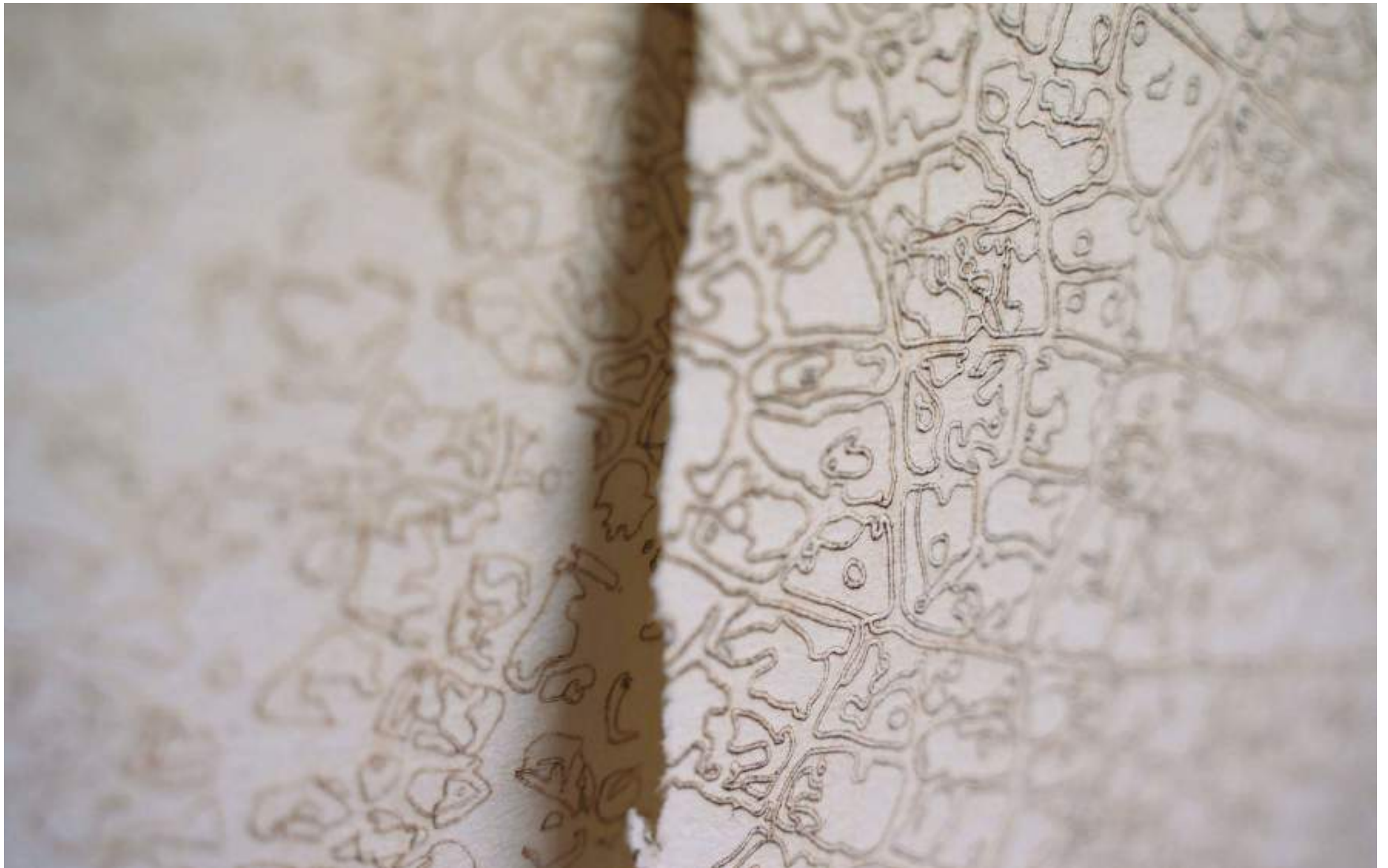
Micro-paysages en bois. Matrice xylographique par découpe laser.



Vue de l'atelier d'Antia Iglesias.

Les images qui en résultent sont, une fois encore, des échantillons et des reflets de la plante d'origine. Elles combinent une conceptualisation différente de la plante à travers des versions traitées de données numériques. Ces résultats sont une matérialisation directe de la recherche scientifique, des images créées par un ensemble de lignes et de points.

Las imágenes resultantes son, una vez más, muestras y reflejos de la planta original. Son una conceptualización de la planta a través de una versión procesada de datos numéricos; una materialización directa de la investigación científica, una imagen que conforma su interés en líneas y puntos.



Gros plan de deux impressions de gaufrage et de cendres sur papier.

VII. Termes et curiosités

La biomimétique: la conception et la production de matériaux, de structures et de systèmes qui sont inspirés de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques.

Dans le vocabulaire du design, le biomimétisme pourrait se résumer à 'trouver des solutions en utilisant des processus naturels' selon les mots du designer Shneel Malik, qui a développé le projet Indus, 'un système de traitement des eaux usées', qui est 'inspiré de l'architecture d'une feuille'. Ce système dépollue l'eau pour ensuite la réutiliser au sein de la même entreprise. L'eau s'écoule le long 'de canaux en forme de nervures contenant un hydrogel à base d'algues marines' qui absorbent les métaux lourds. (Wong, 2019).

Le Biomimicry Institute, situé dans le Montana (États-Unis), utilise le terme de 'conception bio-inspirée'. Au sein de celui-ci, nous pouvons trouver trois approches différentes, le biomimétisme, la bio-utilisation et le biomorphisme. La conception bio-inspirée est définie comme un terme général pour décrire 'les approches de conception et d'ingénierie, y compris le biomimétisme, basée sur l'observation des systèmes biologiques'.

En ce sens, 'le biomimétisme consiste à valoriser la nature car nous pouvons apprendre, et non extraire, récolter ou domestiquer. Au cours de ce processus, nous apprenons à mieux nous connaître, à connaître notre raison d'être sur Terre et notre lien avec les autres. (...) L'accent est mis sur l'apprentissage et la reproduction de

nouvelles solutions que les systèmes vivants mettent en place pour répondre à des besoins fonctionnels spécifiques'.

Le biomorphisme 'ressemble à la nature, imite les formes et les modèles naturels' (Bernett, 2015).

La bio-utilisation 'utilise la nature, tire profit des organismes ou des matériaux biologiques' (Bernett, 2015).

'Le mouvement **d'innovation bio-inspirée** pourrait offrir une opportunité de résilience face au changement climatique, aux épidémies sanitaires et à l'incertitude économique sous la forme de produits, de processus et de systèmes optimisés en termes d'énergie et de ressources' (Bernett, 2015).

Image graphique:

Compositions visuelles permettant de résoudre des problèmes et de communiquer des idées par le biais de la typographie, de l'imagerie, de la couleur et de la forme.

Techniques graphiques:

C'est le nom donné à l'ensemble des processus qui permettent de communiquer via le langage visuel en

VII. Términos y curiosidades

Biomimética: Es el diseño y la producción de materiales, estructuras y sistemas que siguen el modelo de entidades y procesos biológicos.

En el vocabulario del diseño, la biomimética podría resumirse como 'encontrar soluciones a través de procesos y recursos naturales', en palabras del diseñador Shneel Malik, que desarrolló el proyecto Indus, 'un sistema de filtración basado en azulejos, que está 'inspirado en la arquitectura de una hoja'. Regenera el agua para reutilizarla en el proceso de fabricación. El agua fluye sobre una 'serie de canales en forma de vena que contienen algas preparadas en un hidrogel a base de algas' como parte de un proceso de descontaminación' (Wong, 2019).

En el Biomimicry Institute, Montana, Estados Unidos de América, utilizan el término '**Bio-inspired design**'. Dentro de este término podemos encontrar tres enfoques diferentes, **Biomimicry, Bioutilisation y Biomorphism**. El diseño bioinspirado se define como un término general para describir 'los enfoques de diseño e ingeniería, incluyendo la biomimesis, que utilizan la biología como recurso para las soluciones'.

Bajo esta perspectiva aseguran que 'el biomimetismo consiste en valorar la naturaleza por lo que podemos aprender, no por lo que podemos extraer, cosechar o domesticar. En el proceso, aprendemos sobre nosotros mismos, nuestro propósito y nuestra conexión con los demás y con nuestro hogar en la Tierra. (...)El énfasis se

pone en el aprendizaje y la emulación de las soluciones regenerativas que tienen los sistemas vivos para los desafíos funcionales específicos'.

El **biomorfismo** 'se parece a la naturaleza, imita las formas y patrones naturales' (Bernett, 2015).

La **bioutilización** 'utiliza la naturaleza, aprovecha los organismos o los materiales biológicos' (Bernett, 2015)

'El movimiento de **innovación bioinspirada** podría ofrecer resistencia al cambio climático, a las epidemias sanitarias y a la incertidumbre económica en forma de productos, procesos y sistemas optimizados en cuanto a energía y recursos'. (Bernett, 2015)

Imagen gráfica:

Composiciones visuales para resolver problemas y comunicar ideas a través de la tipografía, las imágenes, el color y la forma.

Técnicas gráficas: Se denomina así al conjunto de técnicas, posibilidades o procesos que permiten la comunicación a través del lenguaje visual, mediante diferentes tecnologías o

variant l'utilisation de technologies ou de méthodologies. De nos jours, maîtrisons un tel éventail de compétences numériques ou analogues que nous pouvons, sans aucun doute, répondre à presque tous les besoins, tant techniques qu'expressifs. Lorsque l'on revient sur les origines de cette discipline, les premières peintures murales de mains, technique du monotype, montrent notre envie de s'exprimer en tant qu'être humain. C'est en comprenant ces origines, que nous pouvons mieux appréhender ce besoin d'expression. Le développement qui s'en est suivi est rempli de diverses techniques permettant la reproduction et la diffusion de nos pensées.

Les techniques de gravure

Originellement liées à la diffusion du savoir, les techniques de gravure sont celles qui, par des procédés mécaniques et manuels, consistent à inciser ou à creuser à l'aide d'un outil une matrice. Liées de la même manière à la création artistique, elles ont évolué au cours de l'histoire en même temps que l'innovation industrielle, favorisant l'expérimentation graphique, visuelle et technique.

Nous présentons ici une brève approche chronologique des arts traditionnels de gravure liés à la représentation botanique. Il convient de noter que dans le monde des techniques graphiques, il existe de nombreuses possibilités, de sorte que la liste ici décrite se limite à celles liées à l'histoire de l'illustration botanique (Bridson & Wendel, 1986).

L'invention de ces procédés a permis à l'illustration botanique d'aller plus loin et

de participer à un savoir collectif. Favorisant la diffusion des connaissances, les techniques de gravure ont aidé et encouragé la création d'images scientifiques. Elles constituent un témoignage de l'évolution de la flore internationale.

Xylographie: Technique d'impression en relief réalisée sur une matrice en bois. Elle est apparue au Ve siècle avant J.-C. en Orient. et au XIIIe siècle en Occident, étant la technique d'impression la plus ancienne.

Intaglio ou taille douce: Nom qui recouvre toutes les méthodes de gravure sur métal, quels que soient le mode d'impression utilisé et la manière d'obtenir l'image sur la matrice. Datant du 14e-15e siècle. Les principales techniques sont : **la gravure, l'eau-forte, la pointe sèche, le vernis mou, l'aquatinte et la manière noire.** Le procédé dit 'À-la poupée' a été la première façon d'appliquer de la couleur à la gravure en taille-douce.

Lithographie: Découverte en 1789 par Aloys Senefelder, la

methodologies. Hoy en día disponemos de un abanico tan amplio de técnicas digitales y analógicas que podemos, sin duda, responder a casi cualquier necesidad, tanto técnica como expresiva.

Cuando retrocedemos a los orígenes de esta disciplina, entendemos que la primera técnica de estampación fueron las marcas de las manos en la pared, el monotipo, registrando así nuestra necesidad de expresarnos y reconocernos como seres humanos.

Conociendo nuestros orígenes podemos entender o comprender mejor las interrelaciones derivadas de la necesidad de hacernos ver. A partir de esta época, paralelamente a los avances técnicos de la historia, aparecieron diversas técnicas que permitieron la reproducción y difusión del pensamiento plasmado.

Técnicas de grabado

Vinculadas originalmente a la difusión del conocimiento, las técnicas de grabado son aquellas que, mediante procesos técnicos y manuales, permiten la reproducción múltiple de una matriz física. Vinculadas del mismo modo a la creación artística, han evolucionado a lo largo de la historia al mismo tiempo que la innovación tecnológica, favoreciendo la experimentación gráfica, visual y técnica.

A continuación se presenta una **breve aproximación cronológica a las técnicas de grabado tradicionalmente relacionadas con la representación botánica.** Hay que tener en cuenta que dentro del mundo de las técnicas gráficas existen numerosas posibilidades, nuevos procesos y oportunidades, por lo

que la lista aquí reflejada se limita a las más tradicionales o directamente relacionadas con la historia de la ilustración botánica (Bridson & Wendel, 1986). El uso de las nuevas tecnologías, como la matriz digital/ impresión digital, ha permitido un acercamiento diferente a la idea de la ilustración botánica, pero en esta ocasión no vamos a profundizar en ellas.

Xilografía: Técnica de impresión en relieve realizada sobre una matriz de madera. Se originó en el siglo V a.C. en Oriente. V a.C. en Oriente y en el s. XIII en Occidente, siendo la técnica de impresión más antigua.

Calcografía: Nombre que engloba todas las técnicas de grabado en metal, independientemente del método de impresión utilizado y de la forma de obtener la imagen sobre la matriz. Data del siglo XIV-XV. Las principales técnicas son: grabado, aguafuerte, punta seca, vernis brando, aguatinta y mezzo-tinta. El proceso conocido como 'À-la poupée' fue la primera forma de aplicar el color al grabado calcográfico.

lithographie est une technique d'impression dont le principe est la répulsion réciproque de l'eau et des corps gras. Après avoir préparé la surface, on peut dessiner le motif à l'aide d'un crayon gras, qui retient l'encre. Le motif est transféré sur le papier en exerçant une légère pression.

D'autres techniques de gravure représentant une étape intermédiaire entre des procédés faits à la main de façon traditionnelle et la photographie sont : **le cyanotype, le daguerréotype et le calotype.**

Avec l'arrivée de la photographie, il a été question de savoir si cela constituait un remplacement ou un complément aux illustrations botaniques.

Selon une étude (Hickman et ao., 2017) la photographie botanique est de plus en plus utilisée et acceptée dans les revues botaniques comme substitut à l'illustration en raison de la rareté des experts dans le secteur ainsi que de ses coûts de production. Cependant, au tout début, la photographie était que peu utilisée sur le terrain. Nous pouvons voir dans seulement quelques livres botaniques comme dans *Ferns of the British Isles Described and Photographed*, de Sidney Courtauld (1877) des petites photographies de plantes.

De nos jours, les avis divergent encore sur la capacité de la photographie à remplacer l'œil et la main de l'illustrateur et à représenter fidèlement la plante. Cependant, toutes les techniques mentionnées, et toutes celles que nous n'allons pas aborder, nous offrent des approches différentes, et leur interrelation peut favoriser la compréhension de la plante. La combinaison de la photographie

et de l'illustration botanique nous permet, par exemple, d'avoir la structure exacte de la plante à un moment donné par la photographie, tandis que l'illustration nous ouvre une porte vers une appréciation particulière de l'anatomie résultant de l'observation fine et prolongée dans le temps.

Impression végétale: Impression directe du matériau, comme une feuille vivante ou séchée. Cette méthode d'impression directe est très intéressante et rappelle l'image digitale produite par le scanner.

Nous pouvons trouver d'autres créations graphiques ou types de livres qui sont liés à l'illustration botanique. Nous avons jugé pertinent de préciser la signification et l'origine des termes suivants : Florilegium et Herbarium. En rapport avec la collection de plantes pour la recherche et l'éducation publiques ou privées, nous fournissons également une description détaillée de ce qu'est une serre.

La **litografía:** Descubierta en 1789 por Alois Senefelder. La base de la técnica es el principio de repulsión del agua y el aceite. Sobre la superficie de la piedra se hace un gofrado de lapis de graxa, que retiene la tinta y produce la impresión por presión.

Otras técnicas de grabado que representan una etapa intermedia entre los procesos manuales tradicionales y la fotografía son: **el cianotipo, el daguerrotipo y el calotipo.**

Con la llegada de la fotografía y su consiguiente aplicación a la representación gráfica botánica, surgió un gran debate sobre su valor como sustituto o complemento de la ilustración.

Según un estudio (Hickman et ao., 2017) la fotografía botánica es cada vez más aceptada y representada en las revistas botánicas como sustituto de la ilustración debido a la escasez de expertos en el sector así como a sus costes de producción. Sin embargo, en sus orígenes esta técnica era poco aceptada en el sector. En pocos libros de botánica se utilizó la fotografía, como en *Ferns of the British Isles Described and Photographed*, de Sidney Courtauld, 1877, que contiene 20 pequeñas fotografías de plantas.

Hoy en día sigue habiendo discrepancias sobre la capacidad de la fotografía para sustituir el ojo y la mano del ilustrador y representar fielmente la planta. Sin embargo, parece necesario destacar que todas las técnicas mencionadas, y todas aquellas en las que no vamos a entrar, nos proporcionan diferentes aproximaciones al elemento representado, y su interrelación puede favorecer el descubrimiento de nuevas formas de entender el medio. La

combinación de la fotografía y la ilustración botánica nos permite, por ejemplo, acercarnos a la estructura exacta de la planta en un momento dado (fotografía) y la observación e ilustración de la naturaleza nos abre una puerta a una correcta apreciación de la anatomía y estructuras, formas reales de las hojas y una visión iluminada del elemento.

Nature printing: Principalmente relacionado con la generación directa de una impresión o registro de la matriz, siendo esta matriz una hoja, planta o elemento vegetal, seco o fresco. Este método de impresión directa tiene una especial relación e interés para nosotros porque la imagen es similar o nos remite a la matriz digital intangible producida por el escaneo.

Podemos encontrar otras creaciones gráficas o tipos concretos de libros en relación con el mundo de la ilustración botánica. Consideramos relevante aclarar la significancia y el origen de los términos: Florilegio y Herbario. Más allá de ellos y en relación

Florilegium: Comme le rapporte J. Buck pour The Botanical Artist et pour The American Society of Botanical Artists, la première Florilegia date de la fin du 16^e siècle. Les Florilegia contiennent peu ou pas de texte. L'accent est mis sur les images, visant à montrer la beauté pure et la couleur de chaque fleur, plutôt qu'à informer sur ses détails botaniques ou aspects médicaux.

Herbier: Le terme herbier est défini de différentes manières en fonction de son utilisation. Selon la British Library, un herbier est un livre de plantes qui décrit leur apparence, leurs propriétés et la manière de les utiliser pour préparer des onguents et des médicaments.

Selon Minta Collins, 'les herbiers antiques et médiévaux ont été conçus à l'origine comme des livres de *simples*, un simple étant 'un médicament ou un remède composé ou fabriqué à partir d'un seul constituant, en particulier d'une herbe ou d'une plante' (Herbiers médiévaux aux Traditions illustrées).

Un chapitre typique d'un herbier peut contenir les détails suivants (sans être exhaustif) : le nom de la plante avec ses synonymes ; les caractéristiques ; la distribution et l'habitat ; la littérature sur les découvertes précédentes ; la méthode de collecte ; les propriétés médicinales ; les éventuelles recettes pour préparer des onguents ou des cures médicales avec leurs contre-indications, s'il y en a.

Ainsi, un herbier a un but scientifique, descriptif et instructif plutôt qu'un objectif esthétique.

Les serres: sont des structures recouvertes d'un matériau transparent au sein desquelles les plantes sont cultivées dans des conditions ambiantes contrôlées. Les serres sont souvent associées à la production de légumes en hors-saison, de plantes ornementales et de cultures alimentaires à forte valeur ajoutée dans les zones à climat froid où la production de plein air n'est pas possible. Le contrôle de certains facteurs comprend la température, la lumière, les niveaux de dioxyde de carbone, l'humidité relative, l'eau, les nutriments des plantes et la lutte contre les parasites (Singh, 2008).

con el mundo de la botánica, consideramos aclarar el significado de un Invernadero.

Florilegium: Como informa J. Buck para The Botanical Artist y para The American Society of Botanical Artists, la primera Florilegia aparece a finales del siglo XVI. Las Florilegias contienen poco o ningún texto. El énfasis de las creaciones está en las imágenes, destinadas a mostrar la belleza pura y el color de cada flor, más que a informar sobre sus valores botánicos o medicinales.

Herbario: El término herbario se define de diferentes maneras en función de su finalidad principal. Según la Biblioteca Británica, un herbario es un libro de plantas en el que se describe su aspecto, sus propiedades y cómo deben utilizarse para preparar ungüentos y medicinas.

En palabras de Minta Collins para la introducción de *Los herbarios medievales a las Tradiciones Ilustrativas*, 'los herbarios antiguos y medievales fueron concebidos originalmente como libros de *simples*, siendo un simple 'una medicina o un medicamento compuesto o elaborado a partir de un único constituyente, especialmente de una hierba o planta'. Un capítulo típico de un tratado de hierbas nombra la planta, da una lista de sinónimos, describe sus características, su distribución y hábitat, informa de lo que los autores anteriores dijeron sobre ella, de sus propiedades medicinales, de cómo debe recogerse y prepararse, enumera las recetas que se hacen con ella, o enumera las curas para las que se utiliza, y da cualquier contraindicación'.

De estas definiciones se puede concluir que un herbario tiene una finalidad científica, descriptiva e incluso instructiva/educativa más que estética o representativa de las especies.

Invernaderos: Son estructuras cubiertas con un material transparente en las que se cultivan plantas en condiciones ambientales controladas. En general, los invernaderos se asocian a la producción fuera de temporada de hortalizas, plantas ornamentales y cultivos alimentarios de alto valor en zonas de clima frío donde no es posible la producción al aire libre. El control ambiental incluye la temperatura, la luz, los niveles de dióxido de carbono, la humedad relativa, el agua, los nutrientes de las plantas y el control de plagas (Singh, 2008).

VIII. Conclusions

C'est grâce aux œuvres de Kosuth que nous nous sommes interrogées sur les différents modes de représentation d'une plante. Nous avons exposé nos points de vue artistiques et scientifiques sur la plante, en utilisant différentes techniques de dessin appuyées par des données scientifiques pour la décrire. Nous avons pris en compte huit dimensions pour appréhender la plante : les mots, les nuances, les lignes, les couleurs, les racines, les données, les empreintes, les photographies. En exposant simultanément ces différents aspects, nous voulons amener le lecteur à s'interroger sur le sens de chacune des dimensions. Derrière les sept espèces d'arbres tropicaux, nous dévoilons de nouveaux angles de perception, ajoutant toujours plus d'informations pour améliorer notre compréhension de ces plantes.

Chaque élément, tiré des deux disciplines, raconte une histoire. Cependant, au-delà de la simple juxtaposition d'histoires, nous engageons une relation invisible : le lecteur est amené à admirer la beauté des dessins tout en étant pleinement conscient des données qui se cachent derrière. De plus, en explorant les différents aspects de la plante, nous invitons indirectement le lecteur à prendre conscience de l'existence de ces espèces. Grâce à ce dialogue entre l'art et la science, les données scientifiques deviennent donc plus accessibles et tangibles pour le lecteur.

L'art et la science ne sont pas si opposés. La science possède un grand potentiel graphique et visuel. Les méthodologies de recherche, les processus et les résultats qui en découlent vont au-delà du domaine scientifique. Source d'inspiration et d'information, l'art rend visible des scénarios auparavant abstraits et se présente comme un point d'union avec la communauté et le grand public. Les deux disciplines peuvent apprendre l'une de l'autre et se compléter, à la recherche d'une connaissance plus riche de notre environnement.

VIII. Conclusiones

Las obras de Kosuth nos inspiraron para cuestionar los diferentes modos de representación de una planta. Expusimos nuestros puntos de vista artísticos y científicos de la planta, utilizando diferentes técnicas de dibujo apoyadas en datos científicos para la descripción. Tenemos al menos ocho dimensiones que tener en cuenta al hablar de una planta: palabras, sombras, líneas, colores, raíces, datos, huellas, fotografías. Al mostrar simultáneamente estos diferentes aspectos, pretendemos incitar al lector a preguntarse qué significado aporta cada dimensión. Detrás de cada una de las siete especies de árboles tropicales, desvelamos nuevos ángulos, añadiendo siempre más información para mejorar nuestra comprensión de estas plantas.

Cada elemento tomado de las dos disciplinas diferentes puede relatar respetuosamente una historia. Sin embargo, no sólo se trata de una yuxtaposición de historias, sino que entablamos una relación invisible: el lector se siente atraído por la belleza de los dibujos mientras es plenamente consciente de los datos que hay detrás. Además, al explorar los diferentes aspectos de la planta, apelamos indirectamente a la conciencia del lector sobre la existencia de dichas especies. A través de este diálogo entre arte y ciencia, los datos científicos se hacen más cercanos y tangibles para el lector.

El arte y la ciencia no son opuestos. La ciencia tiene un gran potencial gráfico desde la perspectiva del arte, así como metodologías de investigación, procesos y resultados que van más allá del ámbito científico. Siendo una fuente de inspiración e información, el arte hace visibles escenarios antes teóricos y se presenta como un punto de unión con la comunidad y el público en general. Ambas disciplinas pueden aprender la una de la otra y complementarse, buscando un conocimiento más redondo y completo de nuestro entorno.



References

- Alsina, P. (2007). *Arte, ciencia y tecnología* (spanish edition). Editorial UOC.
- Bridson, G. D. R., & Wendel, D. E. (1986). *Printmaking in the service of botany*. Hunt institute for botanical documentation.
- Brockway, L. B. (1979). *Science and Colonial Expansion: The Role of the British Royal Botanic Gardens*. New York: Academic Press.
- Bennett, A. (2017, 15 febrero). *Biomimicry, Bioutilization, Biomorphism*. Terrapin Bright Green. <https://www.terrapinbrightgreen.com/blog/2015/01/biomimicry-bioutilization-biomorphism>
- Das, S. & Lowe, M. (2018). *Nature Read in Black and White: decolonial approaches to interpreting natural history collections*. *Journal of Natural Science Collections*, Volume 6, 4 - 14, <http://www.natsca.org/article/2509>
- Flannery, Maura. 'Plant Humanities and Decolonial Collections'. *Herbarium World*, 14 Dec. 2021, <https://herbariumworld.wordpress.com/2021/12/14/plant-humanities-and-decolonial-collections/>.
- Hickman, E. J., Yates, C. J., & Hopper, S. D. (2017). *Botanical illustration and photography: A southern hemisphere perspective*. *Australian Systematic Botany*, 30(4), 291-325. <https://doi.org/10.1071/SB16059>
- Legido, C. (2022). *Herbarios imaginados. Entre el arte y la ciencia*. EDICIONES COMPLUTENSE.
- Maxwell, Kate, and Giles N. Johnson. 2000. 'Chlorophyll Fluorescence, a Practical Guide'. *Journal of Experimental Botany* 51 (345): 659-68.
- Pauli, Duke, Jeffrey W. White, Pedro Andrade-Sanchez, Matthew M. Conley, John Heun, Kelly R. Thorp, Andrew N. French, et al. 2017. 'Investigation of the Influence of Leaf Thickness on Canopy Reflectance and Physiological Traits in Upland and Pima Cotton Populations'. *Frontiers in Plant Science* 8. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2017.01405>.
- Penone, G. (2021). *Sève et pensée* (J. C. Bailly, Trad.). Bibliothèque nationale de France. https://www.academia.edu/6188833/The_Ecological_Niche_History_and_Recent_Controversies

- Pocheville, Arnaud. 2015. 'The Ecological Niche: History and Recent Controversies'. *Handbook for Evolutionary Thinking* - Springer, January. https://www.academia.edu/6188833/The_Ecological_Niche_History_and_Recent_Controversies.
- Richard, H., & Ateni, J. (2021). *Guide des arbres de guyane* (3.a ed.). Office National des Forêts.
- Ruiz De Samaniego, A. (2014). *Eidos da imaxe. Grafias dos feitos e do pensamento*. Tórculo. <https://doi.org/10.1111/nph.12253>
- Sack, Lawren, and Christine Scoffoni. 2013. 'Leaf Venation: Structure, Function, Development, Evolution, Ecology and Applications in the Past, Present and Future'. *New Phytologist* 198 (4): 983-1000. <https://doi.org/10.1111/nph.12253>.
- Sosef, Marc, Jérôme Degreef, Henry Engledow, and Pierre Meerts. 2020. *Botanical Classification and Nomenclature - an Introduction* (version 1). Meise, Belgium: Meise Botanic Garden. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3706707>.
- Sciart. (s. f.). *Collaborations between the Arts & Sciences making the secrets of the world we live in more intelligible to the human imagination*. Recuperado 5 de marzo de 2022, de <https://sciart.org.uk/> <https://doi.org/10.5281/zenodo.3706707>
- What is biomimicry? (s. f.). *Biomimicry.org*. <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/#:~:text=Biomorphism%20refers%20to%20designs%20that,for%20nature%20and%20natural%20forms>.
- Wong, H. (2019, 2 septiembre). *How biomimicry is driving innovation in design*. *Designweek.co.uk*. Recuperado 7 de abril de 2022, de <https://www.designweek.co.uk/issues/2-8-september-2019/how-nature-can-inspire-sustainable-design/>

Remerciements

Cette étude n'était pas seulement une recherche, mais une expérience de vie qui nous a fait prendre conscience de la nécessité de ce type de projet. La multidisciplinarité est une innovation. Ce n'est qu'avec l'innovation que nous avançons vers le changement.

Nous tenons à remercier nos directeurs de thèse, pour leur confiance et leur soutien à un projet qui sortait de l'ordinaire... Merci à Heidi Schimann, Sabrina Coste, Clément Stahl, Ann Heyvaert et Ángeles Cancela.

Nous remercions l'Université de Guyane, le CNES et la Collectivité Territoriale de Guyane pour le financement d'une bourse doctorale accordée à Marion Boisseaux. Nous remercions la Xunta de Galicia, Universidade de Vigo pour le financement d'une bourse doctorale accordée à Antia Iglesias dans le cadre du programme du Xunta de Galicia 2021. Nous remercions le CEBA (Centre d'Etude de la Biodiversité Amazonienne) qui a financé le projet DRYER en 2021 et qui nous a accordé un financement supplémentaire pour réaliser l'édition de ce livre. Nous remercions l'UMR EcoFog d'avoir accueilli cette collaboration et remercions Dx5 Digital et graphic art_research de l'avoir soutenue de loin. Nous remercions le Laboratoire de Fabrication Station K de Kourou et l'équipe de l'Herbier de l'IRD de Cayenne pour leur temps.

Nous remercions tous ceux qui ont participé à cette aventure.

Agradecimientos

Este estudio no fue sólo una investigación, sino una experiencia vital que nos hizo ver que este tipo de proyectos son necesarios. La multidisciplinariedad es innovación. Y la innovación es lo que nos llevará a un cambio en la buena dirección.

Nos gustaría agradecer a nuestros supervisores de doctorado, por su ánimo y confianza al apostar por una propuesta fuera de lo común... Gracias a Heidi Schimann, Sabrina Coste, Clément Stahl, Anne Heyvaert y Ángeles Cancela.

Agradecemos a la Universidad de Guyane, al CNES y a la Collectivité Territoriale de Guyane, la beca de doctorado concedida a M. Boisseaux. Agradecemos a la Xunta de Galicia y a la Universidade de Vigo por una beca de doctorado a A. Iglesias dentro del programa de becas predoctorales de la Xunta de Galicia 2021. Agradecemos al CEBA (Centro de Estudios de la Biodiversidad en la Amazonia) que financió el proyecto DRYER en 2021 y que nos concedió los medios para realizar esta edición de la publicación, así como la exposición recogida en el evento CEBA 2022, 04 y 05 de Octubre de 2022, en Cayenne. Agradecemos a la UMR EcoFog por acoger esta colaboración y al Dx5 Digital y graphic art_research por apoyarla en la distancia. Agradecemos a Fab Lab Guyane connect y al equipo de L'Herbier IRD de Guyane por su tiempo.

Agradecemos a todos los que han participado en esta aventura.



Marion Boisseaux

Elle a étudié à Agrocampus-Ouest, une école d'ingénieur d'horticulture et de paysage, à Angers, en France. Lors d'un semestre d'échange à l'université de Wageningen, aux Pays-Bas, elle s'est spécialisée en horticulture. La botanique tropicale l'a toujours inspirée et elle a décidé d'étudier la gestion des écosystèmes et des forêts tropicales à AgroParisTech, à Montpellier et à Kourou. Après avoir obtenu son diplôme en 2018, elle a travaillé pendant un an et demi à l'Office National des Forêts (ONF) à Mayotte. Elle a décidé de se concentrer sur le domaine de l'écologie tropicale et a commencé son doctorat à l'Université de Guyane en 2020.

Marion estudió en Agrocampus-Ouest, una escuela de ingeniería en horticultura y paisajismo, en Angers (Francia). Durante un semestre de intercambio en la Universidad de Wageningen, en los Países Bajos, se especializó en horticultura. La botánica tropical siempre la inspiró y decidió estudiar gestión de ecosistemas tropicales en AgroParisTech, en Montpellier y en Kourou. Tras graduarse en 2018, trabajó durante un año y medio en el Instituto Nacional Forestal francés (ONF) en Mayotte. Decidió centrar su curiosidad y comenzó su doctorado en Ecología Tropical en la Universidad de Guyana en 2020.



Antía Iglesias Fernández

Artiste des arts visuels, designer et étudiante en thèse dans le groupe 'Dx5 Digital et art graphique', Antia a reçu son diplôme des Beaux-Arts en 2019, avec une spécialisation en arts graphiques et en gravure. Elle étudie son Master en direction d'art et publicité (2020) et commence son doctorat en créativité, innovation sociale et durabilité à l'Université de Vigo, financée par les contrats pré-doctoraux de la Xunta de Galicia en 2021. Dans sa recherche et sa création, elle se concentre sur les interconnexions entre la nature, l'art, le design et la science. À travers des pratiques et des matériaux durables, elle recherche l'interdisciplinarité appliquée à l'objet, en travaillant à la frontière de différents domaines.

Artista visual, diseñadora i estudianta predoctoral del grupo Dx5 Digital y graphic art_research. Grado en Bellas Artes en 2019, especializada en artes gráficas y estampación. Máster en Dirección de Arte y Publicidad (2020) y doctoranda en Creatividad, Innovación Social y Durabilidad en la Universidade de Vigo, financiada por contratos predoctorales de la Xunta de Galicia en 2021. Tanto en su investigación como en su práctica se centra en trabajar con las interconexiones entre naturaleza, arte, diseño y ciencia. A través de prácticas y materiales sostenibles busca la interdisciplinariedad aplicada al objeto, trabajando dentro de las fronteras de diferentes campos.



Nous vous remercions d'avoir partagé cette expérience avec nous. A travers les yeux d'une artiste et d'une scientifique, nous espérons vous avoir apporté une compréhension originale, qui ne sera jamais assez complète, de la multidimensionnalité de la plante.

Gracias por compartir esta experiencia con nosotras. A través de los ojos del arte y la ciencia, esperamos haberos aportado una comprensión original, aunque nunca completa, de la multidimensionalidad de la planta.



