

# BIODIVERSITÉ AU SUD

---

Recherches  
pour un monde durable

---



# **BIODIVERSITÉ AU SUD**

---

Recherches pour un monde durable

---



# BIODIVERSITÉ AU SUD

---

Recherches  
pour un monde durable

---

IRD Éditions  
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2020

## Rédaction

Viviane Thivent/Les Transméduses

## Coordination éditoriale

Corinne Lavagne

## Conception maquette et mise en page

Charlotte Devanz

Sauf mention particulière, les photos de cet ouvrage  
sont issues de la banque d'images Indigo (IRD)

## Photo de couverture

*Swim At The Lake* - Henri Robert Brésil -

Avec l'aimable autorisation de [www.naderhaitianart.com](http://www.naderhaitianart.com)

La loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2020

ISBN papier : 978-2-7099-2850-2

ISBN PDF : 978-2-7099-2851-9

---

## **DIRECTION SCIENTIFIQUE**

---

Jean-François Agnès  
Olivier Dangles  
Estienne Rodary

---

## **COMITÉ ÉDITORIAL**

---

Marie-Lise Sabrié  
Thomas Mourier  
Corinne Lavagne

Chaque texte de l'ouvrage est accompagné par  
des logotypes qui renvoient aux dix-sept objectifs  
du développement durable promus par l'ONU en 2015  
([www.un.org/sustainable-development/fr](http://www.un.org/sustainable-development/fr))

# SOMMAIRE

- 8 Préface
- 11 Introduction

---

## 18 De nouveaux outils pour étudier la biodiversité

---

- 18 Nager dans un flux d'informations
- 20 L'intelligence artificielle au secours de la biodiversité
- 22 Le protocole de Nagoya, entre ambition et efficacité
- 24 À l'écoute de l'environnement
- 26 Un botaniste dans mon smartphone
- 28 La génétique pour identifier les capacités adaptatives des coraux

---

## 30 Protéger la biodiversité

---

- 30 Changer les eaux usées en engrais et embellir les villes
- 32 Des barrages et des poissons
- 34 La forêt guyanaise cataloguée
- 36 Des oiseaux et des touristes comme objets d'étude
- 38 Pour que réglementation rime avec appropriation
- 40 La part des oiseaux

---

## **42 Biodiversité et santé**

---

- 42 Une nature luxuriante protège des pandémies
- 44 Aux avant-postes de l'ethnopharmacologie
- 46 Sur la piste des maladies infectieuses
- 48 Contrôler l'inéluctable

---

## **50 La biodiversité pour se nourrir**

---

- 50 L'arbre, pilier de l'agriculture
- 52 Vers une aquaculture durable
- 54 La pêche adaptative, c'est le Pérou !
- 56 Des pâturages et des hommes sous perfusion glaciaire
- 58 Gardiens de la diversité agronomique
- 60 Le riz comme bien commun
- 62 Le potentiel du monde du dessous
- 64 Les mangroves, un nouvel Eldorado ?
- 66 Plantes en symbiose
- 68 La forêt amazonienne cache l'abattis

- 
- 70 Liste des contributeurs scientifiques

---

## Préface

---

VALÉRIE VERDIER

Présidente-directrice générale  
de l'Institut de recherche pour le développement

C'est avec un vrai plaisir que je préface cet ouvrage, qui présente des recherches et leurs résultats choisis parmi les actions les plus illustratives de l'IRD en faveur de la biodiversité et du développement durable. En cette période charnière entre la déconvenue du bilan des objectifs d'Aichi et l'espoir de la définition d'un nouvel agenda post 2020 pour la biodiversité, il apparaît plus que jamais urgent de présenter comment la recherche peut aider à relever le défi mondial de la préservation de la biodiversité.

Nous le savons, le développement durable et plus encore la science de la durabilité ont une histoire relativement courte : le premier a été formalisé à l'orée des années 1990 dans le sillage de la Conférence de Rio et la seconde est montée en puissance il y a moins de dix ans. L'IRD est une institution scientifique certes plus ancienne, mais la structuration de ses recherches a favorisé une science originale au sein de laquelle ont émergé des problématiques liées aux enjeux de connaissance et de préservation de la biodiversité ainsi qu'à la durabilité des modes de vie actuels.

Cette position singulière s'explique, en premier lieu, par l'engagement au long cours de l'Institut aux côtés de nos partenaires des pays du Sud. Depuis plus de soixante-quinze ans, les recherches menées au sein de l'IRD ont privilégié une présence sur le terrain sur un temps long, favorisant des collaborations renforcées avec les partenaires. Cette exigence s'est affirmée ces dernières années avec une forte volonté de systématiser un partenariat durable et équitable, qui puisse avoir à la fois un impact réel sur la durabilité des sociétés et des environnements du Sud, et un effet levier sur les capacités de recherche dans ces régions du monde.

La seconde raison a trait au caractère pluridisciplinaire des recherches menées à l'IRD. Répondre aux enjeux de « développement » a conduit l'Institut à développer une science capable de croiser les disciplines quand l'exigent les questions humaines, sociales ou écologiques auxquelles les pays du Sud sont confrontés. Certes l'IRD, comme la plupart des organisations de recherche à travers le monde, a longtemps adopté une approche du développement dont on connaît aujourd'hui les conséquences parfois négatives sur les milieux

naturels et les dynamiques environnementales. Malgré cela, la forte pluridisciplinarité pratiquée à l'IRD permet aussi qu'émergent des approches plus intégrées et davantage susceptibles de prendre en compte les interactions entre les humains et les non-humains.

De tous les grands enjeux environnementaux contemporains, la protection de la biodiversité est probablement l'une des problématiques les plus complexes, car elle associe des tendances globales à des contextes locaux et spécifiques. La complexité augmente encore quand on sait que cette biodiversité que l'on veut protéger ne peut pas être appréhendée en dehors des interactions avec les sociétés humaines qui vivent avec, l'utilisent, la gèrent, la valorisent, la protègent et la détruisent parfois. En raison de cette complexité, il est urgent de mettre en marche un processus de recherche axé sur les utilisateurs et co-construit avec eux, qui s'appuie sur les connaissances issues de divers systèmes de savoirs scientifiques, sociétaux et traditionnels.

L'IRD se mobilise aux côtés d'organisations qui, comme l'UICN, œuvrent depuis soixante-dix ans pour la protection de la biodiversité, et d'institutions plus récentes, comme l'IPBES et la FRB, qui ont indéniablement fait connaître la biodiversité et lui ont permis de devenir un véritable enjeu de société, mais aussi aux côtés de tous les acteurs – chercheurs, praticiens, décideurs et habitants – qui concourent à l'extraordinaire vitalité des recherches menées dans les pays du Sud. L'IRD reste ainsi engagé pour une science capable de produire des savoirs utiles et mobilisables au Sud, une science de la durabilité au sens fort du terme, qui puisse conserver la biodiversité et la Terre et les rendre durablement vivables pour l'humanité.

Ce livre est un jalon important de cet objectif de durabilité, en ce qu'il recense et synthétise quelques-unes des recherches les plus marquantes menées par les chercheuses et chercheurs de l'IRD et leurs partenaires dans un effort de compréhension et de sauvegarde de la biodiversité. Cette initiative ne devra pas rester isolée dans l'agenda international, mais se construire en considérant les conflits et synergies avec les autres objectifs du développement durable, dans les limites de viabilité du système Terre.



---

## Introduction

---

ESTIENNE RODARY

Directeur de recherche en géographie environnementale  
Directeur du département Sociétés et mondialisation  
de l'Institut de recherche pour le développement

Depuis leur émergence au tournant des années 1990, les deux notions de biodiversité et de développement durable ont eu un profond impact sur les conceptions que nous avons des relations entre les humains et l'environnement. Malgré leur convergence, les articulations entre ces deux concepts n'ont pas toujours été évidentes, pour des raisons à la fois historiques et politiques, mais elles s'orientent actuellement vers une double exigence de connexion entre enjeux sociaux et écologiques et d'inscription de cette connexion dans un souci éthique et de justice.

---

### Le temps long de la conservation de la nature

---

Si le terme de biodiversité n'est créé qu'à la fin des années 1980, les politiques de conservation de la nature ont une histoire bien plus longue, dans laquelle l'UICN a joué un rôle tout à fait central. Les premières mesures de protection de la nature émergent dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, elles se diffusent à l'échelle mondiale dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle et elles continuent depuis cette date à gagner en importance, à la fois quantitativement et qualitativement. Les aires protégées ont, en particulier, représenté l'outil principal des politiques de conservation pendant la majeure partie de leur histoire. Quasi inexistantes à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, elles couvrent aujourd'hui environ 17 % des terres émergées. La montée en puissance des enjeux maritimes a eu, de plus, pour conséquence d'entraîner les politiques de conservation vers les océans où désormais se créent les plus nombreuses et les plus grandes aires protégées. Mais la conservation ne se limite pas à ces outils spatiaux et on a vu depuis une trentaine d'années se multiplier d'autres types d'instruments visant à protéger la biodiversité, au premier rang desquels ceux fondés sur les services écosystémiques, les paiements pour services environnementaux, la compensation biodiversité, etc.

Ces différents instruments visent tout à la fois à renforcer la dimension incitative de la conservation en l'inscrivant dans des logiques marchandes et à diversifier les outils dont les politiques de conservation disposent.

---

**La biodiversité :  
d'une approche sectorielle  
à un concept intégrateur**

---

Dans un mouvement concomitant, les politiques de la biodiversité ont cherché à diversifier les acteurs susceptibles d'être intéressés et engagés dans des actions de conservation. Cela s'est traduit dans un premier temps par une attention portée à ce qu'on appelle improprement les « populations locales », c'est-à-dire les acteurs les plus directement touchés dans leurs activités par les mesures de conservation. Une deuxième diversification s'est opérée, d'une part, avec la globalisation des acteurs de la conservation dans les réseaux professionnels dont les origines géographiques sont de plus en plus diverses et, d'autre part, avec les instruments scientifiques et les outils de communication, aujourd'hui structurés à l'échelle mondiale.

En somme, les politiques de conservation ont tenté depuis l'apparition du concept de biodiversité de prendre en compte la biodiversité à différents niveaux. Déjà dans les dynamiques écologiques, évaluées non plus uniquement à l'aune du degré de perturbation par les activités humaines, mais en prenant en compte les histoires spécifiques des écosystèmes et la diversité que ces différentes trajectoires peuvent produire. Ensuite, la biodiversité a amené à tenir compte de la diversité humaine et de l'extrême multiplicité des pratiques et savoirs qui lui sont associés, ce qui a conduit à la diversification des instruments et outils aptes à réguler ces interactions complexes.

On voit ainsi que la structuration de la science et de la politique autour du concept de biodiversité a suscité un basculement radical depuis une position d'isolement, où il s'agissait de protéger des espèces ou des espaces particuliers, vers un objectif d'incorporation de la biodiversité (ce que les anglophones appellent le *mainstreaming*) dans l'ensemble des domaines de l'action politique.

---

## **Le développement durable : une approche holistique**

---

Notion apparue au même moment que celle de biodiversité, le développement durable s'inscrit dans une dynamique similaire de transformation de notre rapport à l'environnement. Il s'en distingue cependant par une entrée résolument holistique. Comme la biodiversité, le développement durable est explicitement tourné vers la prise en compte des enjeux environnementaux dans le fonctionnement des sociétés. Mais il le fait d'une manière surplombante, comme cadre analytique devant orienter les choix sociétaux et l'action politique.

Là où les politiques de biodiversité partent d'un objectif spécifique — la protection des organismes vivants — et cherchent à l'intégrer à l'ensemble des dynamiques sociales, la durabilité offre un contexte théorique dans lequel peut se positionner tout type d'action. Le graphique le plus représentatif du développement durable — où la sphère « écologie » chevauche les sphères « social » et « économie » — résume l'ambition du concept : celui-ci poursuit avec l'objectif initial du développement de subsumer en un seul référent la totalité des objectifs de l'action politique, mais en lui adjoignant une préoccupation environnementale.

---

## **Les objectifs du développement durable : la réinscription d'enjeux éthiques**

---

La formalisation des objectifs du développement durable (ODD) sur le plan international en 2015 pourrait apparaître comme un simple degré supplémentaire de prise en compte de la question environnementale dans les sphères décisionnelles au niveau global. Il apparaît néanmoins que les ODD opèrent en réalité un glissement partiel mais significatif de retour vers les enjeux sociaux. Les objectifs d'égalité entre les sexes, d'éducation de qualité, de vie saine ou encore de réduction des inégalités entérinent,

parmi d'autres, la réinscription des questions d'éthique et de justice dans les cadres normatifs des institutions internationales. Ce faisant, ils traitent moins de l'incorporation des problématiques environnementales dans les affaires humaines que de l'impulsion d'une dimension éthique dans les politiques de la nature.

Quels peuvent être les résultats concrets de ces normes et de ces référents politiques énoncés dans des instances politiques nationales ou globales ? L'histoire des politiques de développement, comme les controverses qui ont accompagné l'institutionnalisation du développement durable, révèle les problèmes d'articulation entre des déclarations politiques et leur application effective, que ceux-ci soient dus à des difficultés réelles de mise en œuvre ou à des prises de position masquant des stratégies diamétralement opposées. Les enjeux de transformation structurelle que pose le réchauffement climatique illustrent parfaitement le décalage qui peut exister entre une scène médiatique d'énonciation et l'inscription à l'agenda politique. Dans le domaine de la biodiversité, ce décalage peut être exacerbé encore davantage par les spécificités de structure et de fonctionnement écologique et social propres à chaque milieu et à chaque territoire, pour lesquelles une gouvernance globale de la biodiversité ne peut se résumer à une solution unique.

---

### **Durabilité, diversité et éthique au cœur des enjeux scientifiques**

---

Si le triple enjeu d'incorporation de la biodiversité dans la société, d'approche holistique et de réinscription éthique du développement durable dessine un cadre politique d'autant plus complexe qu'il est ambitieux, son appropriation dans les pratiques de la recherche constitue un socle sur lequel peut se bâtir la science actuelle, dans ses rapports au monde social et naturel comme dans son fonctionnement interne.

Les différents exemples présentés dans cet ouvrage illustrent chacun dans leur domaine des pratiques de recherche, des collaborations institutionnelles,

des engagements sociaux et des résultats scientifiques s'inscrivant dans ce cadre. Ils contribuent à définir des jalons d'expérience, où la science est pensée et mise en pratique à travers quatre exigences :

- une prise en compte des interactions complexes entre dynamiques écologiques et sociales ;
- un engagement auprès du monde extérieur à la recherche, seul capable d'identifier les enjeux auxquels font face les sociétés et de pouvoir y répondre ;
- une capacité à répondre à la fois à des problématiques globales, au sens holistique du terme, et à des contextes spécifiques, non réductibles à des solutions universelles ;
- une pratique de recherche intégrant une démarche éthique, depuis le positionnement individuel des chercheurs jusqu'aux objectifs institutionnels en passant par les logiques de collaboration et de partenariats.

L'organisation de l'ouvrage permet de rendre compte de cette quadruple exigence à travers différentes expériences et résultats de recherche. L'ouvrage aborde la biodiversité *via* quatre thématiques : les outils d'étude et d'observation, les enjeux de protection, les interactions avec la santé et les liens avec l'alimentation.

Les outils utilisés et développés par l'IRD pour étudier la biodiversité visent à l'acquisition de données de masse encore trop souvent lacunaires dans les pays du Sud, à l'amélioration de leurs usages et à l'accompagnement dans leur diffusion et leur appropriation par les acteurs des pays partenaires. Des approches transectorielles permettent par exemple de croiser les données de la biodiversité avec de multiples autres dynamiques : changement climatique, évolution de l'utilisation du sol, déforestation, etc. De même, la complexité des processus écologiques amène à privilégier des technologies innovantes comme l'intelligence artificielle pour comprendre leur mécanisme, ou des technologies originales comme l'enregistrement sonore pour appréhender l'état de la biodiversité. Mais les outils sont également conçus comme des interfaces avec les acteurs de la biodiversité, à l'image du protocole de Nagoya qui définit les conditions d'utilisation de la biodiversité à des fins scientifiques et de partage des avantages de cette utilisation, ou des instruments au croisement de la participation naturaliste et des logiciels d'analyse d'image, comme l'application *PI@ntNet*.

La protection de la biodiversité n'est pas envisagée à l'IRD comme une politique réduite à la conservation d'espaces hors des sociétés. Elle prend au contraire en compte les potentialités de protection qu'offrent certaines pratiques anthropiques (comme l'utilisation des eaux usées comme engrais), les risques que d'autres activités peuvent faire courir aux espaces protégés (comme le tourisme animalier dans des îlots isolés) et veille surtout à ce que les mesures réglementaires et législatives puissent être en concordance avec les logiques d'appropriation sociale de ces mesures. En parallèle, l'IRD s'intéresse aux enjeux de protection d'espèces mobiles, qu'il s'agisse de l'impact des pêcheries sur les oiseaux marins ou des réseaux éco-techniques d'espèces invasives.

La santé est probablement l'un des domaines où les avancées récentes sont les plus importantes et mettent en exergue des interactions fortes avec la biodiversité, comme l'a illustré en négatif la crise de la covid-19. L'IRD a développé depuis longtemps des recherches dans ce champ, en montrant par exemple la corrélation négative entre diversité biologique et risque de diffusion de maladies entre animaux et humains, ou encore en décrivant les liens entre maladies infectieuses et l'écosystème intestinal qu'est le microbiote. Dans le domaine médical, l'IRD s'est également distingué par une attention portée aux croisements avec des thématiques sociales, à l'image des études portant sur l'ethnopharmacologie.

La question alimentaire est un autre domaine qui croise la biodiversité de manière multiforme et dont les enjeux sont aujourd'hui au cœur des politiques de durabilité. L'IRD intervient ici dans l'étude de socioécosystèmes qui peuvent être marginaux dans les approches dominantes des politiques de biodiversité mais s'avèrent cruciaux à la fois pour la biodiversité et l'alimentation des populations de ces espaces. C'est le cas des agroforêts, des mangroves, ou encore de pâturages aussi particuliers que les zones herbeuses situées en dessous des glaciers andins. Des systèmes alimentaires durables doivent également être adaptatifs – ce que montrent des études sur les pêcheries au Pérou –, intégrés – à l'image des expériences menées autour de l'aquaculture durable ou de la prise en compte de la diversité biologique des sols – et politiques – quand des chercheurs du monde entier séquent le génome du riz pour qu'il ne soit pas privatisé. En parallèle, l'IRD s'intéresse au maintien de la diversité des ressources génétiques et à la compréhension

des mécanismes permettant de réduire les intrants pétrochimiques, par exemple en étudiant les symbioses plantes-bactéries capables de produire des engrais naturels.

On le voit, l'ensemble des exemples développés dans l'ouvrage montre à quel point la biodiversité ne peut plus être envisagée scientifiquement dans une vision disciplinaire et sectorielle, mais qu'elle doit au contraire être croisée avec les principales dynamiques, humaines et non humaines, qui déterminent les changements globaux et localisés auxquels nous faisons face aujourd'hui. La démarche de durabilité mise en place par l'IRD se veut une modeste contribution à cette entreprise titanesque, mais exaltante !

# Nager dans un flux d'informations

La quantité des images satellitaires et des données qui en sont issues sur la biodiversité est telle qu'elle ouvre de nouvelles voies de recherche, pour lesquelles les spécialistes de la biodiversité, de la télédétection et de l'intelligence artificielle doivent collaborer. Cet apport inédit de connaissances constitue un enjeu majeur pour les pays du Sud, où la biodiversité est moins bien répertoriée.



Relevé de végétation, Cameroun.

Depuis les années 1970, les chercheurs observent la biodiversité en décortiquant des images satellitaires. Depuis, les signaux et les capteurs n'ont eu de cesse de se diversifier et de se multiplier, ouvrant de nouvelles voies en matière de détection d'espèces, d'habitats ou de fluctuations naturelles ou anthropiques du milieu. Mais ces progrès techniques posent aussi de nouvelles difficultés. Car le flux exponentiel d'informations et la montée en puissance de l'intelligence artificielle ont pour effet que deux champs scientifiques cohabitent désormais, celui de l'analyse des données et celui de leur interprétation.

Le risque maintenant, c'est que ce flux de données illimité, la complexité des traitements et les problèmes d'accès aux données, de leur gestion et de leur stockage l'emportent sur la problématique elle-même : la compréhension des dynamiques du paysage ou de la végétation. L'enjeu est donc d'organiser la recherche pour qu'un dialogue et une collaboration durables s'établissent entre spécialistes de la biodiversité et spécialistes en traitement des données.

Pour répondre aux mêmes questions, tous doivent mobiliser leur discipline respective, et adapter leurs méthodologies pour produire les connaissances les plus pertinentes en relation avec les enjeux du développement durable. Ces nouvelles méthodes d'analyse des données font d'ores et déjà émerger de nouvelles façons d'appréhender les connaissances sur le monde végétal.

Dans les domaines impliquant l'analyse de processus complexes comme la déforestation, les capacités de stockage du carbone ou les dynamiques des paysages agricoles et agroforestiers, de nouvelles approches

---

## PARTENAIRES

---

Université de Brasilia, Brésil

Université Fédérale Rurale d'Amazonie, Brésil

Université d'Antananarivo, Madagascar

Centre national de recherche sur l'environnement, Madagascar

Université de Yaoundé I, Cameroun

---



... De nouvelles collaborations sont nécessaires entre chercheurs en traitement des données, en sciences de la vie et en sciences humaines pour faire émerger de la masse des données une cartographie des dynamiques de biodiversité innovante et robuste à l'usage des gestionnaires ...



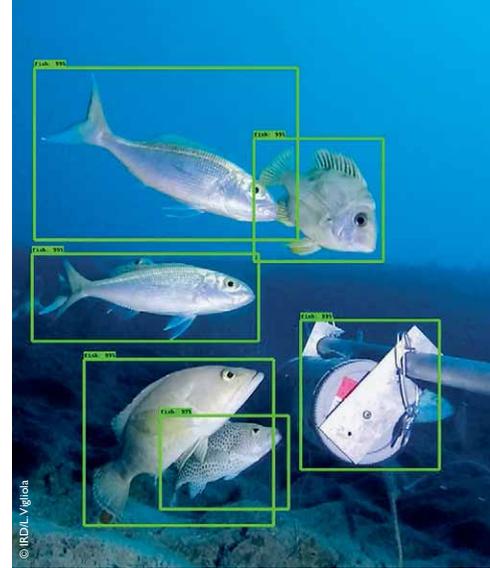
Estuaire du fleuve Betsiboka, Madagascar. Image Sentinel 2, capteur MSI.

se mettent en place : combiner plus systématiquement les données de capteurs complémentaires (optique, lidar et radar), chacun apte à percevoir une des facettes de la complexité ; instaurer des démarches de généralisation rigoureuses, pour aller de l'information de terrain jusqu'à la cartographie régionale ou continentale : on peut ainsi détecter à la fois des individus comme des palmiers au sein de différentes formations et la dynamique des grands massifs forestiers à l'échelle de la planète.

L'objectif à terme sera de mettre en place des dispositifs d'observation automatisés, à même de mesurer les effets des changements climatiques et des politiques de conservation de la nature en lien avec les demandes sociétales.

# L'intelligence artificielle au secours de la biodiversité

Le changement climatique est là. Il est global et ses impacts sont particulièrement difficiles à évaluer, notamment lorsqu'il est question d'estimer l'érosion de la biodiversité.



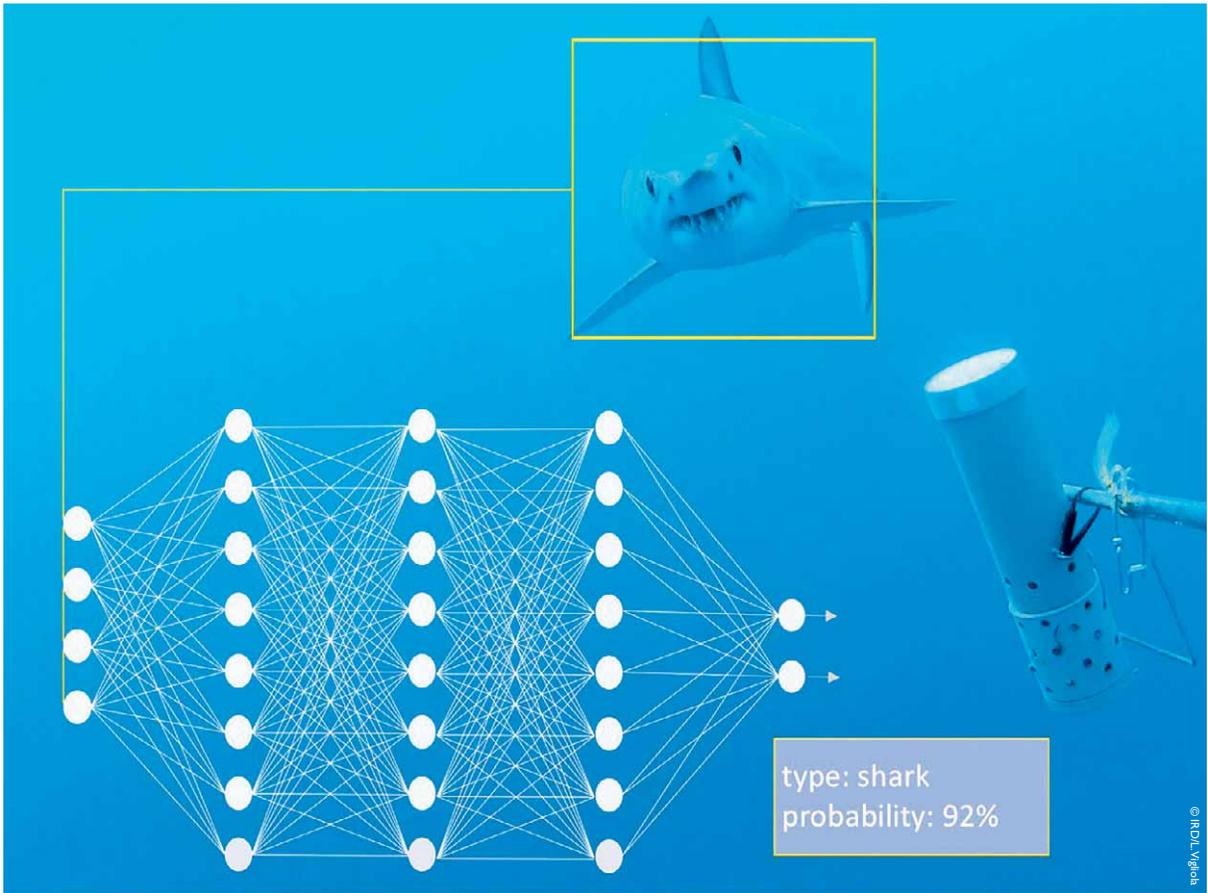
Détection de poissons marins profonds par *deep learning*, Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud.

C'est un virage entamé il y a dix ans, et qui depuis cinq ans ouvre une nouvelle voie dans le monde de la conservation de la biodiversité, celle de l'intelligence artificielle (IA). Grâce à elle, les ordinateurs sont désormais en capacité de tirer le meilleur des banques de données, d'images ou de sons accumulées aux quatre coins du monde par les chercheurs.

Le *deep learning* en particulier est une approche qui offre de nombreux avantages pour analyser des données issues de capteurs. Il permet de détecter et catégoriser des animaux sur des images ou des vidéos terrestres ou sous-marines. Ses performances égalent et quelquefois surpassent celles de l'humain en analysant des millions d'images très rapidement. Il est notamment utilisé pour estimer la biodiversité des poissons dans les récifs coralliens, le domaine pélagique et les monts sous-marins du Pacifique Sud.

Le champ des possibles est tel qu'il devient plus que jamais intéressant d'acquérir, *in situ*, des données d'observation de la biodiversité et d'utiliser l'IA pour en extraire l'information utile. L'une des bases de données les plus intéressantes en la matière est le Global Biodiversity Information Facility (GBIF), qui recense toutes les données ouvertes concernant le vivant, de la bactérie aux grands vertébrés. Un bric-à-brac d'informations hétérogènes que l'intelligence artificielle – et plus

... De nouvelles applications issues de l'intelligence artificielle pourraient permettre de mieux analyser l'évolution de la biodiversité et de mieux la préserver ...



Identification de poissons marins par *deep learning*, ici un requin Mako pélagique, Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud.

généralement les méthodes innovantes de fouille de données – parvient à traiter, permettant de comprendre les dynamiques spatio-temporelles entre climat, utilisation des terres et biodiversité. Un graal pour les scientifiques et les gestionnaires.

Mais ce n'est pas tout, car l'IA permet aussi d'enrichir les données collectées sur le terrain et de pointer des liens insoupçonnés entre les espèces, puis de reconstruire les réseaux d'interactions, de mettre en évidence leur sensibilité face aux variations environnementales, d'aller vers la prédiction et enfin d'identifier des indicateurs. Un enchaînement qui aurait été impossible à réaliser avec des méthodes classiques. Dans le domaine de la biodiversité, l'arrivée de l'intelligence artificielle constitue donc une rupture scientifique, dont l'impact commence tout juste à être perçu. Voilà pourquoi l'IRD est très actif dans le GBIF et a décidé de créer un entrepôt de données. Baptisé DataSuds, il permet d'accueillir et de partager tous les types de données des chercheurs IRD et de leurs partenaires sur la base du volontariat.

### PARTENAIRES

- \_\_\_\_\_
- Ginger-Soproner, Nouvelle-Calédonie
- \_\_\_\_\_
- Bluecham, Nouvelle-Calédonie
- \_\_\_\_\_
- Ginger-Burgeap, France
- \_\_\_\_\_
- Université Montpellier 2, France
- \_\_\_\_\_



# Le protocole de Nagoya, entre ambition et efficacité

La fin de l'exploitation sans contrepartie des ressources biologiques et des savoirs des pays du Sud est un objectif majeur que les accords internationaux peinent à mettre en œuvre concrètement.



Collecte en forêt de plantes endémiques par des scientifiques, Pérou.

Apparues dans les années 1980, la prise de conscience des menaces sur la biodiversité, les perspectives économiques ouvertes par les avancées des biotechnologies, les premiers brevets sur le vivant et la montée des revendications politiques des peuples autochtones aboutissent à l'adoption en 1992 de la Convention sur la diversité biologique (CDB). Cet accord encadre pour la première fois l'accès aux ressources biologiques, jusque-là considérées comme un patrimoine commun de l'humanité. Désormais, elles seront sous la souveraineté des États qui en contrôleront l'accès. Et, en cas d'utilisation, elles donneront lieu à un « partage juste et équitable des avantages » entre fournisseurs et utilisateurs. Ce partage peut être d'ordre monétaire, tel que celui de bénéfices commerciaux, ou non monétaire, tel que le partage de connaissances, le transfert de technologies ou le renforcement de capacités.

Mais ce principe vertueux peine à être appliqué. Après vingt ans de négociations, une extension de la CDB est adoptée en 2014. Il s'agit du protocole de Nagoya, qui précise notamment la notion d'APA (Accès aux ressources génétiques et Partage juste et équitable des Avantages découlant de leur utilisation) et rend cet engagement contraignant pour les États signataires. Désormais, pour chaque utilisation de ressources génétiques et de connaissances traditionnelles associées, voire pour chaque demande d'accès, il faut établir un contrat entre le pays fournisseur et l'utilisateur de la ressource ou de la connaissance traditionnelle, en appliquant la réglementation du premier. Un vrai casse-tête juridico-administratif puisque chaque État a ses propres modalités de mise en œuvre du protocole de Nagoya.

Si les chercheurs adhèrent à l'éthique de l'APA et pratiquent couramment le partage d'avantages non monétaires, la complexité des procédures les décourage. Elle apparaît en décalage avec l'urgence des enjeux et la fluidité des échanges de matériel biologique et d'information dans une recherche mondialisée. Un important travail d'appui et

---

## PARTENAIRES

---

Fondation pour la recherche  
sur la biodiversité, Paris, France

Muséum national d'Histoire naturelle,  
Paris, France

Centre de coopération internationale  
en recherche agronomique pour  
le développement, Paris, France

---





Collecte de fougères, pharmacopée traditionnelle malgache.

de sensibilisation est donc nécessaire en amont, mené par des instituts de recherche comme l'IRD pour lesquels l'APA s'inscrit dans la vision d'un partenariat éthique et responsable.

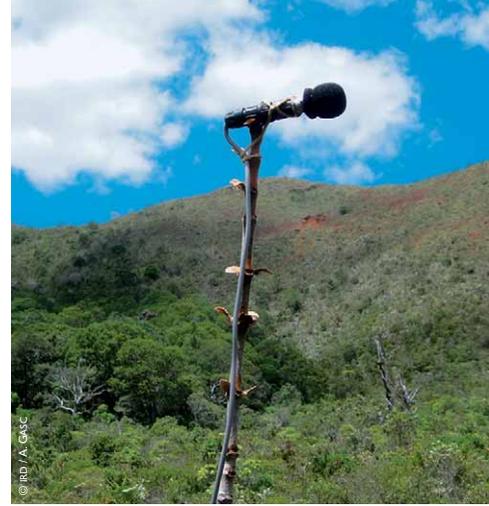
D'autres acteurs souhaitent une plus grande efficacité du système actuel. En termes financiers, les gains globaux obtenus par les États ou les peuples autochtones détenteurs des ressources et savoirs sont en effet dérisoires à l'aune des espérances initiales. Les prochaines discussions à la COP 15 sur l'inclusion des données de séquençage génétique dans les ressources soumises aux réglementations APA illustreront ces tensions.

Il est souhaitable que ces discussions soient aussi l'occasion de réfléchir à faire de l'APA un instrument contribuant véritablement à la sauvegarde de la biodiversité.

... La complexité des réglementations et le décalage avec les pratiques de recherche entravent l'efficacité d'un accord pourtant essentiel ...

# À l'écoute de l'environnement

La biodiversité est en cours d'érosion partout sur la planète, posant des questions inédites. Comment en effet suivre un phénomène d'une telle ampleur ? Peut-être en tendant l'oreille ?



Enregistreur sonore pour évaluer l'impact d'une fourmi invasive sur la faune locale, Nouvelle-Calédonie.



Moineau domestique ayant fait son nid dans un mur, France.

## PARTENAIRES

Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale, Aix-Marseille Université, Avignon Université, Marseille, France

Institut de systématique, évolution, biodiversité, Muséum national d'Histoire naturelle de Paris, France

University of Urbino Carlo Bo, Department of Applied and Pure Sciences, Urbino, Italy

Environmental Geography, Toulouse 2 University, CNRS, GEODE, Toulouse, France

Machine learning & deep learning, IMT Atlantique, CNRS, Lab-STICC, Brest, France

University of Bristol, School of Biological Sciences, Bristol, UK

La biodiversité se voit. Mais elle s'entend aussi. Et c'est en remarquant d'importantes variations du niveau sonore dans les environnements perturbés que des biologistes de terrain ont eu l'idée de transformer le son en proxy, en détecteur de déséquilibre. Ainsi, dès 2013, des études conduites en Nouvelle-Calédonie ont montré que la présence d'une fourmi invasive très agressive (*Wasmannia auropunctata*, également appelée « petite fourmi de feu ») entraînait la diminution des populations de grillons, d'ordinaire si bruyantes. Avec la pose de micros dans l'environnement, la progression territoriale de la fourmi pourra être suivie.

Cette méthodologie a été conceptualisée en 2015 par des chercheurs franco-italiens, qui l'ont baptisée « écoacoustique ». Depuis, elle n'a cessé de se développer, devenant à l'instar de la génétique ou de l'observation de terrain un pan à part entière de l'étude et du suivi de la biodiversité. Elle permet de détecter des modifications du milieu, mais aussi de réaliser des inventaires dans des environnements difficiles d'accès, comme la canopée des forêts tropicales, où certaines espèces ne sont connues que par le bruit qu'elles produisent. Autre point fort de l'écoacoustique : le temps du suivi. Comme les capteurs acoustiques sont programmables, ils peuvent rester en place sur de longues périodes et renseigner sur l'activité quotidienne ou saisonnière des espèces ou des écosystèmes.

En l'état, l'analyse des bandes-son de ces environnements sonores se fait la plupart du temps à l'oreille, sauf pour la détection de certaines espèces très reconnaissables, pour lesquelles elle peut être automatisée. De quoi envisager – dans un délai encore indéterminé – la création de banques d'environnements sonores qui pourraient permettre de réaliser des suivis à l'échelle de régions, de pays, voire de continents. De telles approches pourraient permettre d'étudier

... Des méthodes écoacoustiques permettent de suivre l'évolution des écosystèmes ...



Enregistreur sonore pour évaluer les impact des feux sur la faune locale, Arizona, États-Unis.

l'impact sur l'environnement du changement climatique, des espèces invasives, de pollutions, mais aussi d'événements plus inattendus. Ainsi, pendant l'épidémie de Covid-19, des scientifiques ont lancé le projet de science participative « Silent cities », permettant aux chercheurs et aux personnes confinées disposant d'un enregistreur de suivre l'évolution de l'ambiance sonore, constituée principalement du bruit de l'activité humaine et de la biodiversité en milieu urbain (oiseaux, amphibiens et insectes).

# Un botaniste dans mon smartphone

Pour observer l'évolution des écosystèmes sous l'effet des changements globaux et apprendre à les gérer au mieux, il faut disposer d'informations actualisées sur la répartition des espèces, et notamment des espèces végétales.



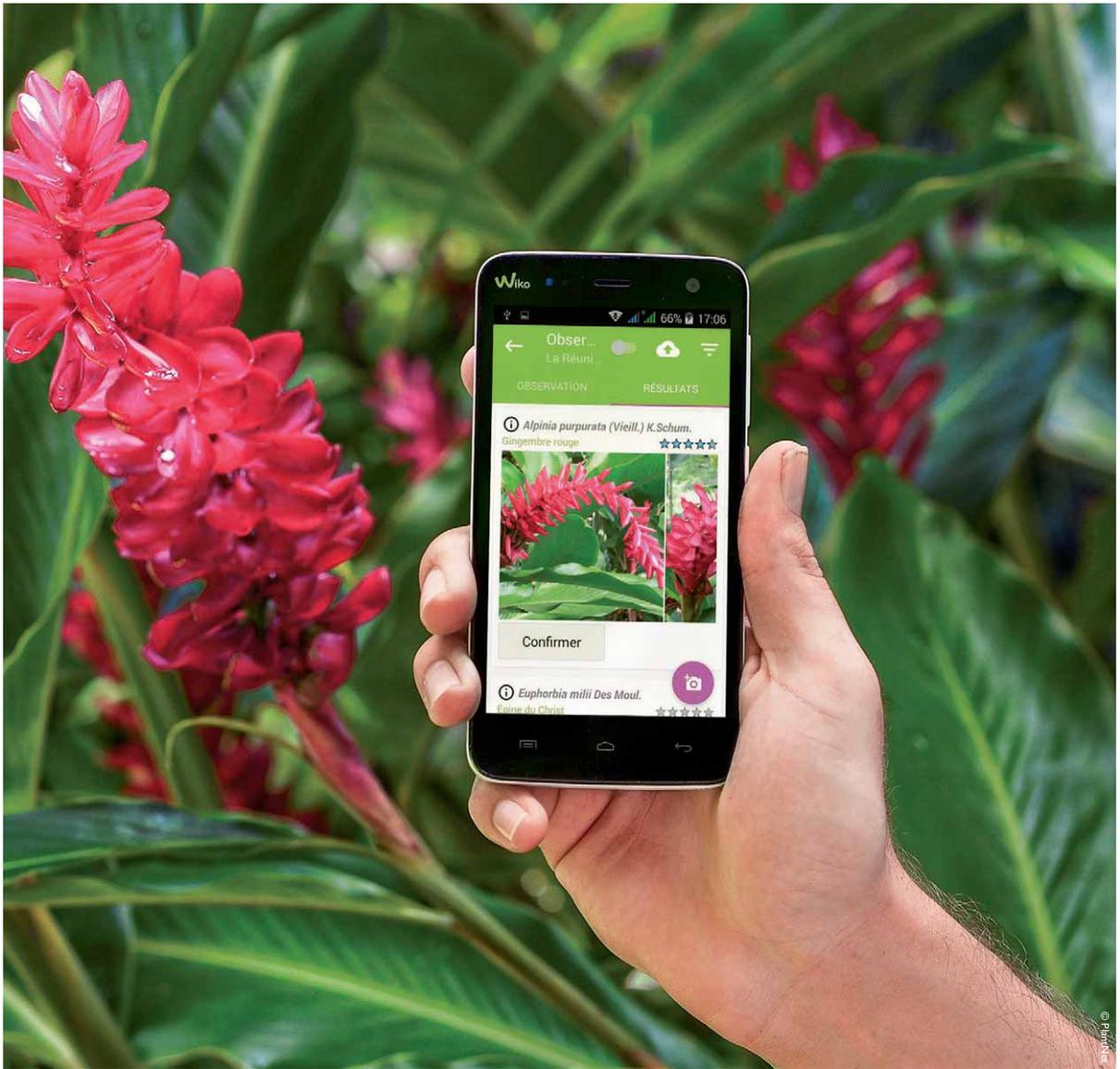
Frangipanier en fleur, Madagascar.

Huit millions de téléchargements depuis 2013, 55 millions de connexions quotidiennes effectuées par quelque 100 000 utilisateurs de 171 pays différents, l'application Pl@ntNet, qui permet d'identifier une plante à partir d'une simple photo, est un succès planétaire. Un succès né de la rencontre entre botanistes, écologues et agronomes de l'IRD, du Cirad, de l'Inra et du réseau associatif Tela Botanica, mais qui doit également à la rencontre fortuite, en 2008, entre le directeur d'une unité de botanique de l'IRD et la responsable d'une équipe informatique de l'Inria, qui travaille alors sur un logiciel capable d'analyser et de comparer des images. L'idée germe alors d'utiliser une approche analogue pour créer une plateforme collaborative permettant à tout un chacun de reconnaître et de déterminer des plantes.

Au début, il s'agit d'un site internet confidentiel sur lequel les internautes envoient leurs photos. Mais en 2013, l'application se démocratise avec une première version pour smartphone. Au début, l'application ne concerne que la flore de l'Europe de l'Ouest mais elle s'étend dès 2015 à d'autres régions du monde, notamment à l'outre-mer et aux zones tropicales. Entièrement gratuite, traduite en neuf langues, l'application est ludique et destinée au grand public.

Elle fonctionne grâce à un programme informatique et une imposante base d'images. Mais elle s'appuie aussi sur un réseau de botanistes qui participent à la validation des données. En outre, chaque photo envoyée par les utilisateurs est géolocalisée et conservée par la plateforme, s'ajoutant à la base de données qui ne cesse de s'enrichir;

... Une application transforme le citoyen en sentinelle  
de la biodiversité végétale ...



L'application PI@ntNet sur un smartphone.

atteignant plusieurs dizaines de millions d'observations. Une mine pour les recherches en écologie, pour le suivi de la biodiversité et des plantes invasives.

Leader mondial dans son domaine, PI@ntNet a aussi développé un jeu en ligne, *The PlantGame*, pour que le plus grand nombre puisse acquérir des compétences en botanique tout en contribuant à la validation des images prises par les utilisateurs. Un cercle vertueux efficace, puisque le taux de succès d'identification est supérieur à 90 %, pour un total de 17 000 espèces recensées dans la base.

## PARTENAIRES

Inra, Cirad, Inria, France

Tela Botanica, France

Nombreux partenariats en Amérique latine, en Afrique et dans l'océan Indien



# La génétique pour identifier les capacités adaptatives des coraux

Créer des aires marines pour protéger les coraux, c'est bien. Mais pourrait-on aller plus loin en préparant les coraux à s'adapter aux modifications futures du climat ? L'idée fait son chemin.



Blanchissement du corail, Nouvelle-Calédonie.



Prélèvement de corail, lagon sud-ouest, Nouvelle-Calédonie.

25 % des coraux ont disparu au cours des dernières décennies. La faute au changement climatique, qui engendre des modifications du milieu marin (température, pH ou salinité) et entraîne le blanchissement et donc la mort prématurée des coraux. Du moins dans la plupart des cas... Car, au fil des années, les chercheurs se sont aperçus que certains récifs coralliens résistaient plutôt bien aux caprices du climat. Ces récifs résistants ne sont cependant pas situés dans des aires protégées et ils peuvent donc se trouver à tout moment exposés à d'autres types de dégradation.

Aussi en 2017, en s'inspirant de travaux menés en Suisse sur des arbres, ou au Canada sur des homards, une équipe de Nouvelle-Calédonie et une équipe suisse entreprennent de résoudre ce problème en s'appuyant sur la génomique paysagère. L'idée ? Détecter des spécimens capables de résister au changement climatique et disséminer leur patrimoine génétique au sein par exemple de populations de coraux situées en zones protégées, ce afin d'accroître les capacités d'adaptation de l'espèce.

Pour ce faire, les chercheurs ont utilisé des données satellitaires pour détecter à la fois les zones ayant subi d'importantes modifications environnementales et les coraux qui, malgré tout, ont résisté. Ils se sont ensuite rendus sur place pour effectuer des prélèvements et analyser le génome des survivants.

Ils ont ainsi identifié certains allèles de résistance au changement climatique et étudié la façon dont ces gènes se transmettent d'une génération à l'autre. Ces informations sont actuellement utilisées pour développer un outil de gestion afin de simuler la façon dont, suite à l'implantation de spécimens bouturés, les allèles de résistance sont

## PARTENAIRE

Aquarium des lagons,  
Nouvelle-Calédonie





Paysage corallien de Papouasie-Nouvelle Guinée.

susceptibles de se diffuser au sein de la population. Après des tests de validation, les individus les plus résistants seront élevés en pépinière afin d'être réintroduits dans les aires marines protégées.

Ce travail a d'ores et déjà été mené sur deux espèces de coraux et se poursuit aujourd'hui sur une troisième espèce. Il pourrait être prochainement étendu aux holothuries, des échinodermes à corps mou qui, à l'instar des coraux, des arbres ou des homards, sont sédentaires et qui pourraient ainsi être mieux armés génétiquement pour faire face aux aléas climatiques de demain.

... En orientant la diversité génétique des coraux,  
il serait possible d'améliorer leur résistance  
au changement climatique ...

# Changer les eaux usées en engrais et embellir les villes

De la qualité des eaux anthropiques dépend le maintien de la biodiversité dans les milieux naturels. Et vice-versa, puisque les écosystèmes ont aussi la capacité de purifier l'eau au travers d'une myriade de micro- et de macroorganismes.



Évacuation des eaux usées à ciel ouvert, ville de Rufisque, Sénégal.

En 2014, la Banque mondiale annonce dans un rapport que, à elles seules, les stations d'épuration ne suffiront pas pour traiter les eaux usées d'une population mondiale en pleine expansion : elles coûtent trop cher et sont trop vite sous-dimensionnées. Pour l'organisation, il est urgent de développer d'autres approches pour traiter l'eau des villes, particulièrement dans les pays du Sud.

Cet appel est entendu par des écohydrologues de l'IRD, qui se mettent en tête d'adapter à de fortes densités démographiques des systèmes de filtration autonomes déployés depuis les années 1970 en France dans de petites communes rurales. Ces dispositifs, appelés « filtres plantés verticaux », sont constitués de larges bassins étanches remplis de graviers et plantés de végétaux. Leur efficacité est suffisante pour minéraliser la matière organique constitutive des eaux usées domestiques et permettre ensuite le rejet des eaux usées dans le milieu naturel. Mais ils ont le défaut d'occuper de l'espace : 1,2 à 2 m<sup>2</sup> par habitant, ce qui n'est pas adapté aux milieux urbains à fortes densités de population.

Or, en milieu tropical, les processus naturels de minéralisation sont plus actifs, du simple fait de la forte température de l'air. À ces latitudes, la surface nécessaire du dispositif par habitant se réduit à 0,8 m<sup>2</sup>. En optimisant la façon dont les plantes, les invertébrés et le microbiome contribuent à minéraliser la matière organique, les chercheurs ont

... Des chercheurs réinventent une solution de filtration autonome vieille de cinquante ans pour réutiliser les eaux usées domestiques et réduire la consommation en eau ...



Exemple de filtre planté vertical pour l'épuration des eaux usées domestiques avec rejet direct à la rivière, France.

pour objectif de réduire de moitié la surface nécessaire par habitant. Un début prometteur, car tout porte à croire qu'en automatisant le système de recharge des eaux usées dans les bassins, cette surface pourrait tomber à 0,2 m<sup>2</sup> par habitant.

De plus, la maîtrise du débit des eaux usées envoyées sur le filtre rend possible la production d'une eau enrichie en nitrates, et donc utilisable comme engrais pour des espaces verts et du maraîchage urbain. Une aubaine en particulier pour les villes africaines, où ces effluents pourraient être utilisés pour créer des parcs et ainsi rafraîchir et épurer l'air, en remplaçant les sols et la biodiversité au cœur du développement durable de la cité. C'est avec cet objectif que les chercheurs ont mis en place des dispositifs pilotes dans les universités d'Hanoï (Vietnam) et de Saint-Louis (Sénégal). Au Sénégal, les filtres plantés sont connectés et suivis à distance via des capteurs, afin de progresser encore dans l'amélioration de ces « vieux systèmes d'avenir ».

## PARTENAIRES

Université Gaston Berger (UGB),  
Saint-Louis, Sénégal

Université des Sciences et Techniques de Hanoï  
(USTH), Hanoï, Vietnam

Université Toulouse 3, Toulouse, France

Université La Rochelle, La Rochelle, France

Université de Barcelone, FSUB, Barcelone,  
Espagne

EPURTEK, TPE, Toulouse, France



# Des barrages et des poissons

Dans le monde, le nombre de barrages va être démultiplié dans les prochaines décennies, particulièrement dans les pays du Sud. Ces infrastructures permettront de produire une électricité faiblement émettrice en gaz à effet de serre, mais poseront des problèmes sociaux ou environnementaux multiples.



Barrage sur le Rio Pitinga, Brésil.

## PARTENAIRES

Office français de la biodiversité,  
Paris, France

Pontificia Universidad Javeriana,  
Bogota, Colombie

Universidad Nacional Mayor  
de San Marcos, Lima, Pérou

Instituto Nacional de Pesquisas  
da Amazônia (INPA), Brésil

Universidad Mayor de San Simon,  
Cochabamba, Bolivie

Université internationale de Floride,  
Miami, États-Unis

Les barrages hydroélectriques produisent de l'électricité, mais ils constituent aussi des obstacles quasi impossibles à franchir pour nombre de poissons. Si des aménagements ont été imaginés pour les espèces migratrices, rien n'a été testé ou évalué pour les poissons sédentaires dont les populations se retrouvent fragilisées. Avec quels impacts sur le long terme ?

La question est étudiée en France où des résultats préliminaires montrent que certaines espèces ne sont plus présentes que sur des portions isolées de rivière, et que d'autres ont tendance à osciller fortement en termes d'abondance. La mécanique complexe de ces variations est en cours d'analyse, l'objectif étant de déterminer l'aire de distribution minimale pour permettre aux populations de poissons de se stabiliser et de survivre sur le long terme. Ces informations seront ensuite utilisées pour réaliser des aménagements, voire des effacements, de barrages. Mais elles seront aussi utiles pour ceux qui vont être érigés.

Des recherches tentent ainsi de prédire l'impact de la multiplication des barrages en Amérique du Sud. Dans le seul bassin amazonien, 142 barrages sont déjà installés et 160 sont en projet. De quoi transformer la connectivité fluviale, et donc menacer la survie d'espèces aquatiques qui alimentent en protéines plus de 30 millions de personnes. Aussi les chercheurs utilisent-ils la base de données Amazon Fish, alimentée par les observatoires de la biodiversité, ainsi que les caractéristiques des barrages pour modéliser l'effet sur les populations de poissons des infrastructures actuelles, en construction ou en projet. Le tout en tenant compte notamment du changement climatique. L'objectif est d'identifier en amont les barrages hydroélectriques les plus problématiques pour le maintien des espèces, et de proposer des aménagements, voire, pour ceux actuellement en projet, de modifier leur lieu d'implantation.



... Des modélisateurs tentent de comprendre comment les barrages actuels ou à venir impactent la distribution, voire la survie à long terme, des poissons ...



Pêche sportive, de subsistance et pour la revente occasionnelle sur le Rio Madeira, Brésil.

# La forêt guyanaise cataloguée

Les forêts de Guyane représentent en superficie un tiers de la forêt française. Un territoire immense et largement inhabité, dont la gestion revient pour les deux tiers à l'Office national des forêts (ONF), le Parc amazonien de Guyane (PAG) couvrant le tiers sud du territoire. D'où la nécessité de disposer d'une vue d'ensemble de la diversité et de la fragilité du couvert forestier.



Inselberg de la forêt guyanaise.

La forêt amazonienne n'est pas homogène. Elle est composée d'une mosaïque d'habitats que les gestionnaires s'emploient à cartographier. Un objectif hors de portée des travaux d'inventaires de terrain. En Guyane, ce constat a conduit l'ONF à collaborer avec l'IRD et le Cirad au début des années 2000, pour développer des techniques de télédétection permettant d'extrapoler les connaissances de terrain.

Les chercheurs décident alors d'utiliser les données du satellite américain SRTM dont les ondes radar donnent accès à la géomorphologie, c'est-à-dire à l'organisation spatiale du relief et des sols à l'échelle du territoire. Cette démarche fait écho aux travaux de pédologie qui, dans les années 1970-1980, avaient montré que les variations des propriétés physico-chimiques des sols influencent la composition en espèces de la communauté d'arbres qui s'y installe. Ces variations ont pour origine l'altération par érosion superficielle de sols très anciens qui se sont formés dans des conditions climatiques différentes de celles d'aujourd'hui.

De fait, la géomorphologie peut être utilisée pour déterminer non seulement la nature des sols, mais aussi le type de forêt qui s'y développe. Cette méthodologie, croisée aux inventaires de terrain, a permis d'établir un catalogue d'une vingtaine d'habitats forestiers de Guyane. Publié en 2015, il est rapidement devenu un document incontournable pour établir les plans de gestion forestière. Ce document a attiré l'attention des gestionnaires forestiers des pays limitrophes, notamment du Suriname et de l'État brésilien de l'Amapa, avec qui l'IRD collabore aujourd'hui pour y appliquer la même approche. Plus récemment, une cartographie du même type a été lancée sur le bassin du Congo, en Afrique centrale, où se trouve la deuxième plus grande forêt tropicale au monde.

---

## PARTENAIRES

---

Inra, Cirad, ONF, ONCFS

Parc amazonien de Guyane, SBB  
(gestion forestière, Suriname)

IEPA et EMBRAPA, Brésil

---



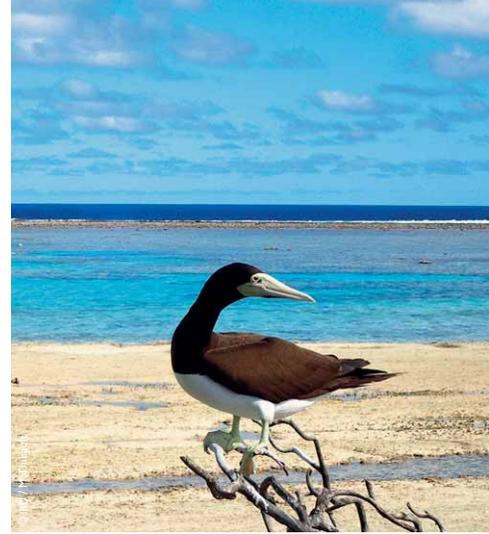
... Des inventaires de terrain et des outils de télédétection permettent de cartographier les habitats forestiers de Guyane ...



Vue aérienne de la forêt guyanaise.

# Des oiseaux et des touristes comme objets d'étude

L'écotourisme est en plein essor, particulièrement dans les zones reculées du Globe où les espèces animales sont aussi attractives sur le plan touristique que vulnérables sur le plan écologique.



Fou Brun (*Sula leucogaster*), récifs d'Entrecasteaux, Nouvelle-Calédonie.



Couple de Frégates du Pacifique (*Fregata minor*) en reproduction sur l'île Surprise, Nouvelle-Calédonie.

Les touristes sont de plus en plus nombreux à vouloir fouler le sol des terres sauvages pour en observer ici une espèce rare, là un écosystème préservé. Un loisir qui se monnaie et peut constituer une manne financière tant pour les opérateurs touristiques que pour les autorités des pays et espaces naturels concernés. On estime par exemple que l'observation du manchot antipode en Nouvelle-Zélande génère 100 millions de dollars par an, soit environ 60 000 \$ par couple reproducteur. Ce secteur touristique est ainsi un levier de développement économique majeur, en particulier pour les petits états insulaires de la zone inter-tropicale qui accueillent une biodiversité aussi riche que menacée.

Ce paradoxe entre protection et valorisation économique de la biodiversité appelle à considérer la question de l'impact écologique des activités touristiques, notamment en zones isolées. Ainsi, chez les très spectaculaires – et donc très prisées – colonies d'oiseaux marins, des intrusions intempestives engendrent du stress, des modifications comportementales, des abandons de nids, voire de la mortalité.

En Nouvelle-Calédonie, la question fait l'objet d'un projet de recherche pluridisciplinaire visant à comprendre autant le comportement des animaux dérangés que celui des parties prenantes (usagers et gestionnaires de l'environnement). Pour appréhender les enjeux du tourisme, des ethnoécologues cherchent à identifier les valeurs que les touristes, plaisanciers, pêcheurs et opérateurs touristiques attachent à ces espèces et comment ils évaluent leur propre impact.

En parallèle, des biologistes écologues mesurent et quantifient les impacts de la présence de visiteurs sur les populations d'oiseaux marins nichant sur des îles proches ou éloignées des zones habitées. Ils estiment ainsi pour différentes espèces des distances d'interaction

## PARTENAIRES

Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

Parc naturel de la Mer de Corail, Provinces Nord et Sud de la Nouvelle-Calédonie

Deakin University, Australie





© IHO / J.-C. GUY

Touristes de passage sur l'île de Lifou, Nouvelle-Calédonie.

respectueuses et évaluent leurs capacités d'habitation à l'humain. Ils décrivent également le comportement des touristes (déplacements, types de perturbations, temps et nombre de visites, etc).

Objectif ? Compiler les données pour proposer un outil de gestion concret et efficace aux gestionnaires locaux de l'environnement, afin que ces derniers puissent avoir une idée précise des possibilités d'approches ou des situations à risque en fonction des saisons, des espèces et des fréquences de visite. De quoi évaluer et tester la durabilité des projets écotouristiques qui, sur le papier, s'engagent à ne pas menacer l'intégrité économique, sociale, culturelle ou environnementale à long terme des régions d'accueil.

... Les chercheurs étudient comment les activités touristiques impactent la faune sauvage et cherchent à évaluer s'il est possible de concilier la protection de la biodiversité et sa valorisation économique, notamment dans des territoires où la biodiversité est une ressource majeure ...

# Pour que réglementation rime avec appropriation

Entre les réglementations sur la biodiversité et les pratiques des populations, il y a parfois un fossé. Afin de dépasser ce décalage, il est intéressant d'observer ce qui est expérimenté en Nouvelle-Calédonie.



Atelier réalisé auprès des jeunes à Lifou, Nouvelle-Calédonie.

Établir une politique de gestion des espaces naturels et des espèces, c'est bien. Mais faire en sorte que cette politique soit appropriée et appliquée par les populations locales, c'est mieux. Les trois provinces de la Nouvelle-Calédonie expérimentent différentes approches pour construire des politiques environnementales mieux ajustées aux enjeux sociaux et écologiques locaux.

Les codes de l'environnement des provinces Nord (2008) et Sud (2009) intègrent des systèmes de dérogation pour le prélèvement d'espèces protégées à des fins de « cérémonies coutumières ». Ces dérogations marquent une reconnaissance des valeurs et pratiques locales accordées à certaines espèces, comme la tortue verte *Chelonia mydas*. Toutefois, l'application de ce droit n'est simple ni pour les autorités coutumières en charge de faire remonter les demandes, ni pour les agents techniques des provinces qui ont la responsabilité de les évaluer : comment définit-on une cérémonie coutumière ? Combien d'individus peuvent être prélevés ? Qui est légitime pour formuler une demande ?

Pour apporter des réponses légitimes à ces questions, la recherche devait être en mesure de fournir une description et une analyse précises des valeurs variées accordées à l'environnement capables de nourrir les débats. Ainsi, en province Sud, en amont de la mise en œuvre de concertations locales, une étude réalisée par des anthropologues et des géographes, basée sur des entretiens semi-directifs longs avec les habitants

... En Nouvelle-Calédonie, des approches reposant sur des dialogues entre chercheurs et acteurs de la gestion que sont les institutions provinciales, les autorités coutumières et les populations locales sont testées pour réglementer les usages de l'environnement, sur terre comme en mer ...



Pêcheurs au filet à Belep, Nouvelle-Calédonie.

et les agents provinciaux, a permis de préciser pour quels événements une ou plusieurs tortues sont attendues et pourquoi, et d'appréhender les raisons qui conduisent à des changements dans ces pratiques au cours du temps. L'enquête a aussi permis de rendre compte de la diversité des malentendus et quiproquos qui peuvent conduire à des conflits. La restitution de cette étude auprès des habitants, conjointement avec celle d'une étude menée par une biologiste, qui montre le déséquilibre de la population de tortues, a permis d'engager deux ans plus tard une concertation entre les autorités provinciales et coutumières pour préciser la réglementation et discuter de la taille des individus à prélever.

Quant à la Province des îles Loyauté, plus innovante encore dans sa récente démarche, elle a opté pour que la culture et les modes de vie kanak soient le socle de son code de l'environnement. Pour ce faire, elle a fait appel à des juristes de l'environnement et à une large expertise scientifique, afin de concilier les normes de gestion locale déjà existantes et les normes constitutionnelles et internationales.

Intégrer les savoirs et les savoir-faire locaux et co-construire les règles dans une démarche négociée permet des choix plus durables, de consensus plutôt que de compromis, appropriés et intégrés dans les modes de vie des populations.

## PARTENAIRES

Province des Îles Loyauté  
Province Nord  
Province Sud

Conseil coutumier consultatif  
environnemental

Institut agronomique  
de Nouvelle-Calédonie

Fondation de France



# La part des oiseaux

Entre pêche durable et surpêche, c'est la guerre des chiffres.  
 Quel est le seuil de prélèvement acceptable pour  
 permettre le renouvellement des stocks de poissons  
 et le maintien de l'écosystème ? Telle est la question.



Pêche à l'anchois et oiseaux de mer, nord de Lima, Pérou.

## PARTENAIRES

Marine Research Institute and Zoology Department, University of Cape Town, Afrique du Sud

Ministry of Fisheries and Marine Resources, Lüderitz Marine Research, Lüderitz, Namibie

Farallon Institute for Advanced Ecosystem Research, Californie, États-Unis

Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, Stockholm, Suède

British Antarctic Survey, Cambridge, Royaume-Uni

Voici une recherche publiée en 2011 dans la revue *Science* qui n'aura pas coûté cher. À peine deux réunions. Tout commence par une discussion entre deux scientifiques. L'un, sud-africain, est convaincu que la surpêche des stocks d'anchois et de sardines a un impact sur le succès reproducteur des oiseaux marins. Ses données le prouvent mais, comme elles sont très localisées, elles ne suffisent pas pour convaincre les autorités locales de modifier le niveau des prélèvements. L'autre, chercheur à l'IRD, a alors une idée. Pourquoi ne pas réunir toutes les données mondiales portant sur le suivi des populations des oiseaux marins et sur celui des poissons pêchés pour voir s'il est possible de trouver une relation entre les deux ?

Le chercheur consulte alors son réseau et tous ceux qui sont susceptibles de détenir des observations sur le long terme – 20 à 40 ans – de la survie ou du succès reproducteur d'oiseaux marins en lien avec des données de pêche. Comme ces experts se montrent réticents à l'idée de partager leurs données, une solution pragmatique est imaginée. Il s'agit d'organiser une réunion où chacun amènerait ses données et les mettrait temporairement en commun pour vérifier si, oui ou non, il y a un effet. La stratégie fonctionne et les scientifiques découvrent l'existence d'un seuil de prélèvement des poissons au-dessus duquel le succès reproducteur des oiseaux marins est affecté par manque de nourriture. Cet effet sera analysé en détail lors d'une seconde réunion.

En comparant des données de sept écosystèmes marins situés dans l'Arctique, l'Antarctique, le Pacifique et l'Atlantique, et portant sur quatorze espèces d'oiseaux côtiers et 483 années d'observations cumulées, les chercheurs calculent que l'abondance des espèces fourrages (sardine, anchois, hareng, krill...) ne doit pas tomber sous le tiers de l'abondance maximale observée sur le long terme, sans quoi le succès reproducteur des oiseaux décline. Ce seuil a depuis été intégré dans les différentes politiques de gestion de la pêche dans le monde. La mise en commun de données internationales a ainsi permis de revoir le niveau de prélèvement optimal pour les poissons pélagiques comme les sardines et les anchois.



Macareux moine, Farne Island, Royaume-Uni.

... La mise en commun de données internationales  
a permis de quantifier le niveau de prélèvement optimal  
pour les sardines et les anchois ...

# Une nature luxuriante protège des pandémies

La crise planétaire engendrée par la Covid 19 pose la question de l'émergence de plus en plus fréquente de maladies provenant des animaux, les zoonoses. Et si le maintien de la biodiversité était notre meilleur rempart contre ces phénomènes menaçant aussi bien la santé que l'économie mondiale ?



Zone déforestée pour plantation de caféiers, Indonésie.

Depuis les années 1950, la fréquence des maladies transmises par les animaux à l'humain a presque doublé. Plusieurs explications peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène, comme l'intensification des transports de marchandises et de personnes, et le changement climatique qui étend l'aire de distribution de certains vecteurs de maladies comme les moustiques. Mais depuis les épidémies de SRAS et de H5N1 dans les années 2000, les chercheurs sont de plus en plus nombreux à réfléchir à des explications moins évidentes, liées notamment aux réservoirs animaux sauvages.

Il semblerait en effet que la perte de biodiversité d'un écosystème soit un facteur favorisant l'émergence des zoonoses. L'hypothèse, contre-intuitive, est la suivante : dans la nature, les virus ont tendance à cibler les espèces les plus abondantes. Lorsque la biodiversité s'érode, ces espèces aptes à transmettre les pathogènes disparaissent moins vite que les autres, et leur proportion relative croît, augmentant le niveau de transmission et les risques de passage à l'homme. À l'inverse, lorsque la biodiversité est florissante, la présence des autres espèces dilue les populations dominantes, créant un effet de dilution qui peut limiter jusqu'à 80 % les risques de propagation du virus. Des études comparatives s'intéressent aussi bien à la maladie de Lyme (transmise entre espèces de mammifères par des tiques) qu'aux hantavirus (virus transmis entre différentes espèces de rongeurs) ou encore au virus du

... La perte de biodiversité peut être un facteur favorisant la propagation des zoonoses ...



Ducs à aigrettes, Équateur.

Nil Occidental (transmis entre espèces d'oiseaux par des moustiques) ont montré que les zones abritant une plus forte biodiversité connaissent une circulation du pathogène beaucoup plus faible, protégeant ainsi les populations humaines avoisinantes.

Pour tester cette théorie, les chercheurs développent plusieurs approches : ils utilisent les bases de données et observent les relations entre la perte de biodiversité et l'apparition de zoonoses ; ils modélisent le système afin de comprendre l'impact de l'effet de dilution sur la propagation des maladies ; enfin, ils observent les situations à l'échelle locale.

Ainsi, depuis trois ans, une équipe observe les relations entre la biodiversité et les virus au Mexique, dans un milieu très hétérogène en termes de gestion de l'environnement. L'objectif est de voir comment les différentes stratégies de conservation de la biodiversité impactent la propagation et la diversité des virus entrant en contact avec les populations humaines. De quoi imaginer un jour des approches de protection de la nature capables de jouer un rôle de prévention dans l'apparition des zoonoses.

---

#### PARTENAIRES

---

Université nationale autonome du Mexique (UNAM), Mexico City, Mexique

Institut national d'anthropologie et d'histoire (INAH), Mexico City, Mexique

EcoHealth Alliance, New York, USA

---



# Aux avant-postes de l'ethnopharmacologie

Avec l'exode rural et la mondialisation, les savoirs traditionnels sont menacés d'extinction. Ce constat a conduit l'OMS à lancer entre 2000 et 2010 un grand inventaire des pharmacopées locales. Un recensement anticipé de longue date par l'IRD.



Marché aux plantes médicinales de Huaraz, Pérou.

## PARTENAIRES

Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Bolivie

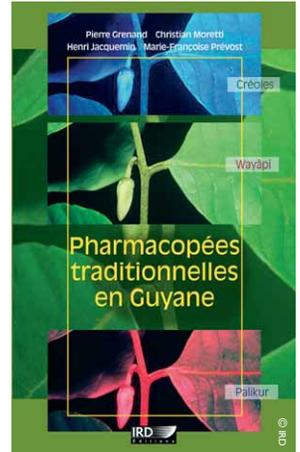
Consejo indigeno de los pueblos Tacanas (CIPTA), Bolivie

Unicef/ministère de la Santé de Bolivie

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Pérou

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Pérou

Comunidades yaneshas de San Pedro de Pichanaz, Pérou



L'ouvrage *Pharmacopées traditionnelles en Guyane*, 2<sup>e</sup> édition.

En 1987, l'IRD publie le premier ouvrage d'ethnobotanique en langue française. Si ce domaine de recherche existe depuis près d'un siècle dans le monde anglo-saxon, il n'apparaît en France que dans les années 1970. À cette époque, des anthropologues et un chimiste des plantes se rejoignent sur le terrain, en Guyane. À partir de 1974, ils entament un travail conjoint pour recenser les plantes médicinales chez les Créoles de Cayenne, ainsi que chez les Indiens Palikur et Wayampi, qui vivent sur le fleuve Oyapock. Ils analysent la composition chimique des plantes utilisées dans leur pharmacopée.

Par la suite, les chercheurs publient le fruit de leur recherche sous la forme d'un ouvrage. L'objectif est alors d'assurer la pérennité de ces savoirs ancestraux. Dans les années qui suivent, les chercheurs s'appuient sur l'Herbier de Guyane et sur les progrès de la botanique pour affiner l'identification des plantes constituant les pharmacopées créole, palikur et wayampi. Une deuxième édition de l'ouvrage, actualisé, paraît ainsi en 2004, documentant l'usage de 620 espèces médicinales.

À partir de 1992, les scientifiques entreprennent une collecte des savoirs traditionnels auprès de six autres ethnies amérindiennes et andines. Les résultats sont publiés en accord avec les populations locales, qui souhaitent empêcher la disparition des savoirs oraux qui constituent leur identité. Ces sociétés connaissent en effet une évolution très rapide qui ne favorise pas la transmission des gestes et des connaissances aux jeunes générations, éduquées de plus en plus souvent loin des anciens. Le recensement et la publication de ces savoirs permettent d'assurer le maintien des connaissances ancestrales, mais aussi leur protection, notamment vis-à-vis des brevets. En Inde, un brevet sur le curcuma a ainsi pu être dénoncé avec des textes anciens prouvant l'antériorité de ce savoir.



Plantes collectées pour un bain de vapeur thérapeutique, Pérou.

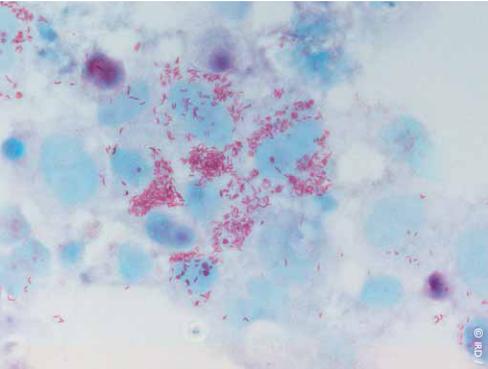
... Recension des savoirs médicaux  
de neuf groupes amérindiens  
de l'Amazonie et des Andes ...

# Sur la piste des maladies infectieuses

La crise mondiale de la Covid 19 nous rappelle une réalité nue : les maladies infectieuses sont la première cause de mortalité humaine, et particulièrement dans les pays du Sud. Elles sont véhiculées par des parasites, des virus ou des bactéries, dont le caractère pathogène dépend aussi de l'état de santé de l'hôte.



Village de Dielmo, station d'étude épidémiologique et sociodémographique, Sénégal.



Diplotherickettsie, bactérie intracellulaire pathogène.

On ne trouve que ce que l'on cherche. Ou plutôt, on ne trouve que ce que l'on peut mettre en évidence avec les outils à disposition. Cette nuance explique que, au fil de l'histoire, les biologistes aient régulièrement buté sur l'identification des pathogènes. Les premiers à avoir été découverts sont des parasites comme des vers, visibles à l'œil nu. Puis, avec le microscope et le développement des milieux de culture, est venu le temps de l'identification des bactéries et, avec les méthodes moléculaires, de celle des microorganismes qui croissent très difficilement dans les milieux de culture. L'arrivée récente de la PCR 16s a encore permis d'avancer avec la découverte de bactéries très difficiles à cultiver selon les approches classiques.

Mais les chercheurs sont loin d'en avoir terminé avec le grand inventaire des maladies infectieuses, d'autant que la frontière entre ce qui est pathogène et ce qui ne l'est pas est parfois floue. L'exemple phare en est le staphylocoque doré, très fréquent sur la peau, donc anodin la plupart du temps, et qui dans certaines situations peut provoquer de très violentes infections. De fait, un pathogène ne l'est souvent qu'en fonction de l'état de l'hôte, qui peut ou non le tenir en respect : la pathogénicité d'un organisme est le fruit d'une relation complexe entre l'homme et le microorganisme.

Ce constat a amené les chercheurs à se pencher sur le plus gros réservoir à bactéries du corps humain : le microbiote. L'idée sous-jacente,

... De nouvelles approches méthodologiques permettent de remettre en perspective la notion de pathogène ...



Village de Landieni, où la malnutrition infantile est encore répandue, Sénégal oriental.

c'est que certaines pathologies pourraient être rattachées à nos bactéries intestinales, comme cela est en train d'être démontré pour deux maladies liées à la malnutrition : le kwashiorkor et le marasme classique. Très présentes au Mali où 10 % des enfants de moins de cinq ans sont atteints, ces maladies affectent plus de 50 millions d'enfants dans le monde avec des centaines de milliers de morts chaque année.

D'après les analyses, ces pathologies mortelles seraient liées à un changement de la microflore qui empêcherait toute possibilité de guérison en cas de réalimentation. Or, selon les chercheurs, une simple greffe fécale pourrait permettre de réensemencer correctement le microbiote et d'augmenter les chances de survie.

Ce genre de découverte explique qu'aujourd'hui les chercheurs aient entamé le grand inventaire des microbiotes, non pour identifier de potentiels pathogènes, mais pour étudier et connaître la composition des profils normaux. De manière à pouvoir discerner par la suite des profils pathologiques qui pourraient expliquer certaines fatigues chroniques, ou des maladies plus graves dont l'origine est aujourd'hui inconnue.

---

## PARTENAIRES

---

Aix-Marseille Université, Marseille, France

Assistance Publique Hôpitaux de Marseille, Marseille, France

Malaria Research and Training Center, Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako, Bamako, Mali

---



# Contrôler l'inéluctable

Aujourd'hui considérées comme l'une des menaces majeures pour la biodiversité à l'échelle planétaire, les invasions biologiques sont, comme les pandémies, une conséquence directe des échanges humains.



Dissection de rongeurs en laboratoire, Bénin.

## PARTENAIRES

École Polytechnique d'Abomey-Calavi,  
Bénin

Institut Pasteur d'Antananarivo,  
Madagascar

Institut Pasteur de Dakar, Sénégal

Port Autonome de Cotonou, Bénin

Université Gaston Berger de Saint-  
Louis, Sénégal

En 2020, dix milliards de tonnes de marchandises seront transportées par une flotte maritime qui a plus que triplé depuis les années 1970. Le nombre de passagers et la flotte aérienne associée vont doubler d'ici à 2037. Cette augmentation des flux de personnes et de marchandises est à l'origine d'un grand brassage de la biodiversité mondiale, et nombreuses sont les espèces qui se retrouvent régulièrement ou ponctuellement transportées en terre inconnue pour y disparaître, ou y prospérer, voire y proliférer; en impactant alors les écosystèmes en place, l'agriculture, l'économie ou la santé des populations, *via* l'émergence de nouvelles maladies.

Il est dès lors crucial de connaître les routes empruntées et les points d'entrée, mais également de comprendre les ressorts de ces invasions, ainsi que les caractéristiques communes des espèces dites invasives. Une tâche difficile, d'abord parce qu'il n'est pas toujours aisé de détecter à temps ces invasions ; ensuite parce que les modes d'entrée sont variables et parfois complexes. Ainsi, certains parasites ou prédateurs d'insectes ravageurs des cultures, initialement introduits dans le cadre de la lutte biologique, sont devenus envahissants sur leur terre d'accueil, avec des conséquences néfastes pour la biodiversité en place.

En Afrique de l'Ouest, des chercheurs ont remonté la piste du rat noir; qui serait arrivé d'Europe par voie maritime pendant la période coloniale. À partir des points d'entrée portuaires, il a conquis les terres au fil des années, remplaçant les rongeurs endémiques, causant des dégâts dans les stocks de nourriture et participant à amplifier la transmission de maladies parasitaires dont il est réservoir; comme la leptospirose.

Au Bénin, les chercheurs ont installé, en collaboration avec les autorités locales, un laboratoire de surveillance des espèces invasives dans le port de Cotonou. En accord avec les recommandations du Règlement Sanitaire International, les objectifs en sont les suivants, pour ce qui concerne les rongeurs : observer les flux, identifier les facteurs de risques de nouvelles invasions par le rat noir; la souris domestique ou le surmulot, mais également surveiller les pathogènes associés à ces envahisseurs et susceptibles



... Grâce à une approche transdisciplinaire mêlant le droit, l'économie, l'étude des aménagements et des transports, l'écologie et la génétique des populations, des chercheurs remontent la piste des rongeurs invasifs et évaluent leurs impacts ...



Rat noir pris au piège dans un entrepôt du port de Cotonou, Bénin.

de se répandre dans la ville ou le pays. Un réseau de surveillance précoce a en outre été constitué à travers la formation d'agents locaux à la détection d'espèces invasives.

Un travail complémentaire est mené au Sénégal, où le front de progression du rat noir est suivi au moyen de piégeages dans les villages. Il s'agit de mieux identifier les voies de progression terrestre de ce rongeur, mais également les parasites qu'il transporte, à travers des prélèvements effectués au cours de campagnes régulières d'échantillonnage. Rappelons que c'est lui qui porte le bacille de la peste à Madagascar où cette maladie est toujours présente, ainsi que de nombreux virus et bactéries transmissibles à l'homme.

# L'arbre, pilier de l'agriculture

Depuis déjà plusieurs décennies, l'agriculture intensive a montré ses effets pervers : pollutions, déforestation, paupérisation des sociétés paysannes... Dans ce contexte, les techniques traditionnelles des agriculteurs du monde tropical, qui associent arbres et cultures, forêt et agriculture, ont beaucoup à nous apprendre.



Récolte de fruits sur une parcelle agroforestière, Sumatra, Indonésie.

En 1980, une équipe de géographes tropicalistes publie l'ouvrage *L'arbre en Afrique, la fonction et le signe* et imposent un changement de paradigme. Pour la première fois, l'arbre n'est plus perçu comme une entrave, mais comme un élément central dans les pratiques agricoles africaines. C'est le début d'une prise de conscience inattendue pour les agronomes du Nord. Jusque-là, les arbres étaient surtout l'affaire des forestiers ou des pédologues, qui cherchaient selon les cas à les exploiter ou à les replanter pour éviter l'érosion des sols. Mais, dans les années 1990, les chercheurs s'aperçoivent que les arbres ont aussi une réelle fonction dans les pratiques agricoles traditionnelles. On commence alors à utiliser le terme « agroforêt » pour désigner ces systèmes paysans qui incluent les arbres. Par exemple, dans certaines agroforêts de Sumatra, les hévéas et les arbres fruitiers sont plantés en association. Dans les premières années, ils accompagnent les cultures de riz, puis produisent des fruits, du caoutchouc ou du bois pour le feu. On retrouve dans d'autres agroforêts 80 à 90 % de la biodiversité animale de l'île, dont un rhinocéros que l'on croyait disparu.

Des études menées au Brésil ou au Cameroun confirment par la suite ce rôle prépondérant des arbres. Là où un regard extérieur voyait des arbres isolés, ou des forêts naturelles, se trouvaient en fait des agroforêts. Les chercheurs redécouvrent alors que les arbres fertilisent le

... Des études montrent le rôle central de l'arbre dans les pratiques agricoles du Sud ...



Agroforêt en Éthiopie.

sol, facilitent la circulation de l'eau et le stockage du carbone ou permettent la conservation de la biodiversité. En copiant le modèle écologique de la forêt tropicale, les paysans du Sud sont parvenus à utiliser la biodiversité comme facteur de régulation des maladies des cultures. Un savoir-faire qui, après avoir été négligé par les experts du Nord, est désormais reconnu comme un modèle d'avenir, y compris dans les régions tempérées. Pour une fois, l'innovation au Nord tire son inspiration des pratiques du Sud.

## PARTENAIRES

Center for International Forest Research (CIFOR), Indonésie

World Agroforestry Center (ICRAF), Kenya

Université Cadi Ayyad, Maroc

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brésil

Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD), Cameroun



# Vers une aquaculture durable

Depuis quinze ans, l'aquaculture ne vise plus seulement à produire une grande quantité de poissons, elle cherche aussi à être plus respectueuse de l'environnement.



© Reuters/Anch

Fermes aquacoles flottantes, Vietnam.

---

## PARTENAIRES

---

Université d'agriculture de Hanoï,  
Vietnam

Agency for marine Affairs and  
Fisheries research and development  
(AMAFRAD), Jakarta, Indonésie

Centre de recherches  
océanographiques, Dakar, Sénégal

Cirad, France

---

C'est le grand paradoxe de l'aquaculture : elle est une solution à la surpêche, mais elle en est en même temps l'un des moteurs, lorsqu'elle utilise des farines de poissons marins pour nourrir les élevages. Ses effluents peuvent en outre être une source de pollution des eaux.

Ces constats ont amené les chercheurs à imaginer des stratégies alternatives, pour pallier les effets négatifs sur l'environnement. Ainsi, en Indonésie, des études ont permis de remplacer la farine de poisson par une poudre d'insectes issue d'un processus de bioconversion. Pour la fabriquer, les chercheurs ont utilisé et valorisé des déchets organiques, domestiques ou agro-industriels, dont se nourrissent les larves d'un diptère surnommé « black soldier » (*Hermetia illucens*). Une fois réduites en poudre, ces larves constituent une farine riche en protéines, bon marché et qui peut se substituer au moins partiellement aux farines de poisson.

Pour réduire la pollution, les chercheurs ont imaginé des élevages regroupant plusieurs espèces de poissons, de plantes et/ou de mollusques, les unes étant susceptibles de consommer les déchets des autres. Ce principe dit d'« aquaculture intégrée multi-trophique » (IMTA) a été développé au sein des élevages de pangas en Indonésie, par l'adjonction d'une plante flottante dans les étangs de production. Cette lentille d'eau du genre *Lemna* croît en épurant l'eau des bassins d'élevage. Mais elle est aussi consommée par une espèce de poisson herbivore, le gourami géant, dont la production vient compléter celle des pangas, améliorant le retour économique de l'élevage. Une approche similaire a été appliquée au Sénégal avec un écosystème artificiel en circuit fermé qui associe le tilapia eurymalin, du zooplancton et l'algue unicellulaire *Chlorella*.

Enfin, pour limiter cette fois le recours aux antibiotiques, un travail d'inventaire a été mené sur les plantes utilisées traditionnellement pour soigner les poissons par les pisciculteurs du nord du Vietnam et de l'île de Java. Une quinzaine de ces plantes sont actuellement à l'étude.





Pisciculture associant deux espèces de poissons et des lentilles d'eau comme facteur d'épuration du milieu, Indonésie.

... Les scientifiques utilisent la biodiversité  
pour rendre la pisciculture plus  
respectueuse de l'environnement ...

# La pêche adaptative, c'est le Pérou !

Le Pérou possède la zone océanique la plus productive en poissons au monde... mais aussi la plus capricieuse. Cette variabilité a nécessité une adaptation unique du système de gestion des pêches. Un exemple à suivre ?



Campagne océanographique, Pérou.

Au large du Chili et du Pérou, le courant de Humboldt provoque une remontée d'eaux froides très riches en nutriments à l'origine d'une énorme productivité en poissons. Des stocks que les Péruviens ont appris à surveiller depuis les années 1960, notamment au travers de campagnes d'évaluation express conduites simultanément par une quinzaine de bateaux équipés de sondeurs acoustiques.

Ce suivi s'explique par l'importance économique de la pêche au Pérou, mais aussi par la variabilité extrême de cette zone, dont le rendement peut diminuer fortement lors des phénomènes El Niño, comme en 1972-1973 ou 1982-1983, lorsque la population d'anchois s'est effondrée, affectant durablement l'écosystème et la société. D'où l'idée proposée par l'Instituto del Mar del Perú de changer d'approche et de mettre en place une gestion en temps réel des stocks de poissons tenant compte d'une grande variété de paramètres de l'écosystème.

Lorsque l'IRD commence à travailler sur place en 2001, le Pérou a déjà réussi à mieux gérer les conséquences d'El Niño de 1997-1998. Mais certains savoir-faire scientifiques manquent pour exploiter la somme considérable de données amassées. L'IRD aide alors à créer des équipes pluridisciplinaires et entame une collaboration qui, en quinze ans, contribue à la formation d'une centaine de scientifiques péruviens. L'occasion de mettre à jour un certain nombre de connaissances et de permettre ainsi de baser les modèles conceptuels ou numériques sur des processus validés.

Des outils sont également développés pour mieux prévoir El Niño, visualiser le positionnement des masses d'eau, suivre par GPS le mouvement des bateaux et des oiseaux, ou détecter la formation de tourbillons océaniques par satellite. Grâce à ces outils, le système de gestion des pêches péruvien est aujourd'hui le plus réactif au monde : les quotas sont revus tous les six mois et, en cas d'anomalies, les pêches peuvent être stoppées en quelques heures. Une réactivité qui n'existe nulle part ailleurs.

## PARTENAIRES

Instituto del Mar del Perú (IMARPE)



... L'IRD accompagne les Péruviens  
dans la mise en œuvre  
d'une gestion adaptative des pêches ...



Senneur péruvien, pêche artisanale.

# Des pâturages et des hommes sous perfusion glaciaire

Dans les Andes tropicales, à l'aval des glaciers, un écosystème très particulier, vital pour les sociétés locales, est menacé par le changement climatique. Des images satellitaires couplées à des données de terrain permettent de proposer des scénarios d'évolution à long terme.



Pâturage d'alpacas dans les *bofedales*, Bolivie.

2012 : sur les hauts plateaux de Bolivie, des chercheurs étudient un papillon ravageur de la pomme de terre. Là, ils entendent parler des *bofedales*, des oasis de verdure qui suivent les cours d'eau et contrastent avec les paysages arides de la région. Peu connus, ces écosystèmes sont moins complexes que ceux situés plus en aval puisqu'ils sont dominés par une espèce végétale, ce qui pourrait permettre de modéliser leur interaction avec l'environnement physique, notamment les précipitations et les glaciers.

C'est ainsi que les chercheurs commencent à travailler sur les *bofedales*. Il apparaît alors que ces écosystèmes sont vitaux pour les populations locales, qui y font paître leur bétail. Prévoir leur évolution dans un contexte de changement climatique est donc un enjeu majeur pour la région. C'est pourquoi les chercheurs choisissent de reconstituer leur évolution récente en étroite relation avec l'eau, et donc avec les glaciers qui les surplombent. Glaciers suivis par les scientifiques depuis trente ans.

En croisant les données de terrain avec des images satellitaires, les chercheurs trouvent une relation entre la surface occupée par les 1 700 *bofedales* étudiés et la fonte des glaciers observée depuis la

... Les modèles permettent de comprendre le lien entre les glaciers et les *bofedales* ...



Étude de la biodiversité, Bolivie.

fin des années 1970. Approvisionnés en eau toute l'année, y compris en période sèche, les *bofedales* proches des glaciers se portent aujourd'hui particulièrement bien. Ils sont plus étendus et supportent une pression de pâturage élevée.

Cet état de grâce cessera lorsque les glaciers auront disparu. L'absence d'eau lors de la saison sèche devrait alors réduire la surface des *bofedales*, qui pourraient ne plus supporter le pâturage. Un signal d'alerte entendu par les populations locales, qui testent dès à présent des stratégies de protection, en restreignant l'accès à certains *bofedales* pendant la saison humide ou en tentant de retenir l'eau par différents procédés.

## PARTENAIRES

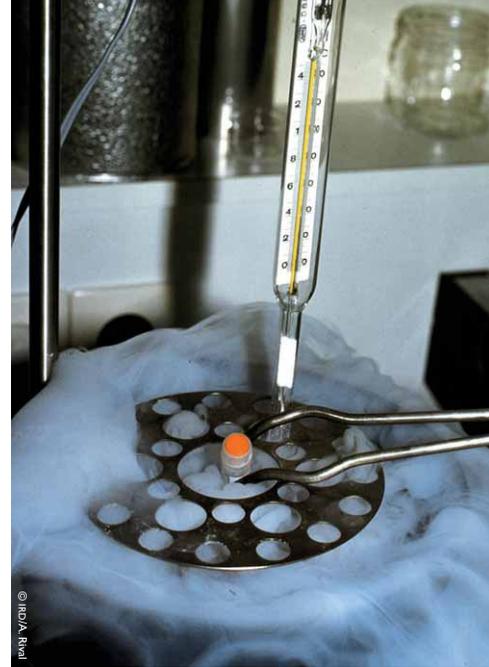
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Équateur

Universidad Mayor de San Andrés, Bolivie



# Gardiens de la diversité agronomique

Dans les années 1960, l'avènement de l'agriculture intensive déclenche une opération de sauvetage sans précédent. Objectif : empêcher que les ressources génétiques des espèces cultivées et de leurs apparentées sauvages ne soient perdues.



Cryoconservation des semences.



Mils sauvages et hybrides, Niger.

Entre les années 1950 et 1980, c'est la « révolution verte » : des plantes améliorées, sélectionnées pour leur rendement, envahissent les champs. La réduction de la diversité en culture faisant craindre une érosion irréversible des ressources génétiques, la FAO demande à des organismes internationaux, dont l'Orstom, de participer à des collectes et d'élaborer des collections : il s'agit de sauver la diversité génétique des plantes cultivées et leur capacité d'évolution.

Dès 1966, des chercheurs se rendent sur le terrain, en Éthiopie, pour y collecter des formes sauvages du caféier arabica. Entre 1970 et 1990, des collectes d'espèces de riz sont effectuées en Afrique de l'Ouest et à Madagascar, des prospections de mil et de sorgho, céréales des zones arides, sont menées dans les pays sahéliens. D'autres espèces (igname, manioc, niébé, gombo) font aussi l'objet de prospections.

Les céréales donnent des semences se conservant parfaitement en chambre froide mais devant tout de même être régénérées tous les vingt à trente ans. Pour d'autres espèces ne produisant pas de graines ou ayant des graines difficiles à conserver, des solutions alternatives sont recherchées. Ainsi, des collections en plein champ sont installées, des biotechnologies (micropropagation, culture de méristèmes) sont

... Des collections de graines permettent  
de remédier à l'érosion de la diversité génétique  
des plantes cultivées ...



Fleurs de caféiers, Côte d'Ivoire.

mises au point, de même que la technique de conservation dans l'azote liquide (cryoconservation).

Au cours des années 1990, l'émergence de la biologie moléculaire permet de mieux comprendre l'organisation de la diversité et de proposer de nouvelles approches de gestion. Ainsi, des chercheurs de l'IRD développent le principe de la « Core collection », qui permet de réduire considérablement le nombre de doublons.

Dès le début des années 2000, les possibilités de séquençage des génomes ouvrent de nouvelles possibilités concernant notamment l'adaptation aux changements climatiques. La comparaison du génome de mils prélevés en 1973 puis en 2003 conduit les chercheurs à identifier un gène majeur impliqué dans la résistance à la sécheresse. L'étude du génome du riz donne la possibilité de mieux appréhender celui d'autres céréales. De même, le séquençage du caféier robusta, une espèce africaine, permet de mieux comprendre l'extraordinaire diversité des espèces malgaches.

## PARTENAIRES

Centre national de recherche  
agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire

AfricaRice, Bouaké, Côte d'Ivoire

Centre national de la recherche  
appliquée au développement rural,  
Antananarivo, Madagascar

Institut national de la recherche  
agronomique du Niger, Niamey

Université d'Abomey-Calavi, Bénin



# Le riz comme bien commun

Dans les années 2000, une équipe internationale séquence pour la première fois l'ADN d'une plante modèle, *Arabidopsis*, très étudiée par les biologistes. Dès lors, une course contre la montre s'engage entre la recherche publique et privée. L'enjeu ? Parvenir à séquencer le génome du riz.



Amélioration des variétés de riz au Vietnam.

Lorsque le séquençage du premier génome végétal est annoncé en 2000, une angoisse saisit le monde scientifique. Que se passerait-il si un consortium privé venait à séquencer l'ADN d'une plante d'intérêt agronomique ? Une plante aussi vitale que le riz ? En 1997, un consortium international financé par des fonds publics et réunissant 10 pays est créé pour tenter d'accomplir un exploit scientifique. Les technologies de cette époque sont en effet coûteuses, lentes et complexes. Un pays seul ne peut venir à bout du séquençage du riz, dont le génome équivaut à quatre fois celui d'*Arabidopsis*.

C'est ainsi que l'IRD, qui travaille depuis les années 1970 sur la diversité des riz sauvages et cultivés, se tourne vers le Génoscope, artisan du séquençage du génome humain, pour faire entrer la France dans le consortium. Les différents États participants se partagent alors le génome du riz. Revient à la France de séquencer le chromosome 12. Et l'investissement paie : en 2005, le génome entier du riz est publié par ce consortium dans la revue *Nature*, alors que les séquences obtenues par le secteur privé étaient incomplètes ou de moins bonne qualité.

Avec le progrès des techniques et la baisse des coûts de séquençage, d'autres espèces comme le mil ou le caféier sont ensuite séquencées par l'IRD et ses partenaires. Mieux, des milliers d'individus d'une même espèce sont passés au crible, notamment pour le riz ou le mil. Il devient possible de rendre compte de la diversité génétique au sein des espèces et d'identifier des gènes susceptibles d'être sélectionnés pour accroître la productivité, les capacités d'adaptation ou la résistance aux maladies. Ces recherches ont permis aux scientifiques d'identifier par exemple des gènes d'intérêt chez l'espèce africaine de riz cultivé qui ont été transférés au riz asiatique, comme les gènes de résistance à la panachure jaune du riz, une maladie virale affectant les rizières en Afrique.

## PARTENAIRES

Génoscope (Centre national de Séquençage), France

Laboratoire « Génome et développement des plantes (LGDP), UMR CNRS-UPVD université de Perpignan, France

UMR « Amélioration génétique et adaptation des plantes », Cirad-Inra, Montpellier SupAgro, France



... L'IRD, le CNRS et Génoscope séquentent  
le chromosome 12 du riz ...



Panicule de riz.

# Le potentiel du monde du dessous

Un quart de la biodiversité terrestre se trouve dans le sol. Malgré cette richesse, le monde souterrain a longtemps été négligé par les écologues et les agronomes, alors qu'il pourrait être l'un des moteurs des alternatives efficaces à l'agriculture intensive.



Ver de terre géant de Madagascar : *Kynotus giganteus*.

L'écologie des sols est longtemps restée la parente pauvre de l'écologie, pour des raisons tant méthodologiques qu'historiques. En effet, tous les organismes souterrains (ou presque) sont microscopiques et vivent dans un milieu dense, opaque et très hétérogène. Leurs traits de vie et leurs interactions sont donc difficiles à étudier. De plus, les théories écologiques se sont construites principalement avec le monde « du dessus » sans prendre en compte les spécificités du monde « du dessous ». Or c'est en grande partie cette vie souterraine qui, *via* ses différentes fonctions (dégradation de la matière organique, maintien de la structure du sol, cycle des nutriments) confère au sol ses propriétés.

Aujourd'hui, la vision essentiellement productiviste de l'agriculture a atteint ses limites environnementales (dégradation des sols, érosion, pollution, etc.). Aussi les scientifiques manifestent-ils un intérêt croissant pour la vie du sol, qui héberge plus de 25 % de la biodiversité totale. Pour préserver et restaurer cette biodiversité menacée par les pratiques comme le labour ou l'épandage de produits phytosanitaires, il convient de mieux cerner les fonctions et/ou services écosystémiques qu'elle assure. Or ces fonctions sont très souvent issues des interactions entre les différents éléments de cette faune, interactions qui dépassent le cadre de l'inventaire taxonomique. Mesurer la santé biologique des sols implique donc de développer une approche plus holistique prenant en compte ce niveau.

... Des chercheurs tentent de comprendre  
comment la faune du sol lui permet de fonctionner ...



Turricule de ver de terre, étude sur les lombrics, Vietnam.

Pour la recherche, l'objectif à terme serait de développer des approches plus fonctionnelles de la biodiversité du sol pour mieux cerner le lien entre interactions et/ou assemblages biologiques et fonctionnement du sol. Cela permettrait de proposer des solutions pour améliorer la santé des sols tout en maintenant leur productivité *via* des stimulations indirectes (apport de « cocktail » de matières organiques qui vont modifier les assemblages biologiques) ou directes (réensemencement biologique) de cette biodiversité. À Madagascar par exemple, l'introduction pendant trois années successives de vers de terre dans certaines parcelles de riz pluvial a permis d'améliorer le rendement des récoltes de 44 %. Cette action est principalement due à une meilleure libération de nutriments (et notamment de phosphore, très limitant dans ces sols) disponibles pour les plantes.

Si l'approche en est encore à ses débuts, elle permet pour la première fois d'appréhender la complexité du système souterrain. Le défi sera de préserver cette biodiversité et d'orienter son fonctionnement pour une agriculture qui concilie durabilité et productivité.

## PARTENAIRES

Centre de recherche en écologie,  
Université Nangui Abrogoua, Abidjan,  
Côte d'Ivoire

Laboratoire des Radiosotopes,  
Université d'Antananarivo, Madagascar

Land Development Department,  
Bangkok, Thaïlande



# Les mangroves, un nouvel Eldorado ?

Marais mouvants des zones intertropicales connus pour leurs forêts de palétuviers, les mangroves sont désormais des objets de spéculation et de communication.



Mangrove, Parc national des Galápagos, Équateur.

Longtemps perçues par les Occidentaux comme des fanges boueuses, stériles et infestées de moustiques, les mangroves sont désormais considérées comme des écosystèmes riches et fragiles ; de plus en plus de sites sont ainsi protégés dans le cadre de conventions internationales, comme celle de Ramsar sur les zones humides.

Malgré ces avancées politiques, entre 1970 et 2000, un tiers de la surface des mangroves disparaît, en raison principalement de l'explosion du nombre de fermes à crevettes. Les chercheurs prennent alors conscience de la multitude des rôles ou services remplis par ces écosystèmes atypiques : ils atténuent l'érosion des côtes, protègent des typhons, purifient les eaux et constituent par ailleurs des zones de reproduction pour les poissons.

Les zones de mangrove sont en outre habitées par des populations qui vivent de leurs ressources, y pêchent, utilisent le bois de chauffe, extraient les tanins, vendent le sel, cueillent des huîtres ou font pousser du riz. Des civilisations entières y ont prospéré, reflet du potentiel de ces milieux certes mouvants, mais riches en ressources.

Or, ces usages traditionnels sont aujourd'hui menacés, non pas par le changement climatique mais par les réponses qu'y apporte la société. Sous couvert de compensation, de séquestration du carbone et de reforestation, des États concèdent au secteur privé des mangroves qui jusque-là étaient des biens communs. Des entreprises y plantent une seule espèce de palétuvier, celle qui pousse le plus vite, afin de pouvoir communiquer rapidement sur leurs actions et redorer leur image dans les médias.

Ainsi, au Sénégal, de vastes campagnes de plantation du palétuvier *Rhizophora*, conduites par une ONG sénégalaise et financées par des organismes internationaux publics et privés, ont été lancées à partir de 2006 en Casamance et de 2008 dans le Delta du Saloum. Les résultats sont mitigés, tant sur les superficies effectivement reboisées

... Des recherches récentes montrent l'évolution de la perception des mangroves à travers les âges et pointent les dérives actuelles ...



Chantier d'huîtres, Casamance, Sénégal.

que sur la capacité de ces milieux à séquestrer le carbone et à restaurer la biodiversité. Sans compter les effets pervers sur les femmes, qui ne peuvent plus récolter les huîtres sur les racines des palétuviers ou les coquillages sur les hauts fonds replantés.

Ces actions de reboisement se font ainsi au détriment des populations, qui n'ont plus accès aux zones encloses, et donc aux ressources qu'elles avaient l'habitude d'exploiter. Les chercheurs tirent la sonnette d'alarme et enjoignent les politiciens, comme les gestionnaires, à revoir leur copie afin que les marais à mangroves puissent se maintenir en zones côtières dans toute leur diversité et leur richesse.

## PARTENAIRES

Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Can Tho University, Vietnam

National Museums of Kenya, Kenya

Partenariat régional pour la conservation de la zone côtière et marine de l'Afrique de l'Ouest (PRCM)

Instituto Superior d'Agronomia, Portugal

# Plantes en symbiose

Certaines plantes sont capables de produire leur propre engrais grâce à des symbioses réalisées avec des bactéries. Comprendre ce processus, c'est la possibilité de l'améliorer, de l'utiliser et, éventuellement, de le transférer à d'autres espèces.



Nodosités de niébé, Sénégal.

Les légumineuses (soja, arachides, haricots) produisent des graines qui contiennent jusqu'à 30 % de protéines, ce qui les rend très intéressantes sur le plan nutritif. Mais ce n'est pas leur seul atout, puisqu'elles sont aussi capables d'enrichir des sols pauvres. Comment ? Grâce à une symbiose naturelle avec des bactéries qui, en échange de sucres carbonés, produisent de l'azote pour la plante.

En Asie et en Amérique du Sud, cette capacité a été repérée de longue date par les paysans qui inoculent leurs champs de légumineuses avec des bactéries sélectionnées empiriquement. Mais cette pratique n'existe pas en Afrique, où pourtant de nombreuses légumineuses comme l'arachide, le soja ou le niébé sont cultivées et fertilisées avec de coûteux engrais chimiques. De là l'idée de développer ces pratiques sur le continent africain et d'aider à la sélection de bactéries adaptées aux cultures africaines.

Dans d'autres contextes, ces symbioses ont aussi été utilisées pour fertiliser des sols pauvres, comme en Thaïlande où des associations légumineuses/bactéries ont permis d'enrichir des rizicultures. Et comme certaines bactéries facilitent l'adaptation des plantes à certaines substances toxiques, elles sont exploitées pour permettre la revégétalisation de sols pollués, notamment en Nouvelle-Calédonie sur des terres chargées en nickel.

Mais les chercheurs se sont aussi penchés sur les mécanismes moléculaires permettant à la plante d'intégrer en son sein des bactéries étrangères. Depuis les années 1990, on pensait qu'il n'existait qu'un seul mécanisme de reconnaissance pour réaliser cette symbiose. Un système de « clé-serrure », imaginé comme universel... en tout cas jusqu'à ce qu'une équipe de chercheurs découvre en 2007, chez une légumineuse africaine, un procédé bien plus simple et qui pourrait être transféré à des plantes non légumineuses comme le riz, le blé ou le maïs. C'est en tout cas l'une des pistes aujourd'hui suivies par les chercheurs.

## PARTENAIRES

Université Cheikh Anta Diop de  
Dakar, Sénégal ; Institut sénégalais de  
recherches agricoles

Université de Suranaree, Thaïlande



... Les symbioses peuvent être utilisées pour fertiliser ou dépolluer les sols ...



Préparation du riz pour le repiquage, Thaïlande.

# La forêt amazonienne cache l'abattis

L'image de l'agriculture amazonienne est souvent attachée à celle de fronts de colonisation qui avancent sur la forêt. Mais d'autres formes d'agriculture telles que celles pratiquées par les peuples amérindiens et les populations traditionnelles permettent, avec un cycle long de jachère, de conserver le couvert forestier.



Tubercules de manioc et boutures, Río Negro, Brésil.

La diversité culturelle de l'Amazonie brésilienne, où il est parlé plus de 200 langues, renferme aussi une immense diversité d'agricultures qui diffèrent par leurs pratiques, leurs savoirs, les plantes cultivées et les systèmes alimentaires qui en résultent. Nombre de plantes telles que le manioc, les ignames, le roucou, les patates douces, aujourd'hui incorporées dans le modèle alimentaire national, résultent de processus de domestication, de sélection, de conservation menés au cours des siècles par les populations amérindiennes. L'apport de ces populations à la diversité des plantes cultivées est encore largement méconnu, en particulier des pouvoirs publics, tandis qu'en parallèle l'avancée des fronts de colonisation, une urbanisation croissante, de nouvelles pratiques alimentaires menacent l'existence de ces systèmes agricoles locaux et donc des ressources biologiques associées.

Une première étape dans la reconnaissance de l'importance de ces agricultures a été franchie en 2010 avec la reconnaissance du système agricole traditionnel du Río Negro comme Patrimoine culturel du Brésil. Cette inscription qui résulte d'une synergie entre associations amérindiennes, chercheurs brésiliens et français et organisations non gouvernementales a permis de donner une visibilité nationale aux modes de production locaux et à l'immense palette des ressources phylogénétiques gérées dans des agricultures trop souvent

... Des travaux pointent les relations étroites  
entre l'Homme et la forêt amazonienne ...



L'abattis, un espace riche en plantes cultivées, Río Negro, Brésil.

considérées comme archaïques. Cette diversité de ressources, par exemple des dizaines de variétés de manioc présentes dans un seul abattis, résulte des savoirs experts des agricultrices, de pratiques qui privilégient la diversité et en assurent la circulation par des échanges continus à l'échelle du bassin du Río Negro. D'autres éléments, les fameuses terres noires fertiles, la distribution d'espèces utiles comme le noyer d'Amazonie, le cacao ou autres montrent combien la forêt amazonienne a aussi une histoire culturelle. Aujourd'hui, à l'heure de la transition écologique, il est essentiel de comprendre les fondements de ces systèmes agricoles durables et de garantir à la fois leur continuité et leur adaptation à de nouvelles contraintes socioéconomiques et écologiques.

## PARTENAIRES

Université d'État de Campinas (UNICAMP), Brésil

Association des communautés indigènes du Moyen Río Negro (ACIMRN), Brésil

Institut du patrimoine historique et artistique national (IPHAN), Brésil

Entreprise brésilienne de recherche agricole (EMBRAPA), Brésil



## LISTE DES CONTRIBUTEURS SCIENTIFIQUES

### **De nouveaux outils pour étudier la biodiversité**

#### **Nager dans un flux d'informations**

Anne-Elisabeth Laques, géographe des paysages, UMR Espace-Dev  
Stéphanie Carrière, ethnoécologue, UMR Gred  
Danielle Mitja, écologue, UMR Espace-Dev  
Pierre Couteron, écologue, UMR Amap  
Éric Delaitre, télédéteur des surfaces terrestres, UMR Espace-Dev

#### **L'intelligence artificielle au secours de la biodiversité**

Morgan Mangeas, mathématicien spécialiste en intelligence artificielle, UMR Entropie  
Corina Iovan, spécialiste en télédétection et intelligence artificielle, UMR Entropie  
Laurent Vigliola, biologiste marin, UMR Entropie

#### **Le protocole de Nagoya, entre ambition et efficacité**

Jean-Louis Pham, généticien des plantes, référent scientifique Nagoya, UMR Diade

#### **À l'écoute de l'environnement**

Amandine Gasc, écoacousticienne, UMR IMBE

#### **Un botaniste dans mon smartphone**

Jean-François Molino, écologue, UMR Amap

#### **La génétique pour identifier les capacités adaptatives des coraux**

Véronique Berteaux-Lecellier, généticienne, UMR Entropie  
Gaël Lecellier, généticien, UMR Entropie  
Oliver Selmoni, géographe, UMR Entropie et EPFL  
Stéphane Joost, géographe, EPFL

### **Protéger la biodiversité**

#### **Changer les eaux usées en engrais et embellir les villes**

Didier Orange, écohydrologue, UMR Eco&Sols

#### **Des barrages et des poissons**

Pablo Tedesco, biologiste, spécialiste en écologie aquatique, UMR EDB

#### **La forêt guyanaise cataloguée**

Raphaël Pélissier, écologue, UMR Amap

#### **Des oiseaux et des touristes comme objets d'étude**

Martin Thibault, écologue et biologiste des populations, UMR Entropie  
Philippe Borsa, généticien des populations, UMR Entropie  
Catherine Sabinot, ethnoécologue et anthropologue, UMR Espace-Dev  
Éric Vidal, écologue et biologiste des populations, UMR Entropie

#### **Pour que réglementation rime avec appropriation**

Catherine Sabinot, ethnoécologue et anthropologue, UMR Espace-Dev  
Jean-Brice Herrenscheidt, géographe, GIE Oceanide, UMR Espace-Dev  
Gilbert David, géographe, UMR Espace-Dev  
Fabrice Brescia, écologue, Institut agronomique néo-calédonien (IAC), Équipe Arboreal

#### **La part des oiseaux**

Philippe Cury, écologue marin, UMR Marbec

## **Biodiversité et Santé**

### **Une nature luxuriante protège des pandémies**

Benjamin Roche, biologiste, spécialiste de l'écologie de l'évolution des agents pathogènes et de la santé, UMR Ummisco et Mivegec

### **Aux avant-postes de l'ethnopharmacologie**

Geneviève Bourdy, ethnopharmacologue, UMR Pharma-Dev  
Christian Moretti, ethnopharmacologue, UMR EIO, retraité

### **Sur la piste des maladies infectieuses**

Oleg Mediannikov, microbiologiste, infectiologue, UMR Mephi

### **Contrôler l'inéluctable**

Laurent Granjon, biologiste, UMR CBGP

## **La biodiversité pour se nourrir**

### **L'arbre, pilier de l'agriculture**

Geneviève Michon, ethnobotaniste, UMR Gred

### **Vers une aquaculture durable**

Marc Legendre, physiologiste des poissons, UMR Isem

### **La pêche adaptative, c'est le Pérou !**

Arnaud Bertrand, écologue marin, UMR Marbec

### **Des pâturages et des hommes sous perfusion glaciaire**

Olivier Dangles, écologue, UMR Cefe

### **Gardiens de la diversité agronomique**

Serge Hamon, phytogénéticien, UMR Diade  
Yves Vigouroux, génomicien des populations, UMR Diade

### **Le riz comme bien commun**

Alain Ghesquières, généticien, UMR Diade

### **Le potentiel du monde du dessous**

Alain Brauman, écologue du sol, UMR Eco&Sols  
Éric Blanchart, écologue du sol, UMR Eco&Sols

### **Les mangroves, un nouvel Eldorado ?**

Marie-Christine Cormier-Salem, géographe, UMR Paloc

### **Plantes en symbiose**

Éric Giraud, microbiologiste, UMR LSTM

### **La forêt amazonienne cache l'abattis**

Laure Empeaire, ethnobotaniste, UMR Paloc







[www.editions.ird.fr](http://www.editions.ird.fr)

---

Destiné à un large public, cet ouvrage présente les recherches les plus illustratives de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) en faveur de la biodiversité et du développement durable. De tous les grands enjeux environnementaux contemporains, la protection de la biodiversité est sans doute l'un des plus complexes, car cette biodiversité que l'on veut préserver ne peut être appréhendée hors des interactions avec les sociétés humaines qui vivent avec, l'utilisent, la gèrent, la détruisent et la protègent parfois. Ainsi, les exemples qui ponctuent ces pages attestent que la biodiversité ne peut plus être envisagée scientifiquement dans une vision disciplinaire et sectorielle. Elle doit au contraire être croisée avec les principales dynamiques, humaines et non humaines, qui déterminent les changements à la fois globaux et localisés auxquels nous faisons face aujourd'hui. En cela, cet ouvrage témoigne de l'engagement de l'IRD et de ses partenaires pour une science capable de produire des savoirs utiles et mobilisables au Sud, une science de la durabilité au sens fort du terme, qui puisse rendre la Terre durablement vivable.

15 €



ISBN : 978-2-7099-2850-2