

[ÉCO]systèmes & Co.

# Les mangroves

**Dossier pédagogique** — 2019 — 2020 — Élémentaire — Collège — Lycée



**Océanopolis**  
Brest



## PRÉAMBULE

À la fois forêts tropicales et marais maritimes, les mangroves forment un écosystème unique. Souvent définies comme des « forêts sur l’océan », elles figurent parmi les milieux humides les plus productifs de notre planète.

Bordant les trois-quarts des littoraux tropicaux et subtropicaux, les mangroves sont un réservoir de biodiversité mais constituent également un rempart contre l’érosion du littoral.

Puits de carbone bleu, espaces tampon, territoires vivriers, etc, les mangroves apportent des bénéfices exceptionnels désormais reconnus sur la base de nombreuses études scientifiques. Chaque année, les fortes pressions anthropiques rognent 1 à 2% du couvert végétal. Les initiatives de reboisement aujourd’hui observées dans différentes régions du monde, témoignent de la nécessité de préserver ce milieu essentiel.

Considérée comme un écosystème associé aux récifs coralliens, la mangrove fait l’objet de plusieurs programmes et d’études scientifiques. De la propagule du palétuvier à la mangrove, ce dossier propose de découvrir cet écosystème sensible et remarquable dans l’objectif de mieux le comprendre pour mieux le protéger.

Fondé sur une approche pluridisciplinaire, ce dossier décrit les mangroves en expliquant la biologie végétale, l’osmorégulation, les réseaux trophiques mais aussi leur distribution géographique, la géométrie et la physique à travers l’équilibre des palétuviers, etc.

# Connaître Comprendre Protéger

**Ce dossier vous propose d’aborder les différentes thématiques sous la forme de fiches.**

# 1

Les rapports entre l’humanité et les mangroves sont détaillés à travers l’Histoire. Ce sont aussi d’autres connaissances telles que la biologie du palétuvier, la répartition des différentes espèces ainsi que le fonctionnement de l’écosystème mangrove.

# 2

Les pressions naturelles et anthropiques préjudiciables au développement des mangroves sont décrites.

# 3

Les actions en faveur de la restauration des mangroves sont développées à travers des initiatives individuelles, collectives, des études et des programmes scientifiques et d’ONG.

# 4

Ce document propose aussi des activités pédagogiques, conçues par le service médiation d’Océanopolis et les conseillères-relais de l’Éducation Nationale, à accomplir avec vos élèves, en fonction de leur niveau (Cycle 3 – Cycle 4 – Lycée).

Bonne lecture!

# Le projet

Ce dossier pédagogique est réalisé par Océanopolis dans le cadre du projet de réalisation d'outils pédagogiques à destination des scolaires au niveau national, en lien avec des programmes de recherche et financé par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

Ce support à vocation éducative a pour objectif la valorisation de deux écosystèmes tropicaux sensibles et remarquables, les récifs coralliens et les mangroves. Ces milieux à forts enjeux environnementaux, sociétaux et économiques seront présentés en valorisant les programmes de recherche dédiés à améliorer la compréhension de leur fonctionnement présent et futur.

En adéquation avec les programmes scolaires, ce dossier privilégie une approche pluridisciplinaire et permet à l'enseignant de réaliser des ateliers pédagogiques avec ses élèves. Ce dossier accompagne l'application numérique valorisant les écosystèmes tropicaux. Téléchargement sur [www.oceanopolis.com/enseignants](http://www.oceanopolis.com/enseignants).

## Océanopolis

Depuis 1990, Océanopolis se place comme le 5<sup>e</sup> Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle de France. Cet équipement de la métropole brestoise, dédié à la découverte de l'océan, propose 9 000 m<sup>2</sup> d'espaces de visites. Il présente une biodiversité exceptionnelle (1 000 espèces – 10 000 animaux marins) répartie dans près de 80 aquariums pour un volume de 4 millions de litres d'eau de mer. La visite s'organise autour de 3 pavillons : Bretagne, Tropical et Polaire, ainsi qu'un sentier des loutres.

Reconnu Musée contrôlé par l'Éducation Nationale depuis 1992, Océanopolis constitue un outil éducatif remarquable. Depuis près de 30 ans, ce centre de médiation scientifique soutient activement les enseignants et leurs élèves en proposant des activités pédagogiques adaptées aux programmes scolaires.

Chaque année Océanopolis accueille plus de 35 000 enfants pour une immersion éducative. Et Océanopolis, c'est aussi une ébullition culturelle permanente, un lieu de grandes expositions, de conférences, de projets scientifiques et culturels, une dynamique unique d'animations innovantes et renouvelées tous les ans.

[www.oceanopolis.com](http://www.oceanopolis.com)

## Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

Résolument tournée vers la valorisation de son patrimoine maritime, la France s'est engagée fin 2017 dans une stratégie nationale pour la mer et le littoral. Disposant du deuxième espace maritime mondial avec plus de 10 millions de km<sup>2</sup> dont 57 557 km<sup>2</sup> de récifs et de lagons et plus de 5 000 km<sup>2</sup> de récifs cumulés des Outre-mer, la France porte une responsabilité mondiale en matière de conservation et de gestion durable des ressources marines.

La protection des écosystèmes marins et du littoral ainsi que le soutien à la connaissance constituent les deux axes majeurs de la stratégie nationale. L'économie maritime représente le troisième axe. La France exerce un rôle essentiel dans les négociations européennes et internationales sur le climat.

La politique du Gouvernement soutient les actions pour le maintien du bon état écologique du milieu marin et la préservation du littoral. Elle promeut notamment les démarches en faveur du développement durable et de la protection de la biodiversité.

[www.ecologique-solidaire.gouv.fr](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr)

## SOMMAIRE

- 3 Préambule
- 4 Le projet
- 5 Sommaire
- 6 Guide pratique

## PARTIE 1

- 8 Une Histoire scientifique
- 10 Des mangroves, des espèces
- 11 Un arbre à échasse
- 12 Les systèmes racinaires
- 13 Des faciès et des mangroves
- 14 Stratégies de développement
- 15 Vivre ensemble
- 16 Des connections indispensables
- 17 Une mangrove, des ressources

## PARTIE 2

- 20 Des mangroves en sursis
- 21 Le réchauffement climatique
- 22 Les tempêtes tropicales / La déforestation
- 23 Les aménagements terrestres /  
La culture et l'élevage
- 24 Les pollutions / La surpêche

## PARTIE 3

- 26 Sensibiliser pour mieux préserver
- 27 Nous pouvons protéger les mangroves !
- 28 Ils font avancer les connaissances...

## PARTIE 4

- 42 Atelier 1 — Dans les racines de l'Histoire
- 45 Atelier 2 — Développement des mangroves
- 47 Atelier 3 — Comment vivre en présence de sel ?
- 49 Atelier 4 — Distribution de la faune associée
- 52 Atelier 5 — Gestion durable d'un écosystème

# [ÉCO]systèmes & Co.

### Une Histoire scientifique

Il y a déjà 4 000 ans, les mangroves étaient connues des peuples australiens et amérindiens pour leurs nombreuses ressources (alimentaire, bois, abris, etc.).

**2900 J.-C.**  
Le géographe grec Agathémède décrit sous le nom de "Néel" ce que nous appelons aujourd'hui la mangrove. Il est le premier à expliquer que ce sont des arbres et non des herbes. Il rapporte également que les mangroves formaient par endroits de véritables forêts et qu'elles étaient utilisées pour le bois.

**-39**  
Les Grecs ont découvert que les mangroves étaient constituées de véritables forêts. Ils ont également découvert que les mangroves étaient utilisées pour le bois. Ils ont également découvert que les mangroves étaient utilisées pour le bois.

**-305**  
Le géographe grec Agathémède décrit sous le nom de "Néel" ce que nous appelons aujourd'hui la mangrove. Il est le premier à expliquer que ce sont des arbres et non des herbes. Il rapporte également que les mangroves formaient par endroits de véritables forêts et qu'elles étaient utilisées pour le bois.

**24**  
Le géographe grec Agathémède décrit sous le nom de "Néel" ce que nous appelons aujourd'hui la mangrove. Il est le premier à expliquer que ce sont des arbres et non des herbes. Il rapporte également que les mangroves formaient par endroits de véritables forêts et qu'elles étaient utilisées pour le bois.

**1164**  
Le géographe grec Agathémède décrit sous le nom de "Néel" ce que nous appelons aujourd'hui la mangrove. Il est le premier à expliquer que ce sont des arbres et non des herbes. Il rapporte également que les mangroves formaient par endroits de véritables forêts et qu'elles étaient utilisées pour le bois.

### Stratégies de développement

La viviparité est un mode de reproduction peu utilisé chez les végétaux mais dominant chez les palmiers. Ces plantes utilisent aussi la multiplication végétative et la germination.

**1** **ANCIENNE**  
La fleur de la mangrove se développe dans le sol (au-dessous de la surface).

**2** **FRUITS**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**3** **GERMINATION**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**4** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**5** **JEUNE PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**6** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**7** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**8** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**9** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**10** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**11** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**12** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**13** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**14** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**15** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**16** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**17** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**18** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**19** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

**20** **PLANTULE**  
Les fruits de la mangrove se développent dans le sol (au-dessous de la surface).

## LES DOSSIERS PÉDAGOGIQUES

### LES RÉCIFS CORALLIENS

### LES MANGROVES

Les différentes thématiques sont présentées sous forme de fiches agrémentées de chiffres clés, de schémas, de bulles d'informations pluridisciplinaires, etc.

Pour vous permettre de valoriser ces connaissances, des ateliers pédagogiques basés sur une approche interdisciplinaire sont proposés dans la dernière partie de ce document.



En savoir plus



Éclairage scientifique



Éclairage historique



## L'APPLICATION NUMÉRIQUE

L'application numérique propose de faire découvrir les récifs coralliens et les mangroves à travers une approche très interactive.

Les schémas et les illustrations sont communs au dossier pédagogique et à l'application. Ces repères vous permettent de combiner avec aisance l'usage de l'application numérique et la valorisation des données du dossier pédagogique.

Téléchargement sur [www.oceanopolis.com/enseignants](http://www.oceanopolis.com/enseignants)



# Connaitre la mangrove

## **PARTIE 1**

Les palétuviers, ces arbres uniques qui ont su s'adapter à un environnement très instable, jouent un rôle essentiel à l'équilibre de notre planète et au maintien de la biodiversité marine.

Cette première partie relate les descriptions des mangroves au cours de l'Histoire. La diversité spécifique et la répartition géographique de ces forêts marines sont abordées dans un second temps permettant de décrire les différentes stratégies de développement des palétuviers.

Enfin, l'écosystème mangrovien est présenté pour ses nombreuses ressources exploitées par l'être humain.

# Une Histoire scientifique

Il y a déjà 4 000 ans, les mangroves étaient connues des peuples australiens et amérindiens pour leurs nombreuses ressources (nourriture, bois, abris, etc).



L'olivier d'Éthiopie (Artémidore, Strabon) et l'olivier de la mer Rouge (Théophraste) désignaient dans l'Antiquité les palétuviers.



## 39 AV. J.-C.

Le géographe grec **Agatharchide** décrit trois îles au Nord de la mer Rouge couvertes d'une végétation spécifique s'apparentant à des oliviers. Il s'agissait en réalité de mangroves formées par les espèces *Avicennia marina* et *Rhizophora mucronata*.

« Trois îles : deux sont complètement couvertes d'oliviers ; dans la troisième, les arbres en question ne sont pas aussi abondants, mais il y a une foule d'oiseaux qu'on appelle méléagrdes ».

**DIODORE DE SICILE REPRENANT LES ÉCRITS DE AGATHARCHIDE, BIBLIOTHÈQUE HISTORIQUE** ≈ 39 AV. J.-C.

« Les oliviers sont l'objet du phénomène étrange que voici. Quand la marée est haute, tous sont immergés ; quand le reflux se produit en mer, ils sont constamment en fleurs ».

**AGATHARCHIDE** ≈ 145-132 AV. J.-C.

# -39

# -305



« À marée montante, alors que tout le reste disparaît, on voit émerger les rameaux des arbres les plus élevés, auxquels on attache les amarres, qui sont ensuite, au moment du reflux, attachées aux racines ».

**THÉOPHRASTE, HISTORIA PLANTARUM** ≈ 320-300 AV. J.-C.



« Les compagnons d'Alexandre le Grand ont rapporté qu'à Tylos, une île de la mer Érythréenne, poussent des arbres dont on fait des bateaux ».

**PLINE L'ANCIEN, HISTORIA NATURALIS**

## 305 AV. J.-C.

La première évocation écrite de mangrove revient à Androsthène de Thasos, officier grec, scribe d'Alexandre le Grand et informateur du philosophe et botaniste **Théophraste**. Afin de préparer l'invasion macédonienne, il décrit la côte d'Arabie dont la mangrove du delta de l'Indus. Théophraste notera le bois imputrescible (de mangrove) utilisé pour les bateaux de l'île de *Tylos*.

# 24



« En cet endroit poussent des arbres au fond de l'eau ».

**ARTÉMIDORE, 1<sup>ER</sup> SIÈCLE AV. J.-C.**

## 24 AP. J.-C.

**Pline l'Ancien** (23-79 ap. J.-C.) décrit les mangroves en les nommant *silva* en référence à la forêt sous-marine. Ce naturaliste romain mentionne les vertus médicinales de « l'olivier d'Arabie » connu pour ses propriétés cicatrisantes et « l'olivier éthiopien » pour apaiser les douleurs dentaires. Les deux « oliviers » sont aussi cités pour leurs propriétés anti-ulcères.

# 1164

Le médecin Abu Muhammad Ibn al-Baitar décrit les vertus d'*Avicennia sp.* L'écorce est utilisée en Arabie pour le tannage du cuir et une gomme aphrodisiaque est obtenue après incision du tronc du palétuvier.





Si les mangroves sont connues des premiers explorateurs, elles restent cependant peu convoitées. Ces espaces sont désignés comme des territoires inabordables, propices aux échouages dans les récifs ou à l'envasement, empuantis et infestés d'espèces nuisibles (moustiques, serpents). Les grandes expéditions naturalistes du XVIII<sup>e</sup> siècle permettent d'enrichir les connaissances sur les mangroves.

## XVIII-XIX

Description des mangroves des côtes africaines lors des explorations maritimes entreprises par les navigateurs portugais sous la volonté de l'**Infant Don Henri** (Henri le Navigateur) à l'origine de l'expansion coloniale, tels que **Gomes Eanes de Zurara** (1444). Dès cette époque l'écosystème mangrovien apparaît essentiel pour la population locale avec la culture du riz, l'usage du bois nécessaire à la navigation et en matériaux de construction.



Le terme « manglier » désignait autrefois les palétuviers.

## XV-XVII

*« Les Isles sont bordées de certains arbres, dont les branches à leur pointe ne se passent pas l'une l'autre ; mais les jettons tirent bas et lors qu'ils ont touché ou l'eau, ou la terre, y reprennent racine ; et par ce moyen font une haye quelque fois épaisse de dix à douze pas [...] Toutes ces côtes sont bordées de grands arbres, la terre en est fort basse, grasse et arrosée par quantité de ruisseaux, qui en rendent l'air si mauvais que peu de Blancs y passent sans y être malades. »*

**LETTRE DE NICOLAS VILLAUT DE BELLEFOND  
1666-1667 ADRESSÉE À COLBERT**



## XX-XXI

L'amélioration des connaissances sur les mangroves révèle le rôle indispensable de cet écosystème pour sa participation dans les cycles biogéochimiques et pour les nombreuses ressources apportées aux populations locales. Les espaces déboisés par l'être humain renforcent l'impact des cyclones et des tsunamis. Les lourds préjudices subis témoignent de la place essentielle des mangroves. Des initiatives locales aux conventions internationales, les mangroves deviennent désormais des territoires à protéger et à valoriser pour les générations futures.

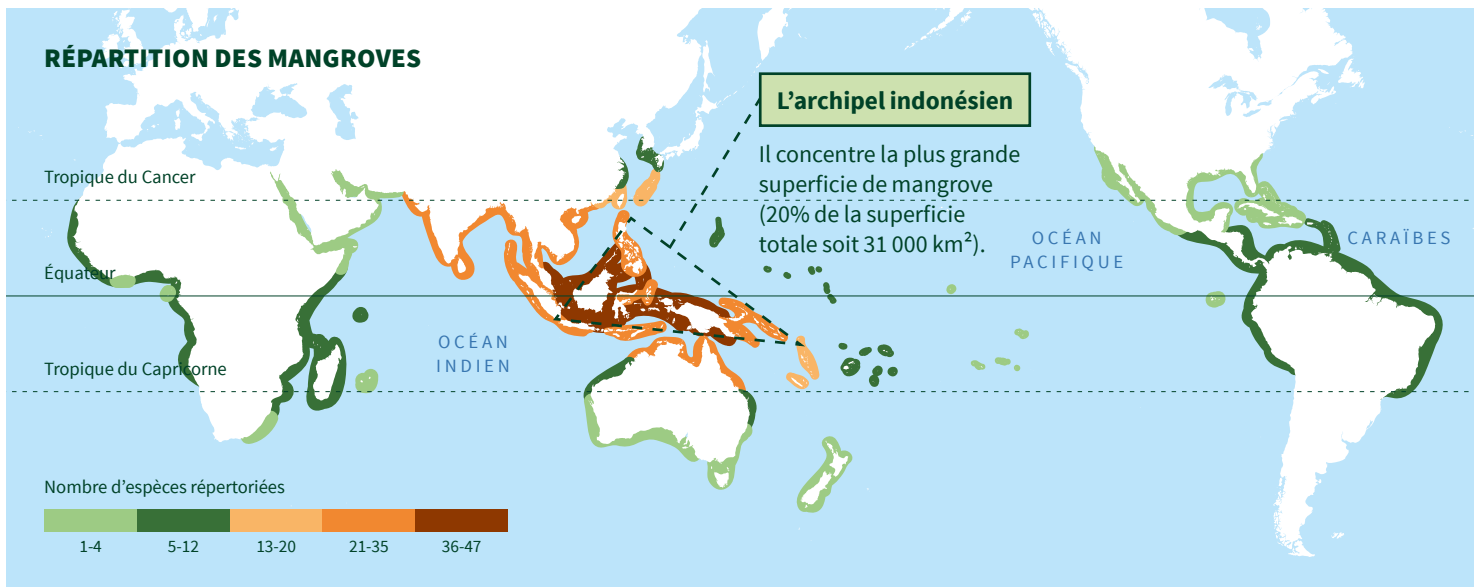
# Des mangroves, des espèces

Couvrant près de 100 000 hectares, les mangroves occupent 75% des littoraux tropicaux. Représentant moins de 1% des forêts tropicales humides, ces forêts maritimes ont cependant la plus vaste répartition mondiale.

**50%**  
des mangroves dans 5 pays

**0,45%**  
des forêts mondiales

**124**  
pays bénéficiant des mangroves



Ces forêts tidales s'étendent entre les tropiques du Cancer et du Capricorne (30° Nord et 30° Sud). Les mangroves constituent des écosystèmes intertidaux hyperspécialisés, adaptés aux conditions environnantes fluctuantes (halophile : fortes variations de salinité ; hypoxie/anaérobie : pauvre en oxygène et un sol instable). Ces forêts humides sont formées d'arbres et d'arbustes capables de supporter l'immersion lors des plus fortes marées. Ces zones marécageuses sont localisées dans les territoires abrités avec une faible courantologie. Situées préférentiellement à l'embouchure des deltas, des fleuves et des rivières, les mangroves se développent dans des zones propices à la sédimentation et souvent riches en nutriments.

## LA MANGROVE SE DIVISE EN 2 AIRES DE RÉPARTITION

- La mangrove orientale localisée en Indo-Pacifique depuis l'Est de l'Afrique, en passant par l'Asie du Sud-Est, l'Indonésie, l'Australie et les îles Polynésiennes. Elle est la plus diversifiée et peut accueillir plus de 60 espèces de palétuviers.
- La mangrove occidentale se développant sur les littoraux Est et Ouest de l'Atlantique et le littoral Est Américain du Pacifique. Une dizaine d'espèce est recensée.

Spécifiques à ces deux aires, les espèces de palétuviers ne se mélangent pas (exemple des *Avicenniacés* et des *Rhizophorés*), contraintes par la barrière géographique que forment les continents et par les eaux froides du Sud de l'Afrique. En revanche, les espèces *Avicennia germinans* et *Rhizophora mangle* sont communes au littoraux Est et Ouest Américains.



Les palétuviers se développent à des températures supérieures à 20°C.



## FOSSILES DE MANGROVES

Les fossiles de mangroves les plus anciens datent d'environ 240 millions d'années. Les mangroves d'aujourd'hui seraient apparues il y a 50 millions d'années.



## ÉCOTONE

La mangrove est un écotone, un espace de transition écologique entre les écosystèmes terrestres et marins.

## PROFIL D'UNE MANGROVE PRÉSENTANT LA RÉPARTITION DES ESPÈCES DE VÉGÉTAUX

**1**  
Palétuvier rouge  
*Rhizophora mangle*

**2**  
Palétuvier rouge  
*Rhizophora mangle*

Palétuvier noir  
*Avicennia germinans*

Palétuvier gris  
*Conocarpus erectus*

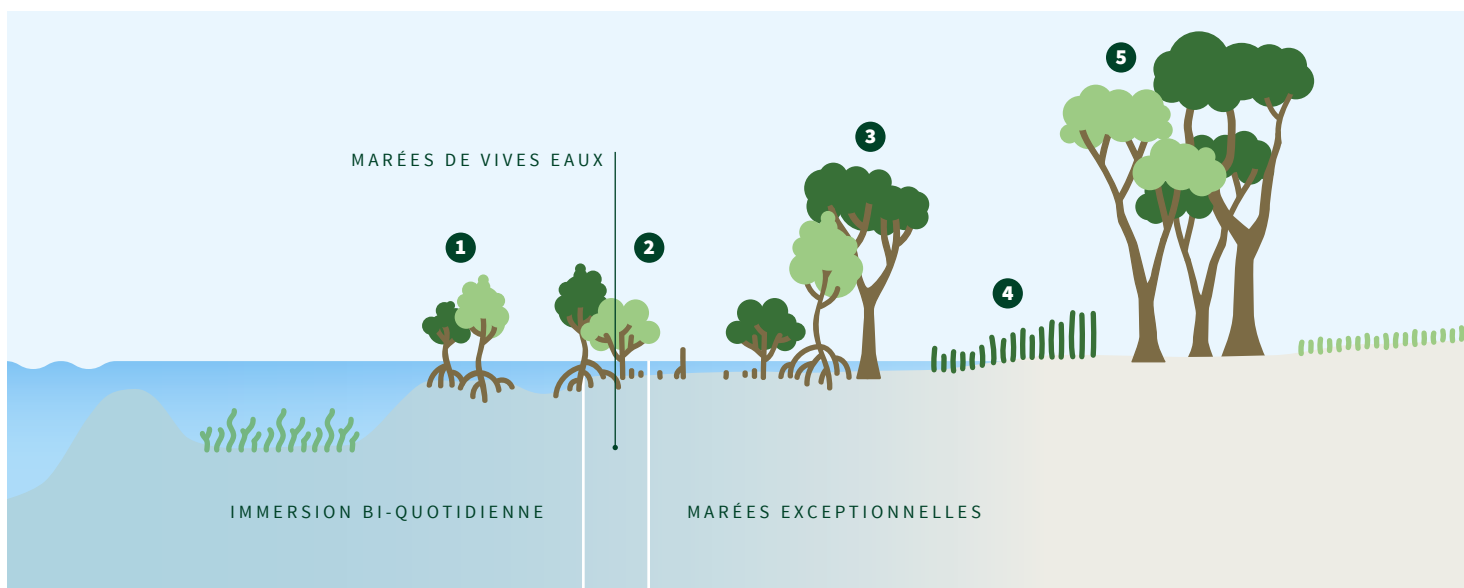
Palétuvier blanc  
*Laguncularia racemosa*

**3**  
Palétuvier blanc  
*Laguncularia racemosa*

Palétuvier gris  
*Conocarpus erectus*

**4**  
Fougère dorée  
*Acrostichum aureum*

**5**  
Mangle Médaille  
*Pterocarpus officinalis*



## Un arbre à échasse

Les palétuviers jouent un rôle déterminant dans le fonctionnement de l'écosystème mangrove. Véritables équilibristes, les espèces les plus exposées à l'immersion développent des racines aériennes en forme d'échasses (les rhizophores) permettant au végétal de respirer.

Tel un arbre « sur pilotis », ces racines se prolongent jusque dans le sédiment vaseux fournissant un ancrage et une stabilité au végétal. Le palétuvier trouve à travers ses racines aériennes et ses racines secondaires (les pneumatophores) une alternative à la limitation voire l'absence de dioxygène dissous

dans l'eau et le sédiment. Les échanges respiratoires peuvent se poursuivre au dessus de la surface. Si les palétuviers supportent de larges variations de salinité (espèces halophiles), ils n'en demeurent pas moins des végétaux contraints de lutter contre le sel. Toutes les espèces ne tolèrent pas les mêmes niveaux de salinité, des bandes de végétation homogènes se formeront en fonction des conditions de vie.

Les vrais palétuviers désignent les espèces « majeures » se développant exclusivement dans les mangroves par opposition aux espèces non exclusives. Ces dernières sont abondantes dans les mangroves mais sont capables de se développer dans d'autres environnements.

**90%**  
de sel excrété  
par le palétuvier

**45**  
espèces différentes de  
palétuviers en Indonésie

**30**  
espèces « mineures ». Rarement en peuplement monospécifique, réparties en périphérie des habitats

**34**  
espèces « majeures » de palétuviers



### EXCRÉTION DU SEL

Différents modes d'excrétion du sel en fonction des espèces de palétuvier :

- par les glandes sécrétrices des feuilles (excrétion-transpiration)
- par les racines (excrétion)
- par suppression des organes chargés de sel (abscission)

# Les systèmes racinaires

Le système racinaire sera différent en fonction des conditions environnementales.



## RACINES-ÉCHASSES

Pour sa faible tolérance aux variations de salinité, le palétuvier rouge (*Rhizophora sp.*) est une espèce de bord de mer. Capable de s'adapter à l'exposition au vent et à la houle, ce palétuvier répartit son poids sur un ensemble de racines-échasses qui ne s'enfoncent qu'à faible profondeur dans la vase. Ces racines aériennes permettent la respiration de l'arbre grâce à la présence de fentes, les lenticelles. Le développement des racines aériennes et des branches renforce l'équilibre de l'arbre.



## CONTREFORTS

Le palétuvier gris (*Avicennia officinalis*) domine les sols caillouteux. Les larges contreforts de *Pterocarpus sp.* lui permettent de développer son système racinaire en surface et dans les milieux humides.



## RACINES GENOULLÉES

Les racines genouillées permettent un ancrage stable du palétuvier rouge (*Bruguiera gymnorhiza*) dans les milieux vaseux.



## RACINES-CÂBLES

Capables de se développer dans les zones sur-salées des mangroves (tannes), le palétuvier blanc (*Avicennia sp.* ; *Sonneratia sp.*) et le palétuvier noir (*Avicennia sp.*) étendent un réseau radial de racines-câbles dans la partie superficielle de la vase. Tel un tapis, cet enchevêtrement racinaire assure un ancrage solide au palétuvier, renforcé par la croissance des racines-ancres. Des racines aériennes, les pneumatophores, se développent sur ce réseau.



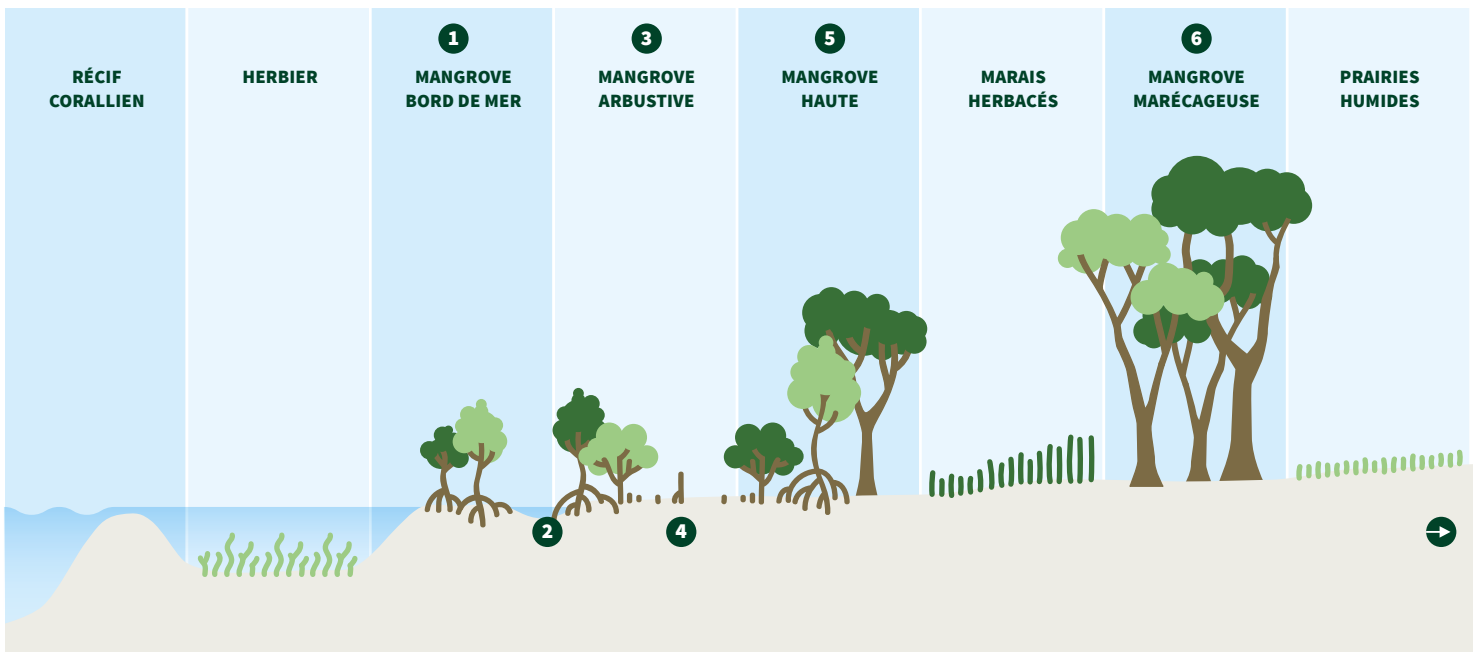
# Des faciès et des mangroves

Forêt humide, zone inondée, marécage, marais, tanne, etc les mangroves regroupent une grande diversité de paysages (faciès), dépendante des conditions environnementales (salinité, type de substrat, etc).



## HAUTEUR

Les mangroves abritées de Guyane dépassent une hauteur de 40 m alors que les mêmes espèces n'atteignent pas la moitié dans les mangroves plus exposées de Guadeloupe. Les mangroves de Nouvelle-Calédonie n'excèdent pas 10 m de haut.



À l'interface entre le milieu marin et le milieu terrestre, les mangroves subissent l'influence des conditions marines et celles provenant des terres. Un déficit en eau douce peut contraindre le développement des mangroves et réduire son aire de répartition.

### 1 MANGROVE DE BORD DE MER

Dominée par les palétuviers rouges (*Rhizophora mangle*) de 8-10 m de haut. Pourvus des racines-échasses et au contact permanent de l'eau, ces espèces sont capables de coloniser de nouveaux espaces sur l'océan.

### 2 MARIGOTS

Plans d'eau saumâtres coupés du milieu marin.

### 3 MANGROVE ARBUSTIVE

Couvert végétal de 2 m de haut baignant dans une faible profondeur d'eau et constitué par différentes espèces de palétuviers (rouge, noir *Avicennia germinans*, gris *Conocarpus erectus*, blanc *Laguncularia racemosa*) distribuées en fonction de leur tolérance à la salinité.

### 4 ÉTANG BOIS SEC (TANNES)

Espace fortement salé. La végétation y est clairsemée avec un couvert herbacé ou non, parsemée de bois secs, morts.

### 5 MANGROVE HAUTE

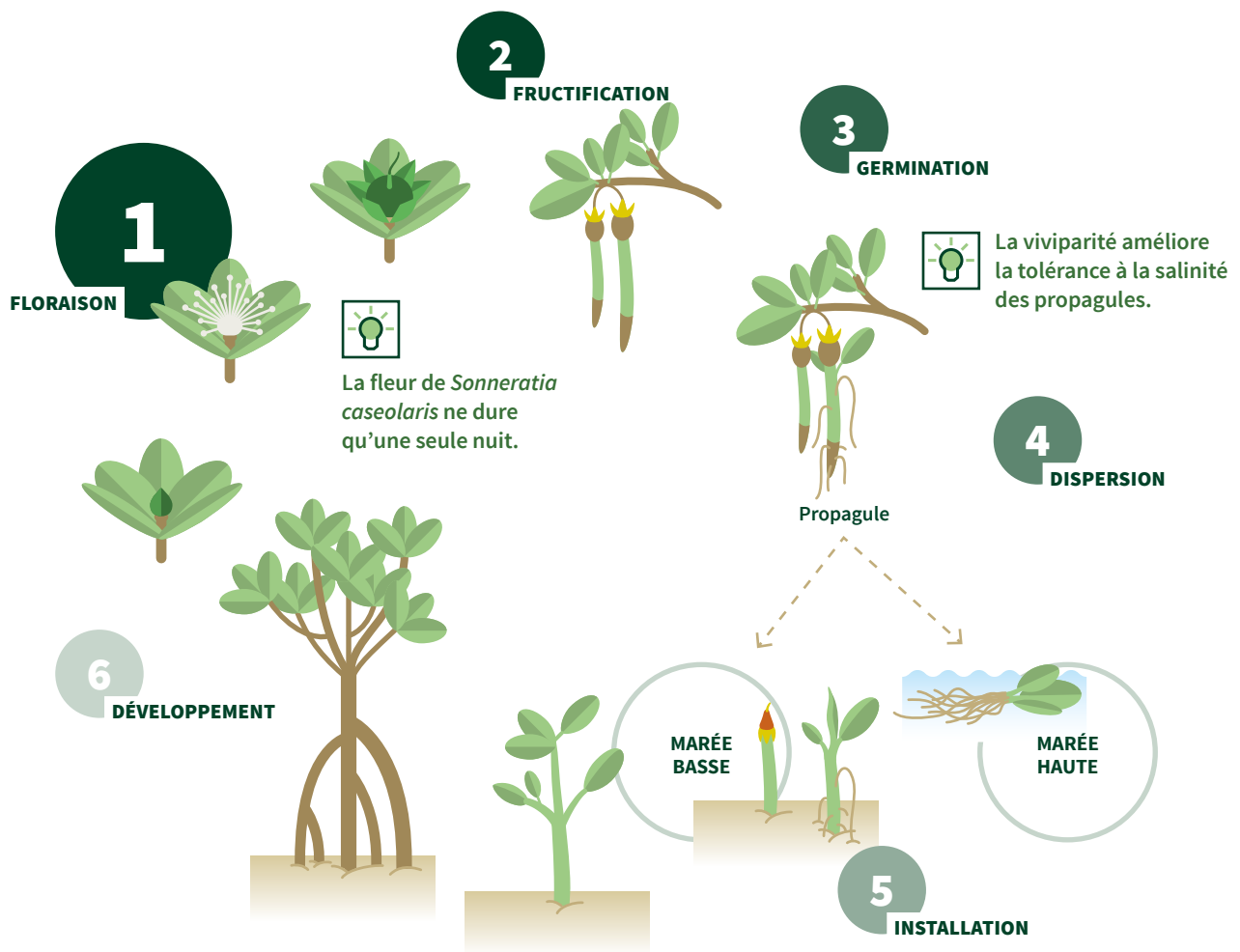
Espace dominé par les palétuviers blancs de 10-20 m de haut.

### 6 MANGROVE MARÉCAGEUSE

Végétation diversifiée due à la présence d'eau douce ou d'eau saumâtre.

### → LIMITE AIRE

Peuplements monospécifiques et disséminés.



# Stratégies de développement

La viviparité est un mode de reproduction peu utilisé chez les végétaux mais dominant chez les palétuviers. Ces plantes utilisent aussi la multiplication végétative et la germination.



En transportant les propagules de palétuviers, les crabes vont influencer l'organisation de la mangrove.



## HERMAPHRODITE

La majorité des espèces de palétuviers est hermaphrodite avec des possibilités d'auto-pollinisation ou de pollinisation croisée.

La viviparité permet le développement précoce de l'embryon avec la formation de ses feuilles et de son système racinaire. Cette propagule naît d'une graine dans le fruit, toujours lié à la plante-mère. Elles peuvent rester ainsi attachées de 1 mois à 1 an en fonction des espèces. La propagule va constituer des réserves importantes de nutriments.

Les racines de la propagule vont atteindre une vingtaine de centimètres avant que la jeune plante ne se décroche de la plante-mère. À marée basse, la chute de la propagule permet son ancrage directement dans la vase. À marée haute, les graines et les propagules sont disséminées par l'eau (hydrochorie), transportées

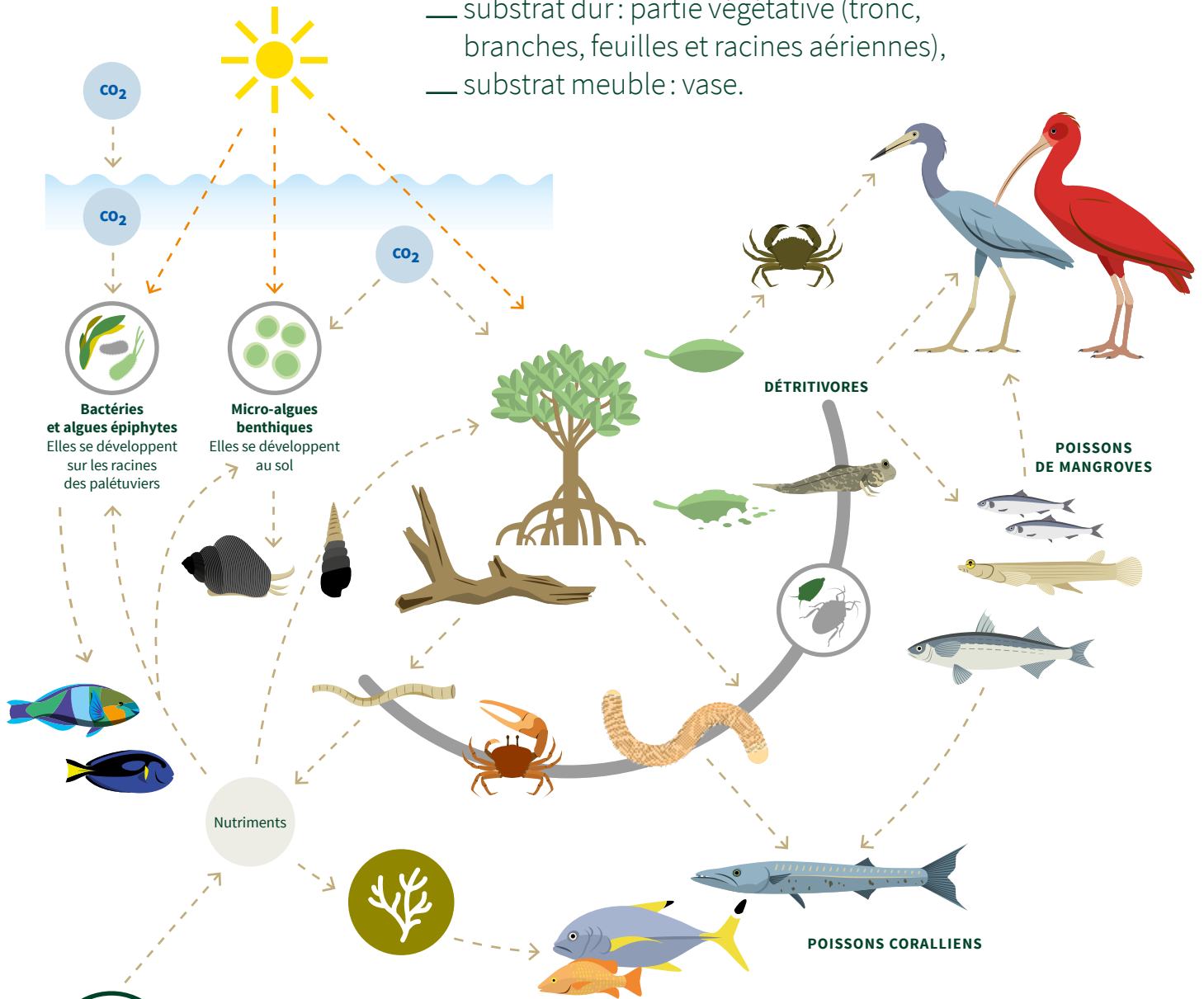
par les marées, les flux estuariens et les courants. Cette dispersion peut s'étaler sur plusieurs semaines voire plusieurs mois permettant aux propagules de parcourir plusieurs centaines de kilomètres. La survie et la flottaison de l'espèce vont influencer sa dispersion et son établissement dans des territoires isolés.

Alourdie par son poids, la plantule flottante va couler pour s'enraciner sur le fond. Au contact du substrat vaseux, les plantules ont un développement rapide. Elles ont la capacité de produire leurs premières propagules 5 mois après leur implantation et atteindront en l'espace d'une année entre 2 et 3 m de haut.

# Vivre ensemble

À l'interface entre le terrestre, l'aérien et le marin, les mangroves fournissent de nombreux habitats :

- substrat dur : partie végétative (tronc, branches, feuilles et racines aériennes),
- substrat meuble : vase.



## MICRO-ORGANISMES

Ils minéralisent la matière organique. Le faible renouvellement d'eau favorise le développement des bactéries anaérobies, productrices de composés sulfureux. Pour survivre dans ces milieux très toxiques, certains coquillages vivent en symbiose avec des bactéries.



## BIOTURBATEURS

Ce sont les organismes tels que les vers marins ou les crabes (dites espèces ingénieuses) dont l'activité d'agitation de la vase permet de drainer le sédiment initialement anoxique et favorise les processus microbiens qui dégradent et minéralisent le carbone. Les crabes peuvent également enfouir les feuilles de palétuvier non dégradées. L'important réseau de galeries, de différentes sections, va favoriser les échanges gazeux de la vase et être favorable à la croissance des plantules.

Ces forêts océaniques accueillent une faune diversifiée qui profite des différentes niches écologiques. Les espèces y sont abondantes et adaptées aux conditions fluctuantes de cet écosystème (salinité, substrat meuble et instable, substrat hypoxique voire anoxique). De multiples zones de reproduction, de nurserie, de croissance permettront aux organismes juvéniles de se développer avant de gagner les récifs coralliens et le large.

# Des connections indispensables

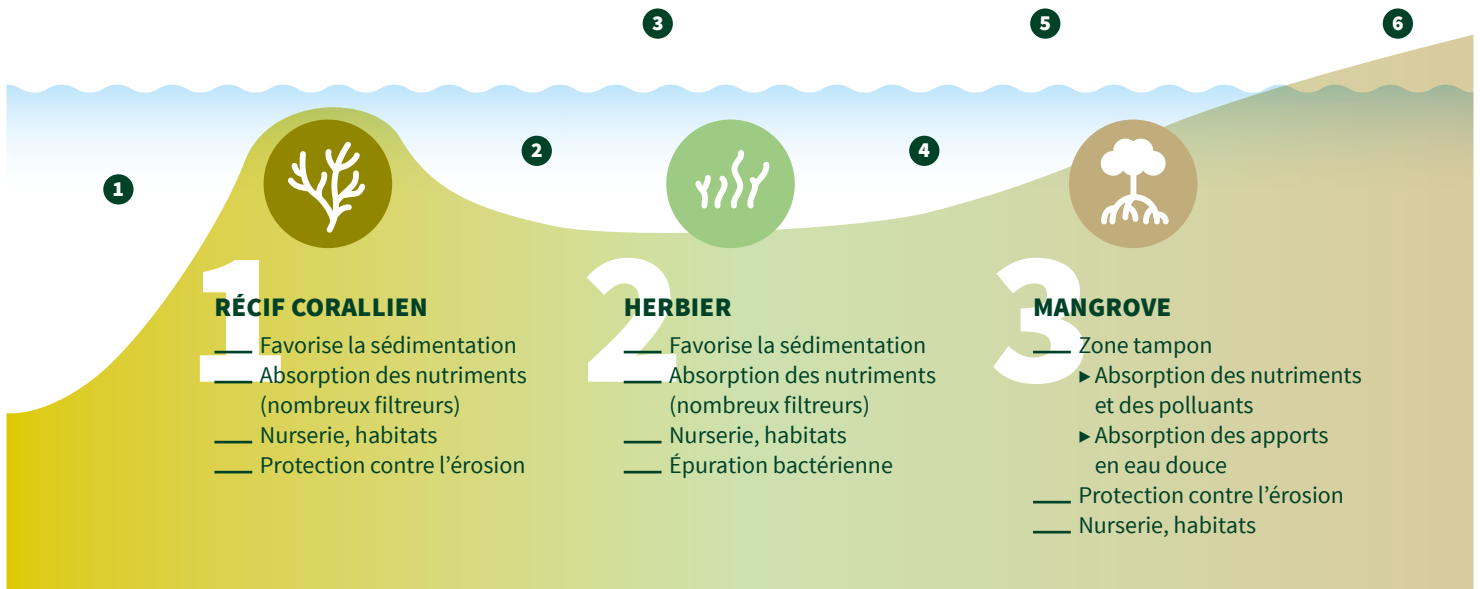
Les mangroves constituent un territoire à la croisée de nombreux autres écosystèmes :

- marins : estuaire, littoral, herbier, récif corallien
- terrestre : marais, forêt marécageuse, prairie humide.

Ces forêts tidales ont un rôle indispensable dans le stockage du carbone à l'échelle planétaire. En filtrant l'eau issue des ruissellements terrestres, les mangroves se comportent comme des zones tampons pour les autres écosystèmes (récifs coralliens, etc) en retenant les nutriments et les différents polluants.

**50%**  
du carbone de la planète piégé dans ces écosystèmes connectés

**44**  
tonnes.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> absorbées pour la photosynthèse



**1 RÉCIF CORALLIEN**

- Favorise la sédimentation
- Absorption des nutriments (nombreux filtreurs)
- Nurserie, habitats
- Protection contre l'érosion

**2 HERBIER**

- Favorise la sédimentation
- Absorption des nutriments (nombreux filtreurs)
- Nurserie, habitats
- Épuration bactérienne

**3 MANGROVE**

- Zone tampon
- ▶ Absorption des nutriments et des polluants
- ▶ Absorption des apports en eau douce
- Protection contre l'érosion
- Nurserie, habitats

## 3 ÉCOSYSTÈMES CONNECTÉS



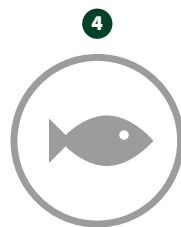
**Vagues**  
Les récifs coralliens favorisent le développement des palétuviers en réduisant l'énergie des vagues.



**Eau marine**  
Les récifs coralliens réduisent l'avancée des eaux marines dans les mangroves.



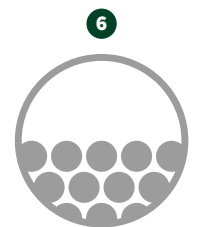
**Érosion**  
Les récifs coralliens et les mangroves forment des barrières naturelles contre l'érosion du littoral.



**Espèces marines**  
Les mangroves et les récifs coralliens offrent des zones de reproduction et de croissance à de nombreuses espèces marines.



**Eau douce**  
Les mangroves réduisent les apports terrigènes, dont l'eau douce, vers les récifs coralliens.



**Sédimentation**  
L'entremêlement des racines de mangroves ralentit le courant et favorise la sédimentation.



# Une mangrove, des ressources

Les mangroves sont caractérisées par leur richesse écologique garantissant de nombreuses ressources pour les populations locales. Elles sont identifiées parmi les écosystèmes de notre planète ayant une des plus fortes productivités, dépassant même celles des autres forêts tropicales humides.

## 12

$\mu\text{mol de CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$   
assimilés par les feuilles  
de palétuvier

## 90%

de Carbone composent  
les mangroves

## 10

tonnes de  $\text{C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$   
la production primaire  
des mangroves est  
équivalente à celle des  
récifs coralliens et à  
celle des tourbières

Fixation et stockage du  $\text{CO}_2$   
atmosphérique sous forme  
de carbone organique dans  
les feuilles, le bois ou les racines.  
Le piégeage des feuilles dans  
le sédiment et leur minéralisation  
participent au cycle du carbone.

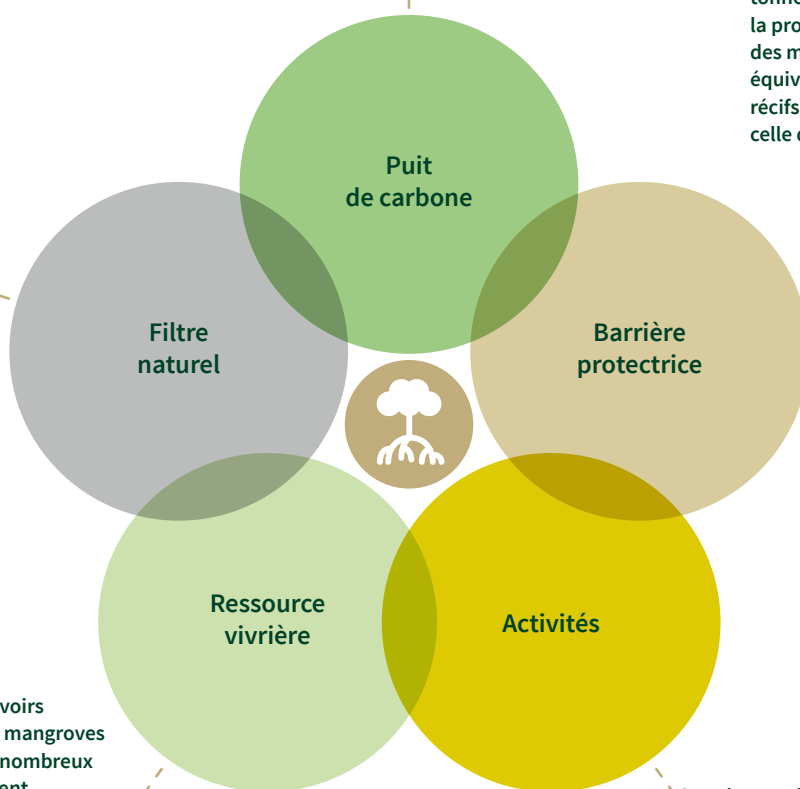


La capacité d'absorption  
des palétuviers augmente  
avec l'augmentation de  
la concentration en  $\text{CO}_2$   
atmosphérique.

La densité du réseau  
racinaire et la faible  
courantologie permettent  
de retenir les charges  
alluviales et les polluants.  
Les mangroves forment une  
zone tampon essentielle  
aux récifs coralliens.



À Mayotte,  
la mangrove a été  
testée pour retraiter  
une partie des eaux  
domestiques usées.



Le couvert végétal  
et le système racinaire  
des mangroves  
stabilisent et préservent  
de l'érosion du littoral.  
Les mangroves protègent  
les populations  
locales en modérant  
les effets des cyclones  
et des tsunamis.

Véritables réservoirs  
de diversité, les mangroves  
concentrent de nombreux  
habitats et servent  
de lieux de reproduction,  
de nurserie, de croissance.  
Le développement de  
certaines espèces récifales  
dépend des mangrovés.

Certaines activités de culture  
et d'élevage sont favorisées  
par les mangroves comme  
la riziculture et la perliculture  
qui profitent d'espaces abrités.  
L'écotourisme est en plein essor.

## 2/3

des espèces  
pêchées sur la côte  
guyanaise sont issues  
des mangroves.



### RICHESSSES

Les mangroves apportent  
également des ressources  
végétales, des matériaux  
de construction,  
des médicaments, etc.



# Pressions & menaces

## **PARTIE 2**

Considéré comme l'un des 17 biomes de la planète, l'écosystème mangrovien forme un véritable trait d'union entre les écosystèmes marins et terrestres. Pourtant, en moins de 50 ans, près de 25% des mangroves ont été détruites. Ceinturant la frange littorale, ce milieu est soumis aux fortes pressions des activités humaines qui convoitent cet espace privilégié.

Les principales causes responsables du recul des mangroves sont détaillées dans cette deuxième partie. Chacune des pressions est assortie de brèves proposant des initiatives optimistes pour la préservation des mangroves.



# Des mangroves en sursis

Les mangroves couvraient autrefois plus de 30 millions d'hectares.

Les estimations actuelles oscillent entre 13,7 et 15 millions d'hectares avec une réduction du couvert végétal dépassant les 80% pour certains territoires. Longtemps dégradées, les mangroves n'ont été réellement considérées comme un écosystème qu'à partir des années 1970.

Malgré leur capacité de régénération, les mangroves sont des milieux fragiles, sensibles aux nombreuses pressions. La résilience d'une mangrove touchée par une pollution pétrolière peut s'étaler de 5 ans à plusieurs dizaines d'années. Les impacts sur les communautés faunistiques associées peuvent être considérables.

# 2040

risque de disparition totale des mangroves

# 3,7

millions d'hectares disparus de mangroves depuis 1980.

# 1

espèce sur 6 de palétuviers menacée de disparition.



## DES MANGROVES EN SIBÉRIE

Il y a 55 millions d'années (*Éocène*), la Sibérie baignait dans un climat sub-tropical humide propice au développement des mangroves. En France, les mangroves d'*Avicennia sp.* étaient luxuriantes sur les plages méditerranéennes il y a 15 millions d'années (*Miocène*).



Considérés comme des indicateurs biotiques des mangroves, les crabes sont recensés afin d'évaluer l'état de santé des mangroves.

# Le réchauffement climatique

Reconnu parmi les principaux gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone est rejeté en excès dans l'atmosphère par les activités humaines.

**700**

tonnes de carbone piégées par mètre de profondeur et par hectare

Les écosystèmes marins dont les habitats végétalisés comme les mangroves, les herbiers, les marais, ont la capacité de séquestrer de 50 à 70% du carbone dans le sédiment.

**15%**

du carbone séquestrés dans le sédiment par les mangroves

Le réchauffement climatique induit une élévation du niveau de l'océan. Si les palétuviers résistent à des fortes marées, ils n'ont cependant pas la capacité de supporter des immersions prolongées. L'oxygénation des tissus par les racines aériennes est notamment contrainte et entraîne un recul du couvert végétal vers des espaces moins exposés. Le sédiment devenu trop profond ne permettra pas le développement des jeunes plantules. Avec la montée du niveau marin, les mangroves coloniseront l'intérieur des terres tels que les marais d'eau douce côtiers. L'urbanisation ou les berges uniformes réduisent les possibilités d'extension.

**5 à 10**

fois plus de carbone stocké par les mangroves que les autres forêts tropicales



Les zones humides côtières comme les mangroves retiennent 10 fois plus de carbone que les autres forêts tropicales.



## LE CARBONE BLEU

Carbone fixé dans l'océan par les producteurs primaires et ainsi contenu dans certains écosystèmes tels que les mangroves, les herbiers, les marais, etc.



## MULTIFACTORIEL

Réduction des pluies, hausse de la salinité, les périodes prolongées de sécheresse peuvent décimer des milliers d'hectares de mangrove se manifestant par la mort des palétuviers et des défoliations.





# Les tempêtes tropicales

L'enchevêtrement des racines et le bois mort des mangroves forment des barrières naturelles contre les tsunamis et les tempêtes tropicales.

Si cet écosystème permet de réduire les impacts de ces phénomènes naturels, de grandes superficies de mangroves peuvent être cependant détruites. La houle cyclonique, les déferlantes et les fortes précipitations accompagnent le passage du cyclone et accentuent les dégradations. La résilience peut s'étaler sur plusieurs dizaines d'années. Le développement de ces forêts tidales dépendra ainsi de leur exposition.

## BÉNIN

Au Bénin, le projet Action Carbone Solidaire a permis de reboiser 41,5 hectares de mangroves avec la fixation de près de 500 tonnes de CO<sub>2</sub> par an parmi les nombreux objectifs socio-économiques et environnementaux du projet.



**20%**

de l'énergie des vagues et des vents réduits par les mangroves

**90**

tempêtes tropicales recensées chaque année sur Terre

## SÉNÉGAL

Au Sénégal, le projet Casamance a permis de mener une action de sensibilisation et de reboisement de la mangrove auprès de la population locale. Plus de 100 millions de palétuviers ont pu être replantés depuis 2006 pour constituer une mangrove « anti-tempête ».

# La déforestation

La déforestation est beaucoup plus rapide pour les mangroves que pour les autres forêts tropicales.

L'industrie du bois (bois de construction, bois de chauffage, matériaux de chaume, charbon), l'occupation des sols, les marées salants pour la production de sel, l'activité minière, etc sont responsables d'une érosion accélérée des sols ainsi que de la fragmentation des mangroves jusqu'à leur disparition.

Le déboisement induit une augmentation des apports terrigènes, favorisés par le lessivage des terres. Désormais les nutriments (azote, phosphore, etc) et les métaux lourds (fer, nickel, cobalt), ne sont plus retenus par le système racinaire et sont entraînés jusque dans le milieu marin.

CO<sub>2</sub>

La destruction de la mangrove réduit la possibilité de piégeage du carbone et s'accompagne aussi de la libération de millions de tonnes de carbone stockées dans le sédiment.

## SOUS PROTECTION DIVINE

Placées sous la protection de la divinité Zangbéto, des cérémonies vaudous sacralisent les mangroves au Bénin pour interdire l'accès aux exploitants et mieux préserver les ressources.



# Les aménagements terrestres

L'urbanisation du littoral rend les mangroves très exposées aux aménagements urbains, portuaires, industriels et touristiques.

Les routes et les infrastructures participent à l'érosion côtière et à la régression des mangroves. La construction de barrages est aussi responsable de la modification de l'hydrologie induisant une hypersédimentation des territoires.

Dans certaines régions, le développement du tourisme peut engendrer de lourdes dégradations et une occupation des sols limitant, voire réduisant le développement des mangroves. À proximité des zones urbaines, les mangroves sont considérées comme favorisant la prolifération des moustiques et responsables d'émanations nauséabondes. Aussi, elles peuvent être détruites à tort pour assainir la zone.



**50%**  
des mangroves situées à moins de 25 km des centres-villes

**70%**  
des mangroves d'Indonésie, de Thaïlande et des Philippines détruites par l'urbanisation



Des grands centres urbains tels que Bangkok, Bombay, Calcutta, Jakarta, Rangoon ou Singapore se sont développés au détriment des mangroves.

# La culture et l'élevage

Les activités agricoles et aquacoles ont un impact non négligeable sur le développement des mangroves.

En absorbant les variations de salinité, l'écosystème mangrovien permet le développement de la riziculture ou la plantation de palmiers pour la production d'huile de palme. Cependant, l'extension des cultures, l'usage des produits phytosanitaires (engrais et pesticides) détruisent cet écosystème. L'irrigation à grande échelle est aussi mise en cause pour assécher les mangroves. Malgré leur capacité à se développer dans une eau salée voire sursalée, les palétuviers ne peuvent survivre sans eau douce.

L'aquaculture intensive altère également le bon fonctionnement des mangroves. La mariculture et plus spécifiquement, la crevetteculture, est responsable de la destruction de milliers d'hectares. Ces élevages sont aussi à l'origine de pollutions pour leurs effluents très concentrés en matières organiques mais aussi en antibiotiques, utilisés en quantité comme traitements pour les crevettes.

## RESTAURATION

Le Mangrove Action Project (MAP) a permis la restauration de 250 000 hectares de fermes crevettières abandonnées.



## LABEL AB

En Nouvelle-Calédonie et à Madagascar, des élevages respectueux des mangroves ont obtenu la certification Label AB.

**38%**  
des mangroves détruites pour le développement de la crevetteculture.

# Les pollutions

Les mangroves sont soumises aux pollutions provenant des activités du bassin versant. La flore et la faune associées sont également affectées par ces perturbations troublant lourdement la chaîne alimentaire.



Ces effluents peuvent être d'origine industrielle (dont les explorations et les productions gazières et pétrolières), agricole mais aussi domestique. Ces eaux polluées concentrent les métaux lourds, les hydrocarbures, les détergents, les huiles/grasses. Les égouts sous-dimensionnés sont aussi désignés parmi les principales causes de pollutions. Des concentrations excessives en matière organique sont la cause de maladies et d'eutrophisation de la mangrove.

Aux abords des grandes villes, les mangroves deviennent souvent le lieu de décharges sauvages. La rémanence de certains polluants dans le sédiment peut entraîner des perturbations durables sur l'écosystème mangrovien.

## 6 mois

Durée au-delà de laquelle les graines de palétuvier, exposées aux huiles, commencent à se dégrader.



La défloration des palétuviers est une conséquence rapide et directe de pollution.

# La surpêche

Crabes rouges, coques de mangrove, poulpes, concombres de mer, poissons, *etc*, la mangrove est un milieu de vie pour de nombreuses espèces fortement menacées par la surpêche.

Ressources vivrières pour les populations locales, les mangroves s'appauvrissent à cause de la destruction des nombreux habitats et des techniques de pêche inappropriées (filets à petites mailles, capture des juvéniles, *etc*). Le chalutage à outrance pratiqué en haute mer par les pavillons étrangers limite les pêcheurs locaux aux ressources du littoral.



## RÉINTRODUCTION

Plus de 15 000 palétuviers ont été réintroduits dans la mangrove de Kilifi au Kenya pour endiguer le littoral et faire revenir les espèces marines.

## SOURCE DE REVENU

En Tanzanie, les juvéniles de poissons né dans les mangroves sont mis en grossissement dans des bassins piscicoles pour assurer un revenu aux paysans locaux.

## REPRODUCTION ET CROISSANCE

À Madagascar, les pêcheurs ferment pendant plusieurs mois certaines zones de mangroves à la pêche pour permettre la reproduction et la croissance des espèces (crabes et poissons).



# Actions!

## PARTIE 3

Longtemps considérées comme des territoires inhospitaliers, les mangroves ont fait l'objet d'une surexploitation et de pollutions excessives. Mais les mangroves ont une capacité de résilience exceptionnelle et peuvent en quelques mois recoloniser les espaces déboisés. Des exemples de reboisement sont aujourd'hui perceptibles dans différentes régions du monde. Si la colonisation des territoires peut être rapide, elle ne pourra cependant compenser la diversité perdue. La régression de cet écosystème persiste encore aujourd'hui nécessitant de poursuivre les efforts pour une préservation durable de ce milieu unique.

### **Loin des mangroves, comment agir pour les protéger ?**

De l'acte individuel à l'action collective, cette troisième partie propose des interventions œuvrant pour la préservation des mangroves.

### **Comprendre le végétal pour mieux appréhender l'évolution de l'écosystème mangrovien.**

Différentes équipes scientifiques présentent leurs études, leurs projets ou leurs programmes de recherche, tous orientés vers la compréhension du fonctionnement des mangroves, des intérêts écosystémiques et de la nécessité de préservation.

L'année 2015 ou l'Année Internationale des Mangroves, permet de sensibiliser le grand public sur la nécessité de préserver ces forêts marines. La préservation de cet écosystème devient un enjeu écologique mondial.

Si 2018 a été dédiée aux récifs coralliens, les écosystèmes associés tels que les mangroves et les herbiers sont également concernés.

Les mangroves sont protégées en France par différentes mesures réglementaires et des organisations telles que le Conservatoire du Littoral et l'Office National des Forêts (ONF). La loi sur l'eau de janvier 1992 instaure la bonne gestion des bassins versants pour une amélioration de la qualité de l'eau confortée par la directive européenne sur l'eau. La convention Ramsar s'applique à l'échelle internationale pour la préservation des zones humides.

# Sensibiliser pour mieux préserver



Les milieux humides, amortisseurs du changement climatique.

## 1974

1<sup>er</sup> Symposium International sur l'Écologie et l'Aménagement des Mangroves.

**2 FÉVRIER**  
Journée Mondiale des Zones Humides 2018.

**FÉVRIER**  
Le projet « Surveillons la mangrove de Polynésie française ensemble » figure parmi les lauréats de « Mon projet pour la planète 2018 ».

**24 AVRIL**  
Soutenus par WWF, les pêcheurs de villages malgaches replantent des propagules de palétuviers.

**2 FÉVRIER**  
Parution : *Mangrove. Une forêt dans la mer.* Le chercheur midi, en partenariat avec le CNRS. Un ouvrage sous la direction de François Fromard, Emma Michaud, Martine Hossaert-McKey.

La serre humide tropicale d'Océanopolis s'enrichit d'une végétation composée de fougères arborescentes. Des petites raies d'eau douce (*Potamotrygon sp.*) nées en captivité sont aussi présentées.

**25 MARS**  
France Culture : « SOS Mangrove » avec Tarik Meziane, professeur MNHN/UMR BOREA.

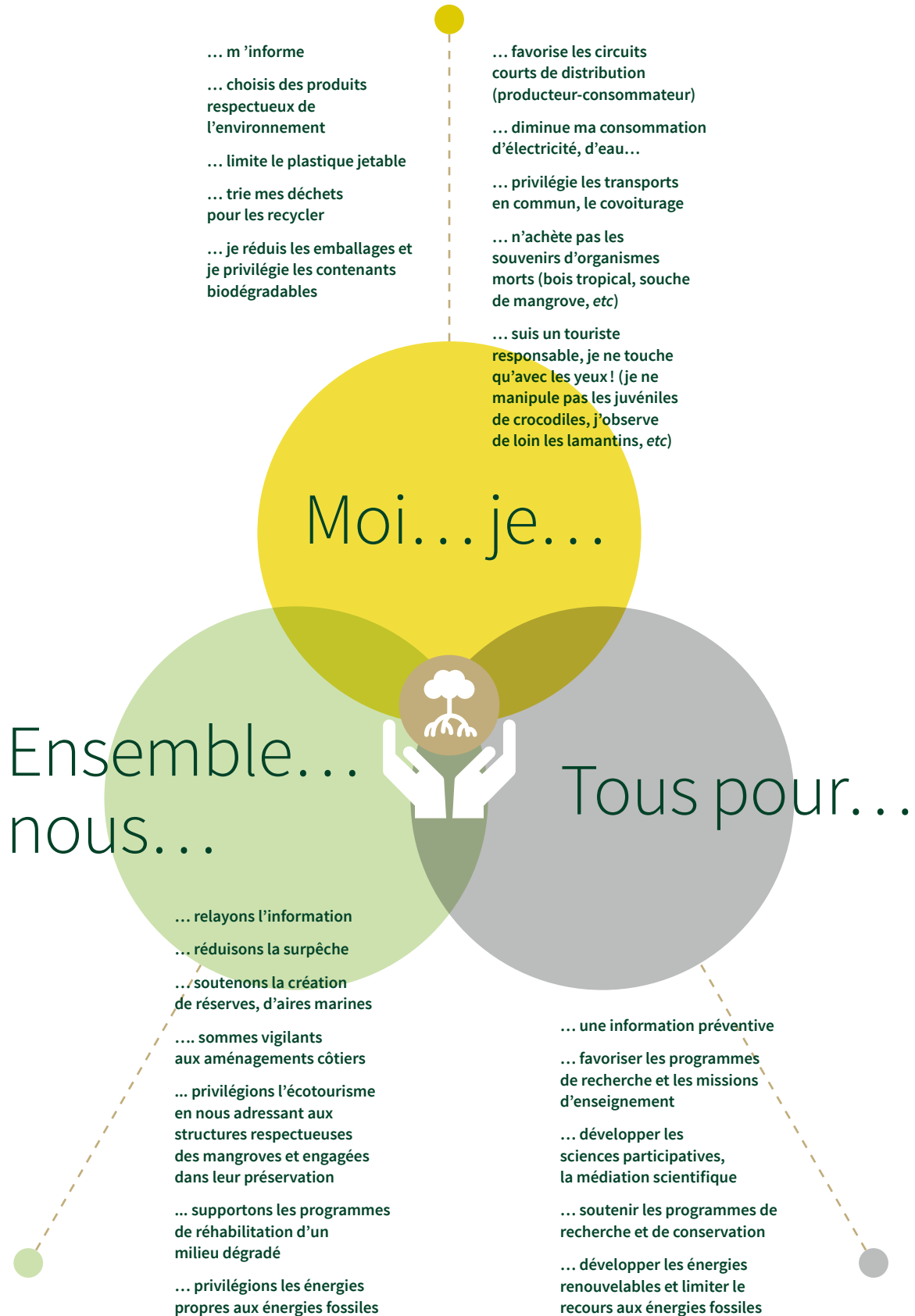
Proposition à Océanopolis de l'atelier *La mangrove guyanaise entre océan et forêt tropicale.*

**2 OCTOBRE**  
*C'est pas sorcier : reportage Mystérieuse mangrove.*

**26 OCTOBRE**  
Colloque International Écosystème et développement durable à l'Alliance française de Pondichéry (Inde). Découverte de la mangrove.

2018

# Nous pouvons protéger les mangroves !





# Les jeunes malgaches se mobilisent pour les mangroves



Les mangroves sont une richesse inestimable pour la biodiversité ainsi que pour les populations littorales. Elles représentent des zones clés pour la pêche. Encore faut-il gérer durablement ce capital naturel, sans le dégrader. C'est là toute l'ambition du projet « Restauration et gestion communautaire des mangroves dans le Manambolo-Tsiribihina » à Madagascar, mené par le WWF depuis 2015 et cofinancé par l'AFD et le WWF France. L'objectif est de restaurer en 3 ans plus de 150 ha de mangroves, d'aider au transfert de gestion de 8 000 ha de mangroves aux communautés locales et de développer des techniques de pêche durable (poissons, crabes). Objectifs atteints en fin de projet en 2018.

Le projet a mobilisé les villageois, mais aussi les jeunes de la région. Ainsi fin 2016, en une seule campagne, une surface de 46 ha de mangroves a été restaurée grâce à la plantation de 80 000 propagules par le Consortium des Jeunes de Mahery (union de sept associations de jeunes des alentours de la ville de Morondava). Une mobilisation localement sans précédent qui s'est poursuivie depuis et qui représente une étape importante de la prise de conscience citoyenne.

La restauration des mangroves contribue à l'amélioration substantielle de la vie des communautés locales : elle reverdit les espaces dégradés, protège la côte et favorise le développement des crabes, crevettes et poissons. Ces ressources halieutiques engendreront des revenus. Dans le paysage Manambolo-Tsiribihina, plus de 31 000 ha de mangroves sont désormais gérés par les communautés locales. Les surveillances aériennes ont montré que le taux de déforestation des mangroves a significativement diminué. Ceci grâce, entre autres, à toutes les actions du projet WWF.

**1** Plantation des propagules par le Consortium des jeunes de Mahery.

**2** La mobilisation citoyenne pour la restauration des mangroves.





# Le Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM)



**JANIQUE ETIENNE**  
CHARGÉE DE PROJET

Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM)  
Agence Française de Développement (AFD)



1 Une restauration des mangroves basée sur la résilience naturelle.

2 Les mangroves, réservoirs de ressources pour l'homme.

Le Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) est une initiative d'État créée en 1994 à la suite du Sommet de Rio et gérée par l'Agence Française de Développement (AFD). Le FFEM est placé sous la cotutelle de plusieurs ministères :

- de l'Économie et des Finances,
- des Affaires étrangères,
- de la Transition Écologique et Solidaire,
- de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur.

Le FFEM a pour objectifs de favoriser la protection de l'environnement mondial à travers des projets de développement dans l'ensemble du monde (Afrique, Asie, Amérique Latine et Caraïbes, Europe, etc). Le FFEM soutient notamment les écosystèmes identifiés comme des hot spots de biodiversité et reconnus à l'échelle globale pour les enjeux environnementaux. Les actions subventionnées portent sur :

- La biodiversité,
- Les eaux internationales,
- L'effet de serre et la protection de la couche d'ozone,
- La dégradation des sols (déboisement, désertification),
- Les polluants organiques persistants.

Depuis fin 2018, le FFEM est engagé dans le projet de « Restauration, conservation et gestion durable des mangroves du Costa-Rica

et du Bénin face au changement climatique ». Ce projet s'organise en cinq grandes actions :

- La réalisation d'une restauration pilote de 58 ha de mangroves répartis sur 3 sites du Costa-Rica. L'objectif étant de favoriser la résilience naturelle des mangroves en s'appuyant sur les capacités hydro-écologiques du milieu.
- La valorisation, au Costa-Rica, de l'écosystème mangrovien à travers une approche éducative ainsi qu'une gestion durable et raisonnée des mangroves.
- Le développement d'une « Stratégie Nationale de Carbone Bleu Social » et d'instruments de planification en faveur d'une préservation des mangroves et de la valorisation des services écosystémiques.
- La restauration de 30 ha de mangroves au Bénin selon la même approche développée au Costa-Rica. Ce transfert de compétences sud-sud favorisera le partage des connaissances entre le Mexique, le Costa-Rica et le Bénin. Les nouvelles méthodes de production de sel seront également proposées comme une alternative à celles requérant le bois des palétuviers comme bois de chauffe.
- La capitalisation et les échanges scientifiques sud-sud dont l'objectif est de promouvoir durablement les échanges d'expériences aux niveaux mésoaméricain et international.



## Pôle-relais zones humides tropicales



Gestion participative de la zone humide par les élèves.

Le Pôle-Relais Zones Humides Tropicales (PRZHT) et le Rectorat de Guadeloupe ont souhaité, avec l'appui de l'Agence Française pour la Biodiversité, la création d'un dispositif pédagogique innovant de protection et de gestion des zones humides, inspiré du modèle des aires marines éducatives : la Zone Humide Éducative (ZHE) – Aire Terrestre Éducative (ATE).

Une Zone Humide Éducative est une zone comportant des terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée, ou saumâtre. D'une superficie pédagogiquement adaptée, elle est gérée de manière participative par des élèves du Cycle 3 et des enseignants. Elle suit des principes définis par une charte. La classe gestionnaire est ainsi placée au cœur d'une dynamique territoriale, faisant appel à l'expertise de l'école et de la commune concernée, mais aussi à celles d'associations d'usagers ou de protection de l'environnement impliquées dans la ZHE.



# Animateur Nature

## Florian Iglésias



### CURSUS

Bac Science et Technologie de l'Agronomie et de l'Environnement (STAE) en 2006  
BPJEPS Loisirs Tous Publics (LTP) en 2007  
4 ans de vie au Canada dans l'éducation à la Petite Enfance et la découverte du Québec.  
BTSa Gestion et Protection de la Nature en 2016

« À la sortie de mon BAC STAE, je n'ai pu accéder au BTS GPN que je souhaitais par manque de points. Mon orientation en BPJEPS m'a permis de m'orienter vers la pédagogie et l'éducation active. Après huit ans de vie professionnelle et un passage par le Canada, c'est à mon retour en France que j'ai pu obtenir mon BTS GPN. Durant ce BTS, j'ai réalisé un stage en Guadeloupe et suis devenu aujourd'hui Coordinateur et animateur d'activités nature étroitement liées aux Zones Humides Tropicales d'outre-mer. »

### MES MISSIONS

- Mise en place d'animation nature auprès de divers publics.
- Accompagnement des établissements scolaires dans l'obtention de la labellisation ZHE-ATE.
- Relation et prise de contact avec les professionnels de l'environnement.

Partage des connaissances.

### ATOUTS DU MÉTIER

- Un partage de connaissances et une interaction avec le public souvent très enrichissante,
- Très souvent dans le milieu naturel afin de se former et se familiariser avec le milieu que l'on souhaite partager avec le public,
- Se renseigner et être à jour le plus possible dans ses informations.

### CONTRAINTES DU MÉTIER

- Être critique envers ses animations qui peuvent fonctionner avec un public et pas du tout avec un autre,
- Possibilité de travailler le week-end,
- Énormément de temps de bibliographie et de terrain pour se familiariser.

Un métier en devenir et au plus près du public. L'échange et le partage de connaissances sont sources de richesses. Au vu du changement climatique mais surtout du respect de la biodiversité, chacun a le choix de contribuer à la protection de son propre avenir ; autant professionnel qu'environnemental.



# Un observatoire des mangroves : suivre les conséquences du changement climatique dans la zone Indo-Pacifique



**P<sup>r</sup> CYRIL MARCHAND**  
PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS À L'UNIVERSITÉ DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Université de la Nouvelle Calédonie  
IRD – UMR 206 – Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie – (IPMCM)

L'évolution récente du climat est à l'origine d'une prise de conscience de la nécessité d'étudier les effets du changement global sur les écosystèmes. L'appréciation de ce phénomène suppose un suivi du climat et des impacts de son évolution sur les milieux terrestres et marins. Il est nécessaire de mettre en place des suivis pérennes de descripteurs environnementaux en milieu tropical, moins étudié que les zones tempérées. Avec les évolutions climatiques, les mangroves pourraient voir leurs rôles accrus dans le cycle du carbone, notamment du fait de la hausse des températures qui engendrerait un développement plus important aux hautes latitudes.

Par ailleurs, on sait d'une manière générale que l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère devrait stimuler la photosynthèse et par conséquent, la capacité de stockage du carbone des écosystèmes. Dans ce contexte, des chercheurs de différents pays ont décidé de s'associer pour développer un réseau d'observation des mangroves en relation avec les changements climatiques. Actuellement, cet observatoire se développe dans trois pays suivant un gradient latitudinal climatique et de biodiversité dans la zone Indo-Pacifique. Les pays de l'observatoire sont le Vietnam (climat tropical, 60 espèces de palétuviers), la Nouvelle-Calédonie (climat semi-aride à tropical, 24 espèces de palétuviers), et la Nouvelle-Zélande (climat tempéré, 1 espèce de palétuvier).

Le premier axe de recherche de l'observatoire concerne la détermination de la capacité des mangroves à être un piège pour les gaz à effet de serre en fonction de la latitude. Les objectifs de cet axe sont : (I) de rendre compte de la variabilité des échanges de CO<sub>2</sub> entre les mangroves et l'atmosphère à des échelles circadiennes, saisonnières, et interannuelles ; (II) d'identifier les variables biotiques/abiotiques impliquées dans cette dynamique, ainsi que la variation de leur contribution au sein des échanges ; (III) d'estimer la contribution des composantes du flux net mesuré (végétation, sol et eau). Le système admis aujourd'hui pour être l'une des méthodes les plus précises pour les mesures des flux de gaz, est l'eddy-covariance.



**1** Système d'Eddy-covariance mesurant les flux de CO<sub>2</sub> entre la mangrove du Cœur de Voh (Nouvelle-Calédonie) et l'atmosphère.

**2** *Rhizophora apiculata* se développant sur des tables à marée dans des serres sous atmosphère contrôlée.

Le second axe de l'observatoire concerne la définition de projections sur les évolutions des mangroves avec les changements climatiques, i.e. augmentation des concentrations en CO<sub>2</sub>, augmentation du niveau de l'océan, augmentation des températures. Pour cela, des serres (voir photo ci-dessus) permettent de suivre l'évolution de jeunes plants de palétuviers en fonction de la température, de la durée d'immersion par les marées et des concentrations en CO<sub>2</sub> dans l'air.





# Un sentier pédagogique pour mieux comprendre la mangrove



**ATOLOTO MALAU**  
CHEF DE SERVICE

**FLORIAN LE BAIL**  
CHARGÉ DE MISSION BIODIVERSITÉ

Wallis et Futuna  
Service de l'Environnement



1 Pose d'un panneau du sentier pédagogique.



2 Inauguration du sentier en présence du préfet M. Jean-François Treffel.

Initié en 2016, un programme d'actions régional a été développé pour une gestion intégrée de l'océan et la conservation de la biodiversité. Appuyées par la Commission européenne et coordonnées par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN), ces actions se sont concrétisées par la réalisation de plusieurs projets :

Le projet BEST 2.0 « Mangrove » a permis l'accomplissement d'un important travail de sensibilisation et de plantation de mangrove à Wallis. Il résulte de l'implication du Service territorial de l'Environnement, des associations environnementales et des villages concernés. Dans le cadre de ce premier projet, plusieurs activités ont pu être menées :

- État des lieux de la mangrove (détermination de la surface totale de mangroves, cartographie, inventaire de la biodiversité, diagnostic sur l'état de santé, identification des pressions),
- Mise en place de pépinières (une pépinière dans chaque district, 20 000 propagules mises en pépinière),
- Réhabilitation des mangroves (assainissement des mangroves et plantation de plantules issues de la pépinière),
- Sensibilisation des scolaires.

Le second projet BEST 2.0 « Pacific Biodiversity Blue Belt » est coordonné par le Secrétariat du Programme Régional Océanique de l'Environnement (PROE), en partenariat avec l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB). Cette initiative a permis la création d'un sentier pédagogique sur la mangrove du village de Vaitupu, sur l'île de Wallis. Ce projet a pu être mené grâce à la volonté du village de Vaitupu, et notamment du chef de village Heu Vahai Tuulaki, de mettre en valeur son patrimoine naturel et culturel. Ce sentier témoigne d'une volonté de sensibilisation et apporte :

- Un apprentissage au fonctionnement de la mangrove,
- Une sensibilisation à la préservation de la mangrove,
- Un outil pédagogique pour les écoles,
- Un soutien à la gestion raisonnée de l'écosystème mangrovien.

Rédigés en wallisien, en français et en anglais, les 8 panneaux accompagnant ce parcours présentent :

- Les espèces de palétuviers à Wallis,
- Les services rendus par la mangrove,
- La faune de la mangrove,
- Les oiseaux spécifiques de la mangrove,
- Les menaces sur la mangrove,
- La forêt littorale.





# Programme BIOMANGO

BIOdiversité et fonctionnement des écosystèmes dans les MANgroves de Guyane française : perspectives pour une gestion de l'écOsystème dans son contexte amazonien



D<sup>e</sup> EMMA MICHAUD  
CHARGÉE DE RECHERCHE CNRS

Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR)



Les trois stades de développement de la mangrove étudiés dans le projet BIOMANGO : vase nue, mangrove pionnière et jeune mangrove.

## La biodiversité des vases littorales utile à la mangrove de Guyane

Les forêts de palétuviers, ou mangroves, fournissent des services des services écosystémiques irremplaçables. 60% des mangroves françaises se situent sur le littoral guyanais, où cet écosystème particulier est adapté aux perturbations sédimentaires récurrentes liées à la migration des bancs de vase en provenance de l'Amazonie. L'action de creusement dans le sédiment des littoraux par les organismes fousseurs (appelée bioturbation) joue un rôle clé dans la circulation de l'eau, des débris organiques, des gaz dissous, des nutriments, ces derniers étant indispensables à la croissance des végétaux. Le programme BIOMANGO\* avait pour objectifs:

- 1 Identifier la diversité des organismes fousseurs au cours du développement d'une jeune mangrove,
- 2 Évaluer le rôle joué par ces organismes dans le fonctionnement des mangroves de Guyane,
- 3 Apporter des outils scientifiques pour la gestion et la restauration des mangroves,
- 4 Transférer les connaissances scientifiques vers le public d'âge scolaire (primaire, collège et lycée).

## Caractérisation de la biodiversité des vases et de son rôle dans le fonctionnement des mangroves

Les premiers stades de développement de la mangrove guyanaise ont été étudiés sur le site de Sinnamary pendant la grande saison sèche. La diversité des organismes fousseurs et de leurs activités de fouissage, ainsi que des paramètres environnementaux clés ont été caractérisés sur 27 stations. Les caractéristiques biogéochimiques dans l'eau et les sédiments ont été quantifiés. Il a ensuite été testé, selon une démarche expérimentale visant à isoler et à suivre des parcelles de mangroves, si la présence d'organismes fousseurs,

en stimulant les échanges biogéochimiques aux interfaces eau-sédiment, favorise le développement des plantules de palétuviers. Le projet a utilisé des outils complémentaires pour la mesure et l'analyse de paramètres physiques, biologiques et chimiques, en y intégrant des méthodes de statistiques et de cartographie spatiales. BIOMANGO a mis en place, tout au long du projet, des actions de formations pour les écoliers, étudiants et enseignants du 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> degrés simultanément dans le Finistère (Brest) et en Guyane.

## Résultats majeurs du projet

Malgré une faible diversité biologique des organismes fousseurs, ces communautés changent aussi rapidement que la mangrove croît. L'abondance élevée des organismes de petites tailles (vers et crustacés), la persistance de certaines espèces et la forte biomasse des crabes associée au système racinaire des palétuviers, maintiennent une intensité de bioturbation importante au cours du développement de la mangrove, ce qui *in fine* stimulerait la croissance de la mangrove. Les résultats acquis par les scientifiques lors du projet ont été transmis au public d'âge scolaire par des actions pérennes:

- en métropole, par la mise en place d'un atelier pédagogique dédié aux classes de seconde dans le cadre du programme « à l'école de l'océan » proposé par Océanopolis;
- En Guyane, par la mise en place d'une formation spécifique sur l'écologie de la mangrove aux enseignants du secondaire (GRAC, Groupe Action Recherche).

\*BIOMANGO: Projet international, pluridisciplinaire et fédérateur sur l'étude des mangroves de Guyane, porté par le Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR, E. Michaud) et financé par l'Agence Nationale de la Recherche, faisant intervenir des laboratoires français et étrangers.



# Chargée de recherche

## Emma Michaud



### MISSION

Je suis chercheuse au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) affectée au Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR) à Plouzané en Bretagne. Je travaille en écologie marine, plus précisément je m'intéresse au fonctionnement des mangroves, soumises à différentes pressions naturelles ou anthropiques. J'étudie la biodiversité des organismes fouisseurs (vers, crabes, coquillages, etc) et l'impact de leurs activités de fouissage (appelées « bioturbation ») sur la biogéochimie des sédiments de mangroves (cycle du carbone, nutriments, etc). Mes recherches s'intègrent dans les problématiques actuelles de préservation, de gestion et de restauration des zones côtières et du maintien de la biodiversité.

### CURSUS

La formation au métier de chercheur implique une grande mobilité. Mon parcours universitaire a démarré à Bordeaux (Licence) puis au Canada à l'Université du Québec à Rimouski (Master 1). Mon Master 2 s'est fait à l'Université de Marseille. J'ai prolongé ma formation au Canada pendant 4 ans dans le cadre d'une thèse en cotutelle entre l'Université de Marseille et l'Université du Québec à Rimouski. Après une année de congé de maternité à la fin de mon Doctorat, j'ai poursuivi par deux post-doctorats, d'abord aux États-Unis, puis en Bretagne. J'ai obtenu le concours d'entrée de chercheur au CNRS la même année que la naissance de mon second enfant.

### ATOUS ET CONTRAINTES

Mon premier séjour au Canada m'a donné envie d'être chercheuse. C'est un métier passionnant, animé perpétuellement par la curiosité, le besoin de comprendre et de vouloir explorer de nouveaux concepts ou environnements. Aimer lire, écrire et échanger est un « pré-requis » indispensable pour mener à bien ce travail.

La formation pour être chercheur est longue et n'est pas garantie. Si c'est un projet qui tient à cœur, c'est bien d'essayer jusqu'au bout quoiqu'il en soit car ça permet de ne pas avoir de regret, puis sur le plan personnel et professionnel c'est une expérience très enrichissante. Les réponses aux hypothèses ou questions scientifiques initialement posées ne viennent pas forcément de suite et nécessitent d'être patient. Cela peut venir au bout de plusieurs années. Face à des échecs, il faut avoir le courage de se remettre en question et d'accepter ses propres erreurs pour repartir en avant. La valorisation de nos résultats passe nécessairement par l'écriture de publications scientifiques qui expliquent et argumentent nos conclusions. Il faut trouver en permanence des financements pour pouvoir payer nos recherches (achat du matériel de laboratoire, les produits chimiques, les analyses, les missions d'échantillonnages, etc), financements que nous devons apprendre à gérer. Cette démarche passe par des dépôts de dossiers parfois de grande envergure et souvent en anglais auprès d'organismes financeurs. Il faut donc être innovant. Cela amène de la concurrence entre personnes, laboratoires et instituts car il n'y a pas assez de budget pour tout le monde et pour toutes les recherches. Cette compétition peut être diminuée en mutualisant nos efforts et en proposant des études collaboratives et complémentaires entre chercheurs et laboratoires. C'est ce que nous avons proposé dans le cadre du programme de recherche BIOMANGO. Il faut savoir s'organiser rapidement sans devenir stressé car notre métier demande de pouvoir faire plusieurs tâches, parfois très différentes, les unes à la suite des autres. Cette organisation est aussi nécessaire pour pouvoir passer du temps avec sa famille et ses amis. Ce métier est passionnant et ne pourrait jamais s'arrêter mais il faut apprendre à faire des pauses pour assurer la qualité de son propre travail, pour soi-même et son entourage.

# Arc d'émeraude



**D<sup>r</sup> GILBERT DAVID**  
DIRECTEUR DE RECHERCHE  
UMR 228 - Espace pour le Développement (ESPACE-DEV)  
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

**D<sup>r</sup> FLEUR VALLET** (IRD/ANPN)  
CHARGÉE DE MISSION  
Institut de Recherche pour le Développement (IRD)  
Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN)

Le Gabon est l'unique pays des deux façades de l'Atlantique inter-tropical dont la capitale, Libreville, est entourée d'une ceinture verte de 153 700 ha, formée de trois aires protégées qui abritent de vastes superficies de mangroves, des plages sableuses, des savanes, des forêts équatoriales et une biodiversité spectaculaire. Afin de concilier l'expansion urbaine et le maintien en bon état de ces écosystèmes littoraux et espaces protégés, l'Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN) conduit depuis 2012 le projet Arc d'Émeraude, financé dans le cadre de l'Accord de Conversion de Dettes France-Gabon mis en œuvre par l'Agence Française de Développement.

Un des principaux objectifs est l'amélioration des connaissances scientifiques à des fins de gestion des écosystèmes et des services environnementaux qu'ils procurent, notamment par la mise en place d'un état de référence scientifique. L'IRD intervient au sein d'un consortium scientifique international et pluridisciplinaire avec plusieurs objectifs :

- l'amélioration des connaissances sur la circulation des eaux, les courants et les transferts de sédiments (estuaire, littoral et zone côtière) pour appréhender les enjeux relatifs aux pollutions accidentelles et chroniques, aux transports de matière et de composés dissous, et la mise en place d'un suivi des conditions physiques dans l'estuaire du Komo ;
- la caractérisation des contaminations, leurs impacts et les risques associés sur ces milieux et la santé humaine ;
- l'analyse des ressources marines, des productivités halieutiques, des pêcheries et du savoir-faire artisanal ;
- l'évaluation socio-économique des services écosystémiques des milieux littoraux de l'Arc d'Émeraude ;
- la mise en place d'une coordination et d'une valorisation des travaux de recherche, notamment à des fins d'animation scientifique, éducative, de renforcement des capacités et de formation universitaire.



- 1** Prélèvements d'échantillons pour le suivi de la qualité des eaux
- 2** Pêches expérimentales dans la mangrove
- 3** Les mangroves du Parc National d'Akanda
- 4** Pollution domestique et service remédiation des mangroves



Avec le soutien



# Arc d'émeraude



**D<sup>r</sup> FRANÇOIS LE LOC'H**  
DIRECTEUR DE RECHERCHE

Institut de Recherche pour le Développement (IRD)  
UMR 6539 - Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR)

Afin de garantir à long terme la contribution des écosystèmes littoraux et des espaces protégés au développement durable de la région de Libreville au Gabon, le projet Arc d'Émeraude vise à améliorer les connaissances scientifiques, l'efficacité de la gestion, de l'aménagement, de la valorisation et de l'intégration territoriale à long terme des trois aires protégées situées autour de Libreville. Le projet Arc d'Émeraude constitue une initiative pilote pour promouvoir des solutions en faveur d'un développement périurbain plus vert, associant l'homme et la nature, intégrant les aires protégées parmi les éléments structurants de l'aménagement du territoire et de la réduction des risques de catastrophes naturelles, en s'appuyant sur la compréhension des services rendus par la nature, sur la promotion d'activités économiques telles que l'écotourisme, et aussi sur les aspects liés au bien-être des riverains et des usagers urbains. Le volet scientifique du projet a pour ambition de constituer un état de référence scientifique sur les conditions écologiques des écosystèmes côtiers et marins qui pourront renseigner sur les niveaux de pollution, d'érosion, l'état du stock halieutique, les services environnementaux dont bénéficient les populations et de leurs implications économiques, etc.

Le projet est divisé en 4 axes de recherche : la modélisation des circulations hydrologiques et sédimentaires ; la caractérisation des pollutions, analyse de leurs impacts et des risques pour la biodiversité et la santé publique ; l'analyse de la productivité halieutique des milieux littoraux et l'analyse de la valeur des services des écosystèmes côtiers. Un dernier axe du projet vise à la mise en place d'un système de coordination et de valorisation des travaux de recherche, notamment à des fins d'animation scientifique, éducative, de renforcement des capacités et de formation universitaire.



Avec le soutien



# Impact de l'eutrophisation sur la capacité des mangroves à stocker le carbone bleu



**P<sup>r</sup> TARIK MEZIANE**  
PROFESSEUR EN ÉCOLOGIE  
AQUATIQUE, MNHN

**D<sup>r</sup> GWENAËL ABRIL**  
DIRECTEUR DE RECHERCHE, CNRS

UMR BOREA,  
Muséum national d'Histoire naturelle de Paris



L'écosystème à mangroves est l'un des plus productif au monde avec une production primaire nette estimée à  $218 \pm 72$  TgC.an<sup>-1</sup>. Cette production génère de très grandes quantités de matière organique (MO), dont une partie est consommée directement ou indirectement (ex: fertilisation des eaux) par des animaux de toutes tailles. Un autre rôle fonctionnel de cet écosystème est sa capacité exceptionnelle à stocker de grandes quantités de carbone dans ses sédiments. Dans un contexte de changement globaux entrainant une plus forte eutrophisation des milieux côtiers, il est nécessaire de mieux étudier ce qui peut affecter ces zones marines d'intérêt écologique capables de fixer une part non négligeable des émissions anthropiques de gaz carbonique ; c'est le carbone bleu. Dans nos travaux actuels nous 1) caractérisons les sources de nutriments qui mènent à l'eutrophisation des baies inter-tropicales et affectent les mangroves qu'elles abritent, 2) comprenons en quoi l'eutrophisation altère les fonctions biogéochimiques des sols de mangroves, et si elle favorise le stockage de carbone d'origine algale ou au contraire si elle mène au déstockage de carbone ancien à travers un effet « priming ».



**1**  
La forêt à palétuviers est souvent difficile d'accès, caractérisée par une production élevée de feuilles et de racines aériennes, les pneumatophores.

**2**  
La dégradation des racines et l'enfouissement des feuilles mortes sont à la base du processus de fixation du carbone « bleu ».

**3**  
Malgré un sédiment très réduit, la diversité animale dans les mangroves est très forte.

**4**  
Travailler dans la mangrove n'est pas une mince affaire !





# Surveiller et restaurer les mangroves du Sud-Est asiatique



**D<sup>r</sup> VALÉRY GOND**  
GÉOGRAPHE, CHERCHEUR  
CIRAD dans l'équipe Forêts et Sociétés, Montpellier, France.

**D<sup>r</sup> UTA BERGER**  
PROFESSEUR EN ÉCOLOGIE  
Université de Dresde, Allemagne

**UDAY PIMPLE**  
CHERCHEUR EN TÉLÉDÉTECTION  
Université Royale Mongkut,  
Bangkok, Thaïlande.

**JOHAN OSZWALD**  
MAÎTRE DE CONFÉRENCES  
EN GÉOGRAPHIE  
Université de Rennes 2, France

RESCuE (restauration pour des écosystèmes côtiers durables) est un projet qui contribue aux recherches en matière de conservation, de gestion durable des ressources naturelles, d'atténuation face aux menaces des changements climatiques et de réhabilitation des zones côtières.

RESCuE a pour missions d'améliorer la surveillance et d'optimiser la restauration des mangroves en vue d'une gestion durable des écosystèmes côtiers dans la région de Trat en Thaïlande et dans le delta du Mékong au Vietnam.

RESCuE est soutenu par le Programme de financement conjoint pour la recherche et l'innovation entre l'Asie du Sud-Est et l'Europe (SEA-EU-NET), réunissant six partenaires des secteurs public et privé de trois pays européens (France, Allemagne, Italie), deux pays d'Asie du Sud-Est (Thaïlande et Vietnam) et un pays d'Asie orientale (Japon). RESCuE est un projet international visant à améliorer les pratiques empiriques, théoriques et appliquées en matière de gestion des zones humides côtières et de recherche en restauration forestière.

### Les principaux axes de travail sont :

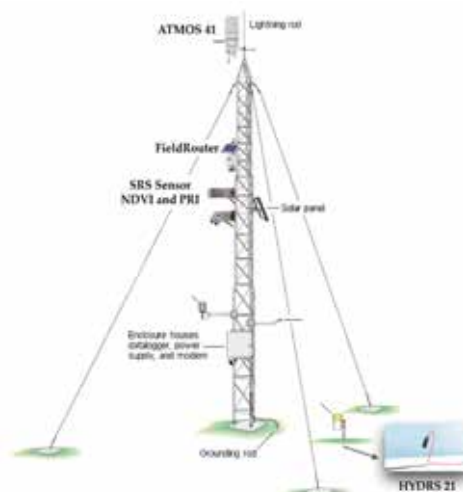
- L'évolution des rendus des services écosystémiques des mangroves dans le cadre des changements climatiques,
- La cartographie des communautés végétales de mangroves et leurs dynamiques à long terme (composition des espèces dominantes et zones de répartition),
- L'identification des conditions environnementales appropriées pour la restauration des mangroves,
- La détermination de la structure forestière et de la biodiversité, à l'aide de techniques de télédétection et de photogrammétrie,
- L'analyse des processus clés du fonctionnement des mangroves (comme les cycles phénologiques par exemple),
- La sélection des essences pour une restauration appropriée,
- La modélisation du fonctionnement des écosystèmes de mangrove pour améliorer et évaluer la qualité de la restauration,
- La mise au point d'un système de surveillance en temps réel des écosystèmes de mangroves.



Mission sur le terrain en Thaïlande.

Les premiers résultats sont, pour l'instant, l'établissement de la carte d'occupation des sols pour l'année 2017. Nous travaillons actuellement sur l'établissement de trajectoires paysagères afin de mieux appréhender l'évolution des écosystèmes de mangroves sur nos sites d'études (Région de Trat en Thaïlande et delta du Mékong au Vietnam).

En 2019, nous avons équipé le site en Thaïlande avec des tours (3) de mesure afin de récolter des informations sur le fonctionnement des écosystèmes de mangroves.



Représentation schématique des installations pour surveiller le fonctionnement des mangroves dans la région de Trat en Thaïlande. La tour est équipée de quatre systèmes avec en a) un suivi atmosphérique (ATMOS41); en b) une caméra digitale de surveillance (FieldRouter); en c) un suivi de l'activité photosynthétique (SRS Sensor NDVI and PRI) et en d) un suivi des marées (HYDRS21).





## Inventaire floristique et faunistique des écosystèmes de mangroves et des zones humides côtières du Bénin



**A**u Bénin, il existe deux sites de mangrove incrustés dans les zones humides d'importance internationale ou sites Ramsar (le complexe 1017 ou complexe Ouest et le complexe 1018 ou complexe Est). La mangrove sert de refuge à de nombreuses espèces menacées et représente un maillon essentiel du parcours de l'avifaune migratrice. La mangrove contribue à la protection des rivages. Les populations riveraines de la mangrove tirent d'importants revenus de l'exploitation du bois, de la pêche, de la riziculture, de l'extraction du sel, du maraîchage et d'autres activités, notamment la récolte de miel et les plantes médicinales. De l'inadaptation des méthodes actuelles de prélèvement des ressources floristiques et fauniques dans la mangrove, le maintien et la préservation desdites ressources appellent la nécessité de faire l'inventaire de la biodiversité encore disponible dans les écosystèmes de mangrove du Bénin.

Le projet TCP/BEN/3502: Restauration des écosystèmes de mangrove du site de RAMSAR 1017 s'inscrit dans ce cadre et vise l'inventaire de la flore et de la faune des écosystèmes de mangrove du Bénin dans le but de rendre disponibles des données actualisées sur l'état des mangroves du Bénin. La finalité

de ces études est de disposer de données pour une meilleure prise de décision dans l'aménagement et la gestion de la biodiversité des mangroves.

Au regard de ce projet TCP/BEN/3502, il importe d'initier et d'accentuer, en plus des actions de recherche, l'éducation et la sensibilisation aussi bien des populations locales que des politiques afin d'améliorer la perception des communautés locales et éviter que les actions de développement ne mettent en danger la richesse de la mangrove, surtout celle côtière. Ces efforts pourraient porter sur le développement des actions de mobilisation et d'éducation du grand public comme l'organisation d'éco-tourisme thématique (reptiles, avifaune, poissons, etc) et des classes d'environnement autour de ces sites. L'avenir de la végétation sur le site 1017 de Ramsar sera sérieusement compromis dans les années à venir. Il importe alors de mettre en place un programme de planification et de gestion de l'espace pour arrêter ou tout au moins freiner cette tendance régressive des unités naturelles, en l'occurrence les cocoteraies et la mangrove. De plus, la conservation de ces écosystèmes doit se baser sur une approche participative, car il s'agit d'un bien communautaire naturel qui subit une forte pression anthropique.





# Ateliers

## **PARTIE 4**

Cette dernière partie apporte une contribution à l'acquisition des connaissances en accord avec les programmes pédagogiques de l'Éducation Nationale. Avec la volonté d'une approche pluridisciplinaire, ces ateliers abordent différentes thématiques et sont facilement réalisables en cours, sur écran-tablette ou sur supports imprimés. Les démarches et les contenus ont été au préalable validés par les conseillères-relais de l'Éducation Nationale à Océanopolis.

### **Atelier 1**

Dans les racines de l'Histoire

### **Atelier 2**

Développement des mangroves

### **Atelier 3**

Comment vivre en présence de sel ?

### **Atelier 4**

Distribution de la faune associée

### **Atelier 5**

Gestion durable d'un écosystème

## Dans les racines de l'Histoire

**NIVEAU : CYCLE 4, LYCÉE**

**DURÉE : 2 HEURES**

**DISCIPLINE : SVT, FRANÇAIS, HISTOIRE**

**TRAVAIL : INDIVIDUEL OU BINÔME**

### Compétences travaillées

- Comprendre des textes, des images et les interpréter. Reformuler pour étayer un argument.
- Écouter pour comprendre un message oral.
- Participer de façon constructive à des échanges oraux.
- Se repérer dans le temps. Les héritages des mondes anciens.

### Problématique abordée

Comment décrire une nouvelle espèce/ un nouvel écosystème à partir de ses connaissances ?

### Références aux programmes

- Présenter de façon claire et ordonnée des explications. Capacité de dialogues et d'interactions avec les autres.
- S'approprier des savoirs au travers des formulations orales et écrites.
- La civilisation grecque et ses récits fondateurs.

### Ressources utilisées

- Fiche ressource 1-A: Description des palétuviers dans l'Antiquité.
- *L'Histoire et des racines* p. 8-9

### Modalités

Faire réaliser par les élèves une analyse de document puis une mise en situation.

### ÉTAPE 1 — EXTRAIRE LES INFORMATIONS

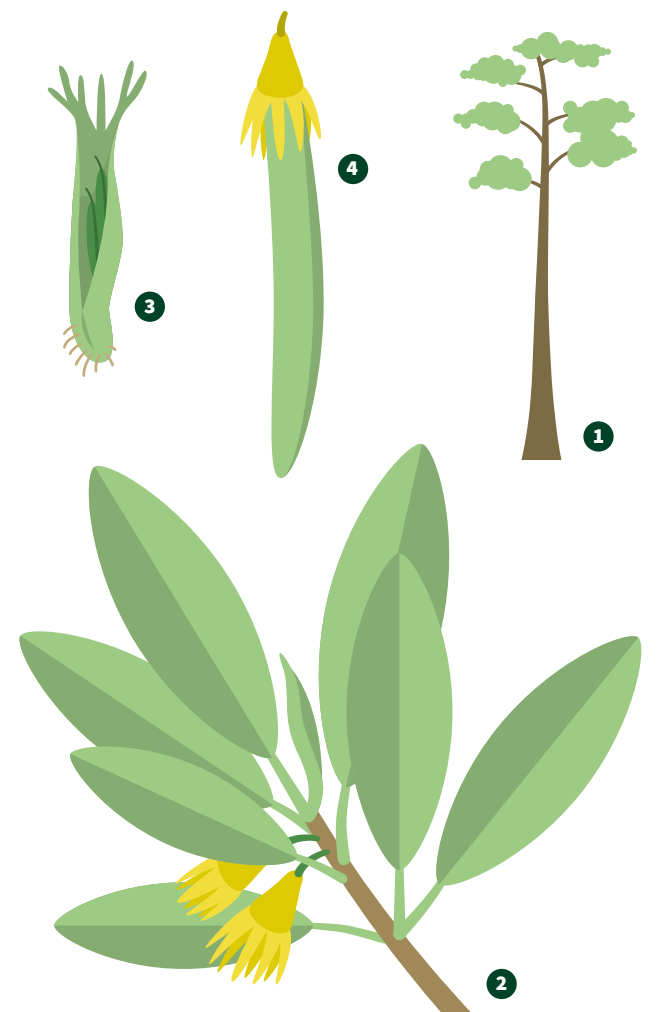
Les mangroves sont décrites dès l'Antiquité. Le plus ancien traité de botanique connu, l'*Historia plantarum* de Théophraste (320-300 av. J. – C.) regroupe des descriptions précises de ce naturaliste grec et de son informateur Androsthène de Thasos. Ce dernier participa aux campagnes militaires d'Alexandre le Grand dans le Golfe Persique. Les palétuviers, principales espèces formant les mangroves, n'étaient pas connus à cette époque. La **Fiche ressource 1-A** regroupe des extraits des descriptions réalisées par ces naturalistes. Elles se sont appuyées sur des ressemblances avec des végétaux, des animaux, des matériaux connus. Les élèves relèveront les comparaisons qui ont permis de décrire les palétuviers.

### ÉTAPE 2 — VALORISER LES INFORMATIONS

En s'inspirant du dessin naturaliste ci-contre, les élèves illustreront le plus précisément possible les descriptions des palétuviers rapportées de Théophraste et de Pline l'Ancien. Les élèves légendront les différentes parties illustrées.

### ÉTAPE 3 — RESTITUER UNE OBSERVATION

Séparer les élèves en petits groupes et leur attribuer une plante différente qui n'aura pas été présentée aux autres élèves (papyrus, ruban, etc). En s'aidant des comparaisons des naturalistes grecs, les élèves devront décrire leur plante le plus précisément possible (forme, port, couleur, texture, etc) en s'appuyant sur leurs propres connaissances. Face aux autres groupes, les élèves restitueront à l'oral leurs observations. En fonction des informations transmises, les groupes illustreront la plante.



D'APRÈS SUZANNE AMIGUES, 1991 &amp; PIERRE SCHNEIDER, 2011

« À marée montante, alors que tout le reste disparaît, on voit émerger les rameaux des arbres les plus élevés, auxquels on attache les amarres, qui sont ensuite, au moment du reflux, attachées aux racines ; ces arbres ont la feuille du laurier, une fleur dont la teinte et l'odeur ressemblent à celles des violiers, un fruit de la grosseur d'une olive, lui aussi délicieusement parfumé ; ils ne perdent pas leurs feuilles ; la fleur et le fruit se forment quand vient l'automne et tombent au printemps ».

HISTORIA PLANTARUM, IV, 7, 4 – THÉOPHRASTE

« En Perse, dans la province de Carmanie où la marée se fait sentir, il existe des arbres d'une bonne taille, qui ont le port et les feuilles de l'Arbousier d'Orient (= *Arbutus andrachne* L.) et produisent en abondance des fruits semblables extérieurement à nos amandes, mais dont l'intérieur a des replis, comme s'il était comprimé de toutes parts ».

HISTORIA PLANTARUM, IV, 7, 5 – THÉOPHRASTE – DESCRIPTION D'AVICENNIA OFFICINALES (A. MARINA)

« Ces arbres ont le milieu rongé en dessous par la mer et ils se dressent sur leurs racines comme un poulpe. Au moment du reflux, il est possible de s'en rendre compte ».

HISTORIA PLANTARUM, IV, 7, 5 – THÉOPHRASTE – DESCRIPTION DES RACINES-ÉCHASSES DE RHIZOPHORA SP.

« Dans l'île de Tylos, il y a sur la côte orientale, au moment où la mer se retire, une telle quantité d'arbres que l'île se trouve fortifiée ; tous ces arbres ont la taille d'un figuier, une fleur extraordinairement parfumée, un fruit non comestible, semblable d'aspect à celui du Lupin ».

HISTORIA PLANTARUM, IV, 7, 7 – THÉOPHRASTE – DESCRIPTION D'AEGICERAS CORNICULATUM

« encore un autre arbre dont la fleur a de nombreux pétales, comme la rose ; cette fleur, dit-on, reste close pendant la nuit, elle s'ouvre au lever du soleil, elle est à midi complètement épanouie, puis l'après-midi elle se referme peu à peu pour, de nouveau, rester close pendant la nuit ; et même les indigènes disent qu'elle dort ».

HISTORIA PLANTARUM, IV, 7, 8 – THÉOPHRASTE

« Il y a, paraît-il, un arbre dans lequel les gens taillent leurs cannes, qui sont fort belles avec une bigarrure semblable à celle de la peau du tigre ; ce bois est extrêmement lourd, mais qu'on le lance contre une surface un peu dure, il se brise comme la poterie ».

HISTORIA PLANTARUM, V, 4, 7 – THÉOPHRASTE

« Il s'agit en fait d'un arbrisseau ; son bois est fragile comme du verre ».

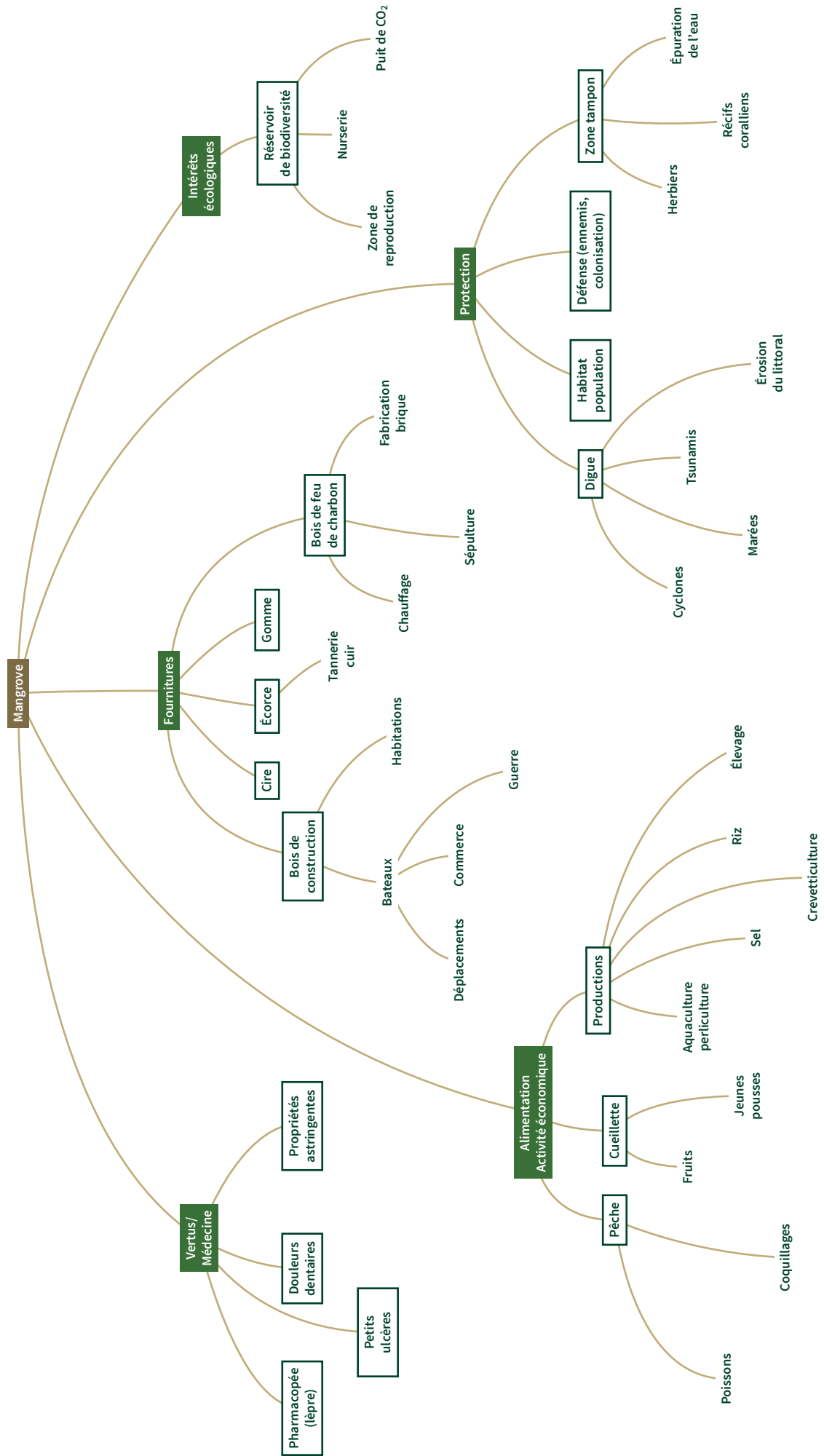
HISTORIA NATURALIS, XVI, § 221 – PLINE L'ANCIEN

« À la suite du littoral (...) se trouvent trois îles qui offrent de nombreux mouillages. (...) Elles sont toutes recouvertes d'oliviers qui ne sont pas semblables à ceux de chez nous ».

BIBLIOTHÈQUE HISTORIQUE, III, 44, 3 – DIODORE DE SICILE – DESCRIPTION D'AVICENNIA MARINA.

« Après trois îles désertes remplies d'oliviers, non pas de ceux de chez nous mais d'oliviers indigènes, que nous appelons « oliviers éthiopiens », dont l'exsudation a aussi une vertu médicinale »

LA GÉOGRAPHIE, XVI, 4, 18 – STRABON



## Développement des mangroves

NIVEAU : CYCLE 4, LYCÉE

DISCIPLINE : SVT, GÉOGRAPHIE

DURÉE : 1 HEURE

TRAVAIL : INDIVIDUEL

### Compétences travaillées

- Réaliser une prospective territoriale pour localiser et retranscrire des informations.
- Repérer des espaces mangroviens productifs.
- Comprendre la zonation d'une mangrove à travers les conditions de vie et la diversité des espèces.
- Réaliser une analyse cartographique.

### Problématique abordée

Quelles sont les conditions environnementales influençant le développement des mangroves ?

### Références aux programmes

- Habiter un espace.
- Expliquer l'organisation, la structure d'un écosystème.

### Ressources utilisées

- Fiche ressource 2-A : Distribution des mangroves.
- Fiche ressource 2-B : Distribution latitudinale des mangroves.
- Fiche ressource 2-C : Distribution des mangroves en fonction des pays.
- Fiche ressource 2-D : Profil de mangrove.

### Modalités

Faire exploiter par les élèves des documents et rendre compte de leur lecture à travers des représentations formalisées.

### ÉTAPE 1 — IDENTIFIER LA DISTRIBUTION DES MANGROVES

Les élèves disposeront de la carte de la **Fiche ressource 2-A**. Ils devront dans un premier temps, colorier les cases de la colonne « Abondance » en fonction d'un code couleur (du + au - abondant). Dans un deuxième temps, en s'appuyant sur la **Fiche ressource 2-B**, reporter sur la carte les résultats de l'histogramme en utilisant le code couleur.

Près de 75% des mangroves se répartissent dans les 15 pays listés dans la **Fiche ressource 2-C**. Demandez aux élèves de situer ces différents pays sur la carte de la **Fiche ressource 2-A**. Ils devront inscrire sur chacun des pays le pourcentage de mangroves. Les élèves calculeront le pourcentage total de mangroves pour chaque région (Afrique, Asie, Océanie, Amérique du Sud, Amérique du Nord et Centrale). Que remarquent-ils ?

Appuyez-vous sur la p.10 (*Des mangroves, des espèces*) pour synthétiser avec les élèves les facteurs influençant la distribution latitudinale et longitudinale des mangroves.

### ÉTAPE 2 — COMPRENDRE LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES

Les élèves décriront la structure mangroviennne d'un des États australiens, la Nouvelle-Galles du Sud. Ils illustreront, sur le profil de mangrove disponible en **Fiche ressource 2-D**, la succession des différentes espèces végétales composant la mangrove. Ces espèces devront être représentées avec leur système racinaire. Il faudra également respecter les différences de taille entre les espèces. Aidez-vous de la p.12 (*Les systèmes racinaires*).

Les élèves compléteront le profil de mangrove en s'aidant des informations suivantes :

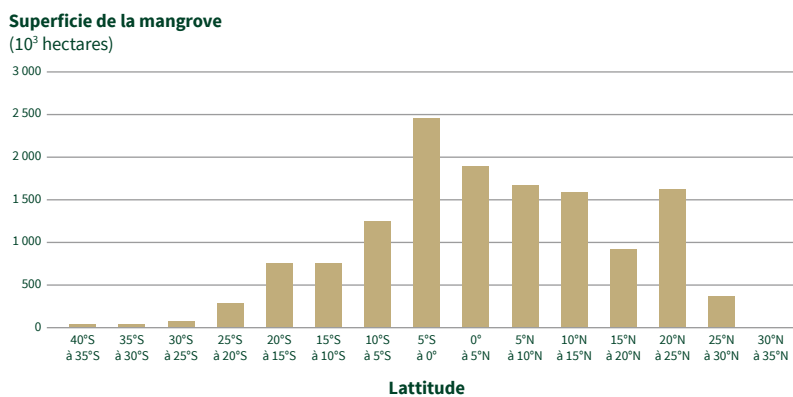
- la zone frangeante : mangrove fréquemment inondée, sous l'influence des marées.
- la zone intermédiaire : mangrove humide, inondée lors des marées de vives-eaux.
- la zone terrestre : milieu jamais inondé, sous l'influence des apports d'eau douce et terrestres.
- *Aegiceras corniculatum* (palétuvier noir) : espèce arbustive de 2-3 m de haut, se développant en zone frangeante et exposée. Les racines ne sont pas apparentes.
- *Avicennia marina* (palétuvier gris) : espèce se développant dans la zone frangeante et intermédiaire, atteignant une hauteur de 2 à 12 m, pourvue de racines-câbles et de pneumatophores.
- *Rhizophora stylosa* (palétuvier rouge) : espèce pouvant atteindre 2 à 8 m de haut, présente dans la zone frangeante et intermédiaire. Elle développe des racines-échasses.
- *Bruguiera gymnorrhiza* (palétuvier rouge) : espèce haute de 2 à 6 m, visible dans les zones intermédiaires et terrestres. Cette espèce possède des contreforts et des racines genouillées.
- *Excoecaria agallocha* (palétuvier blanc) : espèce se développant dans la zone terrestre, de 2 à 6 m de haut avec des racines émergentes à la base du tronc.
- *Acrostichum speciosum* : espèce de fougère pourvue de racines non apparentes, se développant dans la zone terrestre et en marge de la zone intermédiaire. Frondes longues de 1 m.

Conclure cet exercice en questionnant les élèves sur l'évolution des mangroves face à la montée du niveau de l'océan (liée au réchauffement climatique) et à la pression urbaine (anthropisation du littoral). Quel peut être l'avenir des mangroves ?



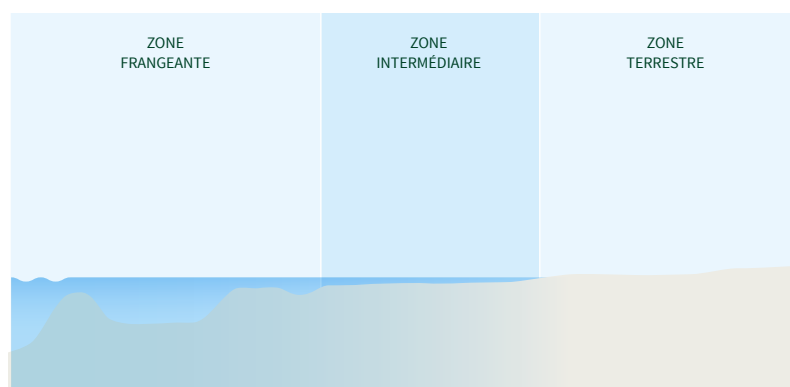
Fiche ressource 2 B

DISTRIBUTION LATITUDINALE DES MANGROVES D'après Giri et al., 2010



Fiche ressource 2 D

PROFIL DE MANGROVE



Fiche ressource 2 C

DISTRIBUTION DES MANGROVES EN FONCTION DES PAYS

Pays	Aire (m <sup>2</sup> )	Abondance (%)	Région
Indonésie	3 112 989	22,6	Asie
Australie	977 975	7,1	Océanie
Brésil	962 683	7	Amérique du Sud
Mexique	741 917	5,4	Amérique du Nord et Centrale
Nigéria	653 669	4,7	Afrique
Malaisie	505 386	3,7	Asie
Birmanie	494 584	3,6	Asie
Papouasie-Nouvelle-Guinée	480 121	3,5	Océanie
Bangladesh	436 570	3,2	Asie
Cuba	421 538	3,1	Amérique du Nord et Centrale
Inde	368 276	2,7	Asie
Guinée-Bissau	338 652	2,5	Afrique
Mozambique	318 851	2,3	Afrique
Madagascar	278 078	2	Afrique
Philippines	263 137	1,9	Asie



## Comment vivre en présence de sel ?

NIVEAU : CYCLE 4, LYCÉE

DURÉE : 2 HEURE

DISCIPLINE : SVT

TRAVAIL : INDIVIDUEL

### Compétences travaillées

- Lire et comprendre des documents scientifiques. Exploiter des données présentées sous différentes formes.
- Mener des raisonnements adéquats, en reliant des données, en imaginant et identifiant des causes et des effets.

- Relier les besoins des cellules d'une plante chlorophyllienne, les lieux de production ou de prélèvement de matière et de stockage et les systèmes de transport au sein de la plante.
- Décrire l'adaptation des espèces aux facteurs environnementaux.

### Problématique abordée

Un facteur environnemental peut-il influencer l'anatomie des palétuviers ?

### Références aux programmes

- Établir des relations de causalité pour expliquer la nutrition des organismes, la dynamique des populations et la biodiversité.

### Ressources utilisées

- Fiche ressource 3-A : Les palétuviers, espèces halophiles.
- Fiche ressource 3-B : Anatomie et répartition d'*Avicennia sp.* et de *Rhizophora sp.*

### Modalités

Développer avec les élèves une démarche d'investigation.

### ÉTAPE 1 — REPRÉSENTER LES DONNÉES

Les palétuviers sont des espèces halophytes. Ils ont la capacité de se développer dans un milieu salé en utilisant des mécanismes d'exclusion et/ou de sécrétion du sel. Les différentes adaptations, développées par les genres *Avicennia sp.* et *Rhizophora sp.*, leur permettent une large répartition géographique et une distribution dans différentes mangroves. Les élèves utiliseront les phrases ci-dessous pour légender le schéma de la **Fiche ressource 3-A**.

**Le xylème (le bois) :** tissu végétal - formé de fibres et de vaisseaux - proche du centre, conduisant verticalement la sève des racines vers les feuilles.

**Le phloème :** tissu végétal, proche de l'écorce, conduisant la sève produite par les feuilles vers les autres régions du végétal.

**Sève brute :** solution de sels minéraux nécessaire à la photosynthèse des feuilles.

**Sève élaborée :** solution provenant des feuilles, concentrée en acides aminés et en glucides (saccharose, raffinose, etc).

**Les pneumatophores** d'*Avicennia sp.* sont munis de lenticelles et permettent de récupérer l'oxygène de l'air.

**Les racines** d'*Avicennia sp.* et les racines-échasses de *Rhizophora sp.* filtrent l'eau en excluant le sel.

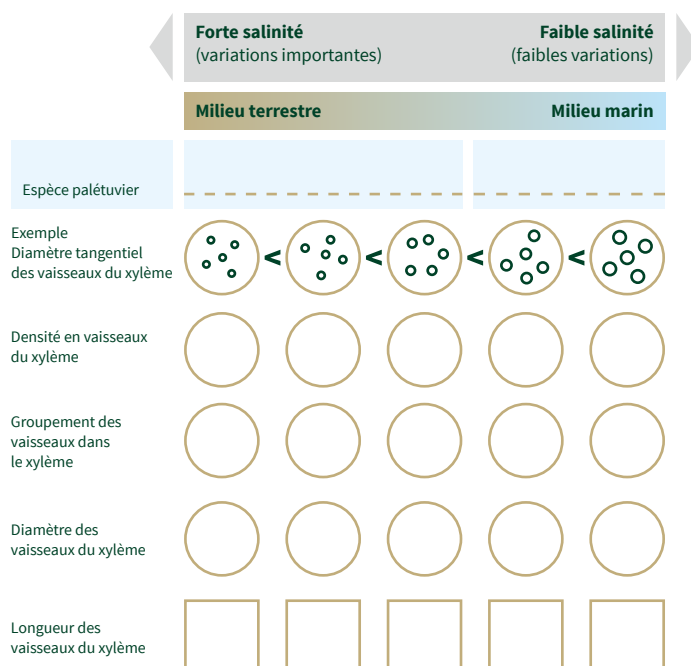
**L'ultrafiltration** réalisée par les racines d'*Avicennia sp.* peut exclure jusqu'à 90% du sel contenu dans l'eau. Cette exclusion entraîne une augmentation de la salinité de l'eau de mer autour des racines.

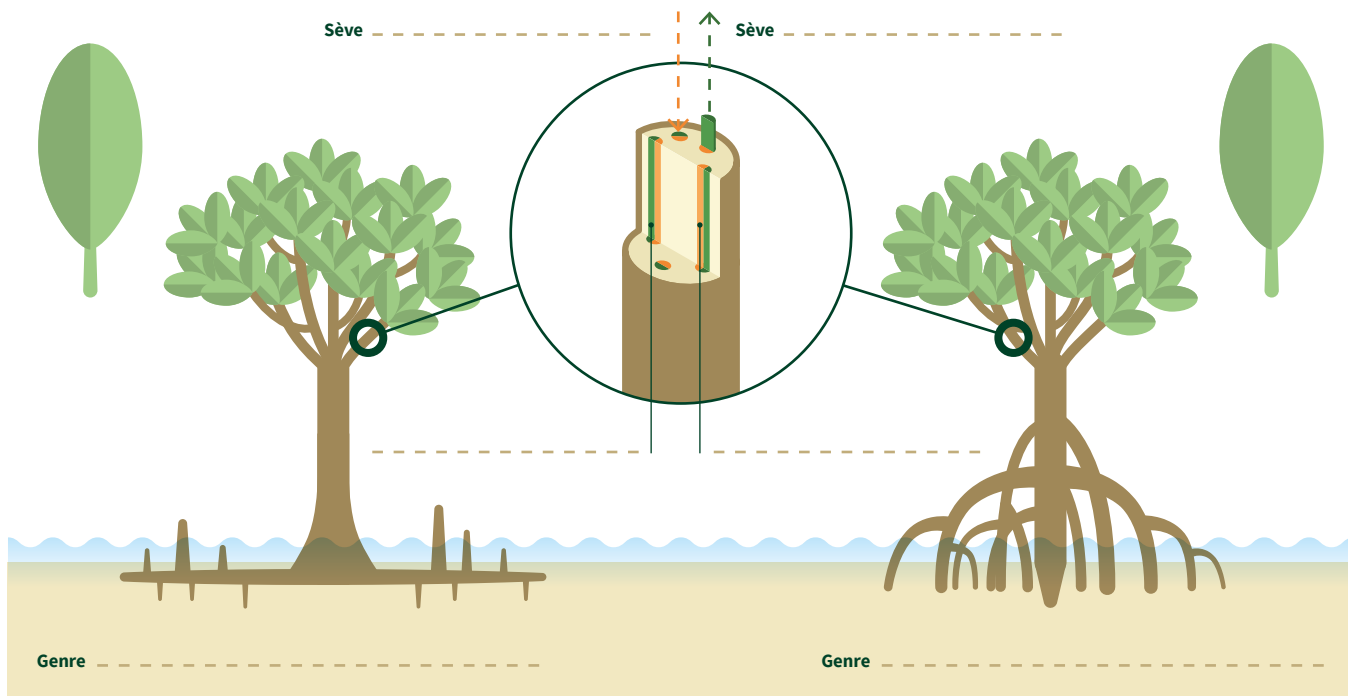
Contrairement aux *Rhizophora sp.*, **les feuilles** d'*Avicennia sp.* peuvent sécréter jusqu'à 40% du sel grâce à des glandes sécrétrices des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . Cette sécrétion est visible à la surface des feuilles sous la forme de cristaux de sel.

### ÉTAPE 2 — COMPRENDRE LA DISTRIBUTION DES ESPÈCES

Dans un environnement salé, des bulles d'air peuvent se former dans le xylème des palétuviers. Ce phénomène de cavitation peut bloquer le transport d'eau dans le végétal. En utilisant les informations de la **Fiche ressource 3-B**, les élèves expliqueront l'influence de la salinité sur l'anatomie d'*Avicennia marina* et de *Rhizophora mucronata*. Ils compléteront et utiliseront ensuite le schéma ci-dessous pour commenter la répartition de ces deux espèces.

D'après Robert et al., 2009





Inscrivez sur le schéma les mots suivants :  
 sève brute  
 sève élaborée  
 xylème  
 phloème  
 pneumatophores  
 racines-échasses  
*Rhizophora sp.*  
*Avicennia sp.*

Symbolisez la sécrétion de sel sur la feuille de palétuvier et l'exclusion de sel au niveau des racines.

Illustrez en deux couleurs le sens de circulation des deux types de sèves dans les deux palétuviers.

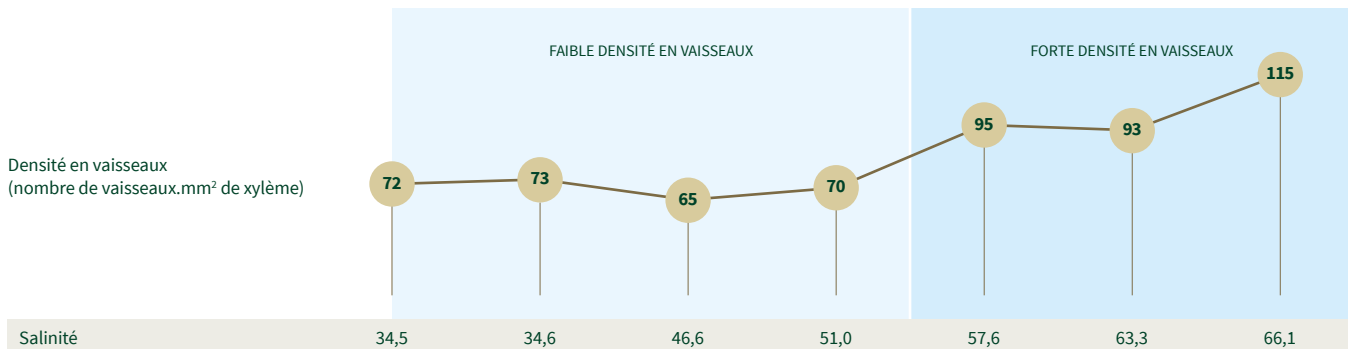
Notez le pourcentage de sel exclu et sécrété par les organes du genre *Avicennia sp.*

ANATOMIE ET RÉPARTITION D'AVICENNIA SP. ET DE RHIZOPHORA SP.

Descriptions anatomiques des xylèmes d'*Avicennia marina* (AM) et de *Rhizophora mucronata* (RM) — D'après Robert *et al.*, 2009

Description anatomique	Espèce	Moyenne	Minimum	Maximum	Nombre
Densité en vaisseaux du xylème (nombre de vaisseau par mm <sup>2</sup> d'aire de xylème)	AM	78,68	26,88	147,67	82
	RM	25,65	12,51	66,02	279
Vaisseaux solitaires (%)	AM	28,78	3,22	57,55	82
	RM	78,57	42,11	100	279
Indice de vaisseaux groupés	AM	4,07	3,17	6,62	82
	RM	1,26	1	1,8	279
Diamètre des vaisseaux (µm)	AM	36,47	5,78	115,5	8692
	RM	79,89	24,79	134,99	7447
Longueur des vaisseaux (µm)	AM	186,22	33,89	380,47	1127
	RM	682,51	285,04	1171,25	900

Densité moyenne en vaisseaux du xylème en fonction de la salinité pour *Avicennia marina* — D'après Robert *et al.*, 2009







## Distribution de la faune associée

NIVEAU : CYCLE 3, CYCLE 4

DURÉE : 2 HEURE

DISCIPLINE : SVT

TRAVAIL : INDIVIDUEL

### Compétences travaillées

- Identifier un signal et une information.
- Relier le peuplement d'un milieu et les conditions de vie.
- La nutrition des organismes.
- La biodiversité, un réseau dynamique.
- L'évolution des êtres vivants.

### Problématique abordée

Les conditions de vie peuvent-elles influencer la morphologie et le comportement des espèces ?

### Références aux programmes

- Identifier la diversité de la faune associée à un écosystème.
- Décrire un milieu de vie dans ses diverses composantes.
- Interactions des organismes vivants entre eux et avec leur environnement.

### Ressources utilisées

- Fiche ressource 4-A : Profil schématique d'une mangrove.
- Fiche ressource 4-B : Diversité des crabes.
- Fiche ressource 4-C : Diversité des périophtalmes.

### Modalités

Faire rendre compte par les élèves de leur lecture à travers une restitution illustrée.

### ÉTAPE 1 — COMPARER DES INFORMATIONS

L'activité des crabes est indispensable pour le bon fonctionnement des mangroves. En creusant et en déplaçant le sédiment, ces crustacés produisent de la bioturbation. L'activité de fouissage et la formation des terriers vont permettre d'aérer le substrat. Consommateurs des feuilles de palétuvier, les crabes enfouissent les feuilles dans la vase, accélérant ainsi le piégeage du carbone. En s'aidant de la **Fiche ressource 4-B**, les élèves localiseront, sur le schéma de la **Fiche ressource 4-A**, les différentes espèces de crabes dans l'écosystème mangrovien. Que constatent-ils ? Les élèves identifieront les attributs ou les comportements spécifiques des différentes espèces de crabes en fonction de leur milieu de vie.

#### Les élèves devront réussir à tirer les enseignements suivants :

La colonisation des racines de palétuviers par les organismes (animaux et algues) est dépendante de la distribution des palétuviers. Les racines des palétuviers proches du front de mer sont plus colonisées que les autres palétuviers se développant dans les zones intermédiaire et terrestre. Les conditions en front de mer sont plus stables pour les organismes associés, peu voire pas soumis au balancement des marées. La diversité y est donc importante. Cependant les espèces y sont peu abondantes, contraintes par la compétition pour l'espace. À l'inverse, les racines plus exposées au balancement des marées (alternance immersion / émergence) seront moins riches en nombre d'espèce mais auront une abondance plus importante, du fait d'une faible compétition inter-spécifique et d'un large espace disponible. Enfin un étagement horizontal

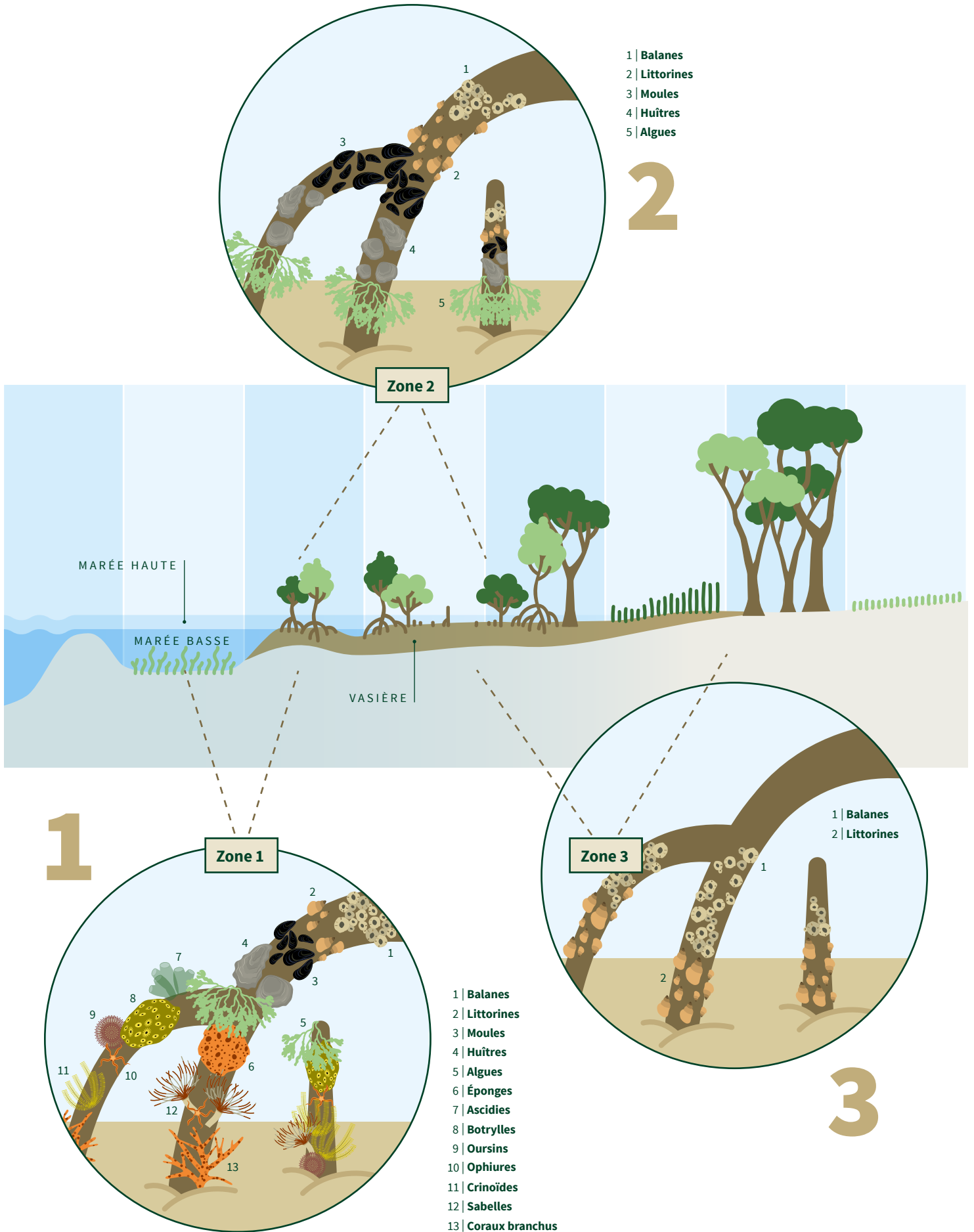
est perceptible avec, à l'extrémité supérieure des racines, des espèces résistantes à une émergence longue. Plus les espèces se développent à la base des racines, plus elles sont sensibles à l'émergence.

### ÉTAPE 2 — EXPLOITER LES INFORMATIONS

À l'instar des crabes, d'autres espèces se répartissent différemment dans les mangroves. C'est le cas de quatre espèces de périophtalmes. Ce poisson amphibie a développé des adaptations uniques lui permettant de vivre au contact de la vase et de l'air. Si des branchies lui servent à capter le dioxygène dissous de l'eau, sa peau toujours humide favorise les échanges gazeux et donc sa respiration à l'air libre (comme les grenouilles). Les élèves utiliseront les informations de la **Fiche ressource 4-C** pour pouvoir placer les différentes espèces sur le schéma de la **Fiche ressource 4-A**.

### ÉTAPE 3 — ANALYSER DES INFORMATIONS

Les élèves compareront la diversité des populations animales et végétales établies sur les racines (échasses et pneumatophores) de palétuviers dans les 3 ronds du schéma de la **Fiche ressource 4-A**. Ils expliqueront ces différences de populations en fonction de la localisation des racines.



- 1 | Balanes
- 2 | Littorines
- 3 | Moules
- 4 | Huîtres
- 5 | Algues

2

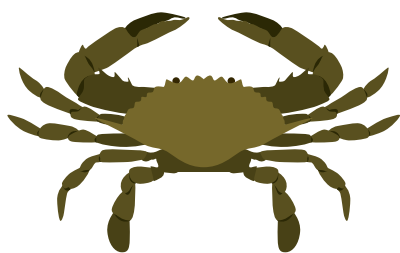
1

Zone 1

- 1 | Balanes
- 2 | Littorines
- 3 | Moules
- 4 | Huîtres
- 5 | Algues
- 6 | Éponges
- 7 | Ascidies
- 8 | Botrylles
- 9 | Oursins
- 10 | Ophiures
- 11 | Crinoïdes
- 12 | Sabelles
- 13 | Coraux branchus

Zone 3

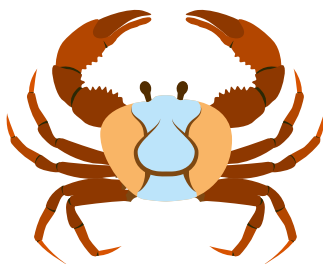
3



**Crabe cirique**

*Callinectes sp.*

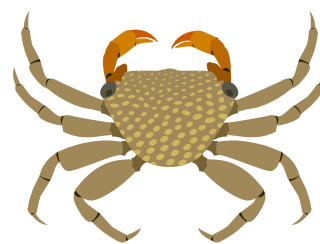
Sa dernière paire de pattes est aplatie en forme de palettes natatoires lui permettant de se déplacer facilement dans l'eau (herbiers et lagunes). Elles sont aussi utilisées pour l'enfouissement.



**Crabe mantou ou crabe à barbe**

*Ucides cordatus*

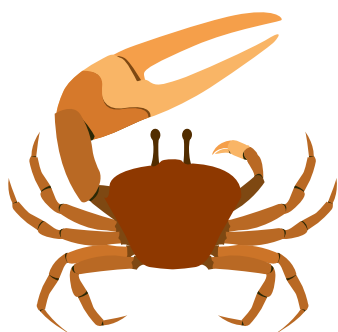
Ce crabe possède des pinces inégales. Il trouve sa nourriture dans les végétaux en décomposition qu'il stocke dans son terrier creusé jusqu'à 1 m de profondeur dans la vase sous les palétuviers.



**Crabe de palétuvier**

*Aratus pisonii*

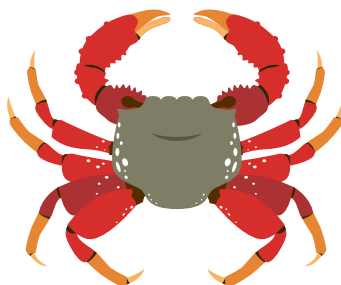
Cette espèce se déplace essentiellement sur les racines et le tronc des palétuviers où ils consommeront les algues, les balanes.



**Crabe violoniste**

*Uca maracoani*

Avec sa pince hypertrophiée, ce crabe est facilement reconnaissable. Il trouve sa nourriture dans les feuilles de palétuviers. Ce crabe vit dans un terrier creusé dans la vase sous les palétuviers. À marée haute, il s'y enferme à l'aide d'un bouchon de vase.



**Grapse ensanglanté**

*Goniopsis cruentata*

Cette espèce est détritivore. Elle consomme la matière organique provenant de la dégradation des feuilles de palétuviers par les bactéries. Ce petit crabe occupe presque tous les habitats de la mangrove tels que la vase, les marécages, le sol sableux ou les troncs et les branches des palétuviers. Ils ne construisent pas de terriers, ils s'approprient ceux des autres espèces de crabes.

DIVERSITÉ DES PÉRIOPTHALMES

D'après You et al., 2009



**BP Périophtalme à points**

*Boleophthalmus pectinirostris*



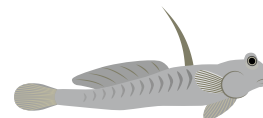
**PS Périophtalme géant**

*Periophthalmodon schlosseri*



**PM Périophtalme à bandes**

*Periophthalmus magnuspinnatus*



**SH Périophtalme à épine**

*Scartelaos histophorus*

SH et BP sont morphologiquement proches et évoluent principalement dans l'eau. PM et PS ont aussi des caractères morphologiques communs et sont observés plus souvent sur la terre ferme. La taille du corps des différentes espèces diminue dans l'ordre : PS>BP>SH>PM. Ces différences de répartition entre les espèces s'accompagnent aussi de différences d'habitats et d'accès à la nourriture. BP préfère les vasières pour consommer des diatomées benthiques (phytoplancton se développant sur le fond) très abondantes dans la zone intertidale avec une faible hauteur d'eau (= beaucoup de dépôts). SH affectionne

des zones plus profondes. PM est surtout un carnivore opportuniste et attrapera les insectes et autres crustacés. Cette espèce préfère les marécages situés plus hauts de la zone de balancement des marées lui permettant notamment de capturer ses proies.

Les deux espèces aquatiques sont myopes. Les deux autres espèces ont une meilleure vision aérienne ce qui renforce leur capacité à échapper aux prédateurs terrestres. PM passe ainsi les 2/3 de sa vie à la surface de la vasière.

## Gestion durable d'un écosystème

**NIVEAU : CYCLE 4, LYCÉE**

**DURÉE : 2 HEURE**

**DISCIPLINE : SVT, ENSEIGNEMENT MORAL ET CIVIQUE**

**TRAVAIL : INDIVIDUEL ET GROUPE**

### Compétences travaillées

- S'exprimer de façon maîtrisée en s'adressant à un auditoire.
- Participer de façon constructive à des échanges oraux. Argumenter pour faire adopter un point de vue.
- Agir individuellement et collectivement en exerçant des choix éclairés. Les responsabilités individuelles et collectives face aux risques majeurs.

- Expliquer les liens entre l'être humain et la nature.
- Proposer une ou des hypothèses pour résoudre un problème ou une question.

### Problématique abordée

Exploitation et gestion des ressources naturelles : les activités humaines peuvent-elles s'intégrer dans le fonctionnement durable d'un écosystème ?

### Références aux programmes

- Exercer une citoyenneté responsable, en particulier dans les domaines de la santé et de l'environnement.
- Définir un agroécosystème, décrire les interactions entre les activités humaines et l'environnement.

### Ressources utilisées

- *Une Histoire scientifique* p.8-9
- Fiche ressource 5 : Les mangroves et leurs nombreuses ressources.

### Modalités

Faire réaliser par les élèves une analyse de document puis une mise en situation.

### ÉTAPE 1 — REPRÉSENTER LES DONNÉES

En utilisant les témoignages de la **Fiche ressource 5**, les élèves reporteront, sur une frise chronologique, les différents usages des mangroves par l'être humain.

### ÉTAPE 2 — SYNTHÉTISER L'INFORMATION

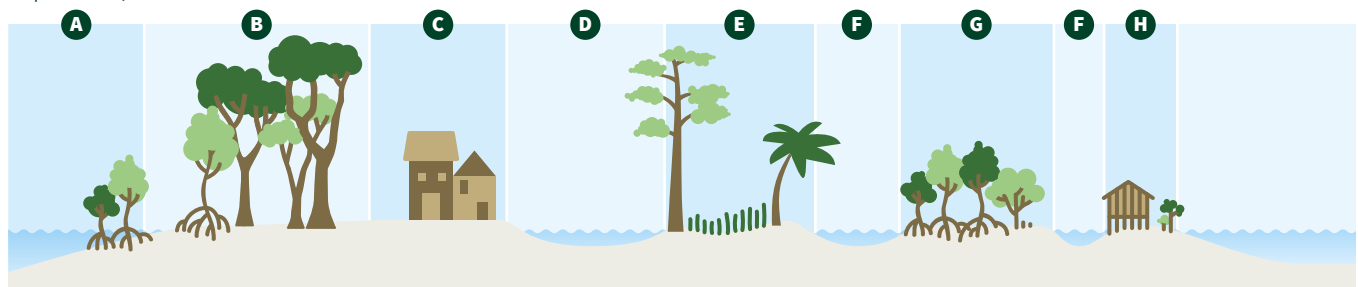
À partir des usages répertoriés dans l'Étape 1, les élèves concevront une carte heuristique permettant de classer les différentes ressources mangroviennes exploitées par l'être humain. Un exemple de carte heuristique conçue sous la forme de racines-échasses est disponible dans la **Fiche ressource 1-B**. Vous pourrez compléter cet exercice en vous aidant des p. 15, 16 et 17.

### ÉTAPE 3 — SE PROJETER DANS UNE SITUATION CONCRÈTE

Comme de nombreuses mangroves, celle de l'île de Java est soumise à une forte pression anthropique. Le schéma ci-dessous résume la mangrove remaniée en différents compartiments. Tel un agroécosystème, chacun d'eux fournit un/des complément(s) aux autres compartiments. L'objectif de l'agroécosystème étant de conserver un équilibre pour une production raisonnée et durable. Les élèves seront répartis en 8 groupes correspondant aux 8 compartiments. Chacun des groupes devra réfléchir sur les apports qu'il produit pour les autres compartiments pour une gestion durable de l'ensemble de l'agroécosystème. Une restitution orale permettra d'exposer les apports de chacun des groupes.

## AMÉNAGEMENT D'UNE MANGROVE DE JAVA (ESTUAIRE DE TJI TARUM) EN DIFFÉRENTS COMPARTIMENTS

D'après Blasco, 1982



**A** Mer de Java, peu profonde, taux de sédimentation élevé, pêche permanente par « bagangs » fixés au large. Ce compartiment reçoit, en plus des alluvions, la matière organique produite par B.

**B** Mangrove en zone intermédiaire. Ce compartiment fixe les rivages limoneux.

**C** Village. Dépendant des autres compartiments.

**D** Voie d'eau principale (eau saumâtre). Déplacements.

**E** Agriculture. Riziculture principalement avec aussi canne à sucre et cocotiers. Les apports de H améliorent le rendement.

**F** Aquaculture. Compartiment bénéficiant de la matière organique produite par G et H, renfermant crevettes et poissons.

**G** Reboisements. Absorption des rejets de C.

**H** Élevage de moutons dans des cages surélevées. Les produits de la mangrove B et G sont utilisés comme fourrage. Les excréments enrichissent les productions de F et E.

D'après Suzanne Amigues, 1991, Margareta Tengberg, 2005, Pierre Schneider, 2011, Marie-Christine Cormier-Salem, 2013

Les plus anciens témoignages de l'exploitation de la mangrove par l'être humain datent du mi-Holocène soit 6500 av. J. -C. durant la période préhistorique du Néolithique. Localisées dans le Golfe Arabo-Persique, à Oman, les mangroves semblent avoir été utilisées par les pêcheurs comme bois de feu (charbon) et comme milieu de pêche (collecte de mollusques dont le buccin de mangrove *Terebralia palustris*, l'huître de palétuvier *Saccostrea cucullata* et pêche de poissons).

Entre 2200 et 1750 av. J. -C. (l'âge du bronze), le bois dense et imputrescible du palétuvier *Rhizophora sp.* était utilisé comme matériau de construction (bois d'œuvre) pour les installations proches de l'eau et pour la fabrication des bateaux.

« Les médecins utilisaient le suc de *Rhizophora* pour préparer une drogue hémostatique\* ».

HISTORIA PLANTARUM, 305 AV. J.-C. - THÉOPHRASTE

\*Hémostatique : qui arrête l'écoulement du sang (l'hémorragie).

« Dans l'île de Tylos qui avoisine l'Arabie, il est, dit-on, un bois utilisé à la construction des bateaux, qui est presque incorruptible en mer : il se conserve plus de deux cents ans au fond de l'eau ; à l'air libre, il est durable mais pourrit plus vite »

HISTORIA PLANTARUM, 305 AV. J.-C. - THÉOPHRASTE

L'olivier éthiopien ou d'Arabie (palétuvier *Avicennia marina*) est connu pour ses propriétés astringentes\*. Il est aussi utilisé pour remédier aux douleurs dentaires et pour ses vertus contre les petits ulcères.

HISTORIA NATURALIS, 24 AV. J.-C. - PLINE L'ANCIEN

\*Astringent : qui facilite la cicatrisation.

Dès la Grèce Antique, le paludisme est associé aux zones humides dont les mangroves (malaria = « mauvais air »).

Au début de notre ère, les tanins de *Rhizophora sp.* étaient utilisés pour la préparation des peaux, les jeunes pousses et les fruits de *Rizophora mucronata* servaient à l'alimentation humaine et les feuilles d'*Avicennia marina* étaient utilisées comme fourrage pour les chèvres et les dromadaires.

L'écorce d'*Avicennia sp.* est utilisée en Arabie pour le tannage du cuir et une gomme aphrodisiaque est obtenue après incision du tronc du palétuvier.

LIVRE DES MÉDICAMENTS ET DES ALIMENTS SIMPLES, 1164 - ABU MUHAMMAD IBN AL-BAITAR

Au début de notre ère, le bois moins dense d'*Avicennia sp.* était surtout utilisé comme charbon de bois. Des cendres d'*Avicennia marina* ont été retrouvées dans des sépultures et dans des sites consacrés à la fabrication de briques.

Les colons portugais décrivent les mangroves d'Afrique utilisées par les populations locales. Les rizières de mangroves sont exploitées pour la production de sel « le sel y est abondant et de couleur rougeâtre ».

DIEGO GOMES, 1483

Le littoral de l'Afrique de l'Ouest concentre une activité importante de pirogues et de gréements utilisés pour le commerce maritime et la guerre. « Ils ont de très grandes pirogues, toutes d'un seul morceau de bois, si grandes que cinquante à soixante hommes peuvent y ramer ».

VALENTIM FERNANDES, 1506

Les mangroves sont utilisées comme des digues et un milieu propice à la culture du riz. « Ils travaillent leurs terres et leurs pêcheries ». La densité de la population est importante au niveau des plages ou des marigots.

ALVARÈS D'ALMADA, 1570

Dès le XVII<sup>e</sup> siècle, l'image d'une mangrove insalubre se renforce du fait de l'inaccessibilité, de « l'empoisonnement de l'air » et du développement de maladies comme la malaria. Cette réputation perdurera jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. « Ces lieux aquatiques rendent le pays impraticable aux Blancs (...) à cause de la malignité des exhalaisons de cette terre, presque toute l'année imbibée d'eau ».

G. LOYER, 1774

De 1870 à 1950, des travaux d'inventaires sont réalisés sur les mangroves afin d'en déterminer les ressources valorisables en Europe : le tanin provenant de l'écorce, le bois, la cire, la gomme et des produits d'intérêts pharmaceutiques (traitement contre la lèpre).

Les mangroves sont reconnues pour leur importance contre l'érosion du littoral et comme zone tampon.

J. MACHAT, 1906 - E. DE MARTONNE, 1909

À partir de 1960 la multiplication des travaux scientifiques sur les mangroves permettent de les considérer comme un véritable écosystème.

En 1971 « la Convention de Ramsar » est adoptée. Elle a pour objectif de protéger les zones humides d'importance internationale.

Durant les années 2000, les mangroves deviennent des espaces naturels à préserver. Les tsunamis meurtriers révèlent toute l'importance des mangroves pour atténuer ces phénomènes. Elles sont reconnues comme réservoir de biodiversité et pour leur rôle social et économique.



# Remerciements

## **Ministère de la Transition Écologique et Solidaire**

## **Ministère de l'Éducation Nationale**

## **Témoignages scientifiques**

**CIRAD**  
Valéry Gond

**FAO**

**FFEM**  
Janique Étienne

**IRD**  
Cyril Marchand  
François Le Loc'h  
Fleur Vallet  
Gilbert David

**IUCN**  
Anne Caillaud  
Clara Singh  
Gaëlle Vandersarren  
Florian Iglésias

**CNRS**  
Emma Michaud  
Gwenaël Abril

**MNHN**  
Tarik Meziane

## **SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT**

### **WALLIS ET FUTUNA**

Atoloto Malau  
Florian Le Bail

**WWF**  
Alice Leroy  
Laura Madrid  
Daniel Vallauri

## **Témoignages professionnels**

**IUCN**  
Florian Iglésias

**CNRS**  
Emma Michaud

## Bibliographie

- Armitage AR, Weaver CA, Kominoski JS, & Pennings SC (2019). Resistance to hurricane effects varies among wetland vegetation types in the marsh-mangrove ecotone. *Estuaries and Coasts*, 1-11
- Amigues S (1991). Le témoignage de l'Antiquité classique sur des espèces en régression. *Revue Forestière Française*, 43, 47-58
- Agnandoul Bassene O, Cubizolle H, Cormier-Salem MC, & Sy BA (2013). L'impact des changements démographiques et socio-économiques sur la perception et la gestion de la mangrove en Basse Casamance (Sénégal). *Géocarrefour*, 88
- Blasco F (1981). Actes Symposium International sur les lagunes côtières. SCOR/IAI30/UNESCO, Bordeaux. *Oceolol. Acta*, 225-230
- Cabo Gonzalez AM, & Lanly C (1997). Ibn al-Baytār et ses apports à la botanique et à la pharmacologie dans le Kitāb al-Gāmī. Cultures et nourritures de l'occident musulman. In: *Médiévales*, 33, 23-39
- Camp EF, Edmondson J, Doheny A, Rumney J, Grima AJ, Huete A, & Suggett DJ (2019). Mangrove lagoons of the Great Barrier Reef support coral populations persisting under extreme environmental conditions. *Marine Ecology Progress Series*, 625, 1-14
- Cotta SR, Cadete LL, van Elsas JD, Andreote FD, & Dias ACF (2019). Exploring bacterial functionality in mangrove sediments and its capability to overcome anthropogenic activity. *Marine pollution bulletin*, 141, 586-594
- Kathiresan K, & Bingham BL (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. pp. 1-145
- Fromard F, Michaud E, & Hoassaert Mckey M (2018). Mangrove, une forêt dans la mer. *Cherche Midi*
- Friess DA, Rogers K, Lovelock CE, Krauss KW, Hamilton SE, Lee SY, Lucas R, Primavera J, Rajkaran A, & Shi S (2019). The State of the World's Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 89-115
- Maldonado-López Y, Vaca-Sánchez MS, Canché-Delgado A, García-Jáin SE, González-Rodríguez A, Cornelissen T, & Cuevas-Reyes P (2019). Leaf herbivory and fluctuating asymmetry as indicators of mangrove stress. *Wetlands Ecology and Management*, 27(4), 571-580
- Primavera JH, Friess DA, Van Lavieren H, & Lee SY (2019). The Mangrove Ecosystem. In *World Seas: an Environmental Evaluation* (pp. 1-34). Academic Press
- Robert EMR, Koedam N, Beeckman H, & Schmitz N (2009). A safe hydraulic architecture as wood anatomical explanation for the difference in distribution of the mangroves *Avicennia* and *Rhizophora*. *Functional Ecology*, 23, 649-657
- Schneider P (2011). La connaissance des mangroves tropicales dans l'Antiquité (compléments). In: *Topoi*, 17/2, 353-402
- Tengberg M (2005). Les forêts de la mer. Exploitation et évolution des mangroves en Arabie orientale du Néolithique à l'époque islamique. Anciennes exploitations des mers et des cours d'eau en Asie du Sud-Ouest. Approches environnementales. In: *Paléorient*, 31 (1), 39-45
- Thollot P, Kulbicki M, & Harmelin-Vivien M (1999). Réseaux trophiques et fonctionnement trophodynamique de l'ichtyofaune des mangroves de Nouvelle-Calédonie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 322(7), 607-619
- You X, Bian C, Zan Q, Xu X, Liu X, Chen J, Wang J, Qiu Y, Li W, Zhang X, Sun Y, Chen S, Hong W, Li Y, Cheng S, Fan G, Shi C, Liang J, Tang YT, Yang C, Ruan Z, Bai J, Peng C, Mu Q, Lu J, Fan M, Yang S, Huang Z, Jiang X, Fang X, Zhang G, Zhang Y, Polgar G, Yu H, Li J, Liu Z, Zhang G, Ravi V, Coon SL, Wang J, Yang H, Venkatesh B, Wang J, & Shi Q (2014). Mudskipper genomes provide insights into the terrestrial adaptation of amphibious fishes. *Nat. Commun.*, 5, 5594



## Crédits photos

### Couverture

©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 2 : ©Alexis Rosenfeld/FFEM

### Partie 1

p. 8 : *Noli altum sapere* ©Centre d'Études Supérieures de la Renaissance Tours  
p. 9 : 1872 dans les Caraïbes-gravure ©Creative Commons Public Domain Mark  
p. 9 : Expédition dans les mangroves ©Creative Commons Public Domain Mark  
p. 9 : Portrait de Nicolas Villault de Bellefond ©Creative Commons Public Domain Mark  
p. 12 : Racines-échasses ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 12 : Racines genouillées de Bruguiera ©Florian Iglésias/UICN  
p. 12 : Racines-câbles ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 12 : Racines contreforts ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 18 : Paysage mangrove ©Alexis Rosenfeld/FFEM

### Partie 2

p. 20 : Paysage mangrove ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 21 : Palétuviers morts ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 22 : Palétuviers ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 24 : Pollution ©Alexis Rosenfeld/FFEM

### Partie 3

p. 26 : Les milieux humides, amortisseurs du changement climatique ©DICOM-DIE3/NF/16026-3 – Février 2019 – Ministère de la Transition Écologique et Solidaire  
p. 28 : 1. Plantation des propagules par le Consortium des jeunes de Mahery ©Tony Rakoto/WWF-Madagascar  
p. 28 : 2. La mobilisation citoyenne pour la restauration des mangroves ©Tony Rakoto/WWF-Madagascar  
p. 29 : 1. Une restauration des mangroves basée sur la résilience naturelle ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 29 : 2. Les mangroves, réservoirs de ressources pour l'homme ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 30 : 1-3. Programme MANG ©Ville de Morne-à-l'Eau  
p. 31 : Partage des connaissances ©Florian Iglésias/UICN  
p. 32 : 1. Système d'Eddy-covariance ©Cyril Marchand/IRD  
p. 32 : 2. Développement contrôlé de *Rhizophora apiculata* ©Cyril Marchand/IRD  
p. 33 : 1. Pose d'un panneau du sentier botanique ©Florian Le Bail/Service Territorial de l'Environnement  
p. 33 : 2. Inauguration du sentier en présence du préfet M. Jean-François Treffel ©Florian Le Bail/Service Territorial de l'Environnement  
p. 34 : Vase nue ©Emma Michaud/CNRS  
p. 34 : Mangrove pionnière ©Emma Michaud/CNRS  
p. 34 : Jeune mangrove ©Gaëlle Fornet/CNRS  
p. 35 : 1. Étude du fonctionnement des mangroves ©Gaëlle Fornet/CNRS  
p. 35 : 2. Étude du fonctionnement des mangroves ©Philippe Cuny/AMU  
p. 35 : 3. Étude du fonctionnement des mangroves ©Gaëlle Fornet/CNRS  
p. 36 : 1. Prélèvements d'échantillons pour le suivi de la qualité des eaux ©ANPN  
p. 36 : 2. Pêches expérimentales dans la mangrove ©ANPN  
p. 36 : 3. Les mangroves du Parc National d'Akanda ©ANPN  
p. 36 : 4. Pollution domestique et service de remédiation des mangroves ©ANPN  
p. 37 : 1-3. Projet Arc d'émeraude ©François Le Loc'h/IRD  
p. 38 : 1. Production végétale de la forêt à palétuviers ©Tarik Meziane/MNHN  
p. 38 : 2. Fixation du carbone bleu ©Tarik Meziane/MNHN  
p. 38 : 3. Diversité animale dans les mangroves ©Gwenaël Abril/CNRS  
p. 38 : 4. Travailler dans la mangrove ©Gwenaël Abril/CNRS  
p. 39 : Mission sur le terrain en Thaïlande ©Valéry Gond  
p. 40 : Mangroves, des zones humides côtières ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 54 : ©Alexis Rosenfeld/FFEM  
p. 59 : Un marigot ©Alexis Rosenfeld/FFEM

**Conception / Rédaction**

**Océanopolis**

Lionel Feuillassier  
Anne Rognant

Océanopolis (2020).  
[ÉCO]systèmes & Co.  
Les mangroves  
pp. 60

**Relecture et corrections scientifiques**

Pascale Joannot  
(COMER - MNHN)

Utilisation possible  
des informations et des photos,  
sous réserve de la mention :  
© Océanopolis

**Océanopolis**

Céline Liret  
Dominique Barthelemy

Utilisation possible  
des illustrations et des schémas  
dans un cadre pédagogique  
(non commercial),  
sous réserve de la mention :  
© Rodhamine / Océanopolis.  
Modification non autorisée

**Académie de Rennes**

David Guillaume  
Christian Goubin

**Conseillères-relais Arts  
et Culture de l'Éducation  
Nationale à Océanopolis**

Laure Stervinou  
Corinne Nicolas-Mussot

**Conception graphique**

Rodhamine

**Impression**

Media Graphic





[ÉCO]systèmes & Co.

## Les mangroves

