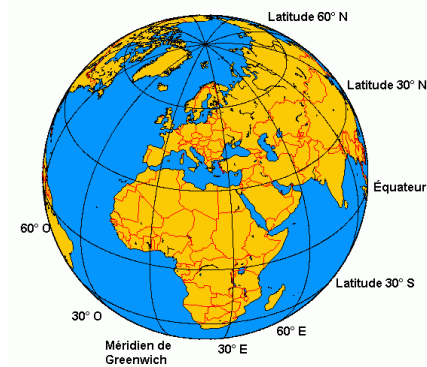


## Les écosystèmes côtiers tropicaux: plages et mangroves

**Marc Girondot**  
**Université Paris-Saclay**

1

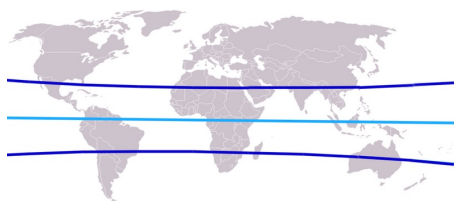
## Longitudes / Latitudes



2

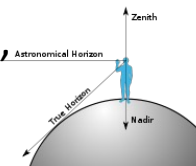
## Les tropiques

- Les tropiques sont deux lignes imaginaires du globe terrestre, parallèles à l'équateur, dont elles sont séparées de part et d'autre de  $23^{\circ} 26'$  de latitude : le tropique du Cancer au Nord, et le tropique du Capricorne au Sud.



3

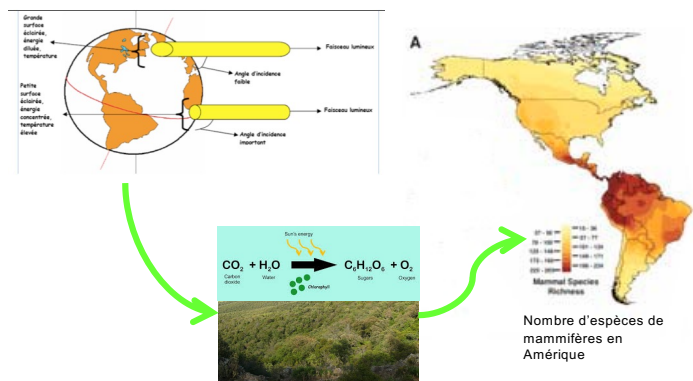
## Pourquoi $23^{\circ} 26'$



- La partie du globe située entre les deux tropiques, comprend tous les points de la Terre où le Soleil apparaît au zénith à midi solaire au moins une ou deux fois dans l'année. Au nord du tropique du Cancer ou au sud du tropique du Capricorne, le soleil n'atteint jamais une élévation de  $90^{\circ}$  et ne se trouve jamais à la verticale du sol.
- Sur les lignes délimitant les tropiques, le Soleil n'atteint le zénith qu'une fois l'an, lors du solstice.

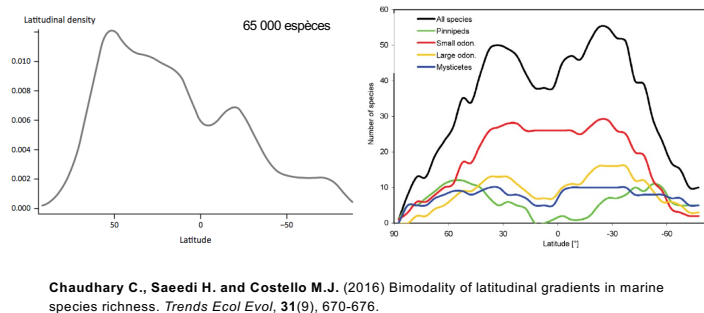
4

## Energie solaire et production primaire



5

## Distribution de la biodiversité en milieu marin



6

## Plages



7

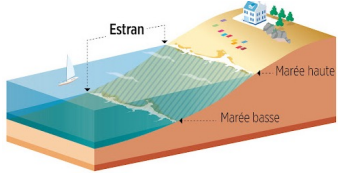
## Plage

- Zone d'interface entre le milieu aquatique et le milieu terrestre
- La géomorphologie définit une plage comme une « accumulation sur le bord de mer, sur la rive d'un cours d'eau ou d'un lac de matériaux d'une taille allant des sables fins aux blocs ».
- La plage ne se limite donc pas aux étendues de sable fin ; on trouve également des plages de galets et, dans les cas des blocs les plus gros, des plages appelées beach-rock.



8

## Estran



- L'estran est aussi appelé batture ou placer en Amérique du Nord. On utilise aussi pour le désigner le terme « zone de marnage » ou l'anglicisme « zone intertidale » (de l'anglais tidal signifiant « relatif à la marée ») ; en termes administratifs et juridiques, on emploie aussi l'expression « zone de balancement des marées ».

9

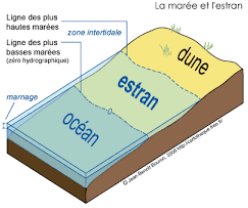
## Orientation des plages




Les plages s'orientent perpendiculairement à la houle dominante.

10

## Sable



- Une dune est un relief ou un modelé composé de sable.
- Le sable, est un matériau granulaire constitué de petites particules provenant de la désagrégation d'autres roches dont la dimension est comprise entre 0,063 mm (si <math>c'est du limon)</math> et 2 mm selon la définition des matériaux granulaires en géologie.



11



## LES HABITANTS DES PLAGES TROPICALES

12

## Ocypodes – crabe fantôme

Complexe d'espèces - *Ocypode quadrata* est fréquente sur les côtes Atlantique, *Ocypode saratan* habite sur les côtes de l'océan Indien et de la mer Rouge, alors que *Ocypode cordimana* habite sur les côtes du nord de l'Australie.

*Ocypode quadrata*



13

## Indicateur de qualité du milieu

### • Ocypodes – crabe fantôme

On peut utiliser la présence du crabe fantôme comme un indicateur de la qualité de la plage:

- Neves FM, Bemvenuti CE. 2006. The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sul coast, Brazil. Biological Conservation 133:431-435.
- Steiner AJ, Leatherman SP. 1981. Recreational impacts on the distribution of ghost crabs *Ocypode quadrata* Fab. Biological Conservation 20:111-122.

Le terrier est très facilement observable et permet d'avoir un indice de la présence de l'espèce dans un milieu. De plus la taille du terrier est proportionnelle à la taille de l'animal donc à son âge. On peut donc constituer un histogramme de la distribution des tailles de terrier qui donne une idée de la distribution des tailles des individus et permet d'avoir accès à la dynamique des populations.



14

## Les habitants des plages day tropicales

Les résultats de cette étude suggèrent que l'activité humaine est défavorable à la présence des crabes fantômes sur les plages étudiées.

Ceci est démontré par la présence de seulement quelques terriers à Tramandaí, qui présente une forte activité anthropique, clairement visible par le compactage des sédiments le long de la bande de plage où les voitures circulent, rendant la distribution de l'espèce impossible.

Wolcott et Wolcott (1984) ont observé que l'habitude de se cacher dans des terriers est un facteur de survie important pour *O. quadrata* sur les plages affectées par les voitures aux Etats-Unis. Sur la plage d'Harmonia, malgré les perturbations, il y a peu de trafic, ce qui semble être l'un des facteurs qui affectent le plus la population d'*O. quadrata*. Les plus fortes densités de terriers de crabes ont été observées sur la plage la moins touchée, Jardim do Eden.

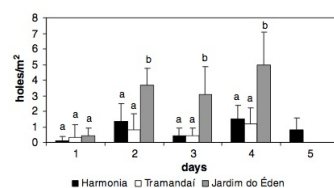


Fig. 5 - Densities of holes of the ghost crab *Ocypode quadrata* at the studied beaches. Densities were compared among all beaches every day. Distinct letters show significant differences among hole densities at each day.

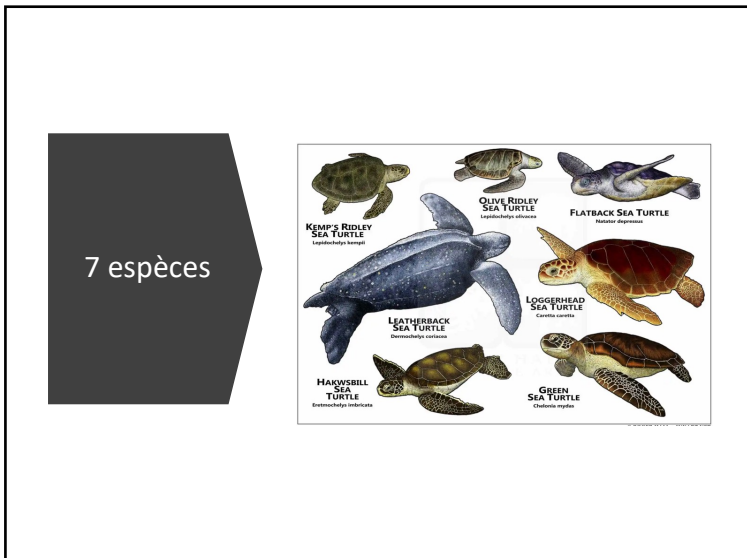
Neves FM, Bemvenuti CE. 2006. The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sul coast, Brazil. Biological Conservation 133:431-435.

15

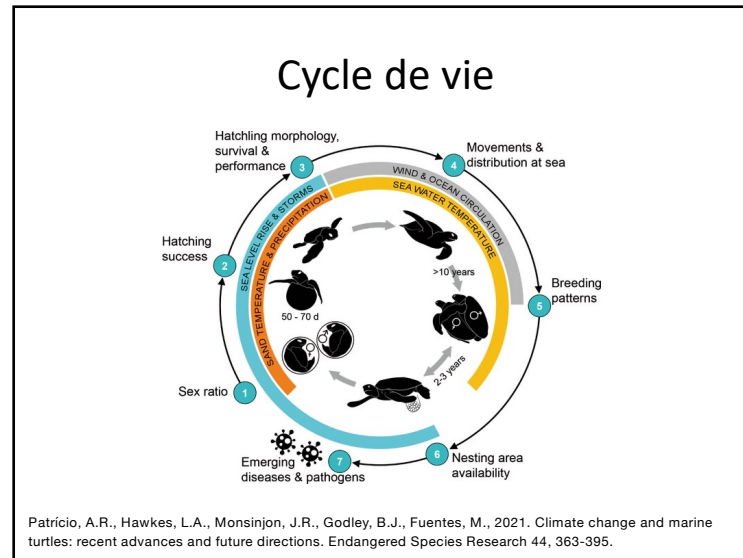
## Tortues marines



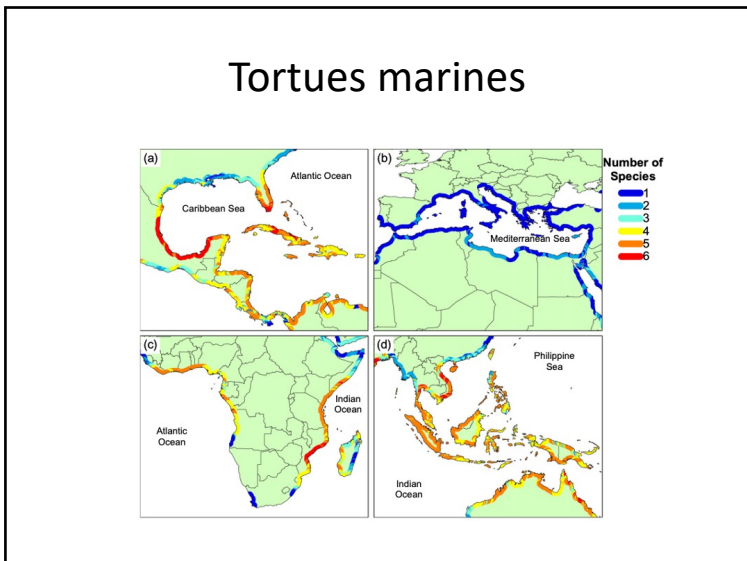
16



17



18



19




20



### Apport à l'écosystème

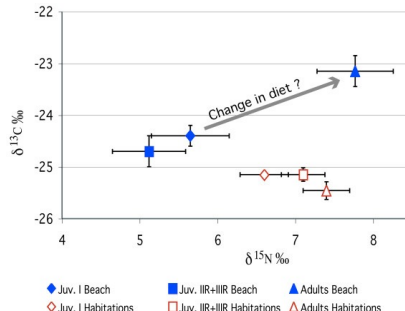
- Environ 1 600 000 œufs sont déposés chaque année dans plus de 20 000 nids de tortues marines sur la plage de Montjoly à Cayenne ou celle de Yalimapo. La réussite d'incubation est faible et donc une importante fraction de matière organique présente dans les œufs reste dans l'écosystème. Ainsi, la masse sèche des œufs reste dans l'écosystème. Ainsi, la masse sèche des œufs est estimée à 20 000 kg et seul 25% de la matière organique retourne à l'océan

21



### Courtilière – *Scapteriscus didactylus*

Maros, A., Louveaux, A., Lelarge, C. & Giron dot, M. (2006)  
Evidence of the exploitation of marine resource by the terrestrial insect *Scapteriscus didactylus* through stable isotopes analyzes of its cuticle. BMC Ecology, 6, 6.




Life Stage	Habitat	Location	δ <sup>15</sup> N ‰	δ <sup>13</sup> C ‰
Juv.	I	Beach	~5.2	~-24.8
Juv.	IIR+IIR	Beach	~5.5	~-24.5
Juv.	I	Habitations	~6.5	~-25.2
Juv.	IIR+IIR	Habitations	~7.0	~-25.1
Adults		Beach	~7.8	~-23.2
Adults		Habitations	~7.5	~-25.5

22


### Autre exemple: le guano

- Guano, provenant du quechua *wanu*, est le nom donné aux excréments des oiseaux marins et des chauves-souris. Il peut être utilisé en tant qu'engrais très efficace, en vertu de sa grande concentration en composés nitrés. Les sols manquant de matières organiques peuvent alors être rendus bien plus productifs.
- Le guano est constitué d'ammoniac ainsi que d'acides uréiques, de phosphore, d'acides oxaliques et carboniques, et de certains sels et impuretés. La concentration en nitrates fit du guano au XIXe siècle une importante ressource stratégique.

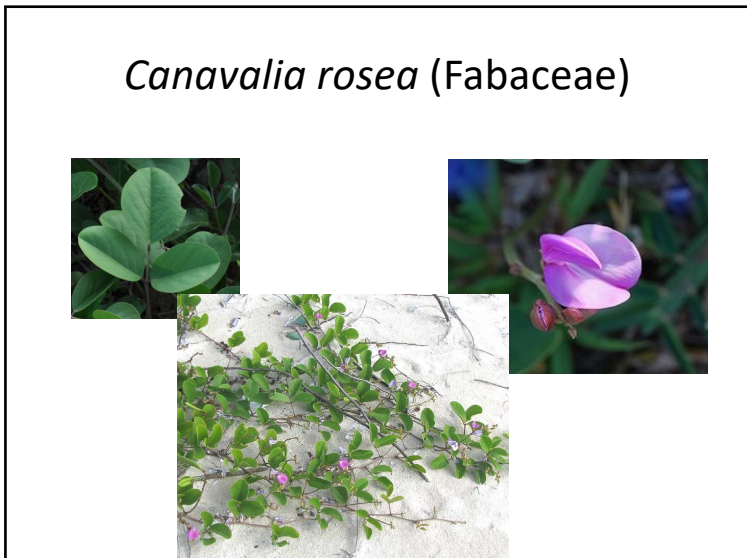


23

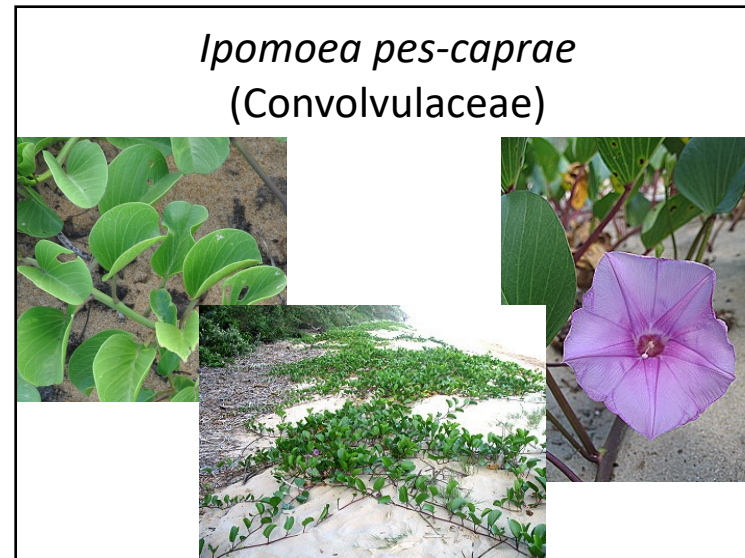
### Végétation



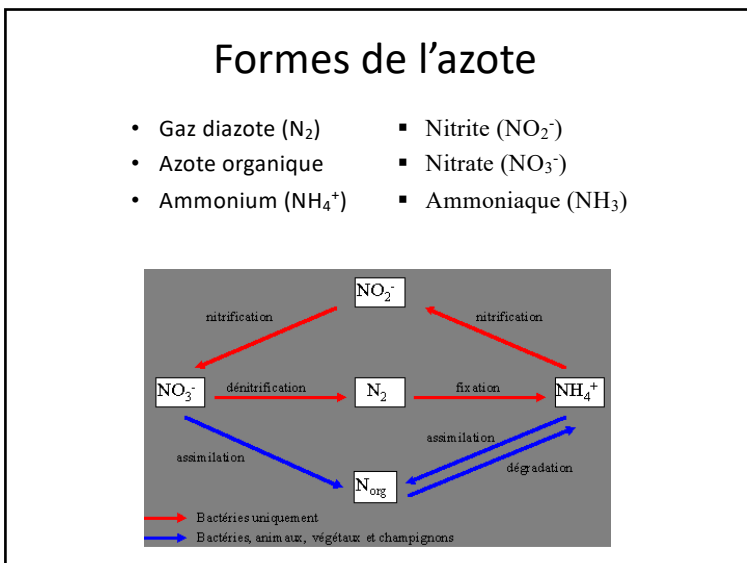
24



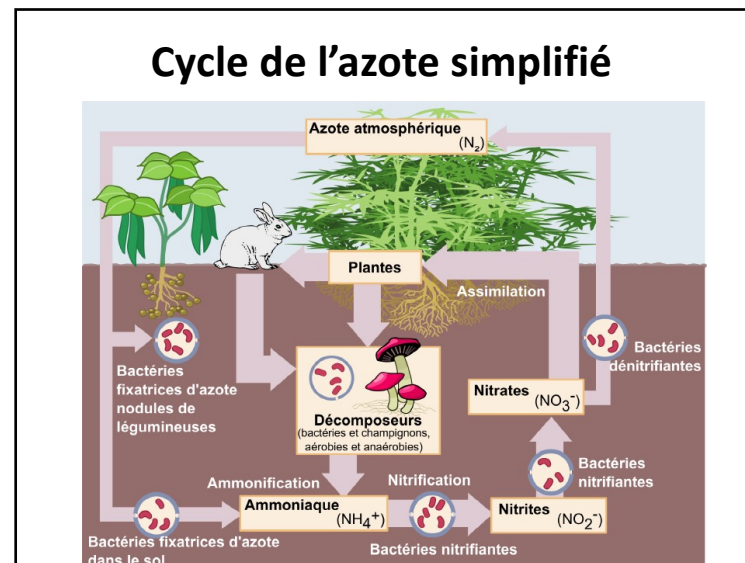
25



26



27



28

## Deux stratégies vis-à-vis de l'azote

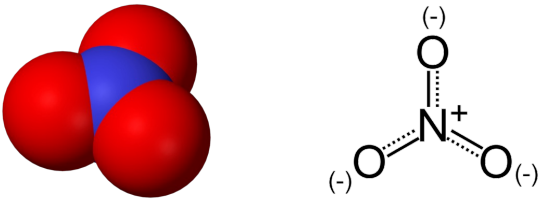


- Fabaceae :
- De petites boursoufflures (nodosités) se forment sur les racines de nombreuses espèces de plantes, notamment les Fabacées, sous l'action de bactéries du genre *Rhizobium* vivant en symbiose avec la plante.
- Dans cette association symbiotique, la plante fournit les substances carbonées et les bactéries les substances azotées synthétisées à partir de l'azote atmosphérique. Cette symbiose permet à la plante de fixer l'azote atmosphérique grâce à l'enzyme nitrogénase synthétisée par la bactérie et dont les plantes eucaryotes sont dépourvues.

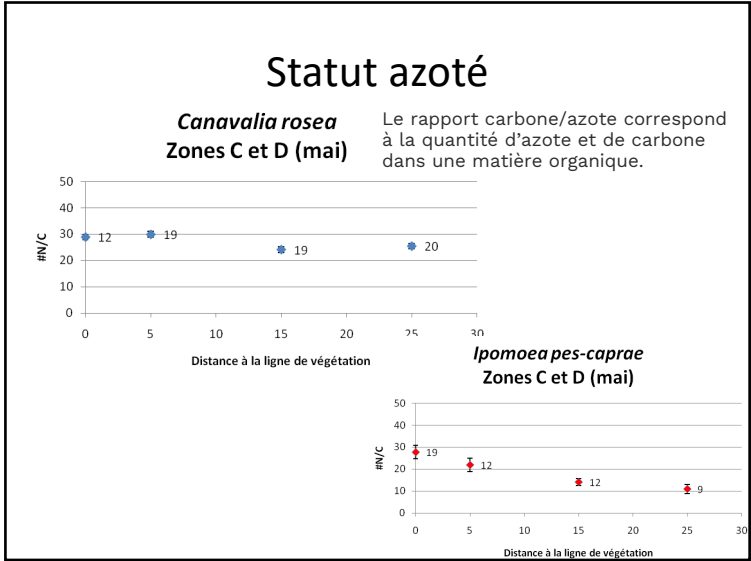
29

## Deux stratégies vis-à-vis de l'azote

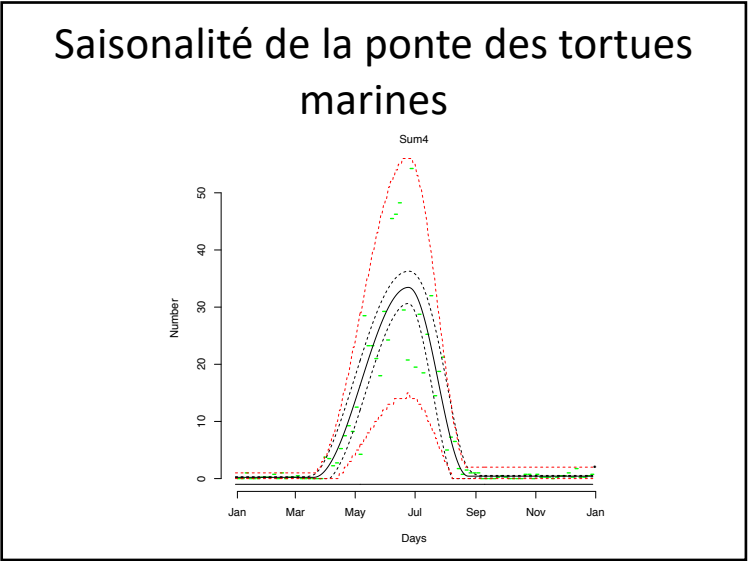
- Convolvulaceae :
- Ces plantes ne peuvent assimiler l'azote que sous la forme nitrate  $\text{NO}_3^-$ .



30



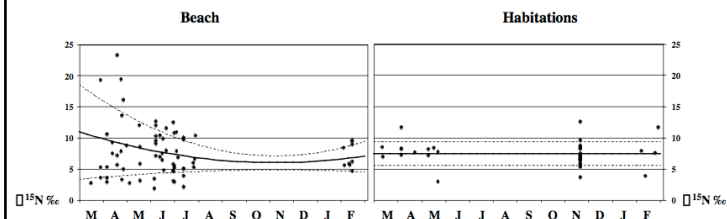
31



32



### Relation avec $\delta^{15}\text{N}$ chez les courtilières



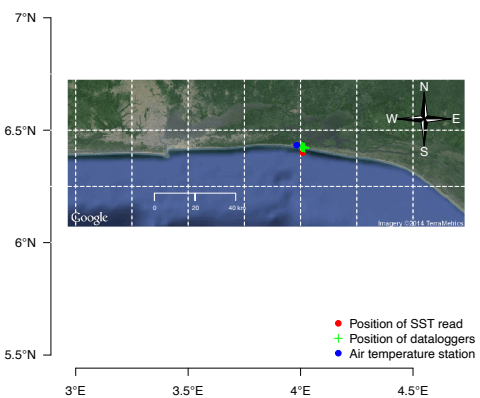
33

Ca chauffe !

### Ecologie thermique d'une plage tropicale

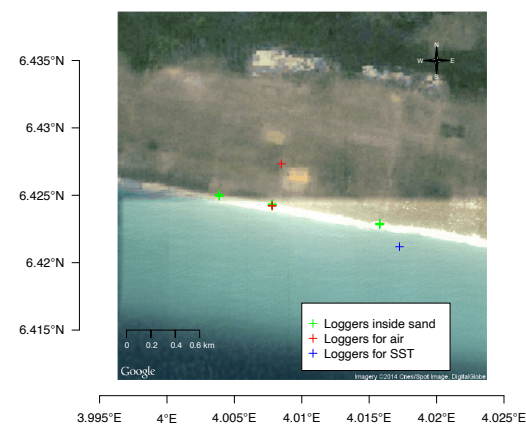
34

### Exemple du Nigéria

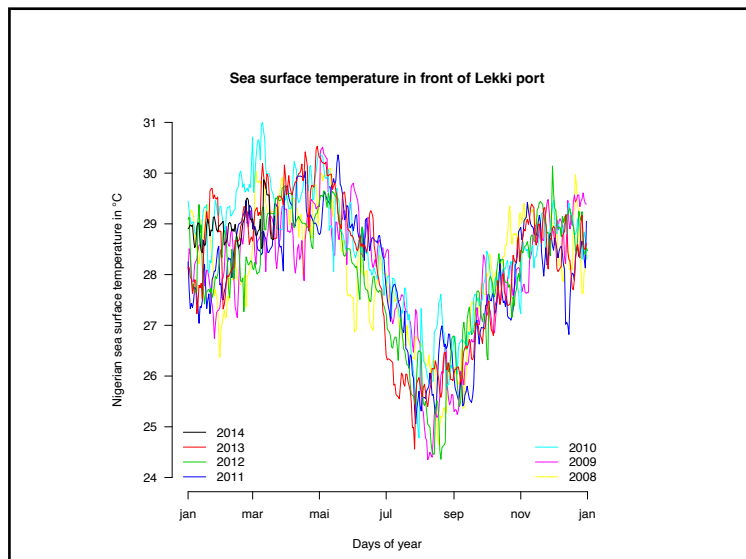


35

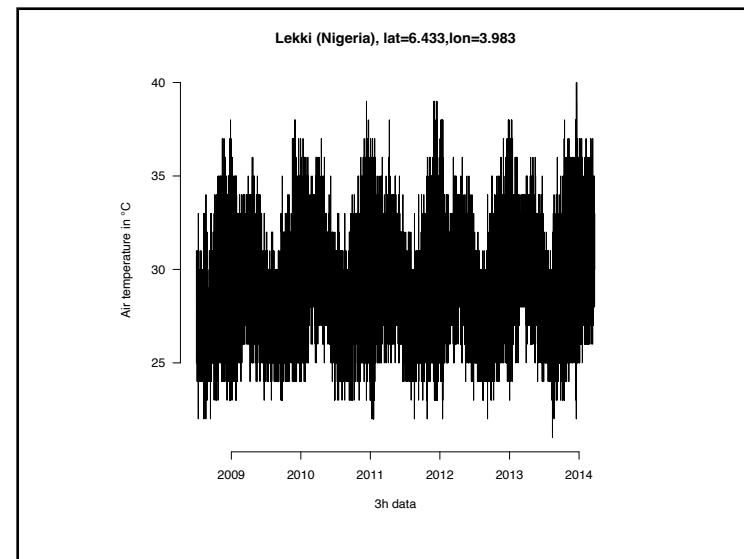
### Dataloggers déployés



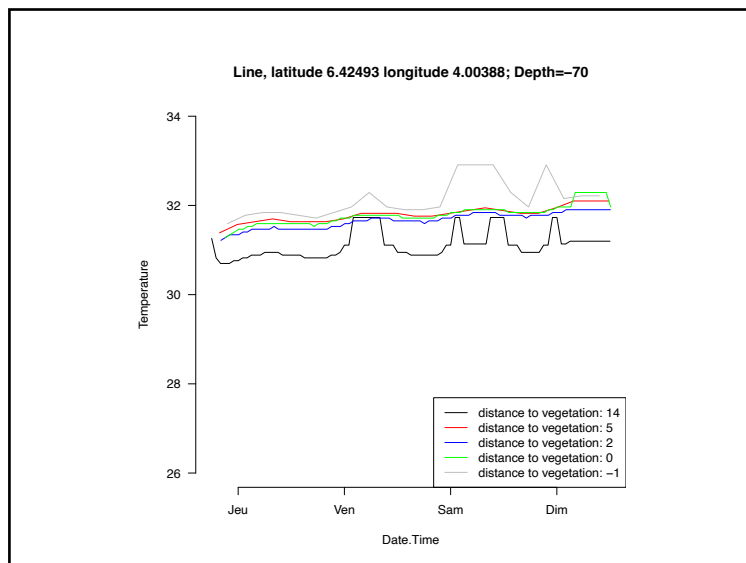
36



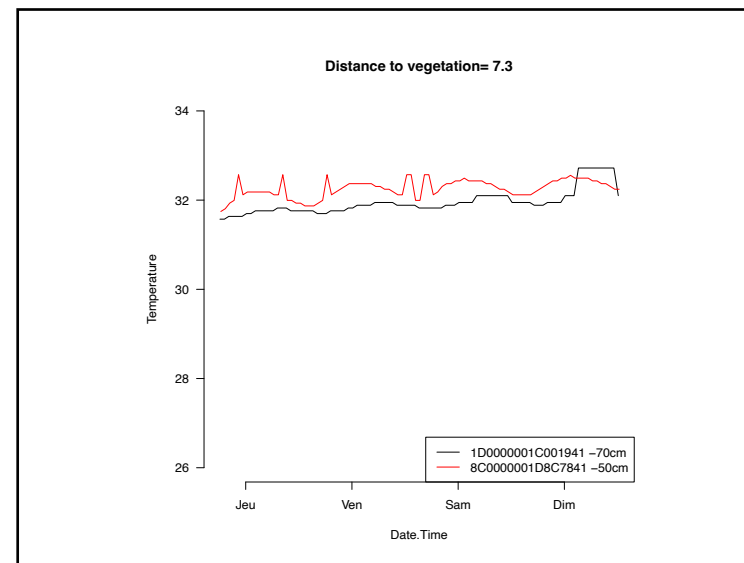
37



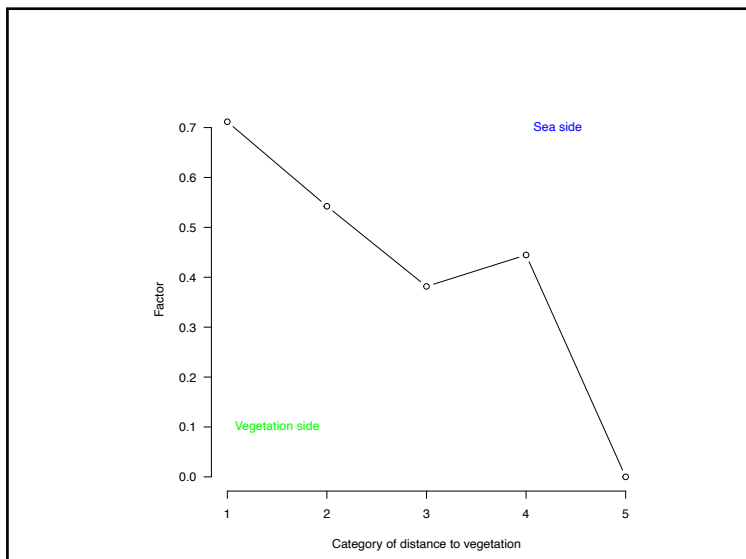
38



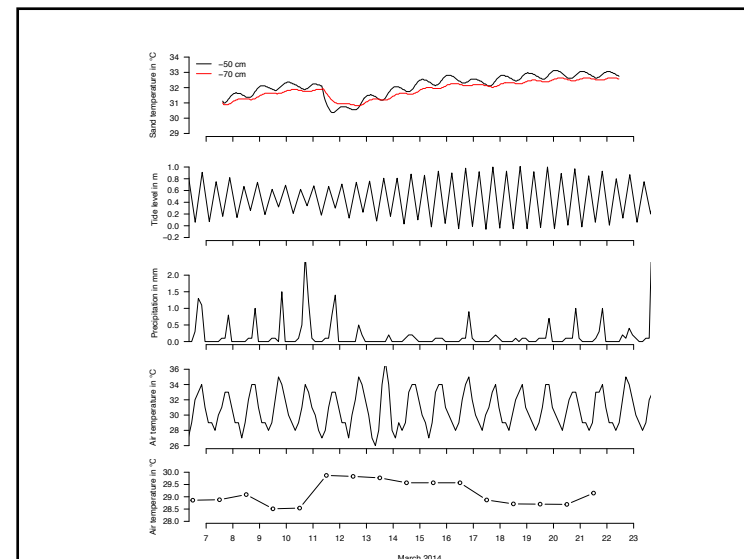
39



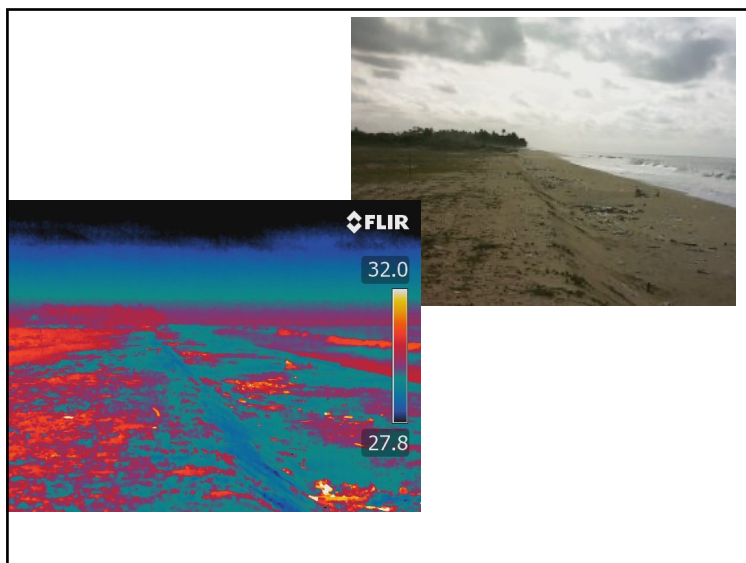
40



41



42



43

## Mangroves - Plan

- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations de palétuviers
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte



44

## Plan



- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations de palétuviers
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte

45

## La mangrove

- Se trouve sur les côtes de toutes les zones tropicales
- Principalement en eau saumâtre
  - Mélange d'eau douce et d'eau de mer
- Couvre environ 22 millions hectares sur les côtes tropicales et subtropicales

46

## Mangal Habitat Types (from inland to oceanfront)

- Riverine
  - Often found in river deltas
  - Constant influx of freshwater
  - Great changes in salinity levels
- Basin Mangroves
  - Inland, behind coastal mangroves
  - Little change in tides, no wave action
  - Often higher salinity than others (evaporation)
- Tide-Dominated
  - Coastal front habitats
  - Frequent sedimentation
  - Unstable morphology due to coastal erosion

47

## Ecosystem Functions & Threats

- Serve as an important buffer between sea and land
  - Lessen impact of intense storms
  - Reduce erosion and increase sedimentation
  - Important coastal pioneer species
  - Act as basis for a complex, biologically diverse, and productive ecosystem
- Increasingly threatened
  - Human development is most intense along coasts

48

## Terminology

- Mangal **Mangrove**
  - Community of organisms in the mangrove habitat
- Mangrove **Palétuviers**
  - Trees that flourish in the mangal
- Pneumatophore
  - Vertical root structures for air exchange
    - Lenticels - tiny pores for air exchange
    - Aerenchyma – tissue for air storage

49

## Characteristics of Mangal

- **Inundation** with tides
- **Increasing salinity** towards ocean
- **Sandy clay soil**
  - Nutrient poor
- **Nitrogen & Phosphorus are limiting**
  - Limiting mangrove growth only
- **Organic nutrients deposited via siltation**
  - Fresh water streams & down-shore currents
  - Most/all are of terrestrial origin
- In sum: **Mangal is a harsh place to live**

50

## Plan



- Définition de l'écosystème
- **Répartition mondiale**
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations de palétuviers
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte

51

## Mangrove Location




- Found in **tropical areas**
- Within the **20° C isocline**



52

## Superficies

Continent	Pays	Surface (en hectare)	Nombre de réserves associées
Asie	Indonésie	4 251 011	152
Asie	Malaisie	630 000	99
Asie	Myanmar	517 000	6
Asie	Bangladesh	410 000	5
Asie	Inde	356 000	plus de 30
Asie	Philippines	400 000	59
Asie	Viet Nam	370 000	2
Amériques	Mexique	1 420 200	plus de 20
Amériques	Venezuela	673 569	plus de 20
Amériques	Cuba	626 000	plus de 20
Amériques	Colombie	501 300	plus de 12
Amériques	Panama	297 532	23
Amériques	États-Unis	280 594	plus de 50
Océanie	Australie	1 161 700	218
Afrique	Nigéria	3 238 000	1
Afrique	Madagascar	325 560	4
Afrique	Cameroun	306 000	1



53

## Plan



- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- **Origine**
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations de palétuviers
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte

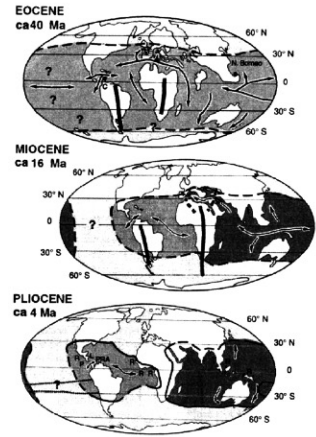
54

## Origine des mangroves

Les premières traces fossiles de mangroves ont été retrouvées dans des roches datant du début du Mésozoïque (environ 240 millions d'années).

Les mangroves "modernes", tels qu'on les connaît actuellement, se seraient développées à partir du début de l'Eocène (à partir de 53 millions d'années), et depuis, leurs besoins écologiques auraient peu évolué.

Plaziat, J.-C., Cavagnetto, C., Koeniguer, J.-C. & Baltzer, F. (2001) History and biogeography of the mangrove ecosystem, based on a critical reassessment of the paleontological record. *Wetlands Ecology and Management*, 9, 161-180.




55

## Biodiversité

On peut distinguer au niveau mondial deux aires de répartition aux compositions floristiques différentes. L'aire orientale s'étend de l'Afrique orientale au Pacifique Ouest en passant par l'Inde, l'Asie du Sud Est, et l'Australie. Les littoraux de Malaisie, d'Indonésie et de Nouvelle-Guinée possèdent le plus grand nombre d'espèces, près de 60. L'aire occidentale s'étend de la côte occidentale de l'Afrique à la côte orientale du continent américain en passant par les Caraïbes. Cette aire ne comprend que 8 espèces majeures

La différence de richesse taxonomique entre les deux zones est à l'origine de l'hypothèse suggérant que les premières mangroves se soient développées dans l'aire orientale puis se seraient propagées à travers le monde.



56

## Plan

- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations de palétuviers
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte



57

## Mangroves

- Not a natural taxonomic group
  - Convergence among several groups
    - Possibly 16 convergent events
  - Based on physiological attributes
  - 54 species total world-wide
    - 16 Families
      - Principally: Avicenniaceae & Rhizophoraceae
      - These two families include 25 spp.
    - 20 Genera

58



59



60

## Les palétuviers

- Quatre espèces de palétuviers sont presque toujours présentes dans une mangrove :
- *Rhizophora mangle* (palétuvier rouge) est le moins résistant à la salinité ; il se développe en bord de mer.
- *Avicennia germinans* (palétuvier noir) se développe juste en arrière, suivi des palétuviers blancs.
- *Laguncularia racemosa* (palétuvier blanc).
- *Conocarpus erectus* (palétuvier gris) ne sont pas adaptés à l'immersion, mais supportent une salinité très élevée.

61

## *Rhizophora mangle*



Red mangrove

62

*Rhizophora mangle*

63

## *Avicennia germinans*

Black mangrove  
OBL

64

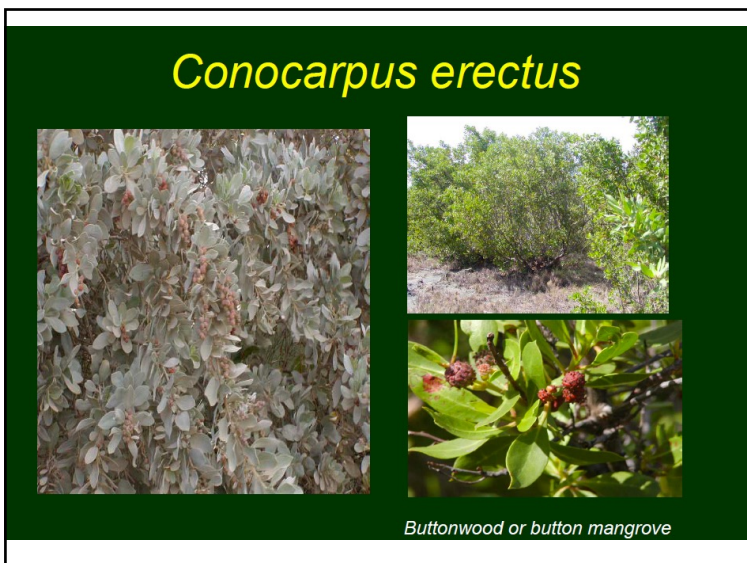




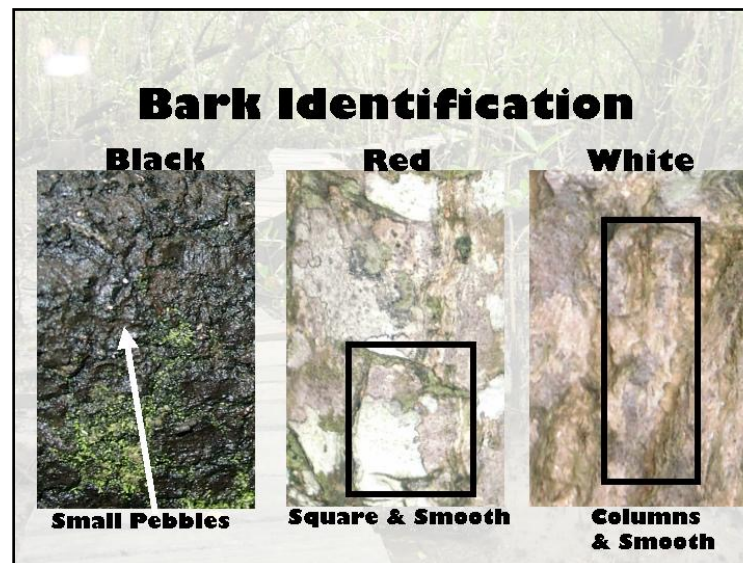
65



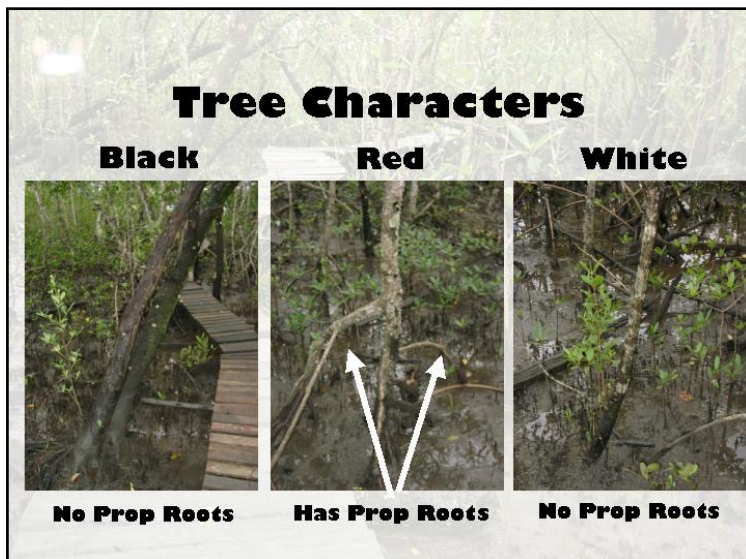
66



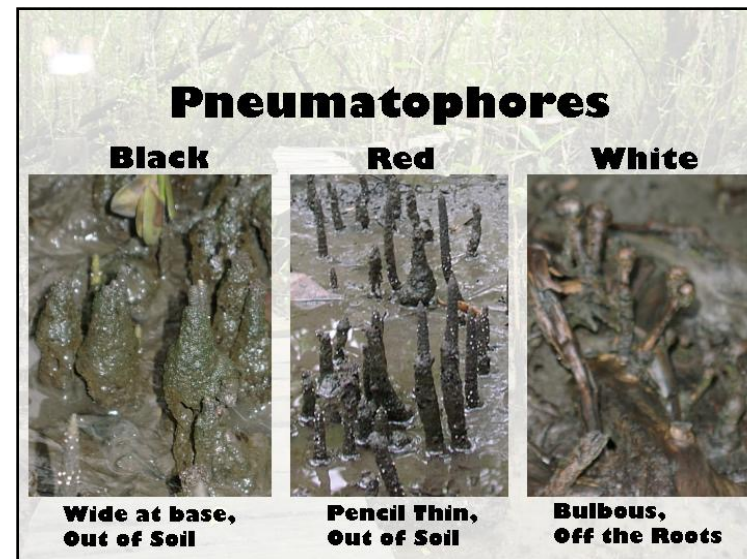
67



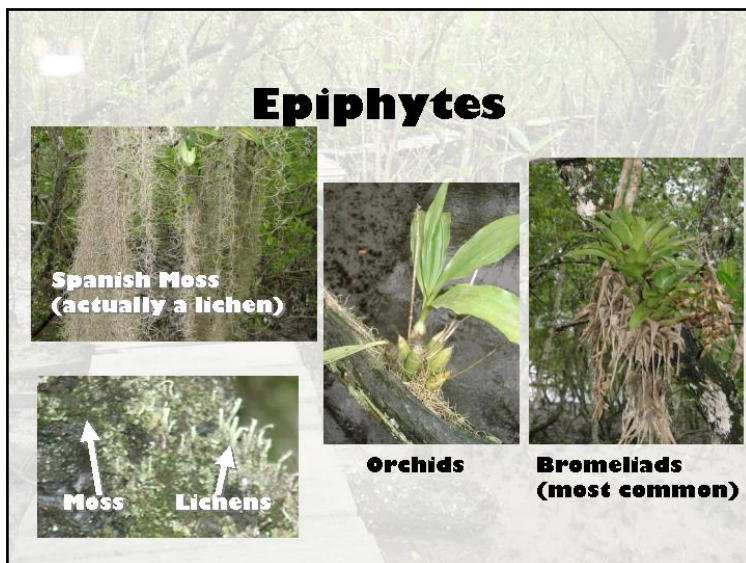
68



69



70



71

### Plan



- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- **Adaptations des palétuviers**
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte

72

## Mangrove Adaptations

- **Salt tolerance**

- Les palétuviers rouges s'isolent du sel en ayant des racines imperméables qui se tubérisent fortement, agissant ainsi comme un mécanisme d'ultra-filtration pour filtrer le sel du milieu.
- Pour le palétuvier noir, l'eau du milieu contient jusqu'à 90%, et dans certains cas jusqu'à 97% de sel. Tout le sel qui rentre dans la plante s'accumule dans les pousses et est concentré dans de vieilles feuilles qui servent alors de hangar, stockage éloigné dans les vacuoles des cellules végétales.

73

## Mangrove Adaptations

- **Salt tolerance**

- Les palétuviers blancs (ou gris) peuvent sécréter le sel par l'intermédiaire de glandes à sel à la base des feuilles (ce qui leur a donné leur nom puisqu'elles sont couvertes de cristaux blancs de sel).

74

## Mangrove Adaptations

- **Tolerant of soils low in oxygen**

- Le sol de la mangrove est constitué de vase littorale, un milieu souvent fortement anaérobie (sans oxygène), sauf quand il s'agit de sable. La respiration des arbres est donc assurée grâce à des organes complexes développés dans les racines.
- Par exemple, les palétuviers rouges, qui peuvent vivre dans les secteurs les plus inondés, poussent vers le haut au-dessus du niveau d'eau avec des racines échasses. Ils peuvent récupérer l'air par des fentes dans leur écorce appelées lenticelles.

75

## Physiological adaptations



*Rhizophora*  
Lenticels

12

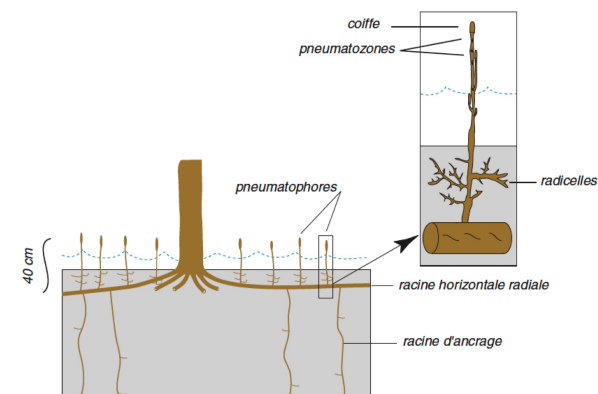
76

## Mangrove Adaptations

- **Tolerant of soils low in oxygen**
  - Les palétuviers noirs vivent sur des terrains plus élevés et produisent beaucoup de pneumatophores (des racines spécialisées qui poussent hors du sol vers le haut comme des pailles pour la respiration) qui sont couvertes de lenticelles. Ces "tubes pour respirer" atteignent des tailles de 30 centimètres, bien que quelques espèces en aient qui atteignent plus de 3 mètres de haut. Il y a quatre types de pneumatophore : échasse, droit, en arceau et en ruban.

77

*Avicennia germinans* (palétuvier noir)



78

## Mangrove Consequences of Adaptations

- **Greater root mass**
  - Relative to rest of plant & relative to non-mangrove species
  - For water exchange & air exchange
- **Lower growth rates**
  - Consequence of salt & air exchange
- **Tradeoff between salt tolerance & frequent inundation**
  - Can adapt for one or other
  - Not both

79

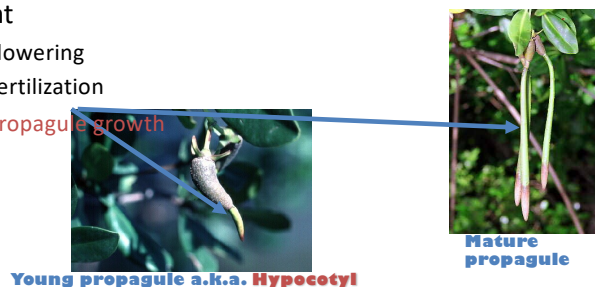
## Mangrove Pollination

- Pollination method varies by species
  - Wind (*Rhizophora*)
  - bat or hawk moth (*Sonneratia*)
  - birds and butterflies (*Bruguiera*)
  - bees (*Acanthus*, *Aegiceras*, *Avicennia*, *Excoecaria*, *Xylocarpus*)
  - fruit flies (*Nypa*)
  - other small insects (*Ceriops*, *Kandelia*)

80

## Mangrove Reproduction

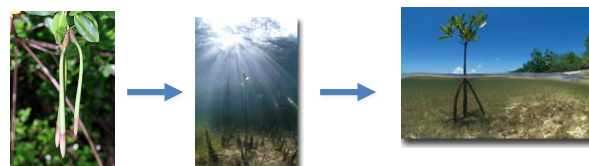
- **Vivipary** normal
  - Reproduction and growth while still attached to plant
  - Flowering
  - Fertilization
  - **Propagule growth**



81

## Mangrove Dispersal

- Maturity -> Drop off maternal plant
- Float horizontally initially
  - Dispersal to novel environments ideally
- Float vertically with appropriate environmental conditions
- Rooting and growth



82

## Intraspecific Differences in Environmental Tolerances

- **Salinity variations** and adaptations for excreting salt
  - Varies within and between species
  - Through growth stages
- **Tidal Inundation** and adaptations for gas exchange
  - Pneumatophores and other aerial root extensions
- **Low soil stability, Shore morphology,** and adaptations for rooting
  - Prop Roots
- **Sedimentation rates** and types

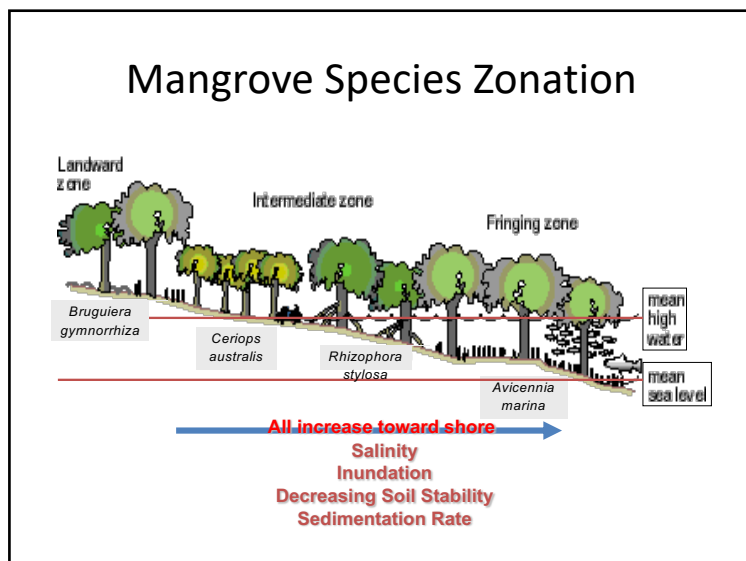
83

## Plan

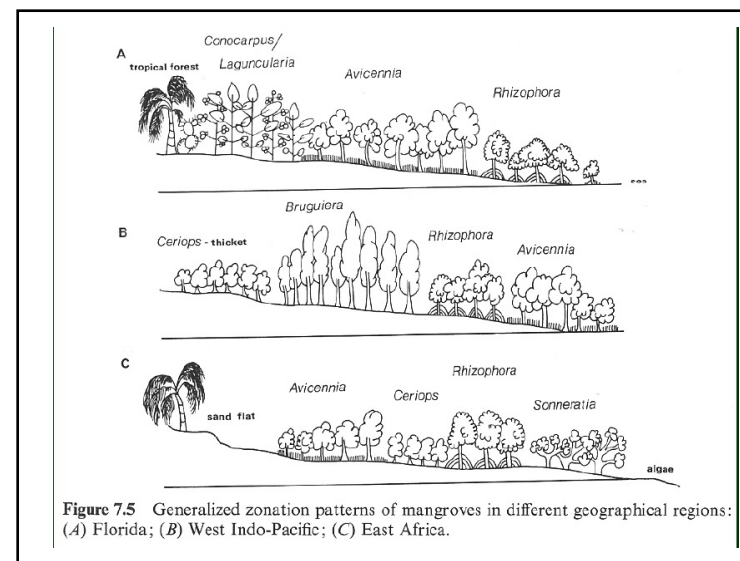
- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations des palétuviers
- **Zonations et succession**
- Utilisation directe et indirecte



84



85



86

### Plan



- Définition de l'écosystème
- Répartition mondiale
- Origine
- Les espèces de la mangrove
- Adaptations des palétuviers
- Zonations et succession
- Utilisation directe et indirecte

87


### The Blue Revolution

- Over ½ world population is in coastal areas
- Today our oceans are beleaguered by overfishing, pollution and mass destruction of coastal resources via unsustainable forms of modern development.
- Proposed solution: Aquaculture – to turn the tide on food production from the seas and waterways.
- Aquaculture – establishment of man-made enclosures to raise aquatic life forms.

88

### Importance of Mangroves

- Mangrove swamps function as nurseries for shrimp and recreational fisheries, exporters of organic matter to adjacent coastal food chains, and enormous sources of valuable nutrients.




- Commercial fisheries also depend on mangroves for the perpetuation of important species such as lobster, shrimp, and snapper.
- Mangrove detritus (dead leaves and twigs) in water grows microorganisms that provide food for young marine animals.

89

### Coastline Protection

- Mangroves protect the coastline by acting as wave breaks.



- The physical stability of mangroves helps to prevent shoreline erosion, shielding inland areas from severe damage during hurricanes and tidal waves.
- Mangroves can be damaged by storms or freezes but usually recover.

90



### Pollution Mitigation



- As a natural member of estuary systems, mangroves mitigate the environmentally adverse and destructive effects of development and consequential pollution, while contributing to coastline protection and a healthy marine environment.

91

### Pollution Mitigation

- Mangroves contribute to improved water quality by filtering and assimilating pollutants, stabilizing bottom sediments, and protecting shorelines from erosion.

92

## Loss of Mangroves

- Coastal forested areas are shrinking
  - Building of infrastructure
  - Resorts
  - **Aquaculture**
- Case Studies: India, Honduras, Vietnam, Thailand, Ecuador, Columbia, Taiwan, China, Netherlands.



93

## Shrimp Aquaculture/ Mangrove Management



94

## Loss of Mangroves



- Mangrove forests cleared to make way for shrimp ponds.
- Shrimp farms replace a diverse, multiple resource environment with monoculture.
- Hundreds of thousands of hectares of mangrove forests lost to shrimp farming.
- Salinization and pollution of both land and waterways ruins both fisheries and crop production.

95

## Mangrove Losses from Shrimp Farms

- Mangrove deforestation is contributing to fisheries decline
- Degradation of clean water supplies,
- Salinization of coastal soils
- Erosion
- Land subsidence
- Acid Sulfate soils; pH<4.2
- Release of CO<sub>2</sub> into atmosphere
- Mangrove forests fix more CO<sub>2</sub> than phytoplankton in the oceans




96




### Other Factors Contributing to Mangrove Loss

- Charcoal and Timber industry
  - Urban growth pressures
  - Pollution problems
- Tourism and mega-resorts



97

### Degradation and Loss




- Uncontrolled expansion of the shrimp industry led to:
  - immense environmental and social problems
  - Degradation and loss of natural coastal resources
  - Unsolved pollution problems
  - Despoiling local estuaries and inshore coastal bays
  - Fish breeding and nursery habitats lost to shrimp farms

98

### Causes of Disuse and Abandonment of Shrimp Ponds

- Shrimp aquaculture requires clean water, yet for higher production, over feeding, antibiotics, pesticides, chemicals foul the water.
- Buildup on pond floor unused feed, feces lead to shrimp diseases and toxification of pond waters.
- Danger of genetic contamination and lowering biodiversity, especially when farm raised shrimp are released into the wild.






99

### Solutions

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Ecological Solutions</u></b></li> <li>• Lower intensity and pond density</li> <li>• Create large buffer zones</li> <li>• Integrated systems for effluent treatment and resource management</li> <li>• Keep farming within carrying capacity of the local environment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Technological Approach</u></b></li> <li>• Isolate farm from the environment</li> <li>• Treat and re-circulate pond water</li> <li>• Sterilize pond environment</li> <li>• Use of antibiotics and medicines</li> <li>• Genetic selection for disease resistance</li> </ul>
--	--

100

5 000 000 de palétuviers : déjà un succès !



101



Tri des propagules devant le camion de l'Océanium



102



Marche dans les champs avec les semences



103



Plantation de palétuviers ...



104