5 La biodiversité en Côte d'Ivoire : Etat des lieux et facteurs de menace

Biodiversity of Côte d'Ivoire: Current state and threats

L'une des caractéristiques les plus fascinantes de la nature est la diversité des êtres vivants dont elle regorge. La biodiversité est définit simplement comme la diversité de toutes les formes du vivant, incluant la diversité génétique, spécifique et écosystémique. Elle constitue la toile de la vie terrestre et aquatique dont nous sommes partie intégrante et dont nous dépendons totalement pour notre bien être et notre survie. Elle atteint son maximum dans les régions tropicales dont les forêts abritent plus de 50 % de la diversité biologique mondiale.

En Côte d'Ivoire, la conservation de la biodiversité est une question majeure au regard de son importance et des menaces fréquentes qui pèsent sur elle. En effet, de par la diversité et la particularité de sa flore et de sa faune, la Côte d'Ivoire fait partie des zones prioritaires de conservation (*hot spot* de biodiversité) en Afrique de l'Ouest. Cependant cette diversité biologique est fortement menacée par de nombreux facteurs dont les plus importants sont la déforestation, l'agriculture non durable, le braconnage, la pollution et les changements climatiques. Ces menaces qui affectent considérablement aussi bien les écosystèmes que les organismes vivants qu'ils abritent, ont un effet déterminant sur l'économie et la qualité de la vie humaine. Ce chapitre a pour objectif de faire un état des lieux de la biodiversité en Côte d'Ivoire et d'identifier les facteurs pouvant menacer sa conservation. Il comprend trois parties qui s'articulent autour des composantes essentielles de la biodiversité. Ainsi, la première partie est consacrée à la flore c'est-à-dire aux plantes vasculaires, aux cyanobactéries et aux algues d'eaux douces. La deuxième partie présente une description des deux principaux groupes de champignons rencontrés en Côte d'Ivoire : les champignons macroscopiques et les champignons microscopiques. Cette partie s'achève par un encadré sur l'importance socio-économique des champignons du genre *Termitomyces*. La troisième partie de ce chapitre est consacrée à la faune qui est présentée en deux grands groupes : les vertébrés et les invertébrés. Les vertébrés décrits sont les grands mammifères, les primates, les chimpanzés, les chauves-souris, les rongeurs et insectivores, les oiseaux, les amphibiens et les poissons. Les exemples d'invertébrés présentés ici, sont les scorpions, les fourmis, les termites, les hétéroptères, les coléoptères, les mille-pattes et les vers de terre.

One of nature's most fascinating characteristics is the diversity of living beings with which it abounds. Biodiversity is defined as the diversity of all forms of life and includes genetic, specific and ecosystemary diversity. Biodiversity constitutes the web of terrestrial and aquatic life, of which we are an integral part – and on which we utterly depend for our well-being and our survival. Biodiversity peaks in tropical regions where forests hold more than 50 % of the world's biological diversity.

Biodiversity conservation is a major concern in Côte d'Ivoire given its importance and the threats to it. Indeed, due to the diversity and distinctive nature of its flora and fauna, Côte d'Ivoire is one of West Africa's priority conservation zones, a biodiversity hot spot. Nonetheless, this biological diversity is seriously threatened by numerous factors, the most significant of which are: deforestation, unsustainable agriculture, poaching, pollution and climate change. These threats, which endanger both the ecosystems themselves and the living organisms they host, have a determining effect on the economy and the quality of human life. This chapter aims to establish the status of biodiversity in Côte d'Ivoire and identify the factors that could threaten its conservation. It contains three parts, all of which are hinged on the essential components of this biodiversity. The first part is dedicated to the flora: vascular plants, cyanobacteria and freshwater algae. The second part presents a description of the two main groups of mushrooms found in Côte d'Ivoire: macroscopic mushrooms and microscopic mushrooms. This part ends with an article on the socio-economic importance of mushrooms of the genus *Termitomyces*. The third part of this chapter is dedicated to faunistic aspects, which are presented by two large groups: vertebrates and invertebrates. The vertebrates described are large mammals, primates, chimpanzees, bats, rodents and insectivores, birds, amphibians and fishes. The examples of invertebrates presented here are scorpions, ants, termites, heteroptera, coleoptera, centipedes and earthworms.

Fig. 5.0: *Leptopelis macrotis* JDO

LA FLORE

5.1 *Les plantes vasculaires*

F. N'Guessan KOUAME
Annick KOULIBALY
Stefan POREMBSKI
Dossahoua TRAORE
Laurent AKE ASSI

FLORE

La plus récente estimation de la richesse **floristique**↗ de la Côte d'Ivoire se chiffre à 3 853 taxons de **plantes vasculaires**↗ de rangs spécifiques et infraspécifiques [1, 2] dont 3 460 espèces, soit plus de 90 %, sont de la zone de forêt dense humide ivoirienne. Cette flore comprend 1 270 genres et 197 familles. Elle est dominée par les **angiospermes**↗, avec 3 709 taxons spécifiques et infraspécifiques, représentant 96,3 % de l'ensemble des taxons et appartenant à 1 210 genres et 170 familles. Les **dicotylédones**↗ sont les plus importantes avec, respectivement, 2 722 taxons spécifiques et infraspécifiques, 957 genres et 140 familles. Les **ptéridophytes**↗, avec 144 espèces, 60 genres et 25 familles, ne représentent que 4 % de cette flore.

Les 20 premières familles les plus riches, en taxons spécifiques et infraspécifiques, au premier rang desquelles se trouve la famille des Leguminosae, comprennent chacune entre 39 et 401 taxons (Fig. 5.1). Elles regroupent, ensemble, 2 487 taxons dont 1 714, soit 69 %, appartiennent aux angiospermes dicotylédones représentées par 16 familles et 773 taxons, soit 31 %, appartiennent aux angiospermes **monocotylédones**↗, avec les familles des Orchidaceae, des Poaceae, des Cyperaceae et des Commelinaceae (Fig. 5.1). Les plus grandes familles ptéridophytes sont Pteridaceae ou Adiantaceae (20 taxons), Dryopteridaceae ou Woodsiaceae (18 taxons), Aspleniaceae (17 taxons), Lomariopsidaceae (12 taxons) et Selaginellaceae (12 taxons).
Les 23 plus grands genres renferment, entre 18 et 51 taxons chacun (Fig. 5.1) et regroupent, ensemble, 650 taxons angiospermes composés à 63,7 % de dicotylédones et à 36,3 % de monocotylédones. Les plus grands genres de ptéridophytes sont *Asplenium* (17 taxons) et *Selaginella* (12 taxons) appartenant à deux familles (Aspleniaceae, Selaginellaceae) monogénériques en Côte d'Ivoire.

FLORA

Vascular plants

FLORA

The most recent estimation of Côte d'Ivoire's floristic richness is set at 3 853 taxa of **vascular plants**↗ at specific and infraspecific levels [1, 2], 3 460 species of which, or more than 90 %, are from the dense Ivorian rain forest zone. This **flora**↗ comprises 1 270 genera and 197 families. It is dominated by **angiosperms**↗, with 3 709 specific and infraspecific taxa, representing 96.3 % of all the taxa and belonging to 1 210 genera and 170 families. The **dicotyledons**↗ are the most important group with, respectively, 2 722 specific and infraspecific taxa, 957 genera and 140 families. The **Pteridophyta**↗, with 144 species, 60 genera and 25 families, represent only 4 % of this flora.

The first 20 families richest in specific and infraspecific taxa, headed by the family of Leguminosae, include between 39 and 401 taxa each (Fig. 5.1). They group 2 487 taxa, 1 714 of which, or 69 %, belong to the dicotyledonous angiosperms represented by 16 families and 773 taxa, or 31 %, belonging to the **monocotyledonous**↗ angiosperms, with the Orchidaceae, Poaceae, Cyperaceae and Commelinaceae families (Fig. 5.1). The largest Pteridophyta families are the Pteridaceae or Adiantaceae (20 taxa), Dryopteridaceae or Woodsiaceae (18 taxa), Aspleniaceae (17 taxa), Lomariopsidaceae (12 taxa) and Selaginellaceae (12 taxa).
The 23 largest genera hold between 18 and 51 taxa each (Fig. 5.1) and together group 650 angiosperm taxa composed of 63.7 % dicotyledons and 36.3 % monocotyledons. The largest genera of pteridophytes are *Asplenium* (17 taxa) and *Selaginella* (12 taxa) belonging to two monogeneric families (Aspleniaceae, Selaginellaceae) in Côte d'Ivoire.

LIFE FORMS

In the forest zone, **microphanerophytes**↗ and **nanophanerophytes**↗ are the most abundant and constitute more than

TYPES BIOLOGIQUES

Dans la zone forestière, les **microphanérophytes**↗ et les **nanophanérophytes**↗ sont les plus abondants et constituent plus de 50 % de la flore. Les **phanérophytes**↗ représentent, ensemble, 67 % de la flore et 85,9 % des angiospermes dicotylédones. Ils sont moins représentatifs chez les ptéridophytes et les angiospermes monocotylédones, avec respectivement 6,8 % et 16,8 % de taxons. Les ptéridophytes sont dominés à 64,4 % par les **hémicryptophytes**↗. Les angiospermes monocotylédones répartissent plus de 50 % de leurs taxons entre les hémicryptophytes et les **chaméphytes**↗, avec une représentation d'environ 10 % pour, respectivement, les **géophytes**↗, les nanophanérophytes et les **thérophytes**↗.

TYPES MORPHOLOGIQUES

Dans la zone forestière, les arbustes et les **herbacées**↗ sont les plus abondants, avec un cumul de 71 % des taxons. Les lianes, avec 767 taxons, représentent une part importante (21 %) de la flore forestière de la Côte d'Ivoire [3]. Les arbres dont certains font l'objet d'exploitation et de commerce de grande envergure, et pour lesquels la forêt dense est très souvent aménagée, ne représentent que 8 % de cette flore. Les ptéridophytes et les angiospermes

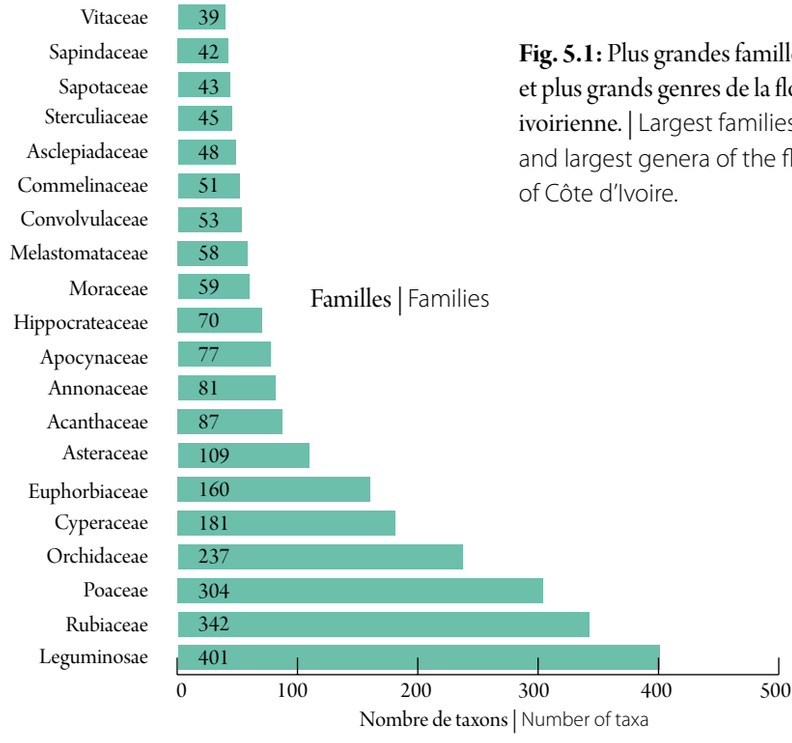


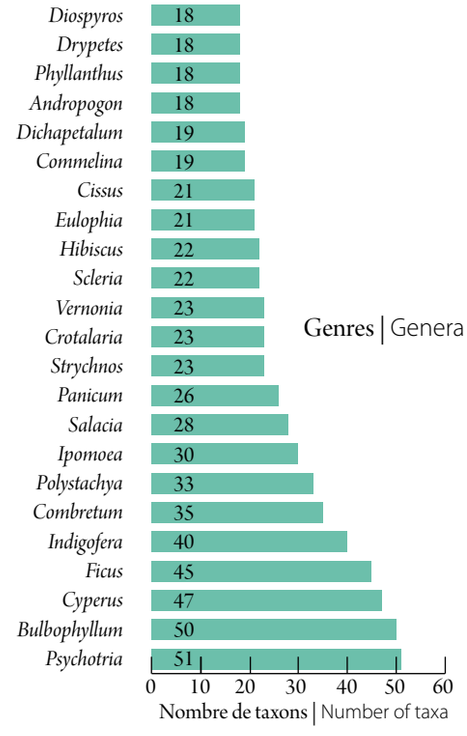
Fig. 5.1: Plus grandes familles et plus grands genres de la flore ivoirienne. | Largest families and largest genera of the flora of Côte d'Ivoire.

50 % of the flora. **Phanerophytes**↗ represent together 67 % of the flora and 85.9 % of dicotyledonous angiosperms. They are less common in Pteridophyta and monocotyledonous angiosperms, wtih 6.8 % and 16.8 % of the taxa, respectively. Pteridophyta are mainly hemicryptophytes (64.4 %). Monocotyledonous angiosperm taxa belong with 50 % to the **hemicryptophytes**↗ and **chamaephytes**↗, and with around 10 % to the **geophytes**↗, nanophanerophytes and **therophytes**↗.

MORPHOLOGICAL TYPES

In the forest zone, shrubs and **herbs**↗ are most abundant, with a total of 71 % of the taxa. The lianas represent with 767 taxa a significant part (21 %) of the forest flora of Côte d'Ivoire [3]. The trees represent only 8 % of this flora, because some are the object of large-scale logging and for which the dense forest is very often developed.

The Pteridophyta and the monocotyledonous angiosperms essentially are herbaceous, with 93 % and 81.9 % of the taxa, respectively. The dicotyledonous angiosperms are mainly shrubs (46.8 %) and lianas (27.5 %); the trees and the herbaceous species are represented in nearly equal proportions of



monocotylédones sont essentiellement herbacés, avec respectivement 93 % et 81,9 % de leurs taxons. Les angiospermes dicotylédones sont réparties, majoritairement, entre les arbustes (46,8 %) et les lianes (27,5 %) ; les arbres et les herbacées sont représentés dans des proportions sensiblement équivalentes et avoisinant 10 %. Les sarmenteux sont exclusivement des angiospermes dicotylédones dont la présence dans la flore forestière de la Côte d'Ivoire est presque nulle (< 0,3 %).

En zone de savane, les herbacées sont les plus abondantes; elles sont suivies par les arbustes dont les individus appartiennent essentiellement aux genres *Lannea, Lophira, Parinari, Terminalia* et *Pericopsis*. Le néré (*Parkia biglobosa*) et le karité (*Vitellaria paradoxa*), très prisés en Afrique Tropicale à cause de leurs fruits, appartiennent à cette catégorie de plantes. Les plus grands arbres sont essentiellement constitués *Borassus aethiopum* (palmier rônier), *Khaya senegalensis* et *Daniellia oliveri*. Très peu de lianes vivent dans cet **écosystème**↗; ce sont essentiellement *Cissus populnea, Mezoneuron benthamianum, Mucuna flagellipes* etc. à la lisière des îlots forestiers, les grands arbres sont représentés par le faux *Phoenix reclinata* (le palmier dattier), *Elaeis guineensis* (le palmier à huile d'Afrique), *Cola cordifolia* et *Raphia sudanica* (le raphia soudanien) qui sont devenus rares à cause de la baisse des précipitations et des feux de brousse qui menacent ainsi la survie de ces îlots forestiers.

CHOROLOGIE

Dans la zone forestière, les taxons endémiques guinéo-congolais, avec 2 261 taxons, occupent 65 % de la flore. Les taxons Ouest africains ou endémiques à la Haute Guinée occupent la 3ème place tandis que ceux endémiques à la Côte d'Ivoire sont logés à la 8ème place. Les taxons non endémiques guinéo-congolais, soit 35 % de cette flore, se répartissent au sein de 29 unités chorologiques dominées par celles incluant la région soudano-zambézienne. Les taxons endémiques à la zone de transition guinéo-congolaise et soudano-zambézienne sont les plus abondants, avec 15 %; ils sont suivis par les endémiques soudano-zambéziens et les taxons pantropicaux. Les ptéridophytes de cette flore sont constitués à 64,3 % d'endémiques guinéo-congolais, à 0,7 % d'endémiques Ouest africains.

close to 10 %. The lianas are exclusively dicotyledonous angiosperms whose presence in the forest flora of Côte d'Ivoire is close to zero (< 0.3 %).

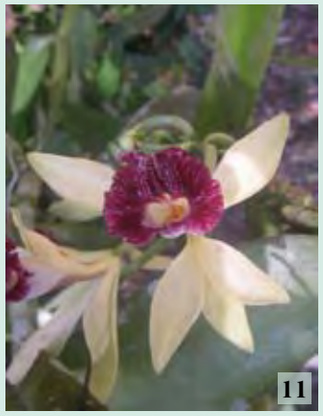
In the savanna zone, herbaceous plants are the most abundant, followed by shrubs that mainly belong to the genera *Lannea, Lophira, Parinari, Terminalia*, and *Pericopsis*. The African locust bean tree (*Parkia biglobosa*) and the shea tree (*Vitellaria paradoxa*), that are much sought after for their fruit, belong to this category of plants. Large trees are essentially made of African palmyra palm (*Borassus aethiopum*), *Khaya senegalensis* and *Daniellia oliveri*. Very few lianas live in this **ecosystem**↗; these are mainly *Cissus populnea, Mezoneuron benthamianum, Mucuna flagellipes* and others. At the borders of the forest islands, large trees are represented by the Senegal date palm (*Phoenix reclinata*), African oil palm (*Elaeis guineensis*), *Cola cordifolia* and dwarf raphia palm (*Raphia sudanica*) which have became rarer due to the drop in rainfall and bush fires threatening the existence of forest islands.

CHOROLOGY

In forest zone, Guineo-Congolian endemics, with 2 261 taxa, represent 65 % of the flora. West African or Upper Guinea endemics are set at the 3rd place while Ivorian endemics occupy the 8th place.

Taxa living outside the Guineo-Congolian region, or 35 % of this flora, belong to 29 chorological units dominated by Sudano-Zambezian endemics. Taxa endemic to the Guineo-Congolian and Sudano-Zambezian transition zone are the most abundant, with 15 % of the flora; there are followed by Sudano-Zambezian endemics and pantropical endemics. The Pteridophyta from this flora consist of 64.3 % Guineo-Congolian endemics and 0.7 % West African endemics.

Fig. 5.2: Quelques espèces végétales de Côte d'Ivoire | Some plant species of Côte d'Ivoire: 1. *Begonia cavallyensis* A. Chev. (Begoniaceae), 2. *Cassia fikifiki* Aubrév. & Pellegr. (Leguminosae-Caesalpiniodeae), 3. *Heisteria parvifolia* Smith (Olacaceae), 4. *Irvingia gabonensis* (O'Rorke) Baill. (Irvingiaceae), 5. *Landolphia hirsuta* (Hua) Pichon (Apocynaceae), 6. *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm. (Lycopodiaceae), 7. *Mezoneuron benthamianum* Baill. (Leguminosae-Caesalpiniodeae), 8. *Napoleonaea vogelii* Hook. & Planch. (Lecythidaceae), 9. *Scadoxus multiflorus* (Martyn) Raf. (Amaryllidaceae), 10. *Streptogyna crinita* P. Beauv. (Poaceae), 11. *Vanilla imperialis* Kraenzl. (Orchidaceae), 12. *Zanthoxylum psammophilum* (Aké Assi) Waterman (Rutaceae). FKO



5.2 La biodiversité des cyanobactéries et algues d'eau douce

Allassane OUATTARA
Kouhété Philippe DA

INTRODUCTION

Les cyanoprocaryotes (cyanobactéries) et les **algues** sont d'une importance capitale dans la productivité des **écosystèmes** aquatiques. Les cyanoprocaryotes sont caractérisés par une structure **procaryotique**. En dépit de leur écologie comparable à celle des algues, les cyanoprocaryotes sont aujourd'hui unanimement séparés des algues, au sein du phytoplancton et du **périphyton** [4]. Beaucoup de **chaînes alimentaires** tirent leur origine de ces communautés qui ont pour rôle fondamental de convertir l'énergie solaire en matière organique.

Vu l'importante diversité des cyanobactéries et des algues qui peuplent les eaux courantes et stagnantes de Côte d'Ivoire, une synthèse des travaux sur leur **taxonomie** [5, 6, 7, 8, 9] est impérative car personne n'ignore que les écosystèmes aquatiques tropicaux sont menacés aujourd'hui et avec eux, l'ensemble de leurs constituants. La perception de la richesse de cette diversité peut, d'ailleurs, nous permettre de lutter plus efficacement contre la **dégradation** de nos écosystèmes aquatiques. Récemment, 108 taxons appartenant aux embranchements de Chlorophyta, de Chromophyta (Chrysophyta), de Dinophyta et de Euglenophyta, répartis au sein de 17 familles et 31 genres, ont été étudiés en détail au microscope électronique à balayage [10].

COMPOSITION FLORISTIQUE

En faisant abstraction des cyanoprocaryotes, les algues **eucaryotes** rencontrées en Côte d'Ivoire appartiennent aux phylums des Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, **Cryptophyta**, Dinophyta, Raphidophyta et Rhodophyta.

La **flore** algale des eaux douces de Côte d'Ivoire comprend 716 espèces actuellement connues (869 en y incluant les taxons infraspécifiques) distribuée parmi 140 genres, 69 familles, 37 ordres et 13 classes (Tab. 5.1). Les algues les plus diversifiées sont de loin les chlorophytes avec 375 espèces (437 incluant les taxons infraspécifiques). Viennent ensuite les bacillariophytes avec 154 (198 en y ajoutant les taxons infraspécifiques) et les euglenophytes, avec 120 espèces (166 taxons spécifiques et infraspécifiques). Les autres

Biodiversity of freshwater cyanobacteria and algae

INTRODUCTION

Cyanoprokaryota (cyanobacteria) and **algae** are of crucial importance for the productivity of aquatic **ecosystems**. Cyanoprokaryota are characterized by a **prokaryotic** structure. Despite their ecology comparable to that of algae, the cyanoprokaryota nowadays are unanimously separated from algae within **phytoplankton** and **periphyton** [4]. Many **food chains** start with these communities whose main role is to convert solar energy into organic matter.

To underline the important diversity of these cyanobacteria and algae colonizing the running and stagnant waters of Côte d'Ivoire, a synthesis of works on their **taxonomy** [5, 6, 7, 8, 9] was undertaken.

This inventory becomes even more important when we consider to which point tropical aquatic ecosystems and, with them, all of their components are threatened today. The realization of the riches of this diversity can, moreover, help us fight more efficiently against the **degradation** of our aquatic ecosystems. Recently, 108 taxa of Chlorophyta, Chromophyta (Chrysophyta), Dinophyta and Euglenophyta phyla, belonging to 17 families and 31 genera, have been studied in detail using a scanning electrone microscope [10]

FLORISTIC COMPOSITION

By abstracting from Cyanoprokaryota, the **eukaryotic** algae found in Côte d'Ivoire belong to the phyla Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, **Cryptophyta**, Dinophyta, Raphidophyta and Rhodophyta.

The freshwater algal **flora** of Côte d'Ivoire includes 716 species currently known (869 including the infraspecific taxa) which distribute into 140 genera, 69 families, 37 orders and 13 classes (Tab. 5.1). The most diversified algae are far from Chlorophyta with 375 species (437 including infraspecific taxa). Then come the Bacillariophyta with 154 (198 including infraspecific taxa) and Euglenophyta, with 120 species (166 specific and infraspecific taxa). The other phyla have far lower specific richness:

phylums ont une richesse spécifique bien inferieure: dinophytes (23 espèces), xanthophytes (23 espèces), chrysophytes (13 espèces ou 14 en y ajoutant les taxons infraspécifiques), cryptophytes (4 espèces), rhodophytes (3 espèces) et raphidophytes (1 espèce).
La figure 5.4 illustre la représentation proportionnelle des différentes classes et ordres sur la base du nombre d'espèces d'algues et de cyanobactéries repertoriées dans les eaux douces de Côte d'Ivoire.
La classe des Zygnematophyceae comprend 27,7 % du total des espèces; elle est suivie par les classes de Chlorophyceae (24,6 %), Bacillariophyceae (18 %) et Euglenophyceae (16,8 %). Les autres classes ne renferment que peu d'espèces (inférieur à 3,5 %).
Si l'on compare la répartition des ordres d'algues d'eau douce, les espèces de Desmidiales (25,8 %), d'Euglenales (16,8 %), de Chloroccocales (14,1 %) et Naviculales (9,1 %) sont plus diversifiées. Tous les autres ordres ont des proportions comprises entre 6,2 et 0,1 %.
Un nombre élevé d'ordres (21 ordres sur 37, soit 56,7 %) sont représentés par une seule espèce ou quelques espèces (2 à 5).
Parmi les Desmidiales, le genre *Cosmarium* est plus représenté avec 38 espèces soit 23,7 % de l'ensemble de cet ordre suivi de *Closterium* (36 espèces, soit 22,5 %). Le genre *Trachelomonas* presente le plus grand nombre de taxons, avec 57 espèces (91 taxons spécifiques et infraspécifiques), soit 50 % de l'ensemble des Euglenales, suivi du genre *Phacus*, avec 24 espèces (28 taxons spécifiques et infraspécifiques), soit 21 %. Parmi les Chloroccocales, seul le genre *Scenedesmus* (avec 39 espèces, soit 41,5 %) est assez bien diversifié. On note que les genres *Pinnularia* (avec 23 espèces, soit 43,4 %) et *Navicula* (16 espèces, soit 30,2 %) sont les mieux représentés dans la flore des Naviculales.

Dinophyta (23 species), Xanthophyta (23 species), Chrysophyta (13 species or 14 including infraspecific taxa), Cryptophyta (4 species), Rhodophyta (3 species) and Raphidophyta (1 species).
Figure 5.4 illustrates the proportional representation of the different classes and orders on the basis of the number of algae and cyanobacteria species inventoried in Côte d'Ivoire's freshwaters. The Zygnematophyceae class includes 27.7 % of all species. It is followed by classes of Chlorophyceae (24.6 %), Bacillariophyceae (18 %) and Euglenophyceae (16.8 %). The other classes only have a few species (less than 3.5 %).
If we compare the division of freshwater algae, species of Desmidiales (25.8 %), Euglenales (16.8 %), Chloroccocales (14.1 %) and Naviculales (9.1 %) are more diversified. All the other orders have proportions between 6.2 and 0.1 %. A high number of orders (21 out of 37 orders, or 56.7 %) are represented by a single species or several species (2 to 5).
Among the Desmidiales, the genus *Cosmarium* is at the forefront with 38 species or 23.7 % of the entire order followed by *Closterium* (36 species, or 22.5 %). The genus *Trachelomonas* presented the largest number of taxa with 57 species

Tab. 5.1: Composition taxinomique des cyanobactéries et des algues d'eau douce de Côte d'Ivoire.
Taxonomic composition of freshwater cyanobacteria and algae of Côte d'Ivoire.

Groupes de taxons Taxa groups	Nombre d'ordres Number of orders	Nombre de familles Number of families	Nombre de genres Number of genera	Nombre d'espèces (taxons infraspécifiques compris) Number of species (including infraspecific taxa)
Cyanoprokaryota (Eubacteria)				
Cyanobacteria Chroococceae Hormogoneae	7	15	38	94 (94)
Eukaryota (Algues s. str.)				
Chlorophytes Chlorophyceae Klebsormidiophyceae Zygnematophyceae	10	25	68	375 (437)
Euglenophytes Euglenophyceae	1	3	9	120 (166)
Bacillariophytes Bacillariophyceae Coscinodiscophyceae Fragilariophyceae	15	22	30	154 (198)
Chrysophytes Chrysophyceae	3	3	7	13 (14)
Xanthophytes Xanthophyceae	2	7	11	23 (23)
Cryptophytes Cryptophyceae	1	1	2	4 (4)
Dinophytes Dinophyceae	2	5	10	23 (23)
Raphidophytes Raphidophyceae	1	1	1	1 (1)
Rhodophytes Florideophyceae	2	2	2	3 (3)

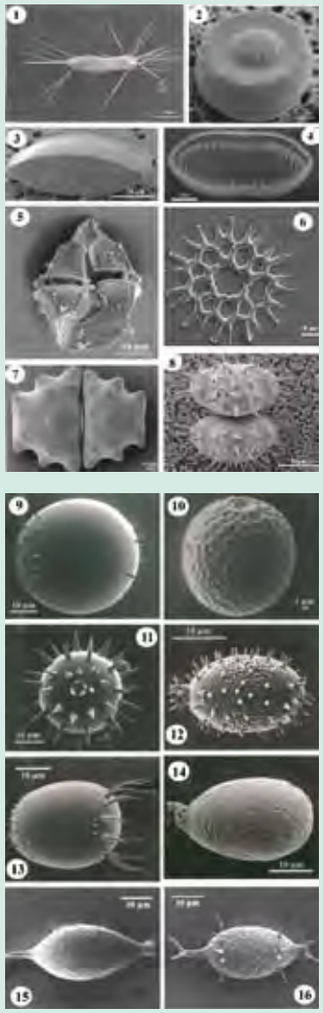
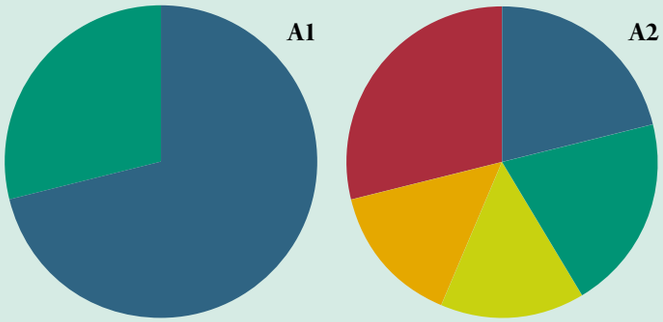


Fig. 5.3: Quelques algues d'eau douce vues au microscope électronique à balayage.
Some species of freshwater algae as seen with scanning electrone microscope: 1. *Mallomonas bronchartiana* Compère (Mallomonadaceae), 2. *Cyclotella stelligera* Cleve & Grunow in van Heurck (Coscinodescaceae), 3. *Luticola goeppertiana* (Beisch) Mann (Naviculaceae), 4. *Nitzschia bevidensis* var. *victoriae* (Grunow) Cholnoky (Bacillariaceae), 5. *Bagredinium crenulatum* (Couté & Iltis) Da, Zongo, Mascarell & Couté (Peridiniaceae), 6. *Pediastrum duplex* var. *rugulosum* Raciborski (Hydrodictyaceae), 7. *Euastrum gauthieri* var. *gauthieri* f. *bifidum* Bourrelly (Desmidiaceae), 8. *Staurastrum gladiosum* Turner (Desmidiaceae), 9. *Trachelomonas angustipina* var. *elegans* Bourrelly, 10. *T. sculpta* var. *africana* Da & Couté, 11. *T. caffra* Rino, 12. *T. mirabilis* var. *obesa* (Messikommer) Conrad, 13. *T. armata* var. *steinii* (Lemmermann) Deflandre emend. Bicudo & De-Lamonica-Freire, 14. *T. similis* Stokes, 15. *T. bernardinensis* var. *africana* Deflandre, 16. *T. pisciformis* var. *bicoronata* Coudé & Iltis. Le genre *Trachelomonas* appartient à la famille des Euglenaceae. | The genus *Trachelomonas* belongs to the family of Euglenaceae.

Fig. 5.4: Représentation proportionnelle des espèces de cyanobactéries (A) et d'algues (B) d'eau douce regroupées par classes (1) et ordres (2) les plus diversifiés en Côte d'Ivoire. | Proportional representation of the most diversified species in Côte d'Ivoire of freshwater cyanobacteria (A) and algae (B) grouped by class (1) and order (2).

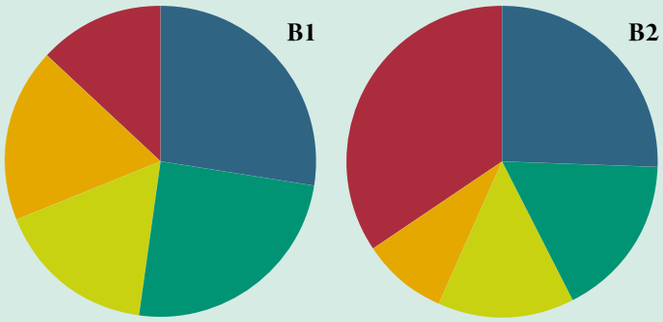
Cyanobactéries
Cyanobacteria



- Hormogoneae (71,3 %)
- Chroococceae (28,7)

- Nostocales (21,3 %)
- Oscillatoriales (20,2)
- Synechococcales (14,9)
- Pseudoanabaena (14,9)
- Divers autres | Diverse others (28,7)

Algues | Algae



- Zygnematophyceae (27,7 %)
- Chlorophyceae (24,6)
- Euglenophyceae (16,8)
- Bacillariophyceae (18,0)
- Divers autres | Diverse others (13,0)

- Desmidiales (25,8 %)
- Euglenales (16,8)
- Chlorococcales (14,1)
- Naviculales (9,1)
- Divers autres | Diverse others (34,2)

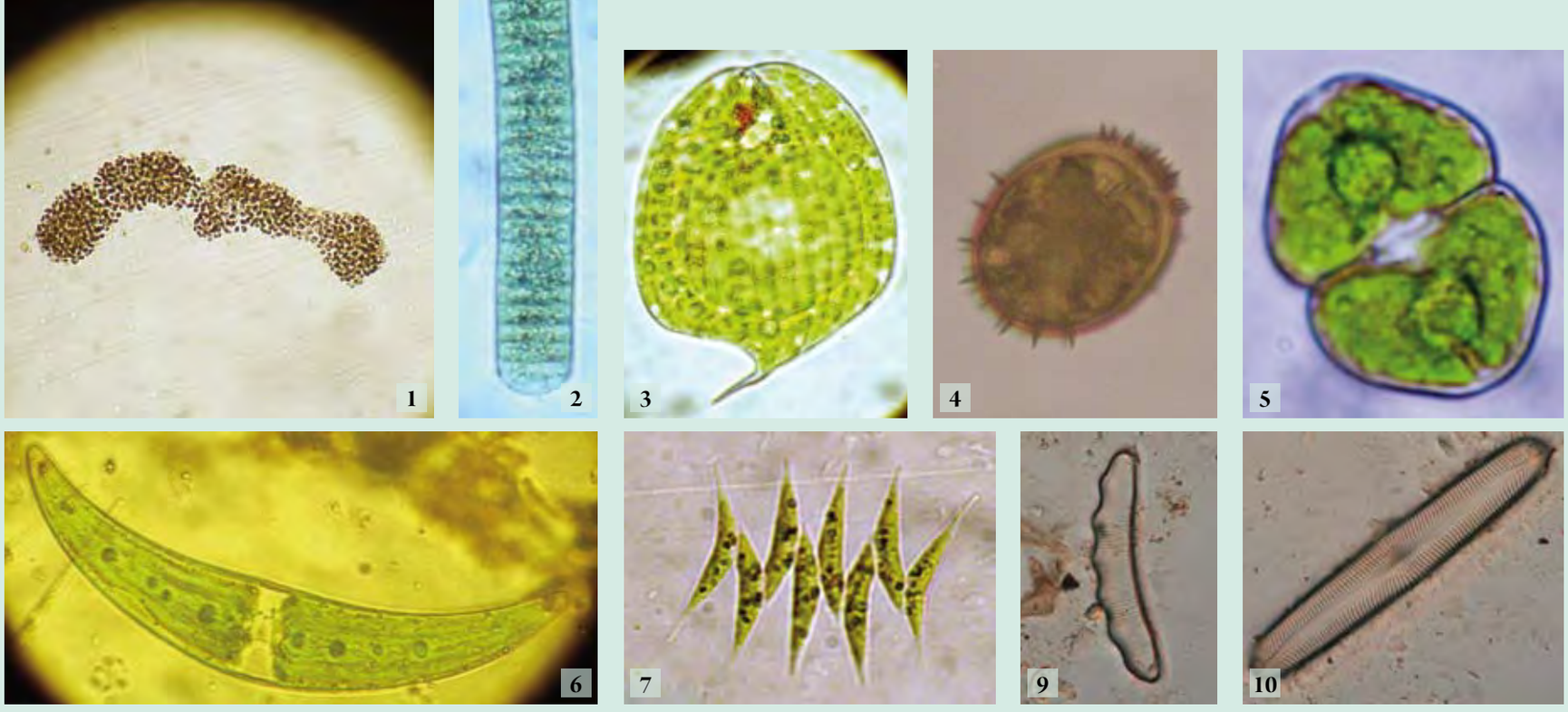


Fig. 5.5: Quelques especes de cyanobactéries et d'algues d'eau douce de Côte d'Ivoire | Some freshwater cyanobacteria and algae species of Côte d'Ivoire:

1. Colonie de cellules de la cyanobactérie *Microcystis aeruginosa* Kuetzing (Microcystaceae). Cellule : 4 µm de diamètre. Matériel fixé au formol. | Colony of *Microcystis aeruginosa* Kuetzing cells. Cell: 4 µm in diametre. In formalin fixed material. MAD ;2. Filament de la cyanobactérie *Oscillatoria limosa* Agardh (Oscillatoriaceae). Cellule : 12 µm de longueur, 4 µm de largeur. Matériel vivant. | Filament of *Oscillatoria limosa* Agardh. Cell: 12 µm in length, 4 µm in width. Live material. AKOU ; 3. Cellule de l'Euglène *Phacus orbicularis* Hübner sur laquelle le stigma (point rouge) et le paramylon (disque ovoïde central) sont visibles (Euglenaceae). Cellule : 70 µm de longueur, 49 µm de largeur. Matériel vivant. | Cell of *Phacus orbicularis* Poch. on which stigma (red dot) and paramylon (ovoid disk in the centre) are visible. Cell: 70 µm in length, 49 µm in width. Live material. AKOU ; 4. Cellule de l'Euglène *Trachelomonas raciborskii* Wolosz. var. *rossica* Skv. f. *subpapillata* Rai & Uherkovich (Euglenaceae). Cellule : 42 µm de longueur, 35 µm de largeur, décrite des eaux de la Côte d'Ivoire. Matériel fixé au formol. | Cell of *Trachelomonas raciborskii* Wolosz. var. *rossica* Skv. f. *subpapillata* Rai & Uherkovich (Euglenaceae). Cell: 42 µm in length, 35 µm in width, described form of Ivorian waters. In formalin fixed material. MAD ; 5. Cellule de la Desmidiale *Cosmarium granatum* Brébisson sur laquelle les pyrénoïdes sont encore visibles (Desmidiaceae). Cellule : 22 µm de longueur, 16 µm de largeur. Matériel vivant. | Cell of the desmid *Cosmarium granatum* Brébisson on which the pyrenoids are still visible (Desmidiaceae). Cell: 22 µm in length, 16 µm in width. Live material. AKOU ; 6. Cellule de la Desmidiale *Closterium leibleinii* Kuetzing ex Ralfs sur laquelle les pyrénoïdes sont encore visibles (Closteriaceae). Cellule : 212 µm de longueur, 34 µm de largeur. Matériel vivant. | Cell of the desmid *Closterium leibleinii* Kuetzing ex Ralfs on which the pyrenoids are still visible (Closteriaceae). Cell: 212 µm in length, 34 µm in width. Live material. AKOU ; 7. Forme coenobiale du Chlorococcale *Scenedesmus acuminatus* var. *javanensis* (Chod.) Uherkovich f. *globulosus* Uherkovich, décrite des eaux de la Côte d'Ivoire (Scenedesmaceae). Cellule : 28 µm de longueur, 4 µm de largeur. Matériel vivant | Coenobial form of the chlorococcal *Scenedesmus acuminatus* var. *javanensis* (Chod.) Uherkovich f. *globulosus* Uherkovich, described form of Ivorian waters (Scenedesmaceae). Cell: 28 µm in length, 4 µm in width. Live material. AKOU ; 8. Forme coenobiale du Chlorococcale *Pediastrum duplex* var. *gracillimum* W.G. West (Hydrodictyaceae). Cellule : 16 µm de longueur, 7 µm de largeur. Matériel vivant. | Coenobial form of the chlorococcal *Pediastrum duplex* var. *gracillimum* W.G. West (Hydrodictyaceae). Cell : 16 µm in length, 7 µm in width. Live material. AKOU ; 9. Forme siliceuse de la Diatomée tropicale *Eunotia zygodon* Ehrenberg (Eunotiaceae) Cellule : 70 µm de longueur, 12 µm de largeur. Matériel traité à d'acide nitrique à ébullition. | Siliceous form of the tropical diatom *Eunotia zygodon* Ehrenberg (Eunotiaceae) Cell: 70 µm in length, 12 µm in width. Material treated in boiled nitric acid. AOU ; 10. Forme siliceuse de la Diatomée tropicale *Pinnularia tropica* Hustedt (Pinnulariaceae). Cellule : 150 µm de longueur, 22 µm de largeur. Matériel traité à d'acide nitrique à ébullition. | Siliceous form of the tropical diatom *Pinnularia tropica* Hustedt (Pinnulariaceae). Cell: 150 µm in length, 22 µm in width. Material treated in boiled nitric acid. AOU

Les cyanobactéries connues de la Côte d'Ivoire s'élèvent actuellement à 94 espèces réparties entre 38 genres, 15 familles, 7 ordres et 2 classes. Les Hormogoneae représentent la classe la plus diversifiée (71,3 %). Les Chroococceae ne comptent que 27 espèces, soit 28,7% (Fig. 5.4). Parmi les ordres de cyanobactéries identifiées, les Nostocales et les Oscillatoriales présentent les plus grands nombres d'espèces (19 et 17 respectivement) et sont suivis par les Synechococcales, Pseudanabaenales et Chroococcales (14, 13 et 12 espèces respectivement). Les autres ordres ont un nombre d'espèces inférieur à 10. Les genres *Lyngbya, Microcystis* et *Oscillatoria* sont les mieux représentés en nombre d'espèces (9, 7 et 6 respectivement). L'ensemble des données recueillies à ce jour sur les algues d'eau douce en Côte d'Ivoire a permis de dresser, dans ses grandes lignes, la composition des peuplements de cette communauté dont l'utilité, du point de vue du fonctionnement des écosystèmes aquatiques, est indiscutable. Ce travail est certes incomplet ; de vastes territoires restent totalement inexplorés mais ces résultats viennent compléter utilement ceux obtenus sur la **biodiversité**↗ des poissons, qui, avec les algues qui leur servent de nourriture, forment une association caractéristique des milieux aquatiques.

(91 specific and infraspecific taxa) or 50 % of all the Euglenales followed by the genus *Phacus* with 24 species (28 specific and infraspecific taxa), or 21 %. Among the Chloroccocales, only the genus *Scenedesmus* (with 39 species, or 41.5 %) is pretty well diversified. We note that the genera of *Pinnularia* (with 23 species, or 43.4 %) and *Navicula* (16 species, or 30.2 %) are the best represented in the Naviculale flora.
The cyanobacteria known in Côte d'Ivoire are currently 94 species belonging to 38 genera, 15 families, 7 orders and 2 classes. Hormogoneae represent the most diversified class (71.3 %). As for the Chroococceae, they only count 27 species or 28.7 % (Fig. 5.4). Among the cyanobacteria orders identified, the Nostocales and Oscillatoriales presented the largest number of species (19 and 17 respectively) and are followed by the Synechococcales, Pseudanabaenales and Chroococcales (14, 13 and 12 species respectively). The other orders have less than 10 species. The genera *Lyngbya, Microcystis* and *Oscillatoria* are the best represented in number of species (9, 7 and 6, respectively). All the data collected up to now on freshwater algae in Côte d'Ivoire allow for drawing up the general lines of the composition of populations in this community whose utility in the functioning of aquatic ecosystems is indisputable. Of course, this research is still incomplete. Vast territories remain totally unexplored, but the results help us to complete those obtained on fish **biodiversity**↗ that, along with the algae that are their food, form a characteristic association with aquatic environments.

LES CHAMPIGNONS

5.3 *Les champignons*

Ngolo Abdoulaye KONE
Daouda KONE
Philippe NICOT

ETAT DES CONNAISSANCES DE LA DIVERSITE FONGIQUE EN COTE D'IVOIRE

La diversité des **champignons**↗ est estimée à environ 1,5 millions d'espèces dans le monde mais seulement 70 000 d'entre elles ont été décrites à ce jour [11]. La dimension réelle de cette diversité **fongique**↗ demeure inconnue et est peu étudiée, surtout en Afrique [12].

En Côte d'Ivoire, les études relatives aux champignons se sont jusqu'ici intéressées aux taxons **parasites**↗ des Hommes et des plantes ; très peu d'information existe sur les champignons supérieurs. Pourtant, le ratio de 6 pour 1 entre le nombre d'espèces de champignons et celui des végétaux supérieurs d'une région donnée [11] permet d'estimer à près de 23 172 espèces de champignons, incluant autant les espèces **macroscopiques**↗ que **microscopiques**↗, pour la Côte d'Ivoire qui abrite environ 3 862 espèces de **plantes vasculaires**↗ [1, 2]. On estime seulement à 2 500 espèces.

CHAMPIGNONS SUPERIEURS DE COTE D'IVOIRE : PRINCIPAUX HABITATS DE FRUCTIFICATION ET DIVERSITE

Les champignons sont des organismes **cosmopolites**↗ qui se développent dans de nombreux types d'**habitats**↗, incluant le désert. Plusieurs champignons croissent dans les **écosystèmes**↗ **terrestres**↗ mais un grand nombre d'espèces se rencontre exclusivement dans les écosystèmes aquatiques et marins. Ces organismes constituent avec les bactéries les plus grands décomposeurs de la matière organique dans plusieurs voire tous les écosystèmes terrestres à travers le monde. En Côte d'Ivoire, quatre types d'habitats regorgent d'une grande diversité de champignons aussi bien supérieurs que inférieurs : les forêts tropicales denses, dans le sud du pays, la forêt claire soudanienne semi-**décidue**↗, les galeries forestières et les habitats anthropisés tels que les plantations et les sites de reboisement [14]. Cependant, des observations montrent aujourd'hui que tous les

FUNGI

Fungi

STATE OF KNOWLEDGE ON FUNGAL DIVERSITY IN COTE D'IVOIRE

Fungal↗ diversity is estimated to be some 1.5 million species in the world, but only 70 000 of them have been described to date [11]. However, the real dimension of this fungal diversity remains unknown and is little studied, especially in Africa [12]. In Côte d'Ivoire, the fungi↗-related studies so far have focused on the fungal parasite↗ taxa of Man and plants. Very little information exists on higher fungi. However, the 6:1 ratio of the number of fungus species to that of vascular plant species of a given area [11] allows for estimating around 23 172 fungal species for Côte d'Ivoire, including macroscopic↗ and microscopic↗ species, based on 3 862 vascular plant↗ species in Côte d'Ivoire [1, 2]. Applied to Côte d'Ivoire, we estimate the known species at around 2 500.

Fig. 5.6: Champignons supérieurs de Côte d'Ivoire : A) *Auricularia* sp., B) *Pleurotus* sp., C) *Trametes* sp. et D) *Lentinus squarrosulus* (Mont.) Singer sont Polypores et Basidiomycètes lignivores ; (E) *Phlebopus sudanicus* Har. & Pat. est un champignon de litière ; (F) *Termitomyces letestui* (Pat.) R. Heim est un champignon symbiotyque. | Higher fungi of Côte d'Ivoire: A) *Auricularia* sp., B) *Pleurotus* sp., C) *Trametes* sp. and D) *Lentinus squarrosulus* (Mont.) Singer are polypores and basidiomycetes lignivores; (E) *Phlebopus sudanicus* Har. & Pat. is a litter fungus; (F) *Termitomyces letestui* (Pat.) R. Heim is a symbiotic fungus. NKO

A

B

C

D

E

F

types de savanes et la zone de transition entre la savane guinéenne et la forêt claire semi-**décidue**↗ en Côte d'Ivoire, abriteraient une grande part de la diversité fongique même si cette diversité serait plus faible que celle des formations forestières.

LES CHAMPIGNONS INFERIEURS DE COTE D'IVOIRE

Ces champignons sont très diversifiés et engendrent divers types d'attaques biologiques sur les plantes cultivées, les fruits et les denrées stockées. Les études sur ces microorganismes sont réalisées par les phytopathologues qui peuvent être des **mycologues**↗, des virologues et des bactériologues. Ces champignons peuvent également être responsables de plusieurs types d'affections parasitaires ou mycoses chez les humains et aussi chez les animaux.

QUELQUES CHAMPIGNONS MICROSCOPIQUES DES PLANTATIONS EN COTE D'IVOIRE

Les bananiers (*Musa* spp.) sont parmi les plantes horticoles les plus importantes d'Afrique occidentale. Toutefois la plupart des espèces de terrain sont sensibles à une maladie fongique causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet et appelée la Sigatoka noire. Dans de nombreuses régions d'Afrique, la production de bananes connaît une baisse importante à cause de l'accroissement de la pression provenant des maladies et des nuisibles [15]. La Sigatoka noire provoquée par *M. fijiensis* est considérée comme la contrainte majeure sur la production de bananes plantains en Afrique occidentale [16]. *M. fijiensis* var. *difformis* (Fig. 5.7A) est associée à la raie de la feuille de la banane en Côte d'Ivoire [17]. Dans quelques Plantations de bananes, *Cladosporium musae* Mason (Fig. 5.7B) est considérée comme une espèce du genre *Metulocladosporiella* qui est l'agent causant la tâche sur la feuille de bananier. Les feuilles et les fruits des bananiers sont affectés par *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis (Fig. 5.7C) qui provoque l'apparition de tâches noires diminuant ainsi la qualité du fruit [17].

Vigna unguiculata est la première légumineuse utilisé dans l'alimentation en Côte d'Ivoire et dans les pays **sub-sahariens**↗ en Afrique occidentale. La qualité de ses graines peut être réduite par le champignon *Macrophomina phaseoli* Maubl. et dans certains cas, les infections interviennent avant la récolte.

Sclerotium rolfsii (Fig. 5.9) est responsable du « mildiou du sud » qui touche les légumes (tomates, poivrons, aubergines). Ce champignon peut causer une maladie à diverses plantes telles que

HIGHER FUNGI IN COTE D'IVOIRE: MAIN HABITATS FOR FRUCTIFICATION AND DIVERSITY

Fungi are cosmopolitan↗ organisms that develop in numerous types of habitats↗ including the desert. Several fungi grow in terrestrial↗ ecosystems↗, but a large number of species can only be found in aquatic and marine ecosystems. With bacteria, these organisms constitute the greatest decomposers of organic matter in several, or even all, terrestrial ecosystems throughout the world. In Côte d'Ivoire, four types of habitats show a great diversity of both lower and higher fungi: dense tropical forests in the South of the country, the Sudanian semi-deciduous↗ forest, gallery forests, and anthropogenic↗ habitats such as plantations and reforestation sites [14]. Today however, observations show that all types of savanna and the transition zone between the Guinean savanna and the open semi-decideous forest in Côte d'Ivoire shelter a large part of fungal diversity even if this diversity is lower than that of the forest formations.

LOWER FUNGI IN COTE D'IVOIRE

These fungi are much diversified and engender various types of attacks on cultivated plants, fruits and stored foodstuffs. Studies on these microorganisms are undertaken by phytopathologists who can be mycologists↗ and virologists or bacteriologists. The fungi can also be responsible for several types of parasitic diseases and mysoses in humans and also animals.

SOME MICROSCOPIC FUNGI ON COTE D'IVOIRE CROPS

Banana and plantains (*Musa* spp.) are among the most important horticultural crops of West Africa. However, most of the landraces are susceptible to a fungal disease caused by *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. In many regions of Africa the production has declined due to increased pressure from pests and diseases [15]. The fungal disease Black Sigatoka caused by *M. fijiensis* is considered the major constraint for plantain production in West Africa [16]. *M.* var. *difformis* (Fig. 5.7A) is associated to Black Leaf Streak of banana in Côte d'Ivoire [17]. In some Banana plantations, *Cladosporium musae* Mason (Fig. 5.7B) is considered to be a species of the genus *Melulocladosporiella* who is the agent causing the speckles on banana leaves. Banana leaves and fruits are affected by *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis (Fig. 5.7C) who causes black spots reducing fruit quality [17].

l'arachide et la patate douce et également aux arbres.

FACTEURS DE MENACES

L'impact des récoltes multiples des champignons sauvages comestibles est fréquemment mentionné et une étude récente fournit un résumé utile des problèmes-clés qui sont explorés en détail ci-dessous.
La cueillette de champignons sauvages comestibles est souvent comparée à la cueillette des fruits d'un arbre. Enlever tous les fruits n'affecte pas les récoltes futures à moins que l'arbre ne soit endommagé, mais pourrait avoir un impact sur la régénération. Cela semble être vrai pour les champignons comestibles sauvages, mais avec quelques réserves.
Par ailleurs, la destruction massive des habitats des champignons caractérisée par la déforestation pourrait également contribuer à la perte de la diversité des champignons. En somme, des espèces non encore décrites en Côte d'Ivoire, vu le manque d'études mycologiques et ethnomycologique, auraient déjà disparu. Les aires protégées de Côte d'Ivoire devraient faire l'objet de prospections mycologiques afin d'établir une évaluation de la diversité fongique Ivoirienne et estimer les menaces qui planeraient sur elle.

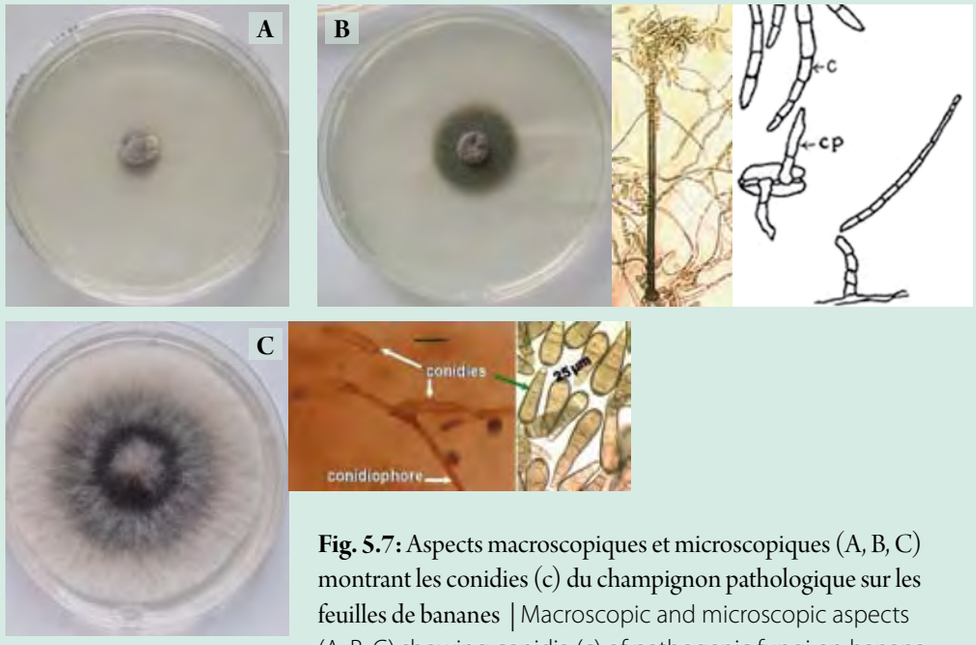


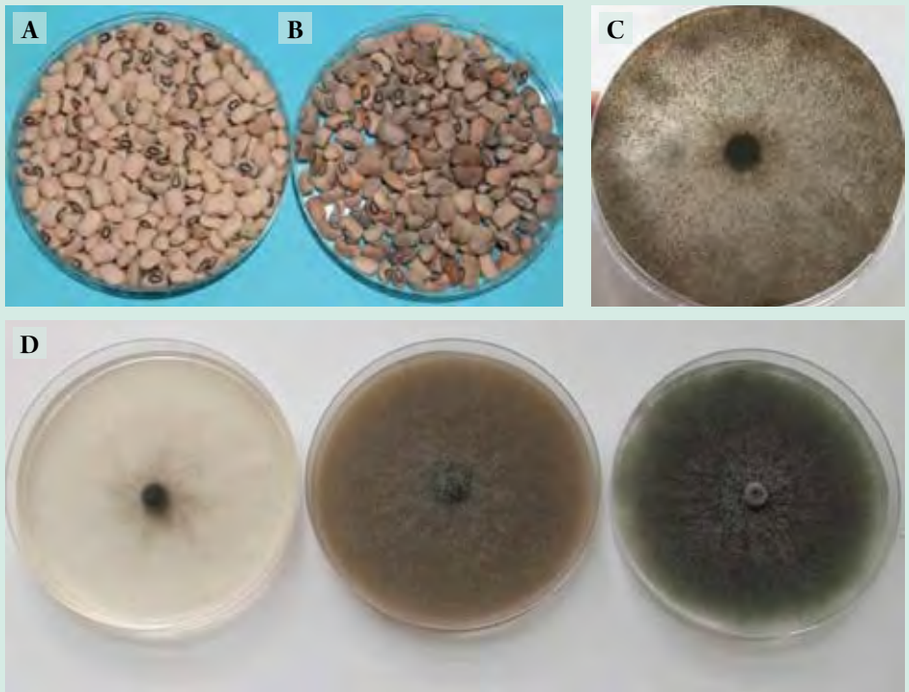
Fig. 5.7: Aspects macroscopiques et microscopiques (A, B, C) montrant les conidies (c) du champignon pathologique sur les feuilles de bananes | Macroscopic and microscopic aspects (A, B, C) showing conidia (c) of pathogenic fungi on banana leaves: (A) *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* ; (B) *Cladosporium musae* ; (C) *Deightoniella torulosa*. DKO

Vigna inguiculata is the first legume consumed as foodstuff in Côte d'Ivoire and Sub-Saharan↗ countries in West Africa. The quality of its seeds can be reduced by the fungus *Macrophomina phaseoli* Maubl., and in some cases, infections occur before harvest.
Sclerotium rolfsii (Fig. 5.9) causes Southern Blight in vegetables (tomatoes, peppers, eggplants). The fungus can cause disease in several crops (yam, peanuts) and also in trees.

THREATENING FACTORS

The impact of multiple harvesting of wild edible fungi is frequently mentioned, and a recent study supplied a useful summary of the key problems that are explored in detail below.
Gathering wild edible fungi is often compared with collecting fruit from a tree. Taking all fruits does not affect future harvests as long as the tree remains undamaged, but it could have an impact on the regeneration. This seems to be the case with wild edible fungi, but with some reservations.
Moreover, mass destruction of fungus habitats due to deforestation could also contribute to the loss of fungal diversity. In all, given the lack of mycological and ethno-mycological studies

Fig. 5.8: Graines saines (A) et graines infestées (B) d'haricot (*Vigna inguiculata* Walp.) causé par le champignon pathogène *Macrophomina phaseoli* (C & D). | Healthy (A) and infected seed (B) of bean (*Vigna inguiculata* Walp.) caused by pathogenic fungus *Macrophomina phaseoli* (C & D). DKO



VALORISATION DE LA BIODIVERSITE DES CHAMPIGNONS

Les **carpophores**↗ de champignons revêtent une importance religieuse et médicinale mais sont surtout appréciés en alimentation. Ce sont de véritables sources de protéines, de vitamines (riboflavine, biotine et thiamine), de matières grasses d'hydrate de carbone, d'acides aminés et de sels minéraux. En Côte d'Ivoire, plusieurs genres comestibles ont été répertoriés ; mais la liste demeure incomplète compte tenu de la probable diversité fongique de ce pays. Les carpophores des champignons du genre *Termitomyces* semblent être les plus consommés et les plus appréciés en Côte d'Ivoire. Leur période annuelle de fructification représente une véritable aubaine de commerce pour la population riveraine jeune et féminine. Ces champignons sont commercialisés aux abords de l'autoroute du nord et surtout dans la localité de Nzianoua (Fig. 5.10). Ils sont également retrouvés sur les marchés urbains grâce à un circuit de collecte et de commercialisation établi par les acteurs du marché [13].
En conclusion, il est nécessaire de noter que les besoins d'études écologiques, biologiques et **taxonomiques**↗ de la **flore**↗ fongique Ivoirienne restent encore énormes même si les champignons microscopiques responsables des maladies des plantes cultivées et des humains ont été étudiés ces dernières années. Par ailleurs, des projets de recherche sur ces organismes doivent être mis en œuvre pour l'estimation de la diversité fongique de ce pays et la formation de spécialistes en mycologie ; surtout en ce qui concerne les champignons supérieurs.

Tab. 5.2: Quelques champignons comestibles de Côte d'Ivoire. | Some edible fungi in Côte d'Ivoire.

Habitats de récolte | Habitat of harvest	Famille | Family	Espèces | Species
Forêts et plantations | Forests and plantations	Hygrophoropsidaceae	*Hygrophoropsis aurantiaca* (comestible | edible) *Hygrophoropsis mangepasii*
Forêts et plantations | Forests and plantations	Russulaceae	*Russula* sp.
Plantations de palmiers à huile Plantations of oil palms	Volvariaceae (syn. Pluteaceae)	*Volvariella volvacea* *Volvariella earlei* (Murr.) Shaffer *Volvariella acystidiata* Pathak
Forêts classées de Bouaflé, Bayota et Niégré et forêts denses Classified forests of Bouaflé, Bayota and Niégré and dense forests	Polyporaceae	*Lentinus squarrosulus* Mont. *Lentinus* aff. *atrobrunneus* Pegler *Lentinus* aff. *brunneofloccosus* Pegler
Forêts claires, zone de transition forêt-savane, plantations de cacaoyers, de caféiers et vieilles jachères | Open forests, forest-savanna transition zone, cocoa, coffee plantations, old fallow lands	Tricholomatacae	*Termitomyces microcarpus* (Berk.& Broome) Heim *Termitomyces medius* Heim & Grassé *Termitomyces striatus* *Termitomyces letestui*

still undescribed species in Côte d'Ivoire might have already disappeared. The protected areas of Côte d'Ivoire should be the object of mycological prospecting in order to establish an evaluation of Ivorian fungal diversity and estimate the threats to it.

VALUING FUNGAL BIODIVERSITY

Fungal **carpophores**↗ have obtained a religious and medical importance but are particularly appreciated as food. They are real sources of proteins, vitamins (riboflavin, biotin and thiamin), fats, carbohydrates, amino acids and mineral salts. In Côte d'Ivoire, several edible genera have been inventoried, but the list remains incomplete due to the probable total fungal diversity of this country.
The carpophores of the fungus genus *Termitomyces* seem to be the most consumed and appreciated in Côte d'Ivoire. The annual fructification period represents a real commercial chance for the local young female population. These fungi are sold on the northern highway and most of all in Nzianouan (Fig. 5.10). They are also found in the urban markets thanks to a collection and commercialization circuit established by market actors [13].
In conclusion, we need to note that the need for ecological,

Fig. 5.9: Aspect microscopique de *Sclerotium rolfsii* responsable de la « southern blight » sur la tomate, egg plant et poivre en Côte d'Ivoire. | Microscopic aspect of *Sclerotium rolfsii* responsible for Southern Blight in the tomato, eggplant and pepper in Côte d'Ivoire. DKO

biological and **taxonomic**↗ studies on the Ivorian fungal **flora**↗ still remains enormous even if the microscopic fungi causing illnesses of cultivated plants and in humans have been studied recently. Nevertheless, research projects on these organisms should be implemented to estimate the fungal diversity of this country, and mycology specialists should be trained, especially as far as higher fungi are concerned.

Fig. 5.10: Carpophores de *Termitomyces* en vente dans la localité de Nzianouan sur l'autoroute du Nord. | *Termitomyces* carpophores sold in Nzianouan on the northern highway. NKO

Importance socio-économique des champignons *Termitomyces* en Côte d'Ivoire

Ngolo Abdoulaye KONE, Souleymane KONATE & Karl Eduard LINSENMAIR

Les **champignons**↗ comestibles du genre *Termitomyces* sont strictement associés aux termites **champignonnistes**↗ (sous-famille des Macrotermitinae). On les retrouve dans les régions tropicales d'Afrique et d'Asie où ils ont une importance nutritive et médicinale. En Côte d'Ivoire, peu d'études scientifiques ont été consacrées à l'évaluation de l'impact socio-économique de ces ressources biologiques dans les zones de production. Notre récente étude dans les régions de Lamto (Centre) et d'Oumé (Centre-Ouest) montre que les **carpophores**↗ de *Termitomyces* sont une source non négligeable d'alimentation et de revenus pour les populations locales. L'exploitation de ces champignons comestibles est rentable tant pour les collecteurs que pour les revendeurs ce qui a entrainé la mise en place d'une filière pour la commercialisation des carpophores.

La vente des carpophores est possible au double du prix d'achat ou plus et permet aux revendeuses d'avoir un niveau de revenu financier élevé.Toutefois, pour assurer une conservation durable et une exploitation à long terme des carpophores de *Termitomyces*, des études écologiques sont conduites actuellement pour comprendre le déterminisme de leur fructification et envisager leur domestication.

Socioeconomic importance of *Termitomyces* fungi in Côte d'Ivoire

Edible **fungi**↗ of the genus *Termitomyces* are strictly associated with **fungus-growing**↗ termites (Macrotermitinae subfamily). We find them in the tropical regions of Africa and Asia where they are of nutritive and medical importance. In Côte d'Ivoire, few scientific studies were dedicated to the evaluation of the socioeconomic impact on these biological resources in the production zones. Our recent study in the Lamto (Centre) and Oumé (Western Centre) regions show that *Termitomyces* **carpophores**↗ are a significant source of food and revenue for the local populations. Exploitation of these edible fungi is profitable for both the collectors and the resellers to such a degree that a network for commercialisation has been installed. The sale of carpophores is possible for double and more of the cost price, allowing the re-sellers to raise their income level. Nonetheless, to ensure the long-term sustainable conservation and exploitation of the *Termitomyces* carpophores, ecological studies are currently being carried out to understand the determinants of their fructification and envisage their domestication.

LA FAUNE : LES VERTEBRES

5.4 *Les grands mammifères*

Soulemane OUATTARA

GENERALITES

Les **mammifères**↗ sont des **vertébrés**↗ à quatre membres (**tétrapodes**↗) et à sang chaud (maintiennent leur température interne constante : homéothermie). Ils sont caractérisés surtout par la présence de poils sur le corps (à l'exception des mammifères marins : baleines et dauphins) et de mamelles qui renferment des glandes productrices de lait. Ils ont un système nerveux complexe et évolué. Leur cerveau est en effet plus développé que celui des autres vertébrés, et les hémisphères cérébraux des groupes les plus évolués présentent des circonvolutions. Ce sont donc les animaux les plus évolués parmi lesquelles se trouvent les primates et l'homme.
Les mammifères renferment, dans le monde, environ 5 400 espèces. Ils sont de tailles variables allant de 3 à 5 cm chez les plus petits, qui pèsent jusqu'à 2 g, et à 4 m de haut et 30 m de long chez les plus grands, dont le poids peut atteindre 200 t (cas de la baleine bleue).

METHODES D'INVENTAIRE

La plupart des travaux d'inventaires des grands mammifères réalisés en Côte d'Ivoire sont des enquêtes auprès des populations locales et des observations sur le terrain, à partir de parcours de layons pédestres ou aériens, et des visites des points d'eau et salins. Les comptages sont faits à partir d'observations directes ou indirectes (les empreintes, les cris, les crottes, etc.). Les effectifs sont calculés à l'aide de logicels tel que « Distance ».

DIVERSITE

La Côte d'Ivoire abrite une grande diversité animale avec 226 espèces de mammifères [18]. Les grands mammifères que nous présentons sont répartis dans cinq ordres qui sont ; l'ordre des carnivores (5 espèces), des tubulidentés (1 espèce), des artiodactyles (20 espèces), des proboscidiens (1 espèce) et des siréniens (1 espèce). Cette étude ne prend cependant pas en compte d'autres ordres qui sont aussi présents en Côte d'Ivoire, tels que ceux des primates, des

FAUNA: VERTEBRATES

Large mammals

GENERAL POINTS ON MAMMALS

Mammals↗ are vertebrates↗ with four extremities (Tetrapoda↗) and warm blood (maintaining their internal temperature constant: homeothermy). In particular, they are characterized by the presence of body hair (except in marine mammals: whales and dolphins) and mamma with glands producing milk. They have a complex and evolved nervous system. Their brain is indeed further developed than that of other vertebrates, and the cerebral hemispheres of the most evolved groups have circumvolutions. Thus these are the most evolved animals among which primates and Man can be found. In the world, mammals count around 5 400 species. They are of variable sizes ranging from 3 to 5 cm in the smallest which weigh up to 2 g, and up to 4 m in height and to 30 m in length in the largest whose weight can reach 200 t (case of the blue whale).

INVENTORY METHODS

The majority of the inventories of large mammals carried out in Côte d'Ivoire were done through surveying the local populations and by observing the terrain from the trail courses, be they pedestrian or aerial, and visits to water points and salt works. The counts were done from direct and indirect observations (based on the prints, cries, droppings, etc.). Software like "Distance" calculates the numbers.

DIVERSITY

Côte d'Ivoire houses a great animal diversity with 226 species of mammals [18]. The large mammals that we present are divided into five orders, which are: the order of carnivores (5 species), Tubulidentata (1 species), Artiodactyla (20 species), Proboscidea (1 species) and Sirenians (1 species). However, this study does not take into account other orders that are also present in Côte d'Ivoire like those of the Primata, Lagomorpha, Rodenta,

lagomorphes, des rongeurs, des ongulés qui ont été étudiés dans d'autres travaux [19].

L'ORDRE DES CARNIVORES

La civette appelée « chien de brousse » par les populations des zones forestières est encore bien représentée (abondante) dans tout le pays. La panthère est fréquente et s'observe dans les régions forestières surtout dans les aires protégées. Le lion ne se rencontre qu'en savane, au nord du pays. Il est devenu rare et se trouve parmi les espèces vulnérables de la liste rouge de l'UICN 2001. Des observations plus récentes indiqueraient même que cette espèce pourrait être menacée d'extinction en Côte d'Ivoire, si des mesures urgentes de protection ne sont pas prises.

L'ORDRE DES TUBULIDENTES

Cet ordre a un seul représentant, l'oryctérope (également appelé cochon de terre). C'est un animal nocturne rare, vivant essentiellement en savane où il peut trouver en abondance son alimentation principale qui est constituée de termites.

Fig. 5.11: Tas de crottes d'éléphant et fil de topofil dans la Forêt classée du Haut-Sassandra. | Mound of elephant droppings and topofil thread in the Haut-Sassandra Classified Forest. SOU

Fig. 5.12: Grand parc à bois dans la Forêt classée du Haut-Sassandra. | Large timber yard in the Haut-Sassandra Classified Forest. SOU

Fig. 5.13: Piste de débardage dans la Forêt classée du Haut-Sassandra. | Logging road in the Haut-Sassandra Classified Forest. SOU

Ongulata that were studied in other works [19].

ORDER CARNIVORA

The civet, called the "bush dog" by the populations in the forest zone, is still well-represented (abundant) throughout the country. The panther is abundant and can be observed in forest regions, especially in protected areas. The lion can only be found in the savanna, in the North of the country. It has become rare and is included among the vulnerable species on the IUCN Red List 2001. More recent observations even indicate that this species could be endangered in Côte d'Ivoire if urgent protection measures are not applied.

ORDER TUBULIDENTATA

This order has a single representative, the aardvark (also called the earth pig). It is a rare nocturnal animal that mainly lives in the savanna, where it can be found in abundance. Its main food source consists of termites.

ORDER ARTIODACTYLES

The Artiodactyla are the best represented among these large

Tab. 5.3: Les mammifères de la Côte d'Ivoire. | Mammals of Côte d'Ivoire. [20, 21, 22, 23, 24]

Ordre | Order	Famille | Family	Nom scientifique | Scientific name	Nom usuel | Common name	Statut | Status
Carnivores	Canidae	*Panthera leo* (Linné, 1758)	Lion | Lion	Rare | Rare
		Panthera pardus (Linné, 1758)	Panthère | Panther	Peu fréquent | Infrequent
		Crocuta crocuta (Erxleben, 1777)	Hyène tachetée | Spotted hyena	Rare | Rare
		Civettictis civetta (Schreber, 1776)	Civette | African civet	Commun | Common
		Leptailurus serval (Schreber, 1776)	Serval | Serval	Rare | Rare
Tubulidentes	Oryceropdidae	*Orycteropus afer* (Pallas, 1766)	Oryctérope | Aardvark	Rare | Rare
Artiodactyles	Bovidae	*Tragelaphus euryceros* (Ogilby, 1857)	Bongo | Bongo	Peu fréquent | Infrequent
		Alcelaphus buselaphus major (Pallas, 1766)	Bubale | Bubal Hartebeest	Peu fréquent | Infrequent
		Cephalophus dorsalis (Gray, 1846)	Céphalophe à bande dorsale noire | Bay duiker	Peu fréquent | Infrequent
		Cephalophus silvicultor (Afzelius, 1815)	Céphalophe à dos jaune | Yellow-backed duiker	Peu fréquent | Infrequent
		Cephalophus rufilatus (Gray, 1846)	Céphalophe à flancs roux | Red-flanked duiker	Fréquent | Frequent
		Cephalophus grimmia (E. Geoffroy St-Hilaire, 1796)	Céphalophe de Grimm | Common duiker	Rare | Rare
		Cephalophus maxwelli (H Smith, 1827)	Céphalophe de Maxwell | Maxwell's duiker	Commun | Common
		Cephalophus niger (Gray, 1846)	Céphalophe noir | Black duiker	Peu fréquent | Infrequent
		Kobus kob (Erxleben, 1777)	Cob de Buffon | Kob Defassa	Peu fréquent | Infrequent
		Kobus defassa onctuosus (Ogilby, 1833)	Cob defassa | Waterbuck	Peu fréquent | Infrequent
		Redunca redunca (Pallas, 1767	Redunca | Bohor reedbuck	Peu fréquent | Infrequent
		Tragelaphus scriptus (Pallas, 1776)	Guib harnaché | Bushbuck	Commun | Common
		Ourebia ourebi (Zimmermann, 1783)	Ourébi | Oribi	Peu fréquent | Infrequent
		Hippotragus equinus (Desmaest, 1804)	Hippotrague | Roan antelope	Peu fréquent | Infrequent
		Syncerus caffer (Sparrman, 1779)	Buffle | African buffalo	Commun | Common
	Hippopotamidae	*Hippopotamus amphibius* (Linné, 1758	Hippopotame amphibie | Hippopotamus	Peu fréquent | Infrequent
		Choeropsis liberiensis (Morton, 1849)	Hippopotame pygmée | Pygmy hippopotamus	Peu fréquent | Infrequent
	Suidae	*Phacochoerus aethiopicus* (Pallas, 1767)	Phacochère | Desert warthog	Commun | Common
		Potamochoerus porcus (Linné, 1758)	Potamochère | Red river hog	Peu fréquent | Infrequent
		Hylochoerus meinertzhageni (Thomas, 1904)	Hylochère | Giant forest hog	Peu Fréquent | Infrequent
Proboscidiens	Elephantidae	*Loxodonta africana* (Blumenbach, 1797)	Eléphant | African bush elephant	Peu fréquent | Infrequent
Sireniens	Trichechidae	*Trichechus senegalensis* (Link, 17995)	Lamantin | African manatee	Peu fréquent | Infrequent

mammals, with about twenty species. These are animals that walk on their nails (unguligrades) and have an even number of digits (2 or 4). The six species of duikers can be found throughout the territory, especially in protected areas. They are better represented in forest regions. In the savanna, they frequent the gallery forests and the shrub. They are characterized by ant-orbital glands which open onto a naked line. This order is also among those suffering the most from poaching in Côte d'Ivoire.

ORDER PROBOSCIDEA

This order is represented by only one family, with only one species and two subspecies, the African bush elephant (*Loxodonta africana africana*) and the African forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*). Research has revealed that these subspecies are distinct species. An individual elephant weighs 3 to 7 t and measure 2 to 4 m in height.

The elephant is an emblematic species of the country and a symbol of conservation. Indeed, elephants need a large living space of 150 to 350 km^2 minimum. By protecting them, we

L'ORDRE DES ARTIODACTYLES

Les artiodactyles sont les mieux représentés parmi les grands mammifères avec une vingtaine d'espèces. Ce sont des animaux qui marchent sur leurs ongles (onguligrades) et ont un nombre pair de doigts (2 ou 4). Les six espèces de céphalophes se retrouvent sur toute l'étendue du territoire, surtout dans les aires protégées. Elles sont mieux représentées dans les régions forestières. En savane, elles fréquentent les galeries forestières et les broussailles. Elles sont caractérisées par des glandes préorbitaires s'ouvrant sur une ligne nue. Cet ordre est aussi parmi ceux qui subissent le plus l'effet du braconnage en Côte d'Ivoire.

L'ORDRE DES PROBOSCIDIENS

Cet ordre est représenté par une seule famille avec une seule espèce et deux sous-espèces ; l'éléphant de savane (*Loxodonta africana africana*) et l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*). Certains travaux démontreraient que ces sous-espèces seraient en réalité des espèces distinctes. Un individu pèse entre 3 à 7 t et atteint 2 à 4 m de haut.

L'éléphant est une espèce emblématique pour le pays mais aussi un symbole de conservation. En effet, les éléphants ont besoin d'un grand espace vital de 150 à 350 km^2 au minimum. En les protégeant, on protège indirectement de nombreuses espèces animales qui vivent dans ce milieu. La reproduction est très lente chez ces animaux car la durée de gestation est de 22 mois, soit plus de deux fois supérieure à celle de l'homme. Par jour, un éléphant peut manger près de 200 kg de végétaux et boire 120 l d'eau. Il est de ce fait, très lié à l'eau et fréquente les points d'eau et les cours d'eau. C'est un animal végétarien (consomme les feuilles, herbes, écorces, etc.), et friand des fruits qu'il consomme beaucoup pendant sa période de maturation. En saison sèche, il peut creuser des puits dans les lits des cours d'eau à l'aide de ses canines développées en défenses. Ces défenses lui permettent aussi d'écorcer les arbres ou de les déraciner. Certains animaux profitent de ces nouveaux points d'eau creusés par l'éléphant et d'autres parcourent ses chemins pour consommer les graines de fruits contenues dans ses crottes.

Aujourd'hui, en Côte d'Ivoire, les éléphants se trouvent essentiellement dans les aires protégées (certains parcs nationaux et forêts classées). Si des efforts de conservation sont encore faits dans les parcs, ce n'est pas souvent le cas dans les forêts classées où les éléphants partagent l'**habitat**↗ avec les agriculteurs.

indirectly protect numerous other animal species living in their environment. Reproduction is very slow in these animals, because the gestation period is 22 months, i.e. more than twice the human term. An elephant can eat almost 200 kg of plant material and drink 120 l of water per day. Due to this fact, it is very closely associated with water and frequents waterbodies and waterways. It is a vegetarian animal (feeding on leaves, herbs, bark, etc.) and loves fruit, which it eats in abundance during its ripening period. In the dry season, it can dig wells in waterway beds by using its canines developed for defense. These enable it to remove bark from trees and uproot them. Some animals benefit from these new water bodies dug by the elephant, and others follow in its path in order to eat the seeds contained in the fruit droppings.

In Côte d'Ivoire today, elephants are found mainly in protected areas (some national parks and classified forests). Though conservation efforts continue in the parks, this is not really the case in classified forests, where elephants share the **habitat**↗ with farmers.

Fig. 5.14: Plantation de bananiers dévastée par des éléphants à proximité de la Forêt classée du Haut-Sassandra (janvier 1995). | Banana plantation devastated by elephants close to the Haut-Sassandra Classified Forest (January 1995). SOU

L'ORDRE DES SIRENIENS

Il est représenté par une seule espèce qui est *Trichechus senegalensis* (le lamantin) qui vit dans les eaux douces et **saumâtres**↗. C'est un animal aquatique de grande taille avec une peau plissée et entièrement nue. Les membres antérieurs sont transformés en nageoires et les membres postérieurs ne sont pas visibles. La queue est une nageoire horizontale. Il est nocturne et végétarien consomme des **algues**↗, herbes marines et plantes aquatiques d'eau douce. La gestation dure 150 à 180 jours et donne naissance à un ou deux petits qui sont allaités pendant 18 mois. Le Lamantin vit en famille, composée d'un mâle, d'une femelle et d'un ou de deux jeunes d'âge différent.
Le lamantin est plus rencontré dans le Sud Ouest de la Côte d'Ivoire dans les lagunes et fleuves (Bandama, Sassandra, Comoé, etc.).

MENACES

Les principales causes de menaces des grands mammifères en Côte d'Ivoire sont les pressions **anthropiques**↗ qui entraînent la perte des habitats, surtout le braconnage. En effet, la superficie forestière est passée de 16 millions ha en 1950 à moins de 2 millions d'ha de nos jours. Cette pression anthropique est généralement représentée par les activités agropastorales, l'exploitation forestière anarchique, la chasse et l'orpaillage. Les activités agricoles dans les aires de répartition des grands mammifères, notamment celles de l'éléphant, engendrent des conflits entre les hommes et les animaux (Fig. 5.12 & 5.13). Ces conflits, liés à la destruction des cultures (Fig. 5.14) ou des récoltes par des animaux, conduisent généralement à l'abattage de ces derniers et souvent à des blessures ou malheureusement à des pertes en vie humaine.
Par ailleurs, le réchauffement climatique entraînant la perturbation du climat peut imposer la migration ou exiger une adaptation rapide, quasiment impossible aux mammifères.

ORDER SIRENIA

They are represented by only one species, *Trichechus senegalensis* (the African manatee) that lives in fresh and **brackish**↗ waters. It is a large-sized aquatic animal with wrinkled skin and is completely hairless. The front limbs have transformed into fins and the rear limbs are not visible. The tail is a horizontal fin. This species is nocturnal and vegetarian (feeding on **algae**↗, sea grass and freshwater aquatic plants). Gestation lasts for 150 to 180 days and results in the birth of one or two young that are nursed for 18 months. It lives in a family consisting of a male and a female with one or two juveniles of different ages.
The African manatee is mostly found in the South-West of Côte d'Ivoire in lagoons and rivers (Bandama, Sassandra, Comoé, etc.)

THREATS

The main cause of threats to large mammals in Côte d'Ivoire is man-made pressure leading to habitat loss, first of all poaching. Indeed, the forest area went from 16 million ha in 1950 down to less than 2 million ha today. These **anthropogenic**↗ pressures are generally due to agricultural and animal husbandry activities, anarchic forest exploitation, hunting and gold washing. The agricultural activities in the areas of distribution of large mammals, notably of the elephant, lead to conflicts between Man and animals (Fig. 5.12 & 5.13). These conflicts connected with the destruction of crops (Fig. 5.14) or harvests generally lead to the slaughter of these animals and often to wounds or loss of human life, unfortunately.
Moreover, global warming leads to climate disturbance and could impose migration or require rapid, almost impossible, adaptation from mammals.

Les éléphants en Côte d'Ivoire

Frauke FISCHER

L'éléphant (*Loxodonta africana*) est le plus grand **mammifère**↗ terrestre au monde. Malgré sa grande taille et sa capacité d'adaptation à une variété d'**habitats**↗ allant du désert à la savane et à la forêt dense, l'éléphants est sévèrement menacé de disparition dans la grande majorité de son territoire d'autrefois et est listé comme « vulnérable » sur la Liste Rouge 2008 de l'UICN.

Il y a un débat en cours sur la classification **taxonomique**↗ des éléphants et certains spécialistes pensent que les éléphants de la savane et les éléphants de la forêt sont deux espèces distinctes ; ils suggèrent le nom de *L. cyclotis* pour l'espèce de la forêt. Certains spécialistes ont suggéré que les éléphants d'Afrique occidentale soient une troisième espèce. Puisqu'il faut une recherche complémentaire pour clarifier cette question ouverte, le Groupe UICN de Spécialistes de l'éléphant africain propose de parler de tous les éléphants africains comme appartenant à une seule espèce.

La Côte d'Ivoire abritait autrefois une des plus importantes populations d'éléphants d'Afrique occidentale. Même s'il n'existe aucune population d'éléphants pré-coloniale, on peut supposer qu'à cause de la structure de la végétation, du modèle de précipitations et de la densité de la population humaine, le nombre d'éléphants doit avoir été extrêmement important. Avec une zone de savane présumée d'environ la moitié de la superficie totale du pays qui est de 322 460 km², la population d'éléphants de la savane de Côte d'Ivoire seul pourrait bien avoir atteint 165 000, et plus de 300 000 têtes. Cependant, les empires pré-coloniaux existaient et les guerres, le commerce de l'ivoire et la destruction de l'habitat dus aux cultures pourraient bien avoir eu une plus grande influence sur les populations d'éléphants en Afrique occidentale par rapport à celles d'Afrique orientale et australe, même bien avant l'arrivée des Européens. Malgré ces effets négatifs précoces, le nombre d'éléphants est resté élevé jusqu'à l'établissement des structures coloniales en Afrique occidentale et cela a même donné le nom « Côte d'Ivoire », comme les pouvoirs coloniaux ont baptisé la région d'Afrique occidentale qui était la plus riche en éléphants (ou du moins en défenses d'éléphant). Bien que cela reflète dans une certaine mesure, l'importance des ports de Côte d'Ivoire pour le commerce international de l'ivoire (avec une partie de l'ivoire en provenance d'autres régions), cela donne une idée des immenses populations d'éléphants qui y vivaient à l'époque.

En dépit des avertissements, le nombre d'éléphants a diminué rapidement au cours du siècle dernier en Côte d'Ivoire et aujourd'hui il ne reste plus que des troupeaux d'éléphants isolés et relativement peu nombreux. La diminution du nombre d'éléphants de savane a été plus forte pendant les périodes de grande activité du commerce de l'ivoire, tandis que le nombre d'éléphants de forêt a diminué rapidement avec la destruction de leurs habitats. Il est plus probable que les nombres des éléphants ai baissé dans tous leurs sites et habitats de façon significative durant les derniers décennies, remettant en question la survie même des éléphants en Côte d'Ivoire. Les principaux habitats des éléphants dans la forêt (PN Taï) et dans la savane (PN Comoé) demeurent intacts mais l'immigration potentielle en provenance d'autres sites, voire la réintroduction des éléphants demandent une amélioration significative de la gestion des parcs et de la conservation de la nature en Côte d'Ivoire.

Elephants in Côte d'Ivoire

The elephant (*Loxodonta africana*) is the largest land-dwelling **mammal**↗ on earth. Despite its large size and its capacity to adapt to a variety of **habitats**↗ from deserts to savannas and dense forest, elephants are severely threatened over most of its former range and are listed as "vulnerable" on the 2008 IUCN Red List.

There is an ongoing debate about the **taxonomic**↗ classification of elephants and some specialists believe that savanna elephants and forest elephants are two distinct species; they suggest the name *L. cyclotis* for the forest species. Some specialists suggested that West African Elephants are a third species. Since additional research is needed to clarify this open question the IUCN African Elephant Specialist Group proposes to refer to all African elephants as members of one single species.

Côte d'Ivoire once hosted probably one of the largest elephant populations in West Africa. Even though no estimates of the pre-colonial elephant population exist, we can assume that due to vegetation structure, rainfall pattern and human population density, elephant numbers must have been tremendous. With an assumed savanna area of roughly half of the country's 322 460 km², Côte d'Ivoire's savanna elephant population alone might once have reached between 165 000 and well over 300 000 animals. However, pre-colonial empires existed and wars, the ivory trade and habitat destruction due to cultivation might have probably had a greater impact on West African elephant populations compared to those in eastern and southern Africa even well before the arrival of the Europeans. Despite these early negative effects, elephant numbers remained high untill the establishment of colonial structures in West Africa, resulting in the name "Côte d'Ivoire", given by the colonial powers to the area in West Africa that was richest in elephants (or at least elephant tusks). Although this may reflect to a certain extent the importance of Côte d'Ivoire's harbours for the international ivory trade (with part of the ivory coming from other areas) it hints to the large elephant populations prevalent at that time.

Despite early warnings, elephant numbers decreased rapidly over the last century in Côte d'Ivoire resulting in small, isolated patches of elephant populations. While savanna elephants suffered more during peak times of the ivory trade, forest elephant numbers declined rapidly with the destruction of their habitat. It is most likely that elephant numbers in all habitats and sites dropped significantly during the last decade making the long-term survival of elephants in Côte d'Ivoire at least questionable if not unlikely.

Major elephant habitats in the forest (Taï NP) and savanna (Comoé NP) remain intact, but potential immigration from other sites or even re-introduction of elephants would require a significant improvement of park management and nature conservation in Côte d'Ivoire.

Fig. 5.15: *Loxodonta africana* NFA

5.5 Les primates

Inza KONE
Sery GONEDELE BI

DIVERSITE

La Côte d'Ivoire présente la plus grande diversité de primates en Afrique de l'Ouest. On y dénombre 23 espèces et sous-espèces réparties en deux sous-ordres : les prosimiens généralement nocturnes qui constituent la plus primitive et les anthropoïdes généralement diurnes qui constituent la forme la forme la plus évoluée.
La Côte d'Ivoire compte 4 espèces de prosimiens appartenant à deux familles : le galago de Demidoff (*Galagoides demidoff*), le galago du Sénégal (*Galagoides senegalensis*) et le galago de Thomas (*Galagoides thomasi*) appartenant à la famille des Galagonidae et le potto de Bosman (*Perodicticus potto*) appartenant à la famille des Loridae.
Les anthropoïdes de Côte d'Ivoire se répartissent en deux super-familles : les Hominoïdae ou grands singes et les Cercopithecoïdae ou singes à queue. Le chimpanzé Ouest africain (*Pan troglodytes verus*) est la seule espèce de grand singe présente en Côte d'Ivoire. Les singes à queue sont très diversifiés et se regroupent en deux sous-familles : les Cercopithecinae avec 12 représentants répartis entre les genres *Cercopithecus, Erythrocebus, Cercocebus* et *Papio* et les Colobinae avec 6 représentants répartis entre les genres *Colobus, Procolobus* et *Piliocolobus*.

MENACES

Les principales menaces qui pèsent sur les primates de Côte d'Ivoire sont la chasse de subsistance, la chasse commerciale et la destruction des **habitats**↗ notamment causer par l'exploitation de grumes et la création de plantations familiales ou industrielles.
Bien qu'étant formellement interdite en Côte d'Ivoire depuis 1974, la chasse est une pratique courante dans toutes les régions y compris dans les parcs et réserves. La chasse commerciale, forme la plus dévastatrice, est pratiquée pour le trafic d'animaux vivants; mais surtout pour la vente de viande de gibier. En effet, un important commerce de viande gibier s'est développé dans le secteur informel sur toute l'étendue du territoire ivoirien. Le prélèvement annuel de viande de gibier commercialisé en Côte d'Ivoire était estimé à 100 000 t en 1996 avec une valeur marchande équivalente à 1,4 %

Primates

DIVERSITY

In West Africa, Côte d'Ivoire presents the largest diversity of primates where 23 species and subspecies have been counted. They are divided into two suborders: generally nocturnal prosimians that make up the most primitive form and anthropoids that are generally diurnal that constitute the most evolved form. Côte d'Ivoire hosts four species of prosimians belonging to two families: Demidoff's galago (*Galagoides demidoff*), the Senegal galago (*Galagoides senegalensis*) and Thomas dwarf galago (*Galagoides thomasi*) belong to the Galagonidae, and the potto (*Perodicticus potto*) belongs to the Loridae.
The anthropoids in Côte d'Ivoire are divided into two superfamilies: Hominoidea or large apes and Cercopithecoidea or monkeys with tails. The savanna chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) is the only large ape species present in Côte d'Ivoire. The monkeys with tails are very diversified and are grouped into two subfamilies: the Cercopithecinae with 12 representatives divided into the genera *Cercopithecus, Erythrocebus, Cercocebus* and *Papio* and the Colobinae with 6 representatives belonging to the genera *Colobus, Procolobus* and *Piliocolobus*.

THREATS

The main threats for primates in Côte d'Ivoire are subsistence and commercial hunting and destruction of **habitats**↗ especially due to logging and creation of plantations.
Even though formally forbidden in Côte d'Ivoire since 1974, hunting is a current practice in all regions including parks and reserves. Commercial hunting, the most devastating form, is practiced for trafficking live animals, but most of all for selling game meat. Indeed, a significant trade of game meat has developed in the informal sector throughout the Ivorian territory. The annual removal of commercialized game meat in Côte d'Ivoire is estimated at 100 000 t in 1996 with a commercial value equivalent to 1.4 % of the national GDP, greater than that of livestock. After duikers, monkeys are the animals the most affected by hunting pressure. The majority of primate species

Tab. 5.4: Classification des singes à queue rencontrés en Côte d'Ivoire. | Classification of monkeys with tails found in Côte d'Ivoire.

Sous-famille des Cercopithecinae | Subfamily of Cercopithecinae		
Genre *Cercopithecus* | Genus *Cercopithecus*		
	Cercopithèque diane | Diana monkey	: *Cercopithecus diana diana*
	Cercopithèque diane roloway | Roloway guenon	: *Cercopithecus diana roloway*
	Cercopithèque blanc-nez | Lesser white-nosed monkey	: *Cercopithecus petaurista petaurista* : *Cercopithecus petaurista buettikoferi*
	Hocheur | Greater spot- nosed guenon	: *Cercopithecus nictitans stampflii*
	Mone de Campbell | Campbell's monkeys	: *Cercopithecus campbelli campbelli*
	Mone de Lowe | Lowe's guenon	: *Cercopithecus campbelli lowei*
	Singe vert | Vervet monkey	: *Cercopithecus aethiops sabaeus*
Genre *Erythrocebus* | Genus *Erythrocebus*		
	Singe rouge ou patas | Patas monkey	: *Erythrocebus patas*
Genre *Cercocebus* | Genus *Cercocebus*		
	Cercocèbe enfumé | Mangabeys	: *Cercocebus atys atys*
	Cercocèbe couronné | White-crowned mangabey	: *Cercocebus atys lunulatus*
Genre *Papio* | Genus *Papio*		
	Babouin droguera | Olive baboon	: *Papio anubis*
Sous-famille des Colobinae | Subfamily of Colobinae		
Genre *Colobus* | Genus *Colobus*		
	Colobe blanc et noir d'Afrique Occidentale | Western black-and-white colobus	: *Colobus polykomos polykomos*
	Colobe de Geoffroy | Ursine colobus	: *Colobus velerosus*
	Colobe de Dolman | West African black-and-white colobus monkey	: *Colobus dollmani*
Genre *Procolobus* | Genus *Procolobus*		
	Colobe vert | Olive colobus	: *Procolobus verus*
Genre *Piliocolobus* | Genus *Piliocolobus*		
	Colobe bai d'Afrique Occidentale | Western red colobus	: *Piliocolobus badius badius*
	Colobe bai de Miss Waldron | Miss Waldron's red colobus	: *Piliocolobus badius waldronae*

in the Taï forest region, one of the best conserved regions in Côte d'Ivoire, are subject to strong hunting pressure. This strong pressure has led to the "syndrome of empty forests", referring to forests in the East of Côte d'Ivoire that, though relatively intact, have been emptied of the majority of their animals. Some species such as the red colobus (*Piliocolobus badius*), the diana monkey (*Cercopithecus diana*), western black-and-white colobus, ursine colobus and the West African black-and-white colobus monkey have disappeared from the majority of forests even if the forest itself has not been destroyed.

Côte d'Ivoire is one of the tropical countries with the highest rates of deforestation. Since 1960, this country lost around 67 % of its original forest cover. In addition to intense forest exploitation, vast areas of forests have been replaced by family or industrial plantations of cacao, coffee, oil palms, etc. Today, the majority of still intact forests in the rural area are small-sized fragments and protected areas that are increasingly coveted by the peasants.

Other forms of threats to the survival of primates manifest through illnesses. They are oftentimes hard to detect except

du PIB national, supérieure à celle de la viande d'élevage. Les singes sont, après les céphalophes, les animaux les plus affectés par la pression de chasse. La plupart des espèces de primates dans la région de la forêt de Taï, l'une des mieux conservées de la Côte d'Ivoire, subissent une forte pression de chasse. Cette forte pression est telle qu'il y existe même le « syndrome des forêts vides » parlant des forêts de l'Est de la Côte d'Ivoire, qui bien que relativement intactes ont été vidées de la plupart de leurs animaux. Certaines espèces telles que le colobe bai (*Piliocolobus badius*), le cercopithèque diane (*Cercopithecus diana*), le colobe noir-et-blanc d'Afrique Occidentale, le colobe de Geoffroy et le colobe de Dolman ont disparu de la plupart des forêts où on les trouvait, quand ce ne sont pas ces forêts, elles mêmes, qui sont détruites.
La Côte d'Ivoire est l'un des pays tropicaux aux plus forts taux de déforestation. Depuis 1960, ce pays a perdu environ 67 % de son couvert forestier originel. En plus d'une exploitation forestière intensive, de vastes superficies de forêts ont été remplacées par des plantations familiales ou industrielles de cacaoyers, de caféiers, de palmiers à huile, etc. A ce jour, la plupart des forêts encore intactes dans le domaine rural sont des fragments, en majorité, de petite taille, et les aires protégées sont de plus en plus convoitées par les paysans.
D'autres formes de menaces sur la survie des primates sont représentées par les maladies. Elles sont parfois plus difficiles à détecter sauf lorsque des populations des primates sont sous observations continuelles comme c'est le cas dans le Parc National de Taï. En 1994, la mort d'un chimpanzé sauvage dans ce parc a été imputée à la fièvre hémorragique Ebola. Plus récemment, la maladie du charbon a fait plusieurs victimes parmi des chimpanzés du même parc.
La multiplication des contacts observée entre les humains et les singes a souvent favorisé la transmission de maladies dans les deux sens, ces animaux étant proches de l'homme au plan génétique. Les conséquences sont généralement dramatiques pour les animaux sauvages lorsqu'ils contractent des maladies nouvelles contre lesquelles ils n'ont pas encore développé de réponse immunitaire.

when primate populations are under continuous observation as is the case in the Taï National Park. In 1994, the death of a wild chimpanzee in this park was ascribed to Ebola hemorrhagic fever. More recently, Anthrax caused several victims among the chimpanzees of the same park.
The multiplication of contacts observed between humans and monkeys often favoured the transmission of disease in both directions, as these animals are genetically close to Man. The consequences are generally dramatic for wild animals when they contract new diseases against which they have not yet developed an immune response.

5.6 Le chimpanzé d'Afrique occidentale

Ilka HERBINGER
Dervla DOWD
Christophe BOESCH

CLASSIFICATION ET DISTRIBUTION

On trouve les chimpanzés (*Pan troglodytes*) dans toute l'Afrique tropicale et ils sont classés en quatre sous-espèces par les experts scientifiques. Le chimpanzé d'Afrique occidentale (*P. troglodytes verus*) est présent dans la toute la zone qui s'étend depuis le Sénégal et la Gambie jusqu'au Nigeria [25], et la Côte d'Ivoire représente une région fondamentale pour la distribution des espèces. Les populations de chimpanzés sauvages se trouvent dans toute la Côte d'Ivoire et vivent toujours dans de nombreux parcs nationaux et Forêts Classées du pays. Le Parc National de Taï et les Forêts Classées qui le bordent, comme Goin-Débé et Cavally, représentent l'une des régions les plus notoires abritant les populations de chimpanzés sauvages viables (Carte 5.1).

DEMOGRAPHIE ET ECOLOGIE DE *P. T. VERUS*

Les chimpanzés sont des animaux qui existent depuis longtemps et qui peuvent atteindre jusqu'à 50 d'âge en liberté [26]. Ils vivent traditionnellement dans une société en scission et en fusion et de ce fait changent de sous-groupe de compagnons de voyage sans cesse en moyenne sur leur territoire de 25 km^2 [27], à la recherche de sources de nourriture et se reposant dans des nids qu'ils font eux-mêmes dans un arbre différent chaque nuit. Les chimpanzés sont **omnivores**↗ et ont un régime varié, composé essentiellement de fruits, noix et feuilles. De plus, les chimpanzés d'Afrique occidentale sont connus pour leurs techniques de chasse coopérative, et sont des **prédateurs**↗ d'espèces de singes, principalement le colobe rouge (*Procolobus badius badius*) [26].

LA SITUATION DE CONSERVATION DE *P. T. VERUS*

Le chimpanzé d'Afrique occidentale est l'une des deux sous-espèces les plus menacées d'extinction [25]. Bien qu'elles soient toutes considérées en péril dans la Liste Rouge de l'IUCN 2008 [28], certaines populations dans certains pays ont déjà disparu, à savoir au Togo, au Bénin et éventuellement au Burkina Faso [29], les experts proposent de reclasser les chimpanzés d'Afrique

The West African Chimpanzee

CLASSIFICATION AND DISTRIBUTION

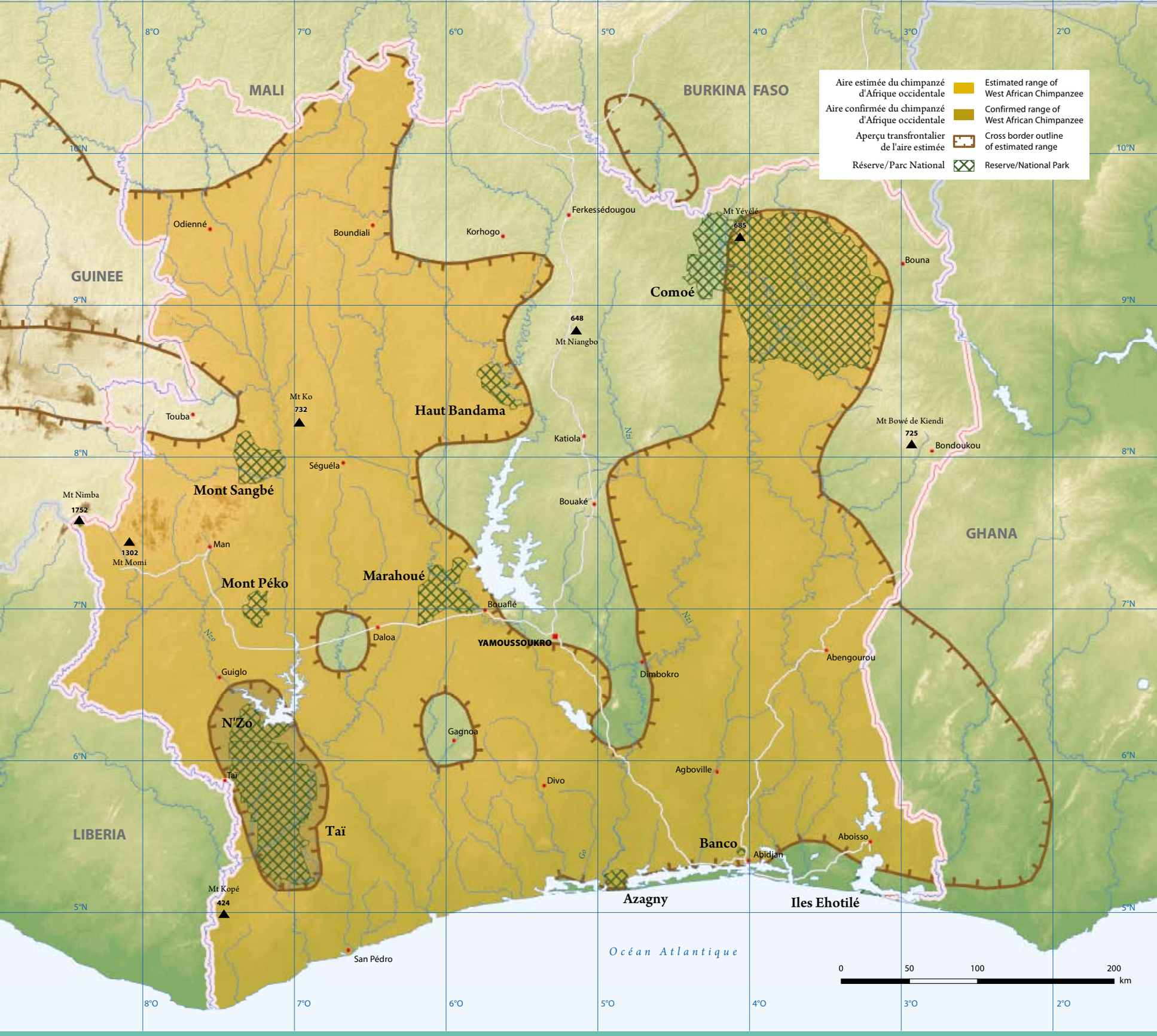
Chimpanzees (*Pan troglodytes*) are found throughout tropical Africa and are classified into four subspecies by scientific experts. The West African Chimpanzee (*P. t. verus*) ranges all the way from Senegal and Gambia to Nigeria [25], and Côte d'Ivoire represents a fundamental region for the species' distribution. Wild chimpanzee populations are found throughout Côte d'Ivoire and are still known to inhabit many of the country's national parks and Classified Forests, with the Taï National Park and the adjoining Classified Forests of Goin-Débé and Cavally representing one of the most notable regions sheltering viable wild chimpanzee populations (Map 5.1).

DEMOGRAPHY AND ECOLOGY OF *P. T. VERUS*

Chimpanzees are long-living animals, and can live up to 50 years of age in the wild [26]. They characteristically live in a fission-fusion society whereby changing subgroups travel throughout their territory, which is 25 km^2 on the average [27], searching for food sources and resting in self-made nests in a different tree each night. Chimpanzees are omnivorous↗ animals with a varied diet, feeding mainly on fruits, nuts and leaves. Moreover, the West African chimpanzee is notorious for its cooperative hunting techniques, predating↗ on monkey species, predominantly the red colobus (*Procolobus badius badius*) [26].

THE CONSERVATION STATUS OF *P. T. VERUS*

The West African chimpanzee is one the two most threatened by extinction [25]. Though all are considered endangered according to the IUCN's 2008 Red List [28], with certain national populations having already gone extinct, namely in Togo, Benin and possibly in Burkina Faso [29], experts are proposing to re-classify the West African chimpanzee as critically endangered. Côte d'Ivoire, however, is still thought to be one of



Carte 5.1: Distribution des chimpanzés en Côte d'Ivoire.
Map 5.1: Chimpanzee distribution in Côte d'Ivoire. [196]

occidentale comme en danger d'extinction. La Côte d'Ivoire, cependant est toujours supposée être un des derniers bastions restant pour le *P. t. verus*. Néanmoins, jusqu'en 2008, on pensait que 8 000 à 12 000 chimpanzés peuplaient la Côte d'Ivoire mais des études récentes ont montré un déclin inquiétant de 90 % du nombre de chimpanzés durant les 17 dernières années [30]. Si ce déclin se poursuit à ce rythme et devient représentatif de ce qui se passe dans les pays avoisinants, la survie des chimpanzés en Afrique occidentale est gravement menacée.

Fig. 5.16: Deux enfants chimpanzés dans le Parc National de Taï. | Two infant chimpanzees in the Taï National Park. SME

CHIMPANZES ET BIODIVERSITE COMPORTEMENTALE

En Côte d'Ivoire, seuls les chimpanzés sont connus pour vivre dans différents types d'environnements allant des forêts tropicales denses, comme dans le Parc National de Taï au sud-ouest jusqu'aux vastes territoires de la savane du Parc National de Comoé au nord-est. Des différences aussi considérables au niveau du type d'**habitat**↗ peuvent influencer les divers comportements au sein d'une même espèce. Au cours des 30 dernières années, les chimpanzés vivant dans le Parc National de Taï ont fait l'objet d'études approfondies. Le Prof. Christophe Boesch, Fondateur du Projet Chimpanzé Taï et Directeur du Département de Primatologie de l'Institut Max Planck pour l'Anthropologie Evolutionnaire de Leipzig en Allemagne, a fait des recherches et des études sur des comportements uniques, montrés par quatre communautés voisines de chimpanzés. Aucune étude à long terme n'avait été faite sur les populations de chimpanzés trouvées dans les régions de savane de Côte d'Ivoire. Néanmoins, les comparaisons faites entre les quatre groupes et

the last remaining strongholds for *P. t. verus*. Nonetheless, until 2008, it was thought that 8 000-12 000 chimpanzees populated Côte d'Ivoire, but recent surveys have shown a disturbing 90 % decline in numbers over the past 17 years [30]. If the decline in numbers will continue at this rate and is representative for other neighbouring countries, the survival of the West African chimpanzee is highly threatened.

CHIMPANZEES AND BEHAVIOURAL BIODIVERSITY

In Côte d'Ivoire alone, chimpanzees are known to inhabit many different types of environments, ranging from the dense tropical rain forests, such as the Taï National Park in the southwest, to the open savanna lands of the Comoé National Park in the North-East. Such pronounced differences in **habitat**↗ type can influence the different behaviours in the same species. Over the past 30 years, chimpanzees living in the Taï National Park have been studied extensively. Prof. Christophe Boesch, Founder of the Taï Chimpanzee Project and Director of the Primatology Department at the Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology in Leipzig, Germany, has been researching and studying the unique behaviours displayed by four neighboring communities of chimpanzees. No long-term study has ever been carried out on the chimpanzee populations encountered in the savanna regions of Côte d'Ivoire. Nonetheless, comparisons made between the four groups and between other subspecies populations have demonstrated a wide variation of behavioural differences in chimpanzees, particularly concerning the use of tools. For example, it is commonly known that the Taï National Park chimpanzees crack the nuts of the coula (*Coula edulis*) and panda (*Panda oleosa*) trees [26] (Fig. 5.17). Such trees are also found in Central Africa though no populations of the central chimpanzee (*P. t. troglodytes*) crack and eat these nuts. Moreover, even though these trees are widespread in West Africa, not all populations of *P. t. verus* display this behaviour [31],

Fig. 5.17: Femelle adulte chimpanzé avec un enfant, montrant leur façon typique de casser les noix dans le Parc National de Taï. | Adult female chimp with infant displaying their typical nut-cracking behaviour, in the Taï National Park. CBO

entre d'autres populations de sous-espèces ont démontré une grande différence comportementale chez les chimpanzés, en particulier en ce qui concerne l'utilisation d'outils. Par exemple, on sait communément que les chimpanzés du Parc Nationale de Taï ouvrent les noix du Coula (*Coula edulis*) et des arbres Panda (*Panda oleosa*) [26] (Fig. 5.17). Ces arbres se trouvent aussi en Afrique Centrale bien que, dans cette région, les populations de chimpanzés (*P. troglodytes troglodytes*) n'ouvrent pas ces noix et ne les mangent pas non plus. De plus, même si ces arbres sont très largement répandus dans toute l'Afrique occidentale, toutes les populations de *P. t. verus* n'affichent pas ce comportement [31] et cela suggère de ce fait que des différences culturelles existent même au sein d'une sous-espèce donnée [26]. Cette variation de comportement souligne les niveaux importants de **biodiversité**↗ trouvés au sein d'une même espèce et souligne l'importance de la protection des chimpanzés d'Afrique occidentale ainsi que les autres sous-espèces endémiques à l'Afrique.

MENACES POUR LEUR SURVIE

Les chimpanzés, ainsi que la plupart des autres espèces de la **faune**↗ endémique protégée et menacées de la Côte d'Ivoire, continuent à être menacés par toute une série de facteurs, dont les plus courants sont le braconnage et la destruction de l'habitat. Les chimpanzés étant des animaux territoriaux, la déforestation de leurs habitats réduit la taille de leur territoire et par conséquent, la disponibilité des ressources alimentaires suffisantes pour supporter les groupes qui peuvent atteindre jusqu'à 80 têtes [26]. De plus, le commerce de la viande de brousse est très important dans tout le pays. Une étude menée en 1996 a révélé qu'un total disproportionné de 35,5 millions d'animaux sauvages, représentant un total de 120 000 t, avait été consommé dans tout le pays et les chimpanzés représentaient jusqu'à 3 % de ce chiffre [32] (Fig. 5.19). Néanmoins dans plusieurs villages autour du Parc National de Taï, les chimpanzés sont considérés comme des « totems » et pour cette raison, il est interdit de les chasser et de les tuer. [33] Certaines cérémonies villageoises traditionnelles fêtent même les chimpanzés avec des chants et des danses et incarnent ce qu'ils croient être leurs ancêtres qui vivaient dans la forêt (Fig. 5.18). Toutefois, à moins que ces traditions ne soient conservées et soutenues, avec le faible taux de reproduction des chimpanzés qui empêche une repopulation rapide et avec une densité de population qui augmente et cause des pressions anthropogéniques qui deviennent de plus en plus importantes jusqu'à

thereby suggesting that cultural differences exist even within a given subspecies [26]. Such behavioural variation highlights the significant biodiversity↗ levels found within just one species, thus emphasizing the importance of conserving the West African chimpanzee and three other endemic African subspecies.

THREATS TO THEIR SURVIVAL

Chimpanzees, along with most of the other Côte d'Ivoire – endemic, endangered and protected wildlife, continue to be threatened by an array of factors, most notably poaching and habitat destruction. As chimpanzees are territorial animals, the deforestation of their habitats reduces the size of their territory, thereby reducing the availability of sufficient food resources that would sustain groups that can have as many as 80 individuals [26]. Moreover, the bushmeat trade is prominent throughout the country. A study carried out in 1996 showed that a disproportionate 35.5 million wild animals, totaling 120 000 t, had been consumed throughout the country, and chimpanzees made up 3 % [32] (Fig. 5.19). Nonetheless, in several villages around the Taï National Park, the chimpanzee is regarded as a "totem" and, therefore, it is considered taboo to hunt and kill them [33]. Certain traditional village festivals even celebrate chimpanzees through song and dance, epitomizing what they believe to be their forest-dwelling ancestors (Fig. 5.18). Even so, unless such traditions are maintained and encouraged, the slow reproductive rate of chimpanzees hindering fast repopulation and the continued increase in human population density, which escalates anthropogenic↗ pressures and results in more unsustainable hunting and deforestation rates, the threats to the survival of the West African chimpanzee will only intensify.

THE LONG-TERM SURVIVAL OF CHIMPANZEES

In recent times, civil unrest has meant that conservation efforts have been given a low priority. Having worked in Côte d'Ivoire for 30 years, and having witnessed the obvious decline in chimpanzee numbers, Prof. Christophe Boesch and his wife Hedwige Boesch founded the Wild Chimpanzee Foundation (WCF) to contribute to the long-term survival of this species. By combining population spatial distribution studies with education projects carried out in regions known to hold the last remaining wild chimpanzee populations, the WCF promotes the importance of chimpanzee conservation. Studies carried out by the

atteindre des taux de moins en moins durables de chasse et de déforestation, les menaces qui pèsent sur la survie des chimpanzés d'Afrique occidentale ne peut que s'intensifier.

LA SURVIE DES CHIMPANZES A LONG TERME

Récemment, les troubles civils ont fait que les efforts de protection ont reçu très peu d'attention. Le Prof. Christophe Boesch et son épouse, Hedwige Boesch, ont créé la Fondation du Chimpanzé Sauvage (WCF) dont le but est de contribuer à la survie de l'espèce sur le long terme, ceci après avoir travaillé en Côte d'Ivoire pendant 30 ans et avoir constaté le déclin évident du nombre de chimpanzés. En alliant études de distribution spatiale de la population et projets éducatifs menés dans les régions connues pour abriter les dernières populations sauvages de chimpanzés, la WCF met en avant l'importance de la protection des chimpanzés. Les études faites par l'organisation ont déjà eu une influence positive sur l'attitude à avoir vis-à-vis des chimpanzés et leur perception dans les communautés rurales vivant aux alentours du Parc National de Taï, avec presque 50 % des habitants questionnés promettant de ne plus chasser ni manger de chimpanzés [34]. Les études sur la population ont également confirmé ces résultats, et le nombre de chimpanzés atteint un niveau de stabilité dans les limites du parc, aux alentours de 516 têtes environ, le chiffre variant de 314 à un maximum de 847 [35].

CONCLUSION

La recherche sur le long terme a montré que les chimpanzés sont sociaux et intelligents. Leur comportement, à savoir l'utilisation extensive des outils, et nous savons que les chimpanzés de Taï utilisent 26 types différents d'outils, est un des faits les plus importants qui les distingue de tous les autres grands singes. De plus, les différences marquées au sein d'une même espèce en ce qui concerne leur comportement, démontre encore davantage les niveaux élevés de diversité pour une seule espèce. En qualité d'espèce endémique à l'Afrique occidentale, le *P. t .verus* agit comme espèce porte-drapeau non seulement pour la Côte d'Ivoire mais l'Afrique occidentale toute entière. En encourageant une approche en collaboration des efforts de protection avec les institutions gouvernementales et non gouvernementales ainsi que les communautés locales vivant dans les régions qui abritent les chimpanzés d'Afrique occidentale, une contribution significative de la protection des niveaux importants de biodiversité en Afrique occidentale peut se faire.

organization have already shown a positive change in attitude and perception towards chimpanzees in rural communities living around the Taï National Park. Nearly 50 % of interviewed inhabitants pledged to no longer hunt or eat chimpanzees [34]. Population studies have further confirmed these findings and the abundance of chimpanzees, at an estimated average of 516 individuals ranging from a minimum of 314 to a maximum of 847, is reaching a stable level within the park's boundaries [35].

CONCLUSION

Long-term research has shown that chimpanzees are highly social and highly intelligent animals. Their extensive tool-use behaviours, of which Taï chimpanzees are known to use 26 different types of tools, are one of the most prominent features that distinguish it from any other of the great apes. Moreover, marked intra-species differences in behaviour further demonstrate high diversity levels for a single species. As an endemic species to West Africa, *P. t. verus* acts as a flagship species not only for Côte d'Ivoire, but for all of West Africa. By encouraging a collaborative approach towards conservation efforts by governmental and non-governmental institutions including local communities living in regions with the West-African chimpanzee, a significant contribution to the conservation of West Africa's important levels of biodiversity can be made.

Fig. 5.18: Danse traditionnelle de masque incarnant un chimpanzé, considéré comme un ancêtre forestier du peuple du village. | Traditional village mask dance epitomizing a chimpanzee, regarded as the villages forest-ancestors. IHE

Fig. 5.19: Maho Réné N'Gbesso: viande de brousse exposée dans un village en bordure de la Forêt Classée du Cavally. | Maho Réné N'Gbesso: Bushmeat on display in a village bordering the Cavally Classified Forest. IHE

5.7 Les chauves-souris – Histoire de la recherche, savoir actuelle et perspectives

Jakob FAHR

HISTOIRE DE LA RECHERCHE SUR LES CHAUVES-SOURIS

La dernière étude exhaustive sur les chauves-souris d'Afrique occidentale remonte à plus de 40 ans [36]. Non seulement notre savoir a considérablement évolué grâce à de nouvelles méthodes, de nouvelles approches de recherche et des collections plus vastes, mais aussi la **taxonomie**↗ et la phylogénie ont été des domaines très actives. En Afrique occidentale, seulement peux d'études se sont concentrées sur des chauves-souris provenant de zones plus étendues comme l'ensemble d'un pays complet. Bien que plusieurs études aient traité des chauves-souris de Côte d'Ivoire (Tab. 5.5), aucun effort n'a été fait pour rassembler et réviser les informations déjà disponibles. La dernière tentative de recenser les espèces de chauves-souris connues en Côte d'Ivoire fut la publication de Koopman *et al.* [37], énumérant en tout 60 espèces pour ce pays. Depuis lors, aucune espèce supplémentaire n'a été répertoriée en Côte d'Ivoire [38].

Avant notre travail sur le terrain, les zones les plus étudiées de Côte d'Ivoire fuent Adiopodoumé ([40, 45, 46, 47, 48] ; vastes collections à Genève, Paris, Tervuren et Amsterdam), Lamto ([44, 51, 50] ; vastes collections à Paris et Amsterdam) et le Parc National de Taï [51, 57, 38, 58]. Une collection importante et non publiée de la Côte d'Ivoire, comprise dans le Projet **Mammifères**↗ d'Afrique, se trouve à Washington, D.C. [60]. D'autres collections importantes de Côte d'Ivoire se trouvent à Chicago, Toronto, Los Angeles et New York. Des **spécimens**↗ rassemblés par le Projet Ebola OMS [61], dans le Parc National de Taï, sont actuellement entreposés à la Station Biologique de Paimpont (Université de Rennes 1). En général, le nombre total de spécimens de chauves-souris de Côte d'Ivoire conservés dans les muséums d'histoire naturelle et d'autres institutions éducatives, dépasse largement les 2 600 spécimens (Carte 5.2).

Nos études sur les chauves-souris en Côte d'Ivoire ont débuté en 1993 et 1995 avec des études préliminaires dans le Parc National de Comoé. Depuis 1999, nous avons fait des échantillonnages de chauves-souris, de manière intensive, dans cette dernière zone et

Bats – History of research, current knowledge, and future prospects

HISTORY OF BAT RESEARCH

The last comprehensive treatment of West African bats dates back to more than 40 years [36]. Not only has our knowledge considerably grown through new methods, new research approaches and expanding collections, but also taxonomy↗ and phylogeny have been very active fields. Within West Africa, very few comprehensive studies have focused on bats in larger regions such as countries. Although several studies have dealt with bats from Côte d'Ivoire (Tab. 5.5), no attempt had been made to gather and review available information. The latest but rather sketchy attempt to summarize bat species known in Côte d'Ivoire was the publication by Koopman *et al.* [37], listing a total of 60 species for this country. Since then, one additional species has been recorded in Côte d'Ivoire [38].

Prior to our field work, the best-studied areas in Côte d'Ivoire were Adiopodoumé ([40, 45, 46, 47, 48]; large collections in Geneva, Paris, Tervuren, Amsterdam), Lamto ([44, 51, 50]; large collections in Paris and Amsterdam), and Taï National Park [51, 57, 38, 58]. Extensive and mostly unpublished collections from Côte d'Ivoire as part of the African Mammal↗ Project are housed in Washington, D.C. [60]. Other important collections from Côte d'Ivoire are housed in Chicago, Toronto, Los Angeles, and New York. Specimens↗ collected by the WHO Ebola Project [61] in Taï National Park are currently deposited at the Station Biologique de Paimpont (Université de Rennes 1). Overall, the total number of bat specimens from Côte d'Ivoire curated in natural history museums and other academic institutions is well over 2 600 (Map 5.2).

Our own work in Côte d'Ivoire started in 1993 and 1995 with preliminary surveys of bats in Comoé National Park. Since 1999, we intensively sampled bats in the latter area and in Taï National Park, while shorter surveys were conducted in Mont Sangbé and Banco National Parks (Map 5.2). These studies were part of the BIOTA↗ research programme and focused on the ecology, conservation and taxonomy of bats [62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72].

dans le Parc National de Taï, alors que des études sur une plus courte durée furent menées dans les Parcs Nationaux du Mt Sangbé et du Banco (Carte. 5.20). Ces études étaient faites dans le cadre du programme de recherche **BIOTA**↗ et se concentraient sur l'écologie, la protection et la taxonomie de chauves-souris [62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72].

DIVERSITE DES CHAUVES-SOURIS DES ZONES PROTEGEES

Notre recherche intensif sur le terrain dans les Parcs Nationaux de Taï et de la Comoé, dans lequels nous avons utilisé, le système du filet japonais au niveau du sol et de la **canopée**↗ avec des pièges-harpes, et des recherches de perchoirs, ont permis un recensement

Tab. 5.5: Histoire des études sur les chauves-souris en Côte d'Ivoire. Non compris sont les études qui ont examiné les chauves-souris de Côte d'Ivoire dans un contexte plus large, ex. révisions taxonomiques. | History of studies dealing with bats in Côte d'Ivoire. Not included are studies that examined bats from Côte d'Ivoire in a broader context, e.g. taxonomic revisions.

Référence(s) Reference(s)	Etude Study
[39, 40]	Description de *Hipposideros marisae, Nycteris intermedia* et *Kerivoula harrisoni bellula* de Côte d'Ivoire Description of *Hipposideros marisae, Nycteris intermedia*, and *Kerivoula harrisoni bellula* from Côte d'Ivoire
[41, 42]	Ecologie et migration de *Eidolon helvum* | Ecology and migration of *Eidolon helvum*
[43]	Premièr levé de *Myopterus daubentonii* de Côte d'Ivoire First record of *Myopterus daubentonii* from Côte d'Ivoire
[44]	Animaux, y compris chauves-souris, trouvés dans les palmiers *Borassus* à Lamto Animals, including bats, found in *Borassus* palms at Lamto
[45, 46, 47]	Taxonomie et répartition des chauves-souris en Côte d'Ivoire, description de *Pipistrellus eisentrauti bellieri* Taxonomy and distribution of bats in Côte d'Ivoire , description of *Pipistrellus eisentrauti bellieri*
[48]	Taxonomie et répartition des chauves-souris frugivores (roussettes) en Côte d'Ivoire Taxonomy and distribution of fruit bats (Pteropodidae) in Côte d'Ivoire
[49]	Premier exemple répertorié de *Glauconycteris beatrix* de Côte d'Ivoire First record of *Glauconycteris beatrix* from Côte d'Ivoire
[50]	Echolocation des chauves-souris et des insectes sensitives à l'écholocation à Lamto Echolocating bats and hearing insects at Lamto
[51, 52, 53, 54]	Ecologie et migration des chauves-souris frugivores en Côte d'Ivoire Ecology and migration of fruit bats in Côte d'Ivoire
[55]	Liste des mammifères pour le Parc National de Taï, sans réelle preuve pour les chauves-souris Mammal check list for Taï National Park, largely unsubstantiated for bats
[37, 56]	Taxonomie et répartition des chauves-souris au Liberia et pays voisins, y compris les collections de Côte d'Ivoire | Taxonomy and distribution of bats in Liberia and neighbouring countries, including collections from Côte d'Ivoire
[57]	Taxonomie et répartition de petits mammifères, y compris chauves-souris du Parc National de Taï et du Mt Péko | Taxonomy and distribution of small mammals, including bats from Taï and Mont Péko National Parks
[38]	Système d'accouplement et écologie de *Hypsignathus monstrosus* dans le Parc National de Taï Mating system and ecology of *Hypsignathus monstrosus* in Taï National Park
[58]	Stratification verticale des chauves-souris frugivores dans le Parc National de Taï à partir des données du Projet Ebola OMS (cf. [61]) Vertical stratification of fruit bats in Taï National Park based on data from the WHO Ebola Project [61]
[59]	Etude des petits mammifères dans les Forêts Classées Haute Dodo & Cavally Survey of small mammals in Haute Dodo & Cavally Classified Forests

presque complet des deux communautés de chauves-souris. Le nombre actuel d'espèces s'élève à 57 à la Comoé et 40 à Taï. Une estimation de la richesse des espèces prévoit 60-63 espèces pour la Comoé et 41-44 pour Taï [65]. Ces chiffres sont considérablement plus élevés que ceux d'études précédentes sur les chauves-souris d'Afrique menées sur un espace comparable. L'augmentation considérable de la richesse en espèces est due à notre combinaison de méthodes d'échantillonnage différentes, dont plusieurs avaient rarement (filets sur la canopée), voire jamais (pièges-harpes) été employées en Côte d'Ivoire. Avec chaque méthode, des communautés locales de chauves-souris ont été échantillonnées dans des segments qui s'imbriquent seulement partiellement. Donc l'utilisation de plusieurs méthodes en combinaison sont nécessaire pour des inventaires plus complets (cf. chapitre 10.5).
La richesse des espèces dans le Parc National de la Comoé est d'environ un tiers plus élevée que celle du Parc National de Taï. Cette différence significative est causée par une **hétérogénéité**↗ exceptionnelle de l'**habitat**↗ dans la partie sud du Parc National de Comoé, à cause de son localisation dans la transition biome (ecotone), caractérisée par une mosaïque savane-forêt [65, 66]. Ici des structures clés comme les îlôts de forêts et les forêts galeries abritent localement de nombreuses espèces dépendantes de la forêt, et qui ont leur centre de répartition dans les forêts basses plus au sud. Ces composantes du paysage, qui se perdent de plus en plus au profit de l'utilisation de la terre hors des zones protégées, devraient recevoir plus d'attention dans les stratégies de protection. Celles ci visent à protéger les processus écologiques et évolutionnaires.
Hors des Parcs Nationaux de Comoé et de Taï, seules deux autres zones de Côte d'Ivoire, à savoir Lamto (28 espèces) et la zone combinée d'Adiopodoumé et du Banco (39 espèces), ont été échantillonnées avec plus d'efforts. De plus, d'autres études moins intensives ont été effectuées au Mt Sangbé (19 espèces) et au Mt Péko (11 espèces) et les études pour ces zones constituent une excellente base de données supplémentaires (Tab. 5.6 & 5.7).

RICHESSE DES ESPECES A L'ECHELLE NATIONALE

Nos relevés locales combinées avec une révision des collections de musées ont augmenté le total des espèces répertoriées pour la Côte d'Ivoire de presque un tiers c'est à dire de 61 à 87. Plusieurs de nos relevés comprennent des augmentations considérables de zone de répartition ou des espèces nouvelles pour la science. Malgré ces progrès importants, nous pensons que l'estimation de chauves-

BAT DIVERSITY OF PROTECTED AREAS

Our intensive fieldwork in Comoé- and Taï National Parks, which combined mist netting at ground and canopy↗ level with harp trapping and searches for day roosts, resulted in a near-complete assessment of both bat assemblages. The current number of species totals 57 in Comoé and 40 in Taï. Species richness estimates predict 60-63 species for Comoé and 41-44 for Taï [65]. These figures are substantially higher than from any previous study on African bats conducted over a comparable spatial extent. The large increase in species richness is due to our combination of different sampling methods, several of which had rarely (canopy netting) or never (harp trapping) been employed in Côte d'Ivoire. Each method sampled partially non-overlapping segments of local bat assemblages; hence the combined use of several methods is necessary for near-complete inventories (cf. chapter 10.5).
Species richness in Comoé National Park is about one third higher compared to Taï National Park. This significant difference is caused by exceptional habitat↗ heterogeneity↗ in the southern part of Comoé National Park due to its location in the biome transition (ecotone) characterized by a forest-savanna mosaic [65, 66]. Here, keystone structures such as forest islands and gallery forests locally shelter many forest-dependent species, which have their distribution centre in the lowland forests further to the south. These landscape elements, which are increasingly lost through land use outside protected areas, should receive more consideration in conservation strategies aiming at safeguarding ecological and evolutionary processes.

Apart from Comoé and Taï National Parks, only two other areas in Côte d'Ivoire, namely Lamto (28 species) and the combined area of Adiopodoumé and Banco (39 species), have been sampled with greater effort. In addition, limited surveys have been conducted in Mont Sangbé National Park (19 species) and Mont Péko National Park (11 species), and data for these areas constitute an excellent basis for further surveys (Tab. 5.6 & 5.7).

SPECIES RICHNESS ON A NATIONAL SCALE

Our local assessments combined with a review of museum collections increased the species total recorded for Côte d'Ivoire by almost one third from 61 to 87. Several of our records include substantial range extensions or species new to science. Despite

	Nbre d'espèces de chauves-souris No. of bat species	Superficie Area [km²]	Superficie d'étude Study area [km²]	Altitude | Elevation (min-max) [m]	Précipitation Precipitation [mm]	Température Temperature [°C]
Taï	40	4 550	46,7	196,4 (106-440)	1 813	21,5-30,1
Banco	39	26	2,9	89,0 (17-140)	1 756	22,4-29,8
Mt Péko	11	286	Un seul lieu single loc.	352,4 (220-987)	1 457	20,2-30,9
Lamto	28	25		73	1 200	22,2-31,5
Mt Sangbé	19	901	372,1	407,6 (243-1070)	1 351	19,5-31,1
Comoé	57	11 493	279,7	282,7 (179-647)	1 003	20,6-32,2

Tab. 5.6: Données de base sur les zones protégées de Côte d'Ivoire où les chauves-souris ont été intensément étudiées. Superficie : dimension de toute la zone protégée ; superficie d'étude : la superficie entre les localités d'échantillonnage dans chaque zone protégée ; altitude : signifie élévation et gamme ; précipitation : signifie valeur annuelle ; température : signifie moyenne minimum et moyenne maximum annuel. | Basic data on protected areas in Côte d'Ivoire that have been more intensively surveyed for bats. Area: extent of entire protected area; study area: extent spanning sampling localities within each protected area; elevation: mean elevation and range; precipitation: mean annual value; temperature: mean annual minimum and mean annual maximum.

this considerable progress, we believe that the assessment of bats in Côte d'Ivoire is still incomplete. Species records from neighbouring countries and from habitat types and vegetation zones also present in Côte d'Ivoire suggest that at least another 15 species are likely to occur in the country, which suggests a total of 102 species for the country.

PROSPECTS FOR FUTURE RESEARCH, CONSERVATION AND EDUCATION

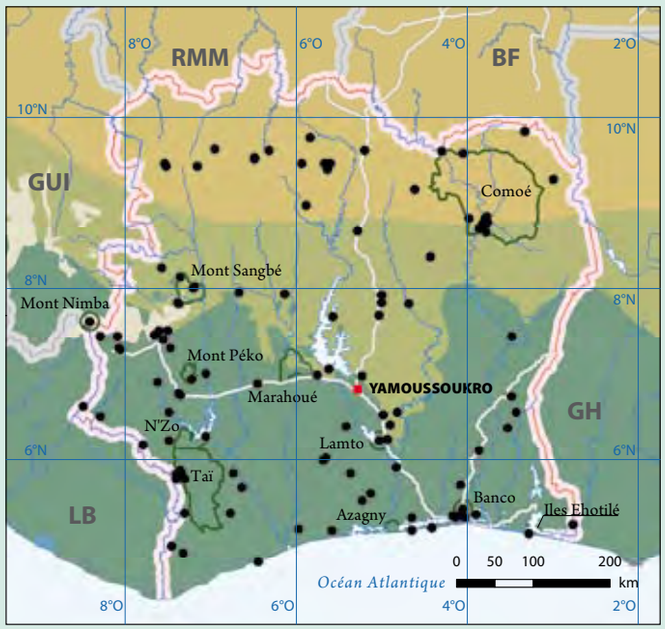
The distribution of many bat species is still insufficiently known, which hinders ongoing efforts to pinpoint and prioritize areas of particular relevance for biodiversity↗ conservation. This limited knowledge not only impedes conservation programmes but also our possibilities to analyze and understand the factors driving species diversity in bats. In this context, Côte d'Ivoire provides an excellent setting with untapped opportunities for future surveys as it covers a steep climate and vegetation gradient. The studies carried out by the BIOTA project provide an excellent basis for future research and conservation programmes, and we conclude by highlighting a few avenues of particular promise and relevance:

Carte 5.2: Localités (n = 146) en Côte d'Ivoire où les chauves-souris ont été répertoriées (études BIOTA plus répertoires précédents à partir des spécimens de musée et de littérature). Les contours vertes montrent les zones protégées catégorisées sur le plan international (Base de données mondiale sur les Zones Protégées 2006).

Map 5.2: Localities (n = 146) in Côte d'Ivoire where bats have been recorded (BIOTA studies plus previous records based on museum specimens and literature). Green outlines show internationally categorized protected areas (World Database on Protected Areas 2006).

Point de collecte des chauves-souris • Bat records
Aire protégée Protected area

Biomes **Biomes**
Forêt tropicale humide Lowland forest
Mosaïque forêt-savane Forest-savanna mosaic
Savane soudanienne Sudanian savanna
Forêt de montagne Montane forests
Mangroves Mangroves



souris en Côte d'Ivoire est toujours incomplète. Les répertoires des espèces provenant de pays voisins et de types de végétation également présents en Côte d'Ivoire suggèrent qu'au moins 15 espèces sont susceptibles de se trouver également en Côte d'Ivoire, ce qui donnerait un total de 102 espèces.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE, PROTECTION ET EDUCATION FUTURES

La répartition de nombreuses espèces de chauves-souris est insuffisamment connue, ce qui rend difficile le choix des zones prioritaires ou pertinente pour la protection de la **biodiversité**↗. Ce manque de connaissances non seulement encombre les programmes de protection mais également nos possibilités d'analyse et de compréhension des facteurs qui créent la diversité des espèces de chauves-souris. Dans ce contexte, la Côte d'Ivoire représent un excellent terrain avec des opportunités vierges pour des études futures puisqu'elle couvre une vaste échelle de climats et de végétation. Les études menées par le projet BIOTA fournissent une excellente base pour des recherches futures et de programmes de protection à venir. En conclusion, nous pouvons souligner que des pistes d'études prometteuses existent :

- Etude de régions relativement peu explorées comme la région de forêt montagneuse en Côte d'Ivoire centre-ouest entre le Mt Nimba, Danané et Man, les savanes plus au nord et les forêts basses du sud-est non loin de la frontière avec le Ghana ;
- Inventaires continus des chauves-souris dans les zones protégées comme les Parcs Nationaux et les Forêts Classées ;
- Identification de perchoirs importants de chauves-souris, en particulier les grottes et leur protection locale ;
- Suivi sur le long terme de colonies de "**roussette**↗ des palmiers" (*Eidolon helvum)* à Abidjan et sur les Iles Ehotiles (Lagune Aby) ;
- Evaluation de la consommation de viande de brousse de chauves-souris, en particulier liée aux maladies zoonotiques ;
- Programmes de sensibilisation à la protection des chauves-souris du niveau local au niveau national.

- Survey of comparatively unexplored regions such as the mountainous forest region in West-Central Côte d'Ivoire between Mont Nimba, Danané and Man, the northernmost savannas, and the southeastern lowland forests near the border with Ghana;
- Continued bat inventories of protected areas such as National Parks and Classified Forests;
- Identification of important bat roosts, in particular caves, and their local conservation;
- Long-term monitoring of colonies of straw-coloured fruit bats (*Eidolon helvum*) in Abidjan and the Iles Ehotiles (Lagune Aby);
- Assessment of bushmeat consumption of bats, especially in relation to zoonotic diseases;
- Awareness programmes fostering the conservation of bats on local to national levels.

Fig. 5.20: A) *Nycteris nana* ; B) *Nycteris macrotis* ; C) *Mops spurrelli* ; D) *Myopterus daubentonii* ; A), B) et D): Parc National de la Comoé | Comoé National Park ; C): Parc National de Taï. | Taï National Park. JFA

Tab. 5.7: Caractéristiques de base des mêmes zones protégées que dans le tableau 5.6 en ce qui concerne le climat, la végétation et l'éco-région.
Basic characterization of the same protected areas as in table 5.6 with respect to climate, vegetation, and ecoregions.

	Climat | Climate	Végétation | Vegetation	Ecorégion | Ecoregion
Taï	Deux saisons humides et deux saisons sèches ; majorité des précipitations en juin & septembre-octobre Two wet seasons, two dry seasons; most rainfall in June & September-October	Forêt tropicale basse, à feuilles persistantes ; nombreux inselbergs dans la partie sud Evergreen lowland rain forest; numerous inselbergs in the southern part	« Forêts basses de Guinée occidentale » "Western Guinean lowland forests"
Banco + Adiopodoumé	Deux saisons humides et deux saisons sèches ; majorité des précipitations en juin Two wet seasons, two dry seasons; most rainfall in June	Forêt tropicale basse à feuilles persistantes Evergreen lowland rain forest	« Forêts de Guinée orientale » "Eastern Guinean forests"
Mont Péko	Deux saisons humides et deux saisons sèches ; majorité des précipitations juin & août-septembre Two wet seasons, two dry seasons; most rainfall in June & August-September	Forêt humide, feuilles semi-caduques & végétation spécifique sur les nombreux inselbergs ; forêt considérablement endommagée Humid semi-decideous forest & special vegetation on numerous inselbergs; forests heavily degraded	« Forêts basses de Guinée occidentale » "Western Guinean lowland forests"
Lamto	Deux saisons humides et deux saisons sèches ; majorité des précipitations mars-juin Two wet seasons, two dry seasons; most rainfall in March-June	Mosaïque savane-forêt, savane de palmiers *Borassus* ; point sud le plus bas de « Baoulé V » Forest-savanna mosaic, *Borassus* palm savannas; southernmost point of the "Baoulé V"	« Forêts de Guinée orientale » "Eastern Guinean forests"
Mont Sangbé	Une saison humide, une saison sèche ; majorité des précipitations août-septembre One wet season, one dry season; most rainfall in August-September	Mosaïque savane-forêt avec îles de forêt et forêts galeries dans le sud, savane soudanaise dans le nord ; nombreux inselbergs Forest-savanna mosaic with forest islands and gallery forests in the south, Sudanian savanna in the north; numerous inselbergs	« Mosaïque savane-forêt de Guinée » & « Forêts montagnardes de Guinée » "Guinean forest-savanna mosaic" & "Guinean montane forests"
Comoé	Une saison humide, une saison sèche ; majorité des précipitations juin & septembre One wet season, one dry season; most rainfall in June & September	Mosaïque savane-forêt avec îles de forêt et forêts galeries dans le sud, savane soudanienne dans le nord Forest-savanna mosaic with forest islands and gallery forests in the south, Sudanian savanna in the north	« Mosaïque forêt-savane de Guinée » & « Savane du soudan occidental » "Guinean forest-savanna mosaic" & "West Sudanian savanna"

5.8 Les rongeurs et insectivores

Blaise KADJO
Bertin KOUAME AKPATOU

INTRODUCTION

Les rongeurs sont caractérisés par une denture très évoluée de 22 dents maximum présentant un diastème ou barre (intervalle sans dents) et une paire d'incisives à croissance continue, très tranchantes, Ils n'ont pas de canines contrairement à l'ordre des lagomorphes. Quant aux **insectivores**↗, ce sont des **mammifères**↗ primitifs de petite taille, principalement **terrestres**↗, dont le régime alimentaire est essentiellement composé de petits **invertébrés**↗ (insectes, araignées, vers). Ce groupe des insectivores comprend notamment les hérissons, les musaraignes et les micropotamogales. La famille des Soricinae (Musaraignes) est la plus importante et la plus diversifiée. Les rongeurs et les insectivores figurent au rang des petits mammifères. Ce groupe contribue à la richesse écologique des **écosystèmes**↗ et constituent un maillon indispensable du réseau trophique du règne animal. D'un point de vue écologique, ils sont considérés comme l'un des taxons permettant d'évaluer la diversité biologique des forêts mais, aussi, de façon indirecte, l'état global de ces forêts [73]. Les rongeurs sont des consommateurs primaires à potentiel biotique très élevé qui ont la possibilité de constituer des hôtes intermédiaires pour un certain nombre de pathologies. Ils sont de ce fait utilisés comme matériel expérimental de recherches fondamentales dans les domaines de l'industrie pharmaceutique, de la génétique et dans beaucoup de modèles de recherche. Les travaux de plusieurs auteurs ont permis d'étudier leur diversité, leur biologie et leur écologie dans un certain nombre de milieux [57, 59, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81]. L'ouverture de la forêt et son anthropisation peuvent causer la diminution du nombre de genres typiques de milieux forestiers tels que *Praomys, Lophuromys, Dephomys, Hybomys* et *Hylomyscus,* alors que les genres caractéristiques des savanes comme *Lemniscomys* et *Uranomys* et commensaux (vivant à proximité de l'homme) tels que *Mastomys* et *Rattus* apparaissent avec des fréquences plus élevées. Les plantations et les forêts secondaires présentent toute sorte de regroupements de ces espèces.

Rodents and insectivores

INTRODUCTION

Rodents are characterized by a very evolved dentition of 22 teeth maximum presenting a diastema or rod (interval without teeth) and a pair of continuously growing, very sharp incisors. They do not have canines contrary to the Lagomorpha order. As for **insectivores**↗, these are small primitive, mainly **terrestrial**↗ **mammals**↗ whose diet is mainly composed of small **invertebrates**↗ (insects, spiders, worms). This group notably includes hedgehogs, shrews and micropotamogales. The Soricinae (shrews) are the most significant and diversified family. Rodents and insectivores are among these small mammals. This group contributes to the ecological richness of **ecosystems**↗ and constitutes an indispensable link in the **food chain**↗ of the animal kingdom. From an ecological point of view, they are considered one of the taxa that enable evaluating forest biological diversity, but, also, indirectly the overall state of these forests [73]. Rodents are primary consumers with very high biotic potential that have the possibility of constituting intermediary hosts for a certain number of pathologies. Due to this, they are used as experimental material in fundamental research in the areas of the pharmaceutical industry, genetics and in many research models. The works of several authors allowed for studying their diversity, biology and ecology in a certain number of environments [57, 59, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81]. The opening of the forest and its anthropization can cause a decline in genera typical of forest environments such as *Praomys, Lophuromys, Dephomys, Hybomys* and *Hylomyscus* while genera characteristic of savannas such as *Lemniscomys* and *Uranomys* and commensals (living close to Man) such as *Mastomys* and *Rattus* appear with greater frequency. Plantations and secondary forests show all sorts of groupings of these species.

DIVERSITY

Order of rodents (Rodentia)

The order includes around 2 000 species belonging to 30 families with more than 426 genera. This order is the most

DIVERSITE

Ordre des rongeurs (Rodentia)

Cet ordre comprend environ 2 000 espèces reparties en 30 familles avec plus 426 genres. Il est le plus important en termes de nombre d'espèces et renferme plus de 40 % des mammifères actuels. Il existe 5 sous-ordres à savoir les Anomaluromorpha, les Castorimorpha, les Hystricomorpha, les Sciuromorpha et les Myomorpha. La plupart des rats et souris africains sont du sous-orde des Myomorphes et des familles des Cricetomyidae (rats géants ou cricétomes) et des Muridae (souris et rats de campagne). Cette dernière famille est la plus diversifiée avec 730 espèces. Les autres familles importantes sont les Anomaluridae (anomalures ou écureuils volants), les Hystricidae (porc-épics et arthérures), les Thryonomiyidae (aulacodes), les Sciuridae (ecureuils) et les Gliridae (loirs africains).

Ordre des insectivores (Insectivora)

Cet ordre compte environ 400 espèces reparties en 6 familles, 26 genres [82]. Les familles les plus importantes sont :

- Les Tenrecidae (24 espèces en Afrique et 21 à Madagascar) avec une espèce endémique et menacée en Côte d'Ivoire, le micropotamogale de Lamotte (*Micropotamogale lamottei*) ;
- Les Soricidae (musaraignes). Cette famille renferme au moins 300 espèces parmi lesquelles se rencontrent les plus petits mammifères (*Suncus etrus* : 2,5 g). Beaucoup d'espèces au sein de cette famille, ont des aires de distribution assez restreintes. D'où un fort taux d'endémicité. La Côte d'Ivoire abrite trois ou quatre Soricidae endémiques, quasi menacées d'extinction.
- Les Erinaceidae (hérissons).

INTERET ECOLOGIQUE ET REGIME ALIMENTAIRE

Les petits mammifères sont des indicateurs utiles de la diversité biologique, de la santé de l'environnement ou des changements liés à l'agriculture. Dans les relations **faune↗-flore↗**, les rongeurs sont des espèces clés. La structure et la diversité des communautés sont liées à l'état de perturbation de leur environnement. Les petits mammifères terrestres sont des habitants communs des paysages agricoles où ils sont une importante source de proie pour une large variété de reptiles et de mammifères **prédateurs↗**. Ils influencent directement l'abondance et la diversité de ces espèces prédatrices et cela contribue à la complexité du réseau trophique. Les petits mammifères subissent de profondes modifications de leurs populations

important in terms of number of species and holds more than 40 % of the currently existing mammals.
Five suborders exist: Anomaluromorpha, Castorimorpha, Hystricomorpha, Sciuromorpha and Myomorpha. The majority of African rats and mice belong to the suborder of Myomorpha and families of Cricetomyidae (giant rats or Cricetoma) and Muridae (mice and country mice). This family is the most diversified and counts 730 species. The other important families are: Anomaluridae (anomalures or flying squirrels), Hystricidae (porcupines and artherures), Thryonomiyidae (aulacodes), Sciuridae (squirrels), Gliridae (woodland dormouse).

Order of insectivores (Insectivora)

This order counts around 400 species belonging to 6 families, 26 genera [81]. The most important families are:

- Tenrecidae (24 species in Africa and 21 in Madagascar) with an endemic and threatened species in Côte d'Ivoire, the Nimba otter shrew (*Micropotamogale lamottei*);
- Soricidae (shrews). This family holds at least 300 species among which the smallest mammals (*Suncus etrus*: 2.5 g) can be found. Many species in this family have fairly restricted distribution areas, hence a high rate of endemnicity. Côte d'Ivoire holds three or four endemic Soricidae almost threatened with extinction.
- Erinaceidae (hedgehogs).

Fig. 5.21: Cabosse de cacao rongée par le rat géant (*Cricetomys emini*). | Cacao pod gnawed by the forest giant pouched rat (*Cricetomys emini*). BKA

caractérisées par la disparition de certaines espèces et l'apparition d'autres, lors de la convertion des milieux naturels en cultures. On assiste à un turn-over des communautés lié à la transformation de l'**habitat**↗.

Les Muridae sont des **granivores**↗ mais certaines espèces consomment plus la pulpe que la graine. Les Gliridae ont un régime alimentaire constitué de produits végétaux (graines, fruits et bourgeons) même s'ils deviennent **omnivores**↗ par l'apport d'un complément animal composé d'invertébrés. La prédation des graines par les rongeurs est importante pourtant ils disséminent moins de 2 % des graines [84]. Par contre ils ont un rôle prépondérant dans le processus de traitement des fruits pour les rendre accessibles à d'autres groupes de consommateurs.

Les rongeurs peuvent représenter de véritables fléaux pour les espèces cultivées. A la figure 5.21 on peut voir une cabosse de cacao (*Theobroma cacao*) rongée par le rat géant d'Emin (*Cricetomys emini*).

ASPECT SANITAIRE

La présence de *Mastomys erythroleucus* même si elle n'est pas alarmante (3,3 %) met en évidence la proximité à l'homme. Le complexe d'espèces formé par *M. erythroleucus/M. natalensis* est à surveiller pour la possible transmission à l'homme de la fièvre hémorragique de Lassa [85].

MENACES

Les activités humaines et l'agriculture intensive, ont un impact négatif significatif sur les peuplements de petits mammifères. Elles affectent notamment la taille des populations, la dispersion des espèces, l'abondance et la richesse des espèces.

ECOLOGICAL INTEREST AND DIET

Small mammals are useful indicators of biological diversity, environmental health and changes related to agriculture. In fauna↗–flora↗ relations, rodents are key species. Structure and diversity of the communities are connected to the state of disturbance of their environment. Small terrestrial mammals are common inhabitants of agricultural landscapes where they are an important prey source for a large variety of reptiles and predatory↗ mammals. They directly influence the abundance and diversity of these predatory species and this contributes to the complexity of the food web. The small mammals are subject to strong modifications of their populations characterized by the extinction of some species and the appearance of others during the conversion of natural environments into cultivation areas. We are witnessing a turnover of communities connected with the transformation of the habitat↗.

The Muridae are granivores, but some species eat more pulp than seeds. The diet of the Gliridae is mainly composed of plants (seeds, fruits and buds) even if they become omnivores↗ due to a contribution of an animal compliment composed of invertebrates. Rodents' predation on seeds is important but they disseminate less than 2 % of seeds [84]. However, they have a preponderant role in the treatment process of fruits that makes them accessible to other groups of consumers.

Rodents can represent real scourges for crop species. Figure 5.20 shows a cacao pod↗ (*Theobroma cacao*) gnawed by the forest giant pouched rat (*Cricetomys emini*).

HEALTH ASPECT

The presence of *Mastomys erythroleucus*, even if it is not alarming (3.3 %) highlights the proximity of Man. The species complex of *M. erythroleucus/M. natalensis* has to be monitored for possible transmission of Lassa viral hemorrhagic fever to Man [85].

THREATS

Human activities and intense agriculture have a significant negative impact on populations of small mammals. Notably, they affect the size of populations, species dispersion, species abundance and richness.

Fig. 5.22: Quelques photographies de rongeurs de Côte d'Ivoire : A) Musaraigne noire ou *Crocidura buettikoferi* ; B) Espèce forestière (*Dephomys defua*) ; C) Espèce forestière (*Hybomys trivirgatus*) ; D) Espèce ubiquiste (*Lophuromys sikapus*) ; E) Espèce de forêt et plantation (*Hylomycus alleni*) ; F) Espèce savanicole et jachère (*Lemniscomys striatus*) ; G) Espèce de savane, forêt et plantation (*Graphiurus murinus*). | Some photos of rodents of Côte d'Ivoire: A) Buettikofer's shrew or *Crocidura buettikoferi* ; B) Forest species (*Dephomys defua*) ; C) Forest species (*Hybomys trivirgatus*) ; D) Ubiquitous species (*Lophuromys sikapus*); E) Forest and plantation species (*Hylomycus alleni*); F) Savanna and fallow land species (*Lemniscomys striatus*); G) Savanna, forest and plantation species (*Graphiurus murinus*). BKA

Tab. 5.8: Rongeurs et insectivores de Côte d'Ivoire, leur habitat et leur statut de conservation. | Rodents and insectivores of Côte d'Ivoire, their habitat and conservation status.

Noms scientifiques Scientific names	Noms communs | Common names	Statut | Status	Habitat | Habitat
INSECTIVORA			
Crocidura buettikoferi	Musaraigne noire | Buettikofer's shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation
Crocidura douceti	Musaraigne de Doucet | Doucet's musk shrew	Menacée | Threatened	Forêt | Forest
Crocidura jouvenetae	Musaraigne gracile | Jouvenet's shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation
Crocidura muricauda	Musaraigne à queue de souris | Mouse-tailed shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt | Savanna, forest
Crocidura nimbae	Musaraigne du Mont Nimba | Nimba shrew	Menacée | Threatened	Forêt | Forest
Crocidura olivieri	Musaraigne commune | African giant shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation
Crocidura wimmeri	Musaraigne de Wimmer | Wimmer's shrew	Menacée | Threatened	Forêt | Forest
Crocidura nanilla	Musaraigne naine | Savanna dwarf shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt | Savanna, forest
Crocidura obscurior	Musaraigne diadème | White-toothed shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt | Savanna, forest
Crocidura poensis	Musaraigne noire | Fraser's musk shrew	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation
Sylvisorex megalura	Musaraigne à longue queue | Climbing shrew	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Micropotamogale lamottei	Micropotamogale de Lamotte | Nimba otter-shrew	Menacée | Threatened	Forêt | Forest
RODENTIA			
Anomaluridae			
Anomalurus peli	Anomalure de Pel | Pel's flying squirrel	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Cricetidae			
Cricetomys emini	Rat géant d'Emin | Forest giant pouched rat	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Cricetomys gambianus	Rat géant de Gambie | Gambian rat	Non menacée | Not threatened	Savane | Savanna
Gliridae			
Graphiurus hueti	Loire géant | Huet's dormouse	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Graphiurus crassicaudatus	Loire à grosse queue | Jentink's dormouse	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Graphiurus murinus	Loire nain | Woodland dormouse	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation
Hystricidae			
Atherurus africanus	Arthérure | African brush-tailed porcupine	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Hystrix cristata	Porc-épic | North African crested porcupine	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Muridae			
Dasymys incomtus	Souris des champs | African marsh rat	Non menacée | Not threatened	Savane, jachère | Savanna, fallow lands
Dephomys defua	Souris des champs | Defua rat	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Hybomys planifrons	Souris des champs | Forest hybomys	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Hybomys trivirgatus	Souris des champs | Temminck's striped mouse	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Hylomyscus alleni	Souris des champs | Allen's wood mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation
Hylomyscus baeri	Souris des champs | Baer's wood mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation | Savanna, forest, plantation

Noms scientifiques Scientific names	Noms communs | Common names	Statut | Status	Habitat | Habitat
Lemniscomys barbarus	Souris rayée | Barbary striped grass mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, plantation, jachère | Savanna, plantation, fallow lands
Lemniscomys griselda	Souris rayée | Griselda's striped grass mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, plantation, jachère | Savanna, plantation, fallow lands
Lemniscomys striatus	Souris rayée | Striped grass mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, plantation, jachère | Savanna, plantation, fallow lands
Lophuromys sikapusi	Souris des champs | Rust-bellied brush-furred rat	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation, jachère | Forest, plantation, fallow lands
Malacomys edwardsi	Souris des marais | Edward's swamp rat	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Malacomys longipes	Souris des marais | Malacomys rat	Non menacée | Not threatened	Forêt | Forest
Mastomys erythroleucus	Souris à mamelles multiples | Guinea multimammate mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, plantation, jachère | Savanna, plantation, fallow lands
Mus (Nannomys) matteyi	Souris naine | Dwarf mouse	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation, jachère | Savanna, forest, plantation, fallow lands
Praomys rostratus	Souris des champs | West African praomys	Non menacée | Not threatened	
Praomys tullbergi	Souris des champs | Tullberg's soft-furred mouse	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Rattus rattus	Rat noir | Black rat	Non menacée | Not threatened	Plantation, jachère | Plantation, fallow lands
Gerbilliscus kempi	Gerbil de Kemp | Northern savanna gerbil	Non menacée | Not threatened	Savane | Savanna
Uranomys ruddi	Souris de savane | Rudd's bristle-furred rat	Non menacée | Not threatened	Savane | Savanna
Sciuridae			
Euxerus erythropus	Rat palmiste | Ground squirrel xerus	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation, jachère
Finisciurus pyrropus	Finisciure | Fire-footed rope squirrel	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Heliosciurus rufobrachium	Ecureuil commun | Red-legged sun squirrel	Non menacée | Not threatened	Forêt, plantation | Forest, plantation
Thryonomyidae			
Thryonomys swinderianus	Aulacode | Greater cane rat	Non menacée | Not threatened	Savane, forêt, plantation, jachère | Savanna, forest, plantation, fallow lands

Le micropotamogale de Lamotte (*Micropotamogale lamottei*)

Blaise KADJO & Bertin Kouamé AKPATOU

Le *Micropotamogale lamottei* est un **insectivore**↗ de la famille des Tenrecidae (sous-famille des Potamogalinae) découvert en 1954. C'est un **mammifère**↗ d'un groupe archaïque, qui a survécu dans une aire de répartition relativement restreinte. En effet, cette espèce est confinée au massif du Mont Nimba, dans un rayon de 50 km environ [83]. Ce massif montagnard est à cheval sur trois pays frontaliers : le Liberia, la Guinée et la Côte d'Ivoire. Selon une évaluation de l'UICN concernant les insectivores africains dont le statut est précaire. Le micropotamogale de Lamotte est considérée comme une espèce menacée. Le massif du Mont Nimba étant riche en fer, cette région subit depuis 50 ans, des exploitations importantes qui viennent aggraver les menaces sur cette espèce. La sous-famille des Potamogalinae comporte trois espèces, le *Potamogale velox* dans le bassin du Congo, le *Micropotamogale ruwenzori* et le *M. lamottei* en Afrique de l'Ouest. Ces espèces sont toutes semi-aquatiques, exploitant les cours d'eau de montagne, de petite ou moyenne taille.

The micropotamogale of Lamotte (*Micropotamogale lamottei*)

The Nimba otter shrew *Micropotamogale lamottei* is an **insectivore**↗ from the Tenrecidae family (subfamily of Potamogalinae) discovered in 1954. It is a **mammal**↗ belonging to an archaic group that survived in a relatively restricted area of distribution. Indeed, this species is confined to the Mount Nimba massif within a radius of approximately 50 km [83]. This mountain massif stretches over three neighbouring countries: Liberia, Guinea and Côte d'Ivoire. According to an evaluation by the IUCN on African insectivores whose status is precarious, the micropotamogale of Lamotte is considered threatened. The Mount Nimba massif is rich in iron. Over the past 50 years this region has been subjected to important exploitation which aggravated these threats. The Potamogalinae subfamily contains three species, *Potamogale velox* in the Congo basin, *Micropotamogale ruwenzori* and *M. lamottei* in West Africa. These species are all semiaquatic, exploiting small to large watercourses in the mountains.

Fig. 5.23: Micropotamogale chassant un crabe d'eau douce. Micropotamogale hunting a freshwater crab. BKA

5.9 Les oiseaux

Hilaire YAOKOKORE-BEIBRO

INTRODUCTION

Le monde entier compte à ce jour environ 9 990 espèces d'oiseaux [86] dont 2 200 vivent sur le continent africain et ses îles. Ce chiffre reflète la grande diversité de l'environnement du continent [87]. La Côte d'Ivoire, avec 732 espèces, a une des **avifaunes**↗ les plus riches de l'Afrique Occidentale [88, 89]. Cette avifaune est malheureusement menacée par la disparition de son **habitat**↗ naturel. Pourtant les oiseaux enrichissent notre vie par leur chant, leur beauté et leur rôle écologique dans les différents **écosystèmes**↗ aquatiques et **terrestres**↗. Ils sont présents dans tous les milieux (zones humides, forêts, savanes, villes, campagnes, etc.) et sont sensibles aux changements de l'environnement. Aussi sont-ils généralement considérés comme des **bioindicateurs**↗ potentiels en ce sens qu'une communauté d'oiseaux bien portante indique un environnement bien conservé. Par exemple, les espèces forestières ne peuvent subsister sans la forêt.

Beaucoup d'oiseaux sont écologiquement très spécialisés à tel point qu'ils ne peuvent résister même à des modifications mineures de leur habitat [90]. Aujourd'hui le plus grand danger pour les oiseaux en Côte d'Ivoire est la destruction de leur habitat. En effet, l'impact de l'homme se fait sentir sur tous les habitats du pays dont certains sont sérieusement menacés.

ETAT DE LA DIVERSITE BIOLOGIQUE DES OISEAUX

Les oiseaux appartiennent au règne animal, à l'embranchement des cordés (ou animaux à colonne vertébrale) et à la classe des Aves (ou oiseaux). Cette classe se divise en différents ordres. Chaque ordre se divise en familles au sein desquelles on distingue des genres et espèces [91].

La **faune**↗ avienne de la Côte d'Ivoire est riche de 732 espèces appartenant à 83 familles de 20 ordres. Trente six de ces espèces sont listées dans le livre rouge des espèces menacées de l'UICN [92]. On compte parmi ces oiseaux, 102 migrateurs paléarctiques et 63 migrateurs intra-africains [93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102 103, 104, 105]. L'ordre des Passériformes est

Birds

INTRODUCTION

The entire world houses some 9 990 bird species [86], 2 200 of which live on the African continent and its islands. This number reflects the high environmental diversity of the continent [87]. With 732 species, Côte d'Ivoire has one of the richest **avifaunas**↗ of West Africa [88, 89]. This avifauna is unfortunately threatened by the disappearance of its natural **habitat**↗. Nevertheless, birds enrich our lives with their song, beauty and ecological role in the different aquatic and **terrestrial**↗ **ecosystems**↗. They are present in all environments (wetlands, forests, savannas, cities, countryside, etc.) and sensitive to changes in them. In general, they are also considered potential **bioindicators**↗ in the sense that a bird community that is in good health can indicate a well-conserved environment. Forest species, for example, cannot survive without forest.

Many birds are very specialized ecologically and cannot survive even minor modifications of their habitat [90]. Today, the greatest danger for birds in Côte d'Ivoire lies in the destruction of their habitat. In fact, the impact of Man is reflected in all habitats of the country some of which are seriously threatened.

STATE OF BIRD BIOLOGICAL DIVERSITY

Birds belong to the animal kingdom, to the junction of the chordates or animals with a spinal column and to the class of Aves or birds. This class is divided into orders. Each order is divided into families within which we distinguish genera and species [91].

The richness of avifauna in Côte d'Ivoire manifests itself in 732 species, belonging to 83 families of 20 orders. Thirty-six of these species are listed in the IUCN's red list of endangered species [92]. Of these 732 birds, 102 are palearctic migrants and 63 are intra-African migrants [93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105]. The Passeriformes order is the most important one in Côte d'Ivoire, with more than 50 % of the families and 45.36 % of the species known from the country.

le plus important en Côte d'Ivoire parce qu'il représente à lui seul respectivement plus de 50 % et 45,36 % des familles et des espèces connues dans le pays.

CONSERVATION

Conservation *in-situ*

La Côte d'Ivoire possède de nombreux sites importants pour la conservation de la diversité biologique en Afrique de l'Ouest. Le Parc National de Taï (340 000 ha) et la Réserve de faune du N'Zo (72 700 ha) sont des exemples éloquentes en ce sens qu'ils sont des sites vitaux pour la **flore**↗ et la faune d'une façon générale. On y rencontre même de nombreuses espèces d'oiseaux menacées appartenant à la liste rouge de l'UICN – exemples: la pintade à poitrine blanche (*Agelastes meleagrides*), le picarthate chauve de Guinée (*Picarthates gymnocephalus*), le bulbul moustac à tête olive (*Bleda eximius*). Ces aires protégées possèdent de grandes surfaces de forêts primaires encore intactes qui abritent de nombreuses espèces animales (oiseaux, primates et grand **mammifères**↗) et végétales [88]. Il y a aussi le Parc National d'Azagny (19 400 ha) qui est l'une des six zones humides d'importances internationales (sites RAMSAR) [106].

Conservation *ex-situ*

La Côte d'Ivoire n'ayant pas de Musée d'Histoire Naturelle, il n'y a pas de collections d'oiseaux même au niveau des instituts de recherche. Le Jardin Zoologique (Zoo) d'Abidjan n'héberge qu'une trentaine d'espèces d'oiseaux. La conservation des espèces d'oiseaux de Côte d'Ivoire, à l'extérieur du pays, n'est pas suffisamment documentée.

MENACES SUR LA DIVERSITE DES OISEAUX

Les menaces sur la diversité biologique des oiseaux sont de divers ordres. Elles sont liées à la destruction des habitats naturels et des prélèvements anarchiques.

Destruction des habitats naturels

Ce facteur constitue la plus sérieuse menace sur la diversité biologique des oiseaux en Côte d'Ivoire du fait de la destruction des forêts, des savanes et des zones humides dû principalement à la pression agraire (défrichements, remplacement de la végétation naturelle par les plantations, systèmes de cultures inadaptés), à l'exploitation forestière anarchique, abusive et incontrôlée et aux feux de brousse.

CONSERVATION

In-situ conservation

Côte d'Ivoire has numerous important sites for the conservation of biological diversity in West Africa. The Taï National Park (340 000 ha) and the N'Zo Fauna Reserve (72 700 ha) are the most striking examples in the sense that they are vital for the flora↗ and fauna↗ in general. There we even encounter numerous endangered bird species that are on the red list of the IUCN, such as the white-breasted guinea fowl (*Agelastes meleagrides*), white-necked picarthates (*Picarthates gymnocephalus*), green-tailed bristle-bill (*Bleda eximius*). These protected areas have large areas of still intact primary forests and house numerous species of animals (birds, primates and large mammals↗) and plants [88].
There is also the Azagny National Park (19 400 ha) being one of the six humid zones of international importance (RAMSAR sites) of the country [106].

Ex-situ conservation

Lacking a Natural History Museum there are no bird collections in Côte d'Ivoire, not even at research institutions. The Abidjan Zoological Garden only houses some thirty bird species. Outside of the country, conservation of the birds of Côte d'Ivoire is not sufficiently documented.

THREATS TO THE DIVERSITY OF BIRDS

There are diverse threats to the biodiversity of birds. They are linked to the destruction of natural habitats and to anarchic exploitation.

Destruction of natural habitats

This factor constitutes the most serious threat to birds' biodiversity in Côte d'Ivoire due to destruction of forests, savannas and wetlands. This is mainly due to pressure from agriculture (clearings and replacement of natural vegetation with plantations, non-adapted cropping systems), uncontrolled forest exploitation (abusive and uncontrolled logging) and to bush fires.

Destruction of forests and savannas

By feeding, birds disperse seeds from fruits and regulate populations of arthropods↗ and other animals (batrachians, lizards, snakes and mammals). They also serve as prey for other animal

Destruction des forêts et des savanes
Les oiseaux se nourrissent en dispersant les graines des fruits et jouent un rôle régulateur sur les populations d'**arthropodes**↗ et d'autres animaux (batraciens, lézards, serpents et mammifères). Ils sont également des proies pour d'autres espèces d'animaux.
Les espèces forestières ne peuvent subsister sans la forêt et se montrent sensibles aux variations même mineures du milieu [90]; c'est le cas des oiseaux du sous bois qui sont inféodés à ce type d'habitat. Cette sensibilité aux perturbations du milieu s'accroît, sauf pour quelques unes, par le fait que les espèces aviennes forestières ne sont pas abondantes.
En savane, les modifications physionomiques de la végétation sont souvent aggravées par le surpâturage, les pratiques agricoles inadaptées, les feux de brousse et les aléas climatiques tels que les longues périodes de sécheresse (cas de l'**harmattan**↗). Ces facteurs transforment les milieux sur de très grandes surfaces ; ce qui entraîne des risques importants de disparition des espèces aviennes savanicoles.

Destruction des zones humides
D'après la Convention de RAMSAR, les zones humides sont importantes en raison de la diversité biologique qu'elles abritent. Elles occupent la zone de transition entre les milieux humides permanents et ceux généralement secs [107]. Elles sont d'une diversité extraordinaire en fonction de leur genèse, leur situation géographique, leur régime hydrologique et leurs propriétés physico-chimiques, les plantes dominantes et les caractéristiques du sol ou des sédiments.
Au sens de la Convention de RAMSAR (article 1.1), les zones humides sont « des étendues de marais, de fagnes, de tourbière, d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, **saumâtre**↗ ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ».
Les zones humides accueillent des concentrations d'oiseaux, en particulier ceux de l'eau [108], de mammifères, de reptiles, d'amphibiens, de poissons et d'**invertébrés**↗ ainsi que des espèces de plantes innombrables comme le riz. Ces sites sont souvent surexploités pour les activités agricoles (riziculture), pour la production d'énergie et pour l'irrigation ; ce qui engendre de profondes modifications de ces milieux aquatiques. Les conséquences sont graves, voire catastrophiques pour les oiseaux, par l'intermédiaire des changements dans les ressources trophiques et surtout dans les associations et formations végétales faisant disparaitre des habitats très particuliers.

species.
Forest bird species cannot survive without the forest and prove to be sensitive even to minor variations in the environment [90]. This is also the case for forest understorey birds that are restricted to this type of habitat. The sensitivity to environmental disturbances becomes more pronounced due to the fact that most forest avian species are not abundant.
In the savanna, the physiognomic modifications of the vegetation are often aggravated by over-grazing, non-adapted agricultural practices, bush fires and climatic hazards such as long periods of drought (during the **harmattan**↗). These factors transform environments over very large areas, causing high risks of extinction in savanna bird species.

Destruction of wetlands
According to the RAMSAR Convention, wetlands are important due to the biological diversity that they house. They occupy the transition zone between the permanent wetlands and those generally dry [107]. They have an extraordinary diversity, according to their genesis, geographical situation, water regime and physical and chemical properties, dominant plants and soil or sediment characteristics.
According to the RAMSAR Convention (article 1.1), wetlands are "areas of marsh, fen, peatland, natural or artificial, permanent or temporary water, with water that is static or flowing, fresh, **brackish**↗ or salty, including areas of marine water the depth of which at low tide does not exceed six metres".
Wetlands accomodate concentrations of birds, especially water birds [108], mammals, reptiles, amphibians, fish and **invertebrates**↗ as well as innumerable plant species like rice. These sites are often over-exploited due to agricultural activities (rice cultivation), for energy production and irrigation, engendering profound modifications on the aquatic environments. The consequences are severe, sometimes catastrophic for birds, through the intermediary of changes in food resources and most of all in plant associations and formations. Some very special habitats disappear.

Removal
The removal of birds has different purposes and is done in diverse manners. Shooting or trapping birds for eating is not severe in itself as long as it remains traditional and does not affect

Prélèvements

Les prélèvements sur l'avifaune sont de diverses natures et s'exercent de diverses manières. Le tir ou le piégeage des oiseaux à des fins alimentaires n'est pas grave en soi quand il demeure traditionnel et ne touche pas des espèces déjà menacées par d'autres facteurs. En revanche, il n'en n'est plus de même quand la pression de la chasse s'exerce particulièrement sur les oiseaux à des fins commerciales, après que les grands et moyens mammifères aient été éliminés ou trop chassés ; c'est le cas des francolins (*Francolinus bicalcaratus*), des pintades sauvages (*Numida meleagris*), du pigeon vert (*Treron calva*) et de la pintade huppée (*Guttera pucherani*).

Cette situation se produit d'une part quand les populations humaines locales ont besoin de protéines animales dans les régions où l'élevage est très peu développé et, d'autre part quand il se développe une exploitation intensive et mercantile de la faune. Les prélèvements concernent également les oiseaux d'eau, migrateurs d'Afrique-Eurasie tels que la cigogne épiscopale (*Ciconia episcopus*) et de nombreuses espèces d'Anatidae, bien que ces oiseaux soient protégés par la Convention de Bonn de 1979, entrée en vigueur en 1983, et plus récemment par l'Accord sur la Conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie de 1994 adoptée en juin 1995.

species already endangered by other factors. However, this is not the case when hunting pressure is exerted particularly on birds for commercial purposes after the large and medium-sized mammals have already been eliminated or when they are being over-hunted. This is the case with the francolin (*Francolinus bicalcaratus*), the wild guinea fowl (*Numida meleagris*), the green pigeon (*Treron calva*) and the crested guinea fowl (*Guttera pucherani*).

This situation occurs when local people need animal proteins in regions where animal husbandry is very little developed, and when an intense and mercantile exploitation of fauna (bushmeat) has developed. The removal also concerns migrating waterbirds from Africa-Eurasia such as the woolly-necked stork (*Ciconia episcopus*) and numerous species of Anatidae, although

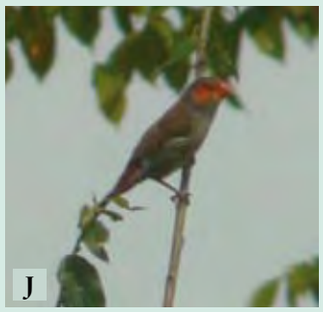


Fig. 5.24: A) *Euplectes afer* ; B) *Nectarinia collaris* (mâle | male) ; C) *Hedydipna collaris* ; D) *Halcyon senegalensis* ; E) *Bias musicus* ; F) *Eurystomus gularis* ; G) *Dicrurus modestus* ; H) *Nycticorax nycticorax* ; I) *Muscicapa tesmanni* ; J) *Estrilda melpoda* ; K) *Dendrocygna viduata* HYA

Un autre type de prélèvement, moins bien connu, est le commerce des espèces d'oiseaux. A côté du commerce légal d'oiseaux, il existe malheureusement un trafic illégal dont on ne connaît pas bien l'ampleur sur les oiseaux sauvages. On sait par contre que ce marché « juteux » ne profite qu'aux seuls exportateurs. Le cas du perroquet gris (*Psittacus erythacus*) est un exemple mondialement connu et n'est pas un cas unique. Il y a aussi le commerce des perroquets comme le youyou (*Poicephalus senegalus*), la perruche à collier (*Psittacula krameri*), le touraco à gros bec (*Tauraco macrorhynchus*), les joues oranges (*Estrilda melpoda*), le tisserin gendarme (*Ploceus cuculatus*), la veuve dominicaine (*Vidua macroura*), etc.
En résumé, les menaces procèdent d'une grande variété de facteurs agissant en synergie. Bien que la déforestation et la **dégradation**↗ des milieux naturels soient les plus grandes menaces, les autres ne sauraient être négligées car leur action est fréquemment méconnue car insidieuse, moins accessible à l'observation et donc sous-évalué. La conservation d'une espèce d'oiseau passe certes par celle de son habitat mais aussi par celle de l'écosystème entier car les menaces qui pèsent sur certaines espèces ne constituent souvent que des indices dus au dysfonctionnement grave et généralisé de tout le système naturel.

Impact des différents types d'élevage sur la dynamique des écosystèmes et sur la diversité biologique
L'exploitation de la poule domestique a atteint un tel degré d'intensification que l'élevage industriel pour la ponte ou la chair semble actuellement plafonner. Mais il reste beaucoup à faire pour l'élevage avicole villageois méconnu sinon méprisé par les services officiels vétérinaires ou de l'élevage alors qu'il suffirait de tellement peu de choses (p.ex. vaccinations) pour améliorer la productivité [109].
Dans ce contexte, l'élevage d'espèces sauvages originaires de la Côte d'Ivoire parait être une ressource potentielle en vue de pallier à la demande sans cesse croissante en produits d'origines animales. Cela pourrait aider à réduire les importations de matières premières, à améliorer les balances de paiement relatives à l'élevage moderne d'espèces domestiques et à diminuer le taux de braconnage. Par exemple, l'origine de la pintade ou du francolin est africaine. Vivant à l'état sauvage, le francolin (*Francolinus* spp.) est rencontré fréquemment au hasard des pistes, et on le trouve parfois dans les villages où il ne semble cependant pas faire l'objet de beaucoup d'attention. Cet oiseau est adapté au milieu africain et mériterait davantage qu'on s'en occupe, surtout si l'on envisage l'apport de protéines animales au niveau des villages et en dehors des exploitations

they are protected by the Bonn Convention from 1979, come into force in 1983, and more recently by the African-Eurasian Waterbirds Agreement from 1994, adopted in June 1995.
Another type of removal, less known, is the trade of bird species. Besides the legal commerce of birds, unfortunately there is illegal trafficking. The extent of illegal commerce of wild birds is not known. However, it does provide a profitable market that not only exporters benefit from. The African grey parrot (*Psittacus erythacus*) is an example known worldwide, but it is not unique. Other parrot species are the target of trafficking as well, (such as the Senegal parrot (*Poicephalus senegalus*), the ring-necked parakeet (*Psittacula krameri*), the yellow-billed turaco (*Tauraco macrorhynchus*), the orange-cheeked waxbill (*Estrilda melpoda*), the village weaver (*Ploceus cuculatus*), the pin-tailed whydah (*Vidua macroura*), etc.
Summing it up, the threats proceed from a great variety of factors acting in synergy. Though deforestation and **degradation**↗ of natural environments are the greatest threats, the others should not be neglected because their action is frequently underrated since it is insidious, less accessible to observation and thus undervalued. Conservation of a bird species certainly depends on the conservation of its habitat, but also on that of the entire ecosystem, for the threats to certain species often only constitute indices of a severe and general dysfunction of the entire natural system.

Impact of different types of animal husbandry on the dynamics of ecosystems and on biological diversity
The exploitation of the domestic chicken has reached such a degree of intensity that industrial animal husbandry for egg and meat production currently seems to have reached a peak. However, much effort remains to be done for village aviculture which is unknown, if not scorned, by the official veterinary and animal husbandry services, even though very little (i.e. vaccinations) would suffice for improving productivity [109].
In this context, animal husbandry of wild species native to Côte d'Ivoire seems to be a potential resource to compensate the ceaselessly increasing demand for products of animal origin. This could help to reduce raw material imports, improve payment balances relative to modern animal husbandry of domestic species, and diminish poaching rates. For example, the origin of the guinea fowl or francolin is African. In the wild, the

industrielles. La pintade sauvage (*Numida meleagris*) et la pintade huppée (*Guttera pucherani*) peuvent également faire l'objet d'une production contrôlée.

ESPECES EN PERIL

Faute de données quantifiées, il nous est difficile de documenter les espèces locales en péril. Car les seules listes de présence (**checklist**↗) des espèces ne suffisent pas. Il faut en plus un inventaire quantitatif et qualitatif dans les principales zones de végétation de la Côte d'Ivoire, pour avoir une idée du statut actuel de l'avifaune. Mais d'une façon générale, du fait des menaces qui pèsent sur leurs habitats, de nombreuses espèces sont à court ou moyen terme, en péril. Il s'agit notamment des espèces du sous bois forestier dont les familles des Pycnonotidae, des Turdidae et Timaliidae sont assez représentatives.

Pour ces mêmes raisons, nombre d'espèces de rapaces forestiers de la famille des Accipitridae peuvent être considérées comme en péril. Leurs effectifs ne sont pas connus à ce jour même dans les formations comme le Parc National de Taï. Les grands aigles tels que l'aigle huppard (*Lophaetus occipitalis*), l'aigle blanchard (*Stephanoetus coronatus*) et l'aigle martial (*Polemaetus bellicosus*) sont vus de moins en moins dans nos forêts. La seule espèce d'Anatidae forestière en Côte d'Ivoire, le canard de Hartlaub (*Pteronetta harlaubii*), est également proche de la menace [110].

Liste des espèces menacées

Les listes des espèces du livre rouge de l'IUCN nous donnent une idée des espèces menacées d'il y a treize ans. En 1992, la Côte d'Ivoire était à 80 % de destruction de sa forêt [111]. Les habitats naturels de nombreuses espèces d'oiseaux ont été détruits et beaucoup parmi elles mériteraient aujourd'hui d'être classées dans d'autres catégories de menace. La liste rouge de l'UICN montre que 60 espèces d'oiseaux sont menacées ou proches de la menace d'extinction [92, 93].

VALEUR ECONOMIQUE

Les oiseaux sont extrêmement importants tant du point de vue qualitative que quantitative même si cette importance est difficilement chiffrable. Ils jouent un rôle de premier plan dans le tourisme de vision compte tenu de leur beauté et de leur grande diversité. Certaines espèces font l'objet de commerce sans qu'aucune donnée chiffrée ne soit disponible.

francolin (*Francolinus* spp.) is frequently found haphazardly on roads, and we sometimes encounter it in villages where it does not yet seem to attract much attention. This bird is adapted to the African environment and would merit our increased interest, especially when considering the contribution of animal proteins on the village level and outside industrial exploitations. The helmeted guinea fowl (*Numida meleagris*) and the crested guinea fowl (*Guttera pucherani*) can also be the subject of a controlled production.

ENDANGERED SPECIES

Without quantifying data, it is hard to document locally endangered species because the **checklists**↗ giving only species presence are not sufficient. A quantitative and qualitative inventory in the main vegetation zones of Côte d'Ivoire is also needed to get an idea of the present status of the avifauna. But in a general view, due to the threats on their habitats, numerous species are endangered, in the short and medium term. Notably, these are forest understorey species for which the Pycnonotidae, Turdidae and Timaliidae families are quite representative.

For the same reason, numerous species of forest raptors of the Accipitridae family can be considered endangered. Today, their numbers are not yet known even in formations such as the Taï National Park. The great eagles are seen increasingly less in our forests, such as the long-crested eagle (*Lophaetus occipitalis*), the crowned eagle (*Stephanoetus coronatus*), and the martial eagle (*Polemaetus bellicosus*). The only species of forest Anatidae in Côte d'Ivoire, the Hartlaub's duck (*Pteronetta harlaubii*), is also close to being endangered [110].

List of endangered species

The species lists documented by the IUCN red list gives us an idea of endangered species from thirteen years ago. In 1992, Côte d'Ivoire had already destroyed 80 % of its forest [111]. The natural habitats of numerous bird species have been destroyed, and many of them today deserve to be classified in other categories of endangerment. The IUCN's red list reveals that 60 bird species are endangered or close to extinction [92, 93].

ECONOMIC VALUE

Birds are qualitatively and quantitatively very important, even if it is difficult to give numbers.They play a top role in visual

C'est surtout au niveau des dégâts causés par les oiseaux que l'impact économique des oiseaux est évident. En effet, certains groupes notamment les oiseaux d'eaux, commettent des dégâts importants sur les rizières. Une étude de cas effectuée dans le Delta central du Niger au Mali, montre que les dégâts sont très variables selon les années, soit une perte de 0,76 à 14 % de la récolte, en moyenne [112].

CONCLUSION

Ce rapport n'a pas circonscrit toute la problématique liée à la conservation de la **biodiversité**↗ des oiseaux en Côte d'Ivoire. Un tel travail doit être basé sur une synergie d'action de tous les projets œuvrant pour la conservation de la nature. En effet, la conservation durable de la biodiversité étant multiforme et les critères d'évaluation variables selon les objectifs fixés, une approche concertée et pluridisciplinaire doit être adoptée pour satisfaire aux exigences de la gestion durable de la faune avienne.

tourism given their beauty and great diversity. Some species are the subject of trade, but no quantitative data is available.
Most of all, when it comes to damages caused by birds their economic impact becomes obvious. In fact, some groups of birds, notably water birds, cause severe damage to rice paddies. A case study from the inner Niger Delta in Mali shows that damages strongly vary between years, causing a mean loss of 0.76 to 14 % of the harvest [112].

CONCLUSION

This report does not have the scope of dealing with all the problems linked to the conservation of bird biological diversity in Côte d'Ivoire. Such a study has to be based on the synergetic action of all projects treating nature conservation. In fact, sustainable conservation of biodiversity is multi-faceted and evaluation criteria vary according to the objectives defined. Thus, a concerted, multi-disciplinary approach has to be adopted in order to meet the requirements of a sustainable management of the bird fauna.

5.10 Les amphibiens

Mark-Oliver RÖDEL
Patrick Joël ADEBA
Germain N'Goran KOUAME
Johannes PENNER

INTRODUCTION

Dans la partie générale de cet atlas (chapitre 3.4), nous avons expliqué ce que sont les amphibiens. Nous avons aussi décrit quelques-uns des aspects généraux de leur biologie et la diversité de ce groupe d'animaux en Afrique occidentale. Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur la diversité des amphibiens de Côte d'Ivoire, tels que les grenouilles, les toads et les caecilians et donnons quelques exemples de leurs adaptations diverses qui peuvent être quelques fois spectaculaires.

DIVERSITE DES ESPECES SUR L'ECHELLE FORET TROPICALE / SAVANE

D'un point de vue continental, la **faune**↗ amphibienne de Côte d'Ivoire est relativement bien connue. En particulier la plupart des zones protégées ont été l'objet d'études et des listes d'espèces ont été publiées, par exemple [113, 114, 115, 116, 117,118, 119]. A ce jour, 96 espèces ont été répertoriées dont six, sont endémiques à la Côte d'Ivoire (Tab. 5.9). La plupart des espèces vivent dans les forêts humides du sud-ouest (environ 60 espèces dans les forêts du Parc National de Taï) mais même les savanes plus sèches du nord abritent plus de 30 espèces de grenouilles et de crapauds, une richesse d'espèces qui sur quelques kilomètres carrés dépasse celle de toute l'Europe centrale. Au cours des quelques années passées, nous avons découvert plusieurs nouvelles espèces et même un nouveau genre (cf. chapitre 3.4) en Côte d'Ivoire. Certaines de ses espèces découvertes n'ont pas encore de noms scientifiques. De nombreuses régions en Côte d'Ivoire n'ont pas encore été l'objet de recherches scientifiques. Il est de ce fait probable, que de nombreuses espèces d'amphibiens, et même des espèces endémiques attendent d'être découvertes. Malheureusement, la plupart des espèces d'amphibiens vivent dans des forêts tropicales qui sont le type d'**habitat**↗ le plus menacé en Côte d'Ivoire. Jusqu'à présent plus de 80 % de la forêt tropical d'origine a été détruite ; il est ainsi également probable que certaines espèces d'amphibiens aient déjà disparu avant d'être documentées scientifiquement. Il est plus particulièrement urgent d'étudier et de préserver les fragments de forêt restant

Amphibians

INTRODUCTION

In the general part of this atlas (chapter 3.4), we explain what amphibians are. We also describe some of the general aspects of their biology and this animal group's diversity in West Africa. In this chapter, we focus on the diversity of amphibians in Côte d'Ivoire such as frogs, toads, and caecilians, and give a few examples of their various and partly spectacular adaptations.

SPECIES DIVERSITY ALONG THE RAIN FOREST / SAVANNA GRADIENT

In a continental comparison, the amphibian **fauna**↗ of Côte d'Ivoire is relatively well known. In particular, most of the protected areas have been investigated and species lists published, e.g. [113, 114, 115, 116, 117,118, 119]. To date, 96 species have been recorded and six of them, such as e.g. *Kassina lamottei* (Fig. 5.25) or *Phrynobatrachus taiensis*, are exclusively known (endemic) to this country (Tab. 5.9). Most species live in the rain forests of the South-West (e.g. almost 60 species in the Taï National Park forests), but even the drier savannas of the North are home to more than 30 frog and toad species, a specific richness on a few square kilometers that surpasses all of Middle Europe. Over the last few years, we have discovered many new species and even a new genus (see chapter 3.4) in Côte d'Ivoire. Some of these discoveries have not yet been given scientific names. Many Ivorian regions have not even been investigated scientifically. It is hence very likely that many more endemic amphibian species await their discovery. Unfortunately, most amphibian species live in the rain forest, the most threatened Ivorian type of **habitat**↗. So far, more than 80 % of the original rain forest have been destroyed; it is thus also likely that some amphibian species have already gone extinct before being documented scientifically. It is especially urgent to investigate and preserve those remaining species and highly threatened forest fragments and forest reserves in the South, in particular in the southeastern part of the country, for amphibians and other organisms, to avoid a further loss of **biodiversity**↗ treasures in Côte d'Ivoire.

qui sont sérieusement menacés et les réserves de forêt dans le sud, en particulier la partie sud-est du pays pour les amphibiens, ainsi que pour les autres organismes, pour éviter de perdre davantage cette précieuse de **biodiversité**↗ de la Côte d'Ivoire.

ADAPTATIONS AUX DIFFERENTS ENVIRONNEMENTS

La Côte d'Ivoire est parmi les premiers pays tropicaux dans lesquels les groupes d'amphibiens ont été totalement évalués [113]. De même la biologie et l'écologie ont été étudiées [120, 121]. Plus particulièrement Raymond Barbault, Maxime Lamotte et leurs collègues ont publié de nombreux écrits sur le développement, les cycles démographiques annuels, l'habitat, le choix de nourriture et de nombreux autres aspects des amphibiens de la Réserve de Lamto. Parce que la Côte d'Ivoire couvre toute une série d'habitats différents, depuis les forêts tropicales du sud, les régions montagneuses de l'ouest jusqu'aux différents types de savanes dans le centre et le nord du pays, les espèces amphibiennes ivoiriennes représentent une vaste gamme de stratégies de reproduction et de survie dans différentes conditions.
Un des exemples les plus spectaculaires est sans doute la grenouille

ADAPTATIONS TO DIFFERENT ENVIRONMENTS

Côte d'Ivoire was among the first tropical countries where amphibian assemblages had been almost completely assessed [113]. Likewise, the biology and ecology was investigated, e.g. [120, 121]. In particular, Raymond Barbault, Maxime Lamotte and their co-workers have published many papers on the development, annual demographic cycles, habitat and food selection and many other aspects of the amphibians of the Lamto Reserve. Since Côte d'Ivoire covers a wide range of different habitats, from the rain forests in the South, the mountainous regions in the West, to the different savanna types in the Centre and the North of the country, the Ivorian amphibian species represent a wide range of strategies to reproduce and survive under very different conditions.
One of the most spectacular examples is probably the Savanna Reed Frog *Hyperolius nitidulus* (Fig. 5.26). The ecology and physiology of this species have been investigated in detail by K. Eduard Linsenmair and several of his former students [122]. In particular, they investigated how this small arboreal frog can survive the dry season, where it sits at 1-2 m on plants without drying up in plain sunlight over up to five months. This is

Fig. 5.25: *Kassina lamottei*, grenouille endémique des forêts tropicales situées plus à l'Ouest de la Côte d'Ivoire. *Kassina lamottei*, a frog endemic to the westernmost rain forests in Côte d'Ivoire. MRO

Fig. 5.26: *Hyperolius nitidulus* s'accouple brièvement avant la ponte. | *Hyperolius nitidulus* couple shortly before starting spawning. MRO

Fig. 5.27: *Hoplobatrachus occipitalis* MRO

des roseaux de la savane *Hyperolius nitidulus* (Fig. 5.26). L'écologie et la physiologie de cette espèce ont été étudiées dans le détail par K. Eduard Linsenmair et plusieurs de ses étudiants [122]. Ils ont examiné précisément comment cette petite grenouille arboricole peut survivre à la saison sèche. Elle peut rester en plein soleil pendant deux à cinq mois sur des plantes de 1 à 2 m de haut sans se dessécher. C'est possible parce que la grenouille a développé des adaptations extraordinaires sur le plan morphologique et comportemental qui, en fin de compte, réduisent la perte en eau (par évaporation) à un minimum. Les adaptations morphologiques sont même visibles à l'extérieur par le blanc brillant que les jeunes grenouilles développent à des températures de 35 °C et plus. Ceci est dû à une structure parallèle d'iridophores (cellules contenant des substances blanches). Les cellules agissent simultanément comme dépôts de déchets d'azote et comme un genre de réflecteur solaire. Ainsi la grenouille réduit (a) la nécessité de faire fondre les déchets d'azote dans l'eau et (b) le coup de chaleur de son corps. Une autre grenouille de la savane, la grenouille tigre africaine *Hoplobatrachus occipitalis* (Fig.5.27), est spéciales à savoir qu'elle a des têtards carnivores qui se nourrissent d'autres têtards, de larves de moustiques, etc. Les femelles de cette espèce peuvent déterminer le nombre de

Fig. 5.28: Mâles *Phrynobatrachus alleni* de coloration jaune en phase de reproduction, appelant les femelles depuis le sol de la forêt. | *Phrynobatrachus alleni* males in yellow breeding pattern calling for females from the forest floor. MRO

possible because the frog developed extraordinary morphological and behavioural adaptations, reducing the loss of water (through evaporation) to a minimum. The morphological adaptations are even visible externally to the observer by the bright white colour that juvenile frogs develop at temperatures of 35 °C and higher. This is due to a parallel arrangement of iridophores (cells containing white substances). The cells simultaneously act as deposits of nitrogen waste and as a kind of solar reflector. Thus, the frog reduces (i) the need of dissolving nitrogen waste in water and (ii) the over-heating of its body. Another savanna frog, the African Tiger Frog *Hoplobatrachus occipitalis* (Fig. 5.27), is special for having carnivorous tadpoles, feeding on other tadpoles, mosquito larvae, etc. The females of this species are able to determine the number of conspecific tadpoles already living in a pond. Hence, if there are already many tadpoles present they don't deposit any of their own eggs or lay only a few eggs. In contrast, they lay many eggs in ponds without such tadpoles. This strategy reduces the potential loss of offspring through cannibalism. Furthermore, savanna waters often dry up very quickly; therefore, it is also important that frogs can estimate the potential duration of a pond. The African Tiger Frog seems to regularly visit various potential breeding sites and thus "estimates" the water holding capacities of the various waters within its home range [123].

Frogs reproducing in the rain forest usually have less problems with water availability. Some of them, especially species of the Puddle Frog *Phrynobatrachus* (Fig. 5.28), often choose extremely small waters, that can sometimes be the water in footprints of buffalos or elephants on the forest floor that is sufficient for reproduction. In these small waters tadpoles benefit from the fact that very few potential **predators**↗ live in them. The tree frogs of the genus *Leptopelis* (Fig. 5.29) avoid egg predators by burying their eggs in the soil. The tadpoles hatch when the rains set in and then wriggle over land into newly formed ponds and rivers. Similarly, the Forest Grass Frog *Ptychadena*

têtards qui vivent déjà dans le bassin. Cela signifie que s'il y a déjà trop de têtards présents, elles n'y pondent pas leurs œufs, ou quelques-uns seulement. Elles pondront leurs nombreux œufs dans des bassins sans têtards. Cette stratégie réduit la perte potentielle des petits par cannibalisme. De plus, les eaux des savanes s'assèchent souvent très vite et il est donc également important que les grenouilles puissent évaluer la durée potentielle d'un bassin. La Grenouille Tigre Africaine semble visiter régulièrement différents lieux de ponte et « connaît » ainsi les capacités de rétention d'eau de différents lieux dans sa région [123].
Les grenouilles qui se reproduisent dans la forêt tropicale ont moins de problème avec la disponibilité de l'eau. Certaines d'entre elles, en particulier l'espèce des grenouilles des flaques *Phrynobatrachus* (Fig. 5.28), choisissent souvent des eaux en petites quantités. Parfois seulement l'eau contenue dans des traces de pattes de buffles ou d'éléphants sur le sol de la forêt suffit à la reproduction. Ces eaux présentent l'avantage que seul de très rares **prédateurs**↗ de têtards y vivent. Les grenouilles des arbres du genre *Leptopelis* (Fig. 5.29) évitent tout cela en enterrant leurs œufs dans le sol. Les têtards sortent des œufs lorsque la pluie arrive et ensuite ils serpentent sur terre jusqu'aux nouveaux bassins et aux cours d'eau ainsi formés.

Fig. 5.29: *Leptopelis macrotis* JDO

Fig. 5.30: *Ptychadena aequiplicata* MRO

Fig. 5.31: *Chiromantis rufescens* MRO

Fig. 5.32: *Acanthixalus sonjae* MRO

aequiplicata (Fig. 5.30) deposits its eggs openly on the dry forest floor. Often many frogs spawn simultaneously so that the forest ground is almost covered with frog eggs. When the rains start, forest ponds form and when their water reaches the eggs, the tadpoles hatch. Deliberately positioning the eggs right on the banks of the future forest ponds ensures that the tadpoles hatch once the ponds already have enough water. The possibility that these ponds dry up before the tadpoles finish **metamorphosis**↗ is thus very unlikely. Another very astonishing observation is that these eggs neither develop any mould nor are they eaten by the various forest **arthropods**↗ like driver ants. It thus seems that they are chemically very well protected. Another forest frog, *Chiromantis rufescens* (Fig. 5.31), protects its eggs by depositing them in foam nests above the water. However, this protection is not perfect and various monkey species have learned that this foam contains delicious and nutritious frog eggs [124, 125]. Other potentially spectacular strategies of the many Ivorian frog species are unknown. For example, it has not been investigated how the West African Wart Frog *Acanthixalus sonjae* discovers its very unusual breeding sites: very large water-filled tree holes. Neither is it known how these frog;

De même la grenouille de l'herbe de la forêt *Ptychadena aequiplicata* (Fig. 5.30) dépose ses œufs ouvertement sur le sol sec de la forêt. Souvent de nombreuses grenouilles ont leurs petits en même temps de sorte que le sol de la forêt est presque recouvert d'œufs de grenouilles. Lorsque la pluie se met à tomber, les bassins de la forêt se forment et lorsque l'eau de ces bassins touche les œufs, les têtards en sortent. En pondant ses œufs, non pas au hasard, mais en les plaçant juste sur les berges des futurs bassins de la forêt, la femelle grenouille sait que les têtards ne naîtront que lorsque les bassins auront déjà suffisamment d'eau. De ce fait ces bassins ne s'assècheront sans doute pas avant que les têtards n'aient achevé leur **métamorphose**↗. Une autre observation surprenante est que ces œufs ne développent jamais de moisissure et ne sont pas non plus mangés par les divers **arthropodes**↗ de la forêt comme les fourmis chauffeurs. Il semble ainsi qu'elles soient bien protégées sur le plan chimique. Une autre grenouille de la forêt, *Chiromantis rufescens* (Fig. 5.31), protège ses œufs en les pondant dans des nids de mousse au-dessus de l'eau. Toutefois, cette protection n'est pas parfaite et diverses espèces de singes ont découvert que la mousse contient de délicieux et nourrissants œufs de grenouilles [124, 125]. D'autres stratégies potentiellement spectaculaires des nombreuses espèces de grenouilles ivoiriennes sont inconnues. Par exemple, aucune recherche n'a été faite pour savoir comment la grenouille verrue d'Afrique occidentale, *Acanthixalus sonjae*, découvre ses sites d'élevage très insolites : de très grands trous dans les arbres remplis d'eau. On ne sait pas non plus comment ces grenouilles, mâles qui au contraire de la plupart des autres grenouilles et crapauds sont muettes, attirent les femelles. Il reste donc beaucoup de faits intéressants à découvrir pour les étudiants et les chercheurs mais aussi pour les amateurs intéressés.

Tab. 5.9: Espèces amphibiennes endémiques de Côte d'Ivoire.
Endemic amphibian species of Côte d'Ivoire.

Espèces | Species	Répartition dans le pays | Distribution in the country
Bufo danielae	Forêts côtières près de Sassandra Coastal forests near Sassandra
Phrynobatrachus taiensis	Parc National de Taï | Taï National Park
Hyperolius nienokouensis	Parc National de Taï | Taï National Park
Hyperolius nimbae	Basses terres au pied sud-est du Mont Nimba Lowlands of the south-eastern foot of Mount Nimba
Kassina lamottei	Forêts du sud-est du Mont Nimba jusqu'au Parc National de Taï South-eastern forests from Mount Nimba to Taï National Park
Morerella cyanophthalma	Parc National de Banco, peut-être Parc National de Azagny Banco National Park, possibly Azagny National Park

males being mute in contrast to most other frogs and toads, attract their females. Thus, a lot of interesting facts remain to be discovered by students, researchers as well as interested lay people.

Le *Phrynomantis* vit avec les fourmis et les scorpions

Mark-Oliver RÖDEL, Mareike HIRSCHFELD & Christian BREDE

Les amphibiens ont une peau semi-perméable. Ils dépendent donc de l'environnement qui offre suffisamment d'humidité pour i) ne pas dessécher et ii) conserver la peau hydratée. Ceci est nécessaire pour maintenir l'oxygène qui entre par la peau. Cette façon de respirer couvre toujours une énorme proportion des besoins en oxygène des amphibiens. Les grenouilles de la savane doivent faire face à un problème majeur pendant la saison sèche : l'humidité tombe remarquablement et les animaux peuvent facilement se dessécher. Certaines espèces, comme *Hyperolius nitidulus*, ont développé des adaptations morphologiques spéciales qui réduisent le taux d'évaporation. D'autres, comme *Hoplobatrachus occipitalis*, migrent vers des zones où l'humidité reste assez élevée, comme sur les berges de grands lacs et fleuves permanents. D'autres encore se terrent dans le sol et se protègent ainsi du dessèchement. Cependant il y a des espèces qui ne peuvent pas se déplacer sur de longues distances et qui n'ont pas d'adaptations morphologiques spéciales, et qui ne peuvent pas non plus creuser dans le sol. Leur seule possibilité de conserver une hydratation suffisante est de se servir de cachettes déjà établies comme des trous profonds et des fissures dans le sol de la savane. Une de ces espèces est la grenouille caoutchouc rouge, *Phrynomantis microps*. Se servir de trous établis comporte des risques pour ces animaux qui s'y installent, comme les rongeurs, les fourmis, les scorpions, etc. les utilisent également. En particulier les fourmis et les scorpions occupent presque tous les endroits humides de la savane. Certaines de ces espèces, comme la fourmi charognard, *Paltothyreus tarsatus*, ou le scorpion empereur, *Pandinus imperator*, chassent, tuent et mangent les grenouilles. Une exception remarquable est créée la grenouille caoutchouc rouge (Fig. 5.33). Cette espèce vit sans danger dans des colonies de fourmis et des trous de scorpions de l'espèce susmentionnée et se déplace dans ces endroits sans subir aucun préjudice [126]. Souvent on peut même observer la grenouille assise totalement détendue entre les grands ciseaux des scorpions. Des crapauds toxiques de la même taille, par exemple *Amietophrynus maculatus*, se font écraser par ces ciseaux et sont ensuite mangés par le scorpion. Dans un ensemble de champs différents et d'expériences de laboratoire, nous pourrions découvrir les stratégies que la Grenouille Caoutchouc Rouge utilise pour vivre au milieu de ces hôtes **invertébrés**↗ dangereux. Dans le cas des fourmis, la grenouille utilise des substances chimiques secrétées par sa peau. Ces substances enveloppent la grenouille d'une sorte de manteau chimique invisible. Elles peuvent ainsi se déplacer en toute liberté entre les fourmis qui ne les classent pas comme proies ou comme ennemis. Cependant, les scorpions ne sont pas influencés par ces substances chimiques. Dans leur cas, il semble plus vraisemblable qu'ils reconnaissent la grenouille à son style de démarche spécial et inhabituel. A la différence avec les autres grenouilles, *Phrynomantis microps* ne saute pas mais marche lentement avec ses pattes tendues. Les grenouilles profitent même de leurs hôtes pendant la saison des pluies. Après de fortes précipitations, l'entrée des terriers de la savane est souvent fermée par de la terre. Pour la grenouille, il est difficile, voire impossible, d'enlever cette terre, mais le scorpion retire ses barrières et ainsi ouvre à nouveau le chemin pour que la grenouille puisse aller dans la savane. Jusqu'à présent nous ne savons pas si et comment les fourmis et les scorpions pourraient bénéficier de la présence des grenouilles ou si seuls les amphibiens bénéficient de ces associations.

Phyrnomantis lives with ants and scorpions

Mark-Oliver RÖDEL, Mareike HIRSCHFELD & Christian BREDE

Amphibians have semipermeable skins. They therefore depend on environments that provide sufficient humidity so as i) not to dry up and ii) to keep skin moist. The latter is necessary to maintain oxygen uptake through the skin. This mode of respiration always covers a huge proportion of the amphibians' oxygen need. Savanna frogs face a major problem during the dry season: humidity drops dramatically and the animals may easily dry up. Some species, like *Hyperolius nitidulus*, developed special morphological adaptations, that reduce the evaporation rates. Others, like *Hoplobatrachus occipitalis* migrate to areas where humidity remains high enough, like at the banks of larger permanent lakes and rivers. A third group of species burrow into the soil and protect themselves from drying up. However, there are species which neither can migrate long distances nor have special morphological adaptations, and they are not able to dig into the soil. Their only option of staying moist enough is to use already established hiding places like deep holes and cracks in the savanna soil. One such species is the Red Rubber Frog, *Phrynomantis microps*. Using established holes, however, carries the risk that the animals who created the places, like rodents, ants, scorpions etc. might still be using them. Ants and scorpions in particular occupy almost all moist places in the savanna. Some of these species, like the Scavenger Ant *Paltothyreus tarsatus* or the Emperor Scorpion *Pandinus imperator*, hunt, kill and eat frogs. A remarkable exception is the Red Rubber Frog (Fig. 5.33). This species lives in the ant colonies and scorpion holes of the above-mentioned species and moves within these places without being harmed [126]. Often, one can even observe the frog sitting completely relaxed among the scorpions' large scissors. Similarly sized toxic toads, e.g. *Amietophrynus maculatus*, get smashed by these scissors and subsequently eaten by the scorpion. In a set of different field and laboratory experiments we could uncover the strategies the Red Rubber Frog uses to live with these dangerous **invertebrate**↗ hosts. In the case of the ants, the frog secretes chemical substances from its skin. These substances provide the frog with a kind of chemical "invisible cloak" so they can freely move between the ants, which do not categorize them as prey or as enemies. Scorpions, however, do not care about these chemicals. In their case, it seems more likely that they recognize the frog by its special, very unusual gait. In contrast to other frogs, *Phrynomantis microps* does not hop but slowly walks with stretched legs. The frogs even profit from their hosts during the rainy season. After heavy rainfalls, savanna burrows are often blocked with soil. For the frog, it is difficult or even impossible to remove this soil, the scorpion however, easily removes these barriers and reopens the way for the frog onto the savanna. So far it remains unknown if and how the ants and scorpions benefit from the presence of the frog, or whether it is just the amphibian that benefits from these associations.

Fig. 5.33: Mâle de *Phrynomantis microps* appelant depuis l'entrée d'un trou dans la savane. Souvent ils partagent ces trous avec des gros scorpions. | *Phrynomantis microps* male calling from a savanna hole entrance. Often they share these holes with large scorpions. MRO

5.11 La faune aquatique des eaux douces

Germain GOURENE
Allassane OUATTARA

INTRODUCTION

Depuis les années 60, la **faune**↗ **ichtyologique**↗ de la Côte d'Ivoire a fait l'objet de plusieurs programmes de recherche, ainsi un grand nombre d'informations ont été publiées sur la **systématique**↗, la **biogéographie**↗ et l'écologie des poissons [127, 128, 129, 130]. Les efforts consentis permettent aujourd'hui de dresser un bilan exhaustif de l'ichtyofaune de ce pays qui, de ce fait, se trouve être l'un des mieux connus d'Afrique de l'Ouest [128].

Dans ce travail, nous avons rassemblé l'information sur la **biodiversité**↗ des poissons d'eaux douces des différents bassins de la Côte d'Ivoire. Les buts du présent travail sont de (1) caractériser la diversité ichtyologique ; (2) passer en revue les principales menaces qui pèsent sur elle ; et (3) proposer des recommandations pour sa conservation.

COMPOSITION DE LA FAUNE

Au total, 153 espèces et sous- espèces de poissons regroupées en 71 genres, 28 familles et 11 ordres sont actuellement connues des eaux douces de Côte d'Ivoire. Les familles les mieux représentées dans les peuplements sont celle des Cyprinidae avec 24 espèces, dont 18 du genre *Barbus,* et celle des Cichlidae avec 19 espèces parmi lesquelles 7 appartiennent au genre *Tilapia*. La famille des Mormyridae et celle des Alestidae sont également bien diversifiées avec respectivement 14 et 12 espèces. Ces quatre familles représentent plus de 46 % de la richesse spécifique actuellement connue de la Côte d'Ivoire.

NOTES SUR DES ESPECES SPECIFIQUES

Du point de vue de la répartition géographique, sur les 153 espèces et sous-espèces dont la répartition est actuellement connue, 135 (soit 88,2 %) sont plus ou moins largement distribuées en Afrique de l'Ouest. Dix-huit, soit 11,8 %, n'ont jusqu'à ce jour, jamais été observées hors des limites de la Côte d'Ivoire (Tab. 5.10). Parmi celles-ci, deux présentent un intérêt particulier pour la conservation. Il s'agit de *Limbochromis cavalliensis*, strictement endémique au fleuve Cavally, et de *Synodontis koensis*, strictement endémique au fleuve

Freshwater fish fauna diversity

INTRODUCTION

Since the 1960s, the **ichthyologic**↗ **fauna**↗ in Côte d'Ivoire has been the object of several research programmes, so a great deal of information has been published on the **systematics**↗, **biogeography**↗ and ecology of fish [127, 128, 129, 130]. These efforts today allow us to create an exhaustive assessment of the ichthyofauna of this country that, therefore, is one of the best known in West Africa [128].

In our research, we tried to gather information on the **biodiversity**↗ of freshwater fish from different water bodies in Côte d'Ivoire. The goals of the present work are to (1) characterize ichthyologic diversity; (2) review the main threats to it and (3) propose recommendations for its conservation.

COMPOSITION OF THE FAUNA

In all, 153 species and subspecies of fish grouped into 71 genera, 28 families and 11 orders are currently known in the freshwaters of Côte d'Ivoire. The best-represented families in the populations are the Cyprinidae with 24 species, 18 of which belong to the genus *Barbus,* and the Cichlidae has 19 species among which 7 belong to the genus *Tilapia*. The Mormyridae and Alestidae families are also well diversified with 14 and 12 species, respectively. These four families represent more than 46 % of the species richness currently known in Côte d'Ivoire.

NOTES ON SPECIFIC SPECIES

From the geographical distribution point of view, of the 153 species and subspecies of which the distribution is currently known, 135 (or 88.2 %) are more or less greatly distributed in West Africa. Eighteen, or 11.8 %, have never been observed outside the limits of Côte d'Ivoire to this day (Tab. 5.10). Among these, *Limbochromis cavalliensis* (strictly endemic to the Cavally) and *Synodontis koensis* (strictly endemic to the Sassandra) are of a particular interest for conservation. We do not have enough information on these species to evaluate their risk of extinction.

Sassandra. On ne dispose pas suffisamment d'informations sur ces espèces pour évaluer le risque de leur extinction. Par ailleurs, selon Fishbase (http://www.fishbase.org) certaines espèces telles que *Marcusenius furcidens, Citharinus eburneensis, Chiloglanis normani, Parasicydium bandama,* connues que de la Côte d'Ivoire selon Paugy, Lévêque et Teugels [130] semblent avoir été retrouvées en Afrique de l'Ouest et Centrale, mais ces informations restent sans confirmation d'identification.

MENACES SUR LA BIODIVERSITE DES POISSONS

Dans les bassins fluviaux de la Côte d'Ivoire, les menaces sur la diversité de poissons sont principalement le fait des activités **anthropiques**↗, qui sont susceptibles de mettre en péril la biodiversité de poissons ou pour le moins de la modifier. Ce sont :

Les changements hydrologiques

Les principaux changements hydrologiques liés aux aménagements des milieux aquatiques (barrages hydroélectriques et hydroagricoles) ont des impacts sur la diversité des poissons. Les effets des barrages sur la biodiversité des poissons sont illustrés par exemple par la disparition de *Distichotidus rostratus* et *Citharinus eburneensis* de la rivière Bia [131] après la construction des barrages hydroélectriques d'Ayamé I et II.

L'INTRODUCTION DE NOUVELLES ESPECES DE POISSONS

Toute espèce introduite volontairement ou accidentellement risque d'entrer en compétition avec les espèces autochtones pour la nourriture et d'autres ressources et entrainer ainsi une réduction considérable des espèces locales et même leur extinction locale. C'est pour cette raison que cette action qui est souvent suscitée à des fins aquacoles doit être étudiée et contrôlée. *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus*, deux espèces introduites en Côte d'Ivoire depuis plus d'une trentaine d'années, se trouvent actuellement presqu'à

Moreover, according to Fishbase (http://www.fishbase.org), some species only known in Côte d'Ivoire according to Paugy, Lévêque and Teugels [130] (*Marcusenius furcidens, Citharinus eburneensis, Chiloglanis normani, Parasicydium bandama*) seem to have been found in West and Central Africa, but this information remains without confirmation of its identification.

THREATS TO FISH BIODIVERSITY

In the river basins of Côte d'Ivoire, the threats to fish diversity are mainly due to anthropogenic↗ activities that might endanger fish diversity or at least modify it. These are:

Hydrological changes

The main hydrological changes connected to the development of aquatic environments (hydroelectric and hydroagricultural dams) impact fish diversity. The effects of dams on fish diversity are illustrated by the disappearance of *Distichotidus rostratus* and *Citharinus eburneensis* from the Bia river after the construction of the hydroelectric dams of Ayamé I and II, for example [131].

Taxon Taxon	Aire de répartition Distribution area
Limbochromis cavalliensis	ES
Synodontis koensis	ES
Brienomyrus kingsleyae eburneensis	CB
Marcusenius furcidens	CB
Petrocephalus bane comoensis	CB
Brycinus derhami	CB
Micralestes eburneensis	CB
Citharinus eburneensis	CB
Barbus traorei	CB
Chiloglanis normani	CB
Synodontis bastiani	CB
Synodontis comoensis	CB
Synodontis punctifer	CB
Epiplatys chaperi spillmanni	CB
Epiplatys etzeli	CB
Epiplatys olbrechtsi dauresi	CB
Epiplatys olbrechtsi kassiapleuensis	CB
Parasicydium bandama	CB

Tab. 5.10: Espèces et sous- espèces connues que de la Côte d'Ivoire selon [130]. ES : espèce endémique stricte à une rivière de Côte d'Ivoire ; CB : espèce ou sous-espèce connue pour l'instant que des bassins fluviaux de Côte d'Ivoire. | Species and subspecies only known in Côte d'Ivoire according to [130]; ES: Strictly endemic species of a Côte d'Ivoire river; CB: Species or subspecies for the moment only known in river basins of Côte d'Ivoire.

Introduction of new fish species

All species voluntarily or accidentally introduced can enter into competition with the native species for food and other resources, that may lead to a considerable reduction of local species and even to their local extinction. For this reason, this action that is often done for fish farming has to be studied and

l'état naturel dans tous les bassins ivoiriens. La carpe chinoise (*Ctenopharyngodon idella*) a été récemment introduite pour lutter contre l'envahissement des étangs de pisciculture par les végétaux aquatiques. Elle a été utilisée sous contrôle dans certains étangs de pisciculture de la région de Gagnoa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire).

LA SUREXPLOITATION DES RESSOURCES HALIEUTIQUES

L'intensification de la pêche contribue à affaiblir les stocks des ressources halieutiques.

La pollution

L'altération des milieux aquatiques par la pratique qui consiste à utiliser des **pesticides**↗ (insecticides phytosanitaires, les **herbicides**↗ …) et la pêche par empoisonnement contribue à la réduction de la diversité de poissons.

Le déboisement, l'érosion des terres et la sédimentation

La modification de la qualité des eaux par les différentes activités humaines surtout par l'expansion anarchique des exploitations agricoles (défrichements et cultures) et l'exploitation illégale du bois, peuvent être préjudiciables pour la diversité des poissons.

La démographie galopante

La croissance démographique en milieu rural engendre de nouvelles quêtes de terres cultivables toujours prises au détriment des forêts, ce qui constitue une menace permanente pour les **écosystèmes**↗ aquatiques.

Le changement climatique

Le réchauffement de la terre a des conséquences sur les écosystèmes aquatiques (réduction du volume des eaux voire leur assèchement) qui affecteraient la biodiversité aquatique.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La diversité ichtyologique n'a, de toute évidence, pas été totalement explorée dans tous les écosystèmes aquatiques de la Côte d'Ivoire. Cependant, l'importance de cette biodiversité justifie des efforts de protection, tant pour les espèces que pour les écosystèmes aquatiques dans lesquels elles vivent. Il est donc urgent que les bases scientifiques pour la conservation de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources soient établies pour un développement

controlled. *Oreochromis niloticus* and *Heterotis niloticus*, two species introduced to Côte d'Ivoire more than thirty years ago, are at present almost at a natural state in all Ivorian water bodies. The Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), has recently been introduced for fighting against aquatic plant invasion in fish farming ponds. It was used in a controlled way in certain fish farming ponds in the Gagnoa region (western Centre of Côte d'Ivoire).

OVER-EXPLOITATION OF FISHERY RESOURCES

The ongoing intensification of fishing contributes to diminishing the stocks of fishery resources.

Pollution

Alteration of aquatic environments by a fishing practice consisting of using **pesticides**↗ (plant-protecting insecticides, **herbicides**↗…) and poisoning fish contributes to the decline of fish diversity.

Deforestation, erosion of lands and sedimentation

Modification of the water quality by various human activities, especially the lawless expansion of agricultural exploitations (clearings and crops) and the illegal exploitation of wood, can be prejudicial for fish diversity.

Soaring demography

Demographic growth in the rural environment engenders new quests for cultivatable lands always undertaken to the detriment of forests, which constitutes a permanent threat to aquatic **ecosystems**↗.

Climate change

Global warming has consequences on aquatic ecosystems (reduction of the volume of waterbodies or the drying up of them), which affects aquatic biodiversity.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Given all evidence, ichthyologic diversity has not been fully explored in all aquatic ecosystems in Côte d'Ivoire. However, the importance of this biodiversity justifies protection efforts for

socio-économique en harmonie avec la nature. Ceci passe par :

- La réalisation d'études et de plans d'actions pour la protection des écosystèmes particuliers (rivières sacrées) qui font l'objet d'un mode de conservation intégrant les valeurs traditionnelles.
- Une plus grande coordination entre les différentes institutions de recherche nationales et les gestionnaires de la pêche pour mieux connaître la faune ichtyologique peuplant les eaux douces de Côte d'Ivoire ainsi que leur biologie afin de définir des zones et périodes de pêche en vue d'élaborer des textes réglementant l'exercice de la pêche.
- La nécessité de favoriser des actions concrètes en vue de promouvoir l'**aquaculture**↗.
- L'autorisation préalable des autorités compétentes pour toute introduction d'espèces.

both the species and the aquatic ecosystems in which they live. It is thus urgent that the scientific bases for biodiversity conservation and the sustainable use of resources be established for socioeconomic development in harmony with nature. This happens through:

- Studies and action plans for the protection of special ecosystems (sacred rivers) that are object of a mode of conservation integrating traditional values.
- Greater coordination between the different national research institutions and fishing managers to better understand the ichthyological fauna populating freshwater bodies of Côte d'Ivoire and the biology of this fauna in order to define fishing zones and fishing periods in view of elaborating texts regulating fishing.
- The necessity of favouring concrete actions to promote aquaculture↗.
- Authorization from competent authorities prior to any species introduction.

Eaux temporaires de la savane comme habitat pour une faune de poissons extraordinairement diverse

Karsten MODY, Minnattallah BOUTROS & K. Eduard LINSENMAIR

Le cours d'eau temporaire de la savane étudié : 1. pendant la saison sèche (NRE) ; 2. à différentes périodes de la saison des pluies (a, KMO ; b, MBO).

Les savanes d'Afrique occidentale suivent une alternance de périodes de pluie et de périodes sèches. Pendant la saison des pluies, de nombreux petits cours d'eau et bassins temporaires apparaissent et forment un nouvel habitat temporaire pour les organismes aquatiques à côté des grands fleuves permanents. Les poissons migrent dans des cours d'eau temporaires pendant les périodes où ils sont liés aux eaux permanentes pour profiter de la disponibilité d'avantage de nourriture et d'une pression inférieure des prédateurs ; mais ils doivent retourner dans les eaux permanentes avant la fin de ce lien. En plus d'autres contraintes, comme la grande variabilité dans la composition de l'eau et les températures, le fait qu'il soit impossible de prévoir s'il va y avoir de l'eau semble susceptible de restreindre le nombre d'espèces de poissons capables d'utiliser les eaux temporaires de la savane comme habitat. De ce fait, seul une fraction de ces espèces de poissons que l'on trouve dans les eaux permanentes d'un captage donné d'un fleuve pourrait se trouver dans des eaux temporaires. Pour tout le bassin du fleuve Comoé, couvrant une superficie de 72 000 km², 109 espèces de poissons de 29 familles ont été décrites jusqu'à présent [132, 133]. Comme certaines espèces se limitent aux eaux côtières et aux cours d'eau de la forêt tropicale, sur ces 109 espèces, seules 81 peuvent se trouver dans les étendues centrales et supérieures des fleuves permanents comme le Fleuve Comoé dans le Parc National de Comoé [134]. Dans notre estimation quantitative, nous avons étudié la faune de poissons sur une section de 200 m d'un cours d'eau de savane temporaire couvrant une superficie de 600 m², en utilisant une combinaison de filets de pêche électronique sac à dos et Fyke durant les deux saisons des pluies. Notre étude indique que les eaux temporaires de la savane peuvent devenir un habitat pour les poissons d'une grande pertinence bien qu'il soit utilisable uniquement pendant une période limitée de l'année. Les groupes de poissons du cours d'eau de savane temporaire étudié comprennent 63 espèces appartenant à 18 familles de poissons. Une analyse de la composition du groupe a révélé que l'utilisation d'habitats temporaires va se trouver dans un large éventail de groupes taxonomique de poissons. Seuls les poissons cyprinodontiformes (c'est-à-dire les poissons appartenant à l'ordre des cyprinodontiformes) semblent relativement rares dans les eaux temporaires de la savane par rapport à la faune totale des poissons du fleuve Comoé puisque ce groupe comprend de nombreuses espèces d'estuaires ou d'eaux des forêts tropicales. Un autre groupe de poissons, les cyprinidés, est cependant plus particulièrement riche en espèces dans les bassins et cours d'eau temporaires de la savane. Avec les documents des trois espèces nouvelles de la faune des poissons du Comoé, le même nombre de syprinides est aujourd'hui connu de la communauté des eaux temporaires que celle des fleuves permanents. Dans les bassins temporaires étudiés, nous avons trouvé deux autres espèces de deux familles, le cyprinodontide ***Pronothobranchius kiyawensis***, une espèce nouvellement répertoriée pour cette région [135], et le dipneuste d'Afrique occidentale, ***Protopterus annectens***, qui n'ont jamais été pris, ni l'un ni l'autre dans les cours d'eau.

Cette découverte de la plupart des espèces de poissons des divers habitats d'un grand fleuve permanent comme le Fleuve Comoé, dans une petite section d'un seul affluent temporaire, souligne la très grande importance des eaux temporaires de la savane et la nécessité de leur lien non perturbé pour la diversité des espèces locales de poissons. De ce fait, une protection temporaire efficace et à long terme des eaux temporaires, qui sont actuellent menacées de manière dramatique par les activités anthropogéniques (agriculture, assainissement, pollution et déforestation), marquée par les effets à venir du changement climatique est obligatoire pour conservation efficace de la diversité des poissons et la stabilité des populations de poissons dans les savanes d'Afrique occidentale.

Temporary savanna waters as habitat for a remarkably diverse fish fauna

West African savannas follow a typical pattern of rainy and dry periods. In the rainy season, numerous temporary water bodies - small streams and ponds - emerge and form a new, temporary habitat for aquatic organisms lateral to the large permanent rivers. Fish migrate into temporary streams during times of connection to permanent waters to profit from higher food availability and lower predation pressure; but they have to return to permanent waters before the connection is interrupted. In combination with other constraints such as high variability in water chemistry and temperature, the unpredictability of water availability would seem likely to restrict the number of species of fish that are able to use temporary savanna waters as habitat. Therefore, only a fraction of those fish species occurring in permanent waters of a given river catchment would be expected to occur in temporary waters. For the whole Comoé river basin, covering an area of 72 000 km^2, 109 fish species in 29 families have been described so far [132, 133]. As some species are restricted to coastal waters and rainforest streams, of these 109 species only 81 can be expected to be found in the middle and upper reaches of permanent rivers such as the Comoé River in Comoé National Park [134]. In our quantitative assessment we investigated the fish fauna of a 200 m section of a temporary savanna stream covering an area of about 600 m^2, using a combination of backpack electrofishing and fyke nets over the course of two rainy seasons. Our study indicates that temporary savanna waters can be a highly relevant fish habitat although they are useable only for a limited time of the year. The fish assemblages of the studied temporary savanna stream comprised 63 species belonging to 18 fish families. An analysis of assemblage composition showed that use of temporary habitats is to be found in a wide range of taxonomic fish groups. Only the cyprinodontiform (i.e. fish belonging to the order Cyprinodontiformes) fishes seem to be relatively rare in temporary savanna waters in comparison to the total fish fauna of the Comoé river as this group contains many species of estuarine or rainforest waters. Another group of fish, the Cyprinidae, however, is especially species-rich in temporary savanna ponds and streams. With the documentation of three species new to the Comoé fish fauna, the same number of cyprinids is now known from the temporary as compared to the permanent river community. In the studied temporary ponds we found two other species of two families, the annual cyprinodontid *Pronothobranchius kiyawensis*, a species newly reported for this region [135], and the West African lungfish, *Protopterus annectens*, that both have never been caught in the streams.

The finding that most fish species that occur in the diverse habitats of a large permanent stream such as the Comoé River were actually found within a small section of a single temporary tributary stream, stresses the great importance of temporary savanna waters and the necessity of their undisturbed connectivity for local fish species diversity. Therefore, an effective and long term protection of temporary water bodies, which are currently under dramatic threat from anthropogenic activities (agriculture, drainage, pollution, and deforestation), engraved by the upcoming effects of climate change is mandatory for an effective protection of fish diversity and their population stability in West African savannas.

The studied temporal savanna stream: 1. during the dry season (NRE) ; 2. at different times during the rainy season (a, KMO; b, MBO).

LA FAUNE : LES INVERTEBRES

5.12 *Les scorpions*

Dieter MAHSBERG

Il y a environ 1 200 espèces de scorpions récensés (Scorpiones). Ils appartiennent à la famille des arachnides, à la classe des **arthropodes**↗, avec environ 100 000 espèces connues dans le monde. La famille des scorpions comprend les araignées à toile (Araneae), les araignées du soleil (Solifugae), les araignées fouet (Amblypygi), les scorpions fouet (Uropygi), les moissonneurs (Opiliones), les pseudoscorpions (Pseudoscorpiones), larves d'acariens et tics (Acari) et quelques autres taxons plus petits. Tous ces arthropodes ont un corps divisé en deux parties, le prosome antérieur et l'opisthosome postérieur (abdomen). Les arachnides n'ont pas d'antenne et leur tête n'a qu'une paire de parties de bouche, les chélicérés qui ressemblent à des ciseaux. Les arachnides sont essentiellement **terrestres**↗ et se déplacent sur huit pattes jointes. Les scorpions étaient sans doute les premiers **prédateurs**↗ dans les **habitats**↗ paléozoïques, il y a quelques 300 millions d'années, pendant la période du Carbonifère. Les scorpions ne sont pas des artistes de la survie seulement au sens évolutionnaire, mais aussi de par leur capacité à vivre dans la difficulté et la pénurie en ce qui concerne les aliments et les périodes de sécheresse. Le **métabolisme**↗ très bas et la grande capacité d'assimilation de leur organisme (l'efficacité par laquelle les animaux convertissent la nourriture qu'ils ingèrent en énergie pour la croissance et la reproduction) préadapte les scorpions à gérer des conditions d'environnement très dures. Ceci explique la grande diversité des scorpions du désert.

Une caractéristique unique de tous les scorpions sont leurs appendices qui ressemblent à un peigne situé sur la face ventrale. Ils forment un ensemble dense avec diverses sensilles qui servent pour perception sensitive. La forme du scorpion est également typique : une paire apparente d'appendices, les pédipalpes, se termine en pince comme des mains utilisées pour détecter et capturer la proie, pour se défendre et pour « tenir la main » lors de l'accouplement. L'abdomen d'un scorpion est divisé en un mésosome large (le pré-abdomen) et un métasome divisé en cinq segments (post-

FAUNA: INVERTEBRATES

Scorpions

There are some 1200 species of recent scorpions (Scorpiones). They belong to the **arthropod**↗ **taxon**↗ Arachnida with about 100 000 species known in the world. The relatives of scorpions include web spiders (Araneae), sun spiders (Solifugae), whip spiders (Amblypygi), whip scorpions (Uropygi), harvestmen (Opiliones), pseudoscorpions (Pseudoscorpiones), mites and ticks (Acari) and some other small taxa. All these arthropods have a body divided into two parts, the anterior prosoma and the posterior opisthosoma (abdomen). Arachnids lack antennae and their head bears only a single pair of mouthparts, the sissor-like chelicerae. Arachnids are primarily **terrestrial**↗ and walk on eight jointed legs. Scorpions probably were the top **predators**↗ in Paleozoic **habitats**↗, some 300 million years ago during the Carboniferous period. Scorpions are survival artists not only in an evolutionary sense, but also in their ability to live through bottlenecks in the supply of food and times of drought. Their very low **metabolism**↗ and a very high assimilation efficiency (the efficiency by which animals convert the food they ingest into energy for growth and reproduction) preadapt scorpions to cope with harsh environmental conditions. This explains the high diversity of dessert scorpions.

A unique feature of all scorpions is the pectines, comb-like appendages located on the ventral side. They are densely set with various sensilla that serve for sensory perception. But also the shape of a scorpion is very typical: one conspicuous pair of appendages, the pedipalps, ends in pincer like hands which are used to detect and capture prey, to defend and to 'hold hands' during mating. A scorpion's abdomen is divided into a broad mesosoma (preabdomen) and a five-segmented metasoma (postabdomen, 'tail'). At the end of this flexible tail, the telson (sting) is attached and ends in a needle-sharp aculeus (the stinger). It is responsible for the bad reputation of scorpions, because their sting contains one pair of glands which produce

abdomen, « queue »). Au bout de cette queue flexible est fixé le teslon (pic) qui se termine en un aculéus aussi acéré qu'une aiguille (le pîqueur). C'est lui qui est responsable de la mauvaise réputation des scorpions parce que son pic contient une paire de glandes qui produi un venin complexe. Les toxines de ce venin sont en réalité des peptides alcalines avec une grande spécificité de récepteur. Les scorpions sont des prédateurs et se servent principalement du venin pour immobiliser leur proie **invertébrée**↗. Il existe une grande variation spécifique, selon les espèces, du degré de toxicité des venins du scorpion. Pour les humains, la pîqure de la plupart des espèces correspond à une piqure d'abeille. Mais les pîqures peuvent aussi entraîner des douleurs sérieuses et la pîqure d'une douzaine d'espèces environ peut être fatale aux humains et en particulier aux enfants.

Les règles simples suivantes peuvent être appliquées pour déterminer le danger potentiel d'un scorpion. Peu importe sa taille ou sa couleur, le scorpion aux mains fines, pas beaucoup plus larges que le reste du pédipalpe, peut appartenir à une espèce de la famille des Buthidés qui comprend la majorité des espèces potentiellement dangereuses. Leur queue est aussi épaisse, voire plus grande, que la largeur de la main. Les espèces inoffensives, avec un venin faible,

Fig. 5.34: La *Hottentotta hottentotta* brun sale (famille des Buthidés) est très répandue en Afrique de l'Ouest. Regardez les pattes-mâchoires et fines et l'épaisse queue. La pîqure de ce scorpion est douloureuse mais pas mortelle pour les humains. | The dirty-brown *Hottentotta hottentotta* (family Buthidae) is widespread in West Africa. Note the slender pedipalp hands and the thick tail. The sting of this scorpion is painful but not fatal to humans. DMA

Fig. 5.35: Deux prédateurs, une proie : une arraignée blanche (à gauche) et le *Babycurus buettneri* (famille des Buthidés) ont attrapé un essaim de termites (*Macrotermes bellicosus*), aliment favorit de nombreux anthropodes carnivores sous les tropiques. | Two predators, one prey: a white spider (left) and *Babycurus buettneri* (family Buthidae) have seized swarming termites (*Macrotermes bellicosus*), the favourite food of many carnivorous arthropods in the tropics. DMA

Fig. 5.36: Un scorpion empereur femelle (*Pandinus imperator*) portant ses petits sur le dos. Regardez les pattes-mâchoires puissantes et la queue relativement mince. | A female Emperor Scorpion (*Pandinus imperator*) carrying the young on her back. Look at the powerful pedipalp hands and the comparatively slender tail. DMA

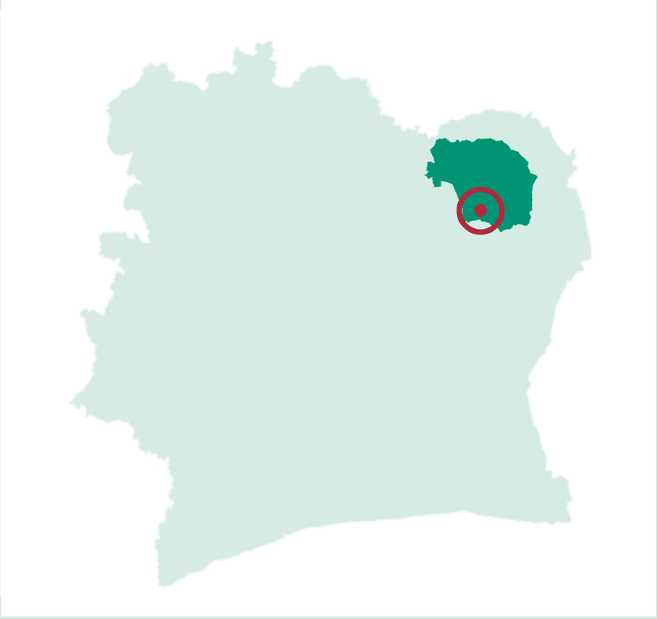
ont des pinces qui sont en général beaucoup plus larges que la queue, par exemple chez le grand scorpion empereur d'Afrique occidentale (*Pandinus imperator* ; Fig. 5.36), dont les pinces puissantes peuvent écraser la cuticule dure de sa proie arthropode.
En général, les pîqures des scorpions d'Afrique occidentale nécessitent rarement des soins médicaux. S'ils s'avèrent nécessaires malgré tout, il est recommandé de désinfecter la pîqure avec de l'alcool, d'administrer une pîqure antitétanique et d'utiliser un anti-douleur, préférablement un anti-histaminique. L'administration d'un sérum anti-venin spécifique est limitée à une poignée d'espèces de scorpions que l'on ne trouve pas en Afrique occidentale. En général, les soins par sérum doivent être donnés sous contrôle médical parce que le sérum peut provoquer un choc mortel. ! Soigner une pîqure de scorpion avec un sérum anti-venin contre les pîqures d'araignées et les morsures de serpents et vice versa peut entraîner la mort.
Les scorpions vivent dans des climats tropicaux ou subtropicaux plus chauds et ils sont particulièrement actifs la nuit. En Afrique, les déserts de la partie nord et sud du continent abritent une faune de scorpions particulièrement riche (essentiellement des Buthidés), certaines espèces étant très importantes pour la médecine. Pour la partie sud de l'Afrique, on connaît environ 130 espèces de scorpions. En Afrique de l'Ouest, la richesse en espèces de scorpions est bien plus faible. La région tropicale entre le Cameroun et le Gabon contient neuf espèces, et uniquement quatre espèces sont répertoriées en Côte d'Ivoire et au Ghana où il n'y a pas d'espèce dangereuse et venimeuse. Les espèce les plus courantes dans cette région sont *Hottentotta hottentotta* (Fig. 5.34) et *Babycurus buettneri* (Fig. 5.35; toutes deux des Buthidées), les « scorpions des écorces » classique et le scorpion empereur noir, *Pandinus imperator* (Scorpionidés; Fig. 5.36), prédateur qui sait attendre et qui vit dans un terrier. Après de fortes précipitations, le *Pandinus* peut parfois se rencontrer pendant la journée.
A l'opposé de leur vie de prédateur et de leur disposition cannibale, toutes les mères scorpions prennent soin de leur progéniture. Après la naissance, les scorpions nouveaux-nés grimpent sur le dos de leur mère où ils sont parfaitement protégés et défendus contre les prédateurs. Chez la plupart des espèces de scorpions, la mère s'occupe de ses petits jusqu'à leur première mue, qui a lieu après une ou deux semaines. Puis les petits quittent leur mère pour se débrouiller seuls. Le scorpion empereur (*Pandinus imperator*) qui existe depuis longtemps est le parfait exemple de sous-socialité, cas rare de soins longs accordés aux petits chez les scorpions. Les jeunes *Pandinus* ne

complex venom. The actual toxins are alkaline peptides with high receptor specificity. Scorpions are predators and mainly use venom to immobilize non-vertebrate prey. There is much species-specific variation on the strength of scorpion venoms. To humans, the sting of most species is like to be stung by a bee. But stings may also induce heavy pain, and the sting of about a dozen species may be fatal to humans, especially to children.
The following rule of thumb can be applied for determining the potential danger of a scorpion. No matter what their size or colour may be, scorpions with slender hands not or not much wider than the rest of the pedipalp may be species of the family Buthidae which includes the majority of potentially dangerous species. The tail of these is furthermore as thick as or thicker than the width of the hand. Harmless species with weak venom have pincers that are usually much wider than the tail, for example in the large West African Emperor Scorpion (*Pandinus imperator,* Fig. 5.36), whose powerful pincers are able to crush the hard cuticle of its arthropod prey.
In general, stings of West African scorpions rarely need medical therapy. If at all necessary, it is recommended to disinfect the site of the sting with alcohol, to administer a tetanus booster and to use pain relieving medication, possibly antihistamines. The administration of a specific antiserum is restricted to a handful of scorpion species which do not occur in West Africa. In general, serum therapy must be applied under supervision of a medical practitioner as it has the potential to cause a lethal serum shock! It is life threatening to treat a scorpion sting with antiserum against the bites of spiders and snakes and vice versa.
Scorpions live in warmer tropical and subtropical climates, where they are mostly active at night. In Africa, the deserts in the northern and southern part of the continent host an especially rich scorpion **fauna**↗ (mainly Buthidae), some of the species being of medical importance. For southern Africa, about 130 scorpion species are known. In West Africa, scorpion species richness is much lower. The tropical region between Cameroon and Gabon contains nine species, and only four species are recorded from Côte d'Ivoire and Ghana, where dangerous, venomous species are missing. The most common species in this area are *Hottentotta hottentotta* (Fig. 5.34) and *Babycurus buettneri* (Fig. 5.35; both Buthidae), typical 'bark scorpions' and

se dispersent pas rapidement et peuvent rester vivre dans la grotte avec leur mère pendant deux ans, voire plus longtemps, bien qu'ils soient déjà capables de survivre seuls depuis longtemps. Ils profitent de la capacité de leur mère à soumettre de grands insectes ou mille-pattes, et ainsi minimisent le risque d'être attrapés à leur tour. Les soins maternels réduisent également l'impact potentiel des prédateurs. On suggère que les contraintes de l'environnement tropical peut conduire à un comportement sous-social, pas uniquement chez les scorpions. Des observations semblables ont été faites à travers des études sur le comportement des scorpions de l'Afrique de l'Ouest, au sud du Parc National de la Comoé, Côte d'Ivoire (Carte 5.3).

Si on prend l'historique des scorpions qui existent depuis longtemps et qui se reproduisent lentement comme le *Pandinus*, il devient évident que la destruction continue de l'habitat et l'enlèvement de nombreux individus pour le commerce d'animaux n'est pas viable. C'est pourquoi le genre *Pandinus* (*P. imperator, P. gambiensis* et *P. dictator*) a été inclus dans l'Annexe II de la Convention sur le Commerce International des Espèces en Péril de la **Flore**↗ et Faune Sauvages, plus communément appelée CITES.

Carte 5.3: L'aire d'étude au Parc National de la Comoé.
Map 5.3: Study area in the Comoé National Park.



the Black Emperor Scorpion *Pandinus imperator* (Scorpionidae; Fig. 5.36), a burrow-inhabiting sit and wait predator. After heavy rainfall, *Pandinus* may occasionally be encountered during daylight hours.

In contrast to their predatory live style and their cannibalistic disposition, all scorpion mothers take care for their progeny. After birth, newborn scorpions climb on the back of their mother, where they are perfectly protected and defended from predators. In most species of scorpions maternal care lasts until the first molt of the young which takes place after one to two weeks. Then the babies leave their mother and fend for themselves. The long-lived emperor scorpion (*Pandinus imperator*) exemplifies subsociality, a rare case of extended brood care in scorpions. Young *Pandinus* delay dispersal and may stay in mutual tolerance in the cave of their mother for two years or even longer, although they already would have been self-sufficient for a long time. They benefit from their mother's ability to subdue large insects or millipedes, hence minimizing the risk to become a victim themselves. Maternal care also reduces the potential impact of predators. It is suggested that constraints of the tropical environment may lead to subsocial behaviour, not only in scorpions. Observational research on West African scorpions was conducted in the southern part of the Comoé National Parc, Côte d'Ivoire (Map 5.3).

Considering the life history of such long-lived, slowly reproducing scorpions like *Pandinus,* it becomes quite obvious that continuing habitat destruction and the removal of large numbers of individuals for pet trade is not sustainable. This is why the genus *Pandinus* (*P. imperator, P. gambiensis* and *P. dictator*) was included in Appendix II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild **Flora**↗ and Fauna, commonly known as CITES.

5.13 Les fourmis : importance et état des lieux

Kolo YEO
Mouhamadou KONE
Souleymane KONATE

Les fourmis sont des **insectes sociaux**↗ (c'est-à-dire vivant en colonie où les tâches sont reparties selon la caste) abondants dans tous les **écosystèmes**↗ **terrestres**↗, en particulier dans les tropiques. Elles passent très souvent inaperçues de par leur petite taille ; cependant elles sont bien présentes partout, même dans nos maisons et bureaux. Il nous suffit d'abandonner un reste d'aliment par terre pour nous rendre contre de leur présence dans les minutes qui suivent. Ces organismes ont un rôle essentiel dans le fonctionnement de l'écosystème. Les fourmis interviennent à divers niveaux des réseaux trophiques comme proies ou comme **prédatrices**↗ : de nombreux oiseaux, grenouilles, lézards et **mammifères**↗ s'en nourrissent et elles mêmes sont des prédateurs de nombreux autres **invertébrés**↗. Elles ont un impact sur les propriétés physiques et chimiques du sol : en creusant leurs galeries, elles contribuent au remaniement des horizons du sol, par ailleurs en entassant leurs résidus alimentaires, elles créent des tâches de fertilité aux environs de leurs nids.

Les fourmis sont également impliquées dans la dispersion des graines de certaines plantes : on parle ainsi de myrmécochorie.

Elles sont considérées comme **ingénieurs de l'écosystème**↗ de par leur aptitude à influencer la disponibilité des nutriments pour d'autres organismes vivant dans le même milieu.

Les fourmis sont de plus en plus employées en biologie de la conservation où elles servent d'indicateurs biologiques : leur composition spécifique et fonctionnelle décrit bien l'état de santé de l'écosystème dans lequel elles vivent.

La myrmécologie ou science qui étudie les fourmis a sa petite histoire en Côte d'Ivoire. L'intérêt pour les fourmis a commencé depuis le 18ème siècle avec l'arrivée des premiers explorateurs dont l'équipe comprenait des naturalistes collectant toute sorte d'animaux et de plantes.

Les **spécimens**↗ collectés étaient envoyés à des spécialistes pour détermination. Un exemple est illustré par *Odontomachus assiniensis* récoltée pour la première fois à Assinie en 1886 par Alluaud et décrite par Emery [136]. A la suite des explorateurs, certains Européens installés en Côte d'Ivoire, ont continué les collectes occasionnelles

Ants: Importance and state of research

Ants are **social insects**↗ (i.e. living in a colony where the tasks are divided according to the caste) that are abundant in all **terrestrial**↗ **ecosystems**↗, particularly in the tropics. They often pass unseen due to their small size, yet they are present everywhere, even in our houses and offices. It is sufficient to leave a bit of food on the ground to become aware of their presence a few minutes soon thereafter. These organisms have an essential role in the ecosystem's functioning. The ants intervene at different levels of the **food web**↗ as prey or **predators**↗: numerous birds, frogs, lizards and **mammals**↗ feed on them and they themselves are even predators of numerous other **invertebrates**↗.

They have an impact on the physical and chemical properties of the soil by digging their galleries, they contribute to the reorganization of the soil horizons, and, moreover, by piling up food residue, they create fertility spots around their nests.

Ants are also involved in seed dispersal of certain plants. This process is called myrmecochory.

They are considered **ecosystem engineers**↗ due to their ability to influence the availability of nutrients for other organisms living in the same environment.

Ants are increasingly used in conservation biology where they serve as biological indicators: their specific and functional composition well describes the state of health of the ecosystem in which they live.

Myrmecology, or the science that studies ants, has its little history in Côte d'Ivoire. The interest in ants began in the 18th century with the arrival of the first explorers whose team included naturalists collecting all sorts of animals and plants.

The collected **specimens**↗ were sent to specialists for determination. The ant *Odontomachus assiniensis* collected for the first time in Assinia in 1886 by Alluaud and described by Emery [136] illustrates an example. Following the explorers, some Europeans living in Côte d'Ivoire continued occasional collecting until the independence of the country. In-depth studies on the ecology of ants started in 1962 at the Lamto scientific

jusqu'à l'indépendance du pays. Les études approfondies sur l'écologie des fourmis, ont débuté en 1962 dans la réserve scientifique de Lamto avec [137] et se sont poursuivies notamment en zone forestière [138] et à Lamto [139,140].
L'ensemble de ces investigations a permis de recenser 426 espèces de fourmis appartenant à 67 genres pouvant être regroupés en 13 sous-familles [140]. Il est attendu que ce nombre soit revu à la hausse une fois que les études en cours dans le Parc National du Banco et dans la moitié nord du pays seront achevées.
La menace qui pèse aujourd'hui sur la myrmécofaune en Côte d'Ivoire est essentiellement la perte des **habitats**↗ naturels. Cette perte est liée à l'extension des zones urbaines mais surtout à la convertion des forêts et des savanes en espaces culturaux. On assiste donc à la pullulation d'une poignée d'espèces opportunistes et **exotiques**↗ hautement adaptées à ces milieux dégradés et au recul du grand cortège d'espèces indigènes trop exigeantes des conditions particulières du milieu [140].

LES FOURMIS COMME BIO-INDICATEUR

Avec la perte croissante d'habitats et de la **biodiversité**↗ dans le monde entier, il y a un besoin urgent de faire des évaluations de la biodiversité à travers la planification d'un processus de conservation. Beaucoup de problèmes existent et vont persister à cause du temps de convertion des terres. Dans les pays tropicaux, la biodiversité qui subsiste encore est menacée par les activités humaines parmi lesquelles l'agriculture est l'une des causes principales de l'accélération de la perte de la biodiversité [141]. Les forêts tropicales qui renferment plus de 50 % des espèces au niveau mondial sur seulement 10 % de la surface de la terre ont considérablement régressé au cours du dernier siècle [142]. La Côte d'Ivoire, pays agricole, tire l'essentiel de ses ressources de l'espace rural. Cet espace qui repose sur la forêt est de plus en plus soumis à des pressions de toutes parts et de toutes natures. La Côte d'Ivoire a perdu plus de 75 % de

Fig. 5.37: Des fourmis du genre *Aenictus* à la chasse.
Hunting ants of the genus *Aenictus*. KYE

Fig. 5.38: La fourmi *Pachycondyla analis*, prédateur spécialisé de termites.
The ant *Pachycondyla analis*, a predator specialized on termites. KYE

reserve [137, 139, 140] and have been pursued at numerous locations, especially in the forest zone [138].
All these investigations allowed for inventorying 426 species of ants belonging to 67 genera that can be grouped into 13 subfamilies [140]. This number is expected to increase once current studies at the Banco National Park and in the Northern half of the country are completed.
The threat for myrmecofauna in Côte d'Ivoire today is essentially the loss of natural **habitats**↗. This loss is linked to the extension of urban zones, but most of all to the conversion of forests and savannas into cultivated land. As a consequence, we witness the proliferation of a handful of opportunist and **exotic**↗ species that are highly adapted to these degraded environments. They are far from the large group of indigenous species too much demanding of special environmental conditions [140].

ANTS AS BIO-INDICATOR

Due to the increasing loss of habitats and **biodiversity**↗ throughout the world, there is an urgent need of making evaluations of biodiversity through planning a conservation process.

la surface forestière en 30 ans [143]. Face à tous ces impacts **anthropiques**↗ qui menacent l'équilibre des écosystèmes, il s'avère nécessaire de connaître leur état à travers des activités de suivi et de connaître l'évolution du système face à ces perturbations, afin de mettre en place des méthodes de gestion durable des terres. Pour ce faire, notre choix s'est porté sur les fourmis qui représentent une composante essentielle de la biodiversité tropicale, et ceci dans le but de les utiliser comme bio-indicateur de la qualité des habitats. Avant de donner une explication sur le choix des fourmis nous allons définir et présenter les différents types de bio-indicateur.

QU´EST-CE QU´UN BIO-INDICATEUR?

Un bio-indicateur est un organisme sentinelle, utilisé pour surveiller l'état de santé d'un environnement. On surveille ces organismes parce que leurs perturbations indiquent parfois un changement au sein de leur écosystème. Les perturbations peuvent être chimiques, physiologiques ou comportementales.

Utilisation des bio-indicateurs

Dans un écosystème, tout organisme est apte à révéler l'état de la santé de son environnement. Les bio-indicateurs sont utilisés pour :

- Déceler les changements dans l'environnement naturel ;
- Surveiller la présence et les effets de la pollution sur l'écosystème ;
- Surveiller les progrès du nettoyage de l'environnement.

Quelques types de bio-indicateur

- Indicateurs végétaux : La présence ou l'absence de certaines espèces végétales dans un écosystème peut fournir d'importantes informations sur la santé de l'environnement.
- Indicateurs animaux : Une augmentation ou une diminution d'une population animale peut indiquer des dommages aux écosystèmes, provoqués par la pollution. Par exemple, si la pollution provoque une diminution d'une importante source alimentaire, la population des espèces animales qui dépendent de ces aliments diminuera également.
- Indicateurs microbiens : Les micro-organismes peuvent être utilisés comme indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques ou terrestres. Présents en grandes quantités, les micro-organismes sont plus faciles à prélever que d'autres organismes. Certains micro-organismes produisent de nouvelles protéines, appelées protéines de stress, lorsqu´on les expose à des

Fig. 5.39: Remaniement du sol par une espèce de fourmi du genre *Pheidole* dans une savane à cuirasse ferrugineuse. | Reorganization of soil by an ant species of the genus *Pheidole* in a savanna with ferruginous crusts. KYE

Many problems exist and will remain due to the time it takes to convert the lands. In tropical countries, biodiversity remains threatened by human activity among which agriculture is one of the main causes of the acceleration of the loss of biodiversity [141]. Tropical forests, hosting over 50 % of the species worldwide on only 10 % of the Earth's surface, have diminished considerably during the last century [142]. Côte d'Ivoire, an agricultural country, draws the majority of its resources from the rural areas. These areas depend on the forest that is increasingly subject to pressures from all sides and of all kinds. Côte d'Ivoire has lost more than 75 % of the forest surface within 30 years [143]. Faced with all these man-made impacts threatening the balance of ecosystems, the state of the systems needs to be known by monitoring and understanding its evolution in order to implement methods for the sustainable management of the lands. For doing so, we have chosen ants, that represent an essential component of tropical biodiversity, with the goal of using them as bio-indicators of habitat quality. Before giving an explanation on our choice of ants, we will define and present the different types of bio-indicators.

Fig. 5.40: Différents modes d'utilisation des terres rencontrés dans la region de Lamto : 1. Plantation de cacaoyers ; 2. Cultures vivrières ; 3. Plantation d'ananas ; 4. Forêt perturbée. | Different modes of land use found in the Lamto region: 1. Cacao plantation; 2. Food crops; 3. Pineapple plantation; 4. Disturbed forest. MKO

WHAT IS A BIO-INDICATOR?

A bio-indicator is a sentinel organism used to monitor the "state of health" of an environment. These organisms are monitored because when being disturbed they sometimes indicate a change within their ecosystem. The disturbances can be chemical, physiological or behavioural.

Utilization of bio-indicators

In an ecosystem, all organisms are able to indicate the "state of health" of its environment. Bio-indicators are used to:

- Detect changes in the natural environment;
- Monitor the presence and effects of pollution on the ecosystem;
- Monitor the progress made in cleaning the environment.

Some types of bio-indicator

- Plant indicators: The presence or absence of certain plant species in an ecosystem can provide important information on the environment's health.
- Animal indicators: An increase or decrease of an animal population can indicate damage to the ecosystems, caused by pollution. For example, if pollution provokes a decrease in an important food source, the dependent animal species population will also diminish.
- Microbial indicators: Microorganisms can be used as indicators of the health of aquatic or terrestrial ecosystems. When present in large quantities, the microorganisms are easier to collect than other organisms. Certain microorganisms produce new proteins, called stress proteins, when exposed to pollutants like cadmium and benzene. These stress proteins can be used as pre-detection systems to detect low pollution levels.

WHY CHOOSE ANTS?

Being insects living in society, ants (Hymenoptera, Formicidae) are among the most abundant species on Earth. With 12 513 species described [144], they have colonized almost all habitats. Their colonies vary from several dozen to several million individuals [145]. They are considered the most evolved species in insects just as Man is the most evolved of mammals [146]. Ants play numerous roles in terrestrial ecosystems. According to Agosti, Majer, Alonso and Schultz [147], some ants can lead to

polluants tels que le cadmium et le benzène. Ces protéines de stress peuvent être utilisées comme système de pré détection pour déceler de faibles niveaux de pollution.

POURQUOI LE CHOIX DES FOURMIS ?

Insectes vivants en société, les fourmis (ordre des Hyménoptères ; famille des Formicidae) font partie des espèces les plus abondantes sur terre. Avec 12 513 espèces décrites [144], elles ont colonisé la quasi-totalité des habitats. Une colonie varie de quelques dizaines à plusieurs millions d'individus [145]. Elles sont considérées comme les espèces les plus évoluées chez les insectes de la même manière que l'homme chez les mammifères [146]. Nombreux sont les rôles joués par les fourmis dans les écosystèmes terrestres. Selon Agosti, Majer, Alonso et Schultz [147], certaines fourmis peuvent entraîner la **dissémination**↗ des graines de plantes et l'aération du sol. D'autres interviennent dans les réseaux trophiques comme prédateurs ou comme proies. Enfin, elles sont qualifiées d'ingénieurs de l'écosystème.

Elles représentent des potentiels indicateurs biologiques [148, 149] c'est-à-dire des organismes capables d'informer sur l'état de santé d'un milieu. L'une des méthodes fondamentales pour déterminer les changements dans l'environnement naturel est basée sur des bio-indicateurs comme les fourmis. La pollution environnementale est déterminée en examinant la sensibilité et les réactions spécifiques d'organismes vivants à des facteurs limitants.

De nombreuses études ont porté sur l'utilisation des fourmis comme indicateurs biologiques. En Australie, les fourmis représentent l'un des groupes d'insectes le plus communément utilisé comme bio-indicateur dans la gestion des terres. Ainsi, Majer [150] et Andersen [151] les ont utilisées dans l'industrie minière comme bio-indicateurs pour montrer l'état de restauration des mileux perturbés. Aux USA, les conditions des agrosystèmes ont été évaluées en utilisant les fourmis comme bio-indicateurs [148]. Une approche similaire a été effectuée au Costa Rica pour étudier les milieux de culture [142].

L'étude de l'impact des modes d'utilisation des terres sur la biodiversité des fourmis dans la région de Lamto, en Côte d'Ivoire, a montré clairement une diminution de la richesse spécifique suivant le gradient d'intensification de l'utilisation (Fig. 5.40 & 5.41).

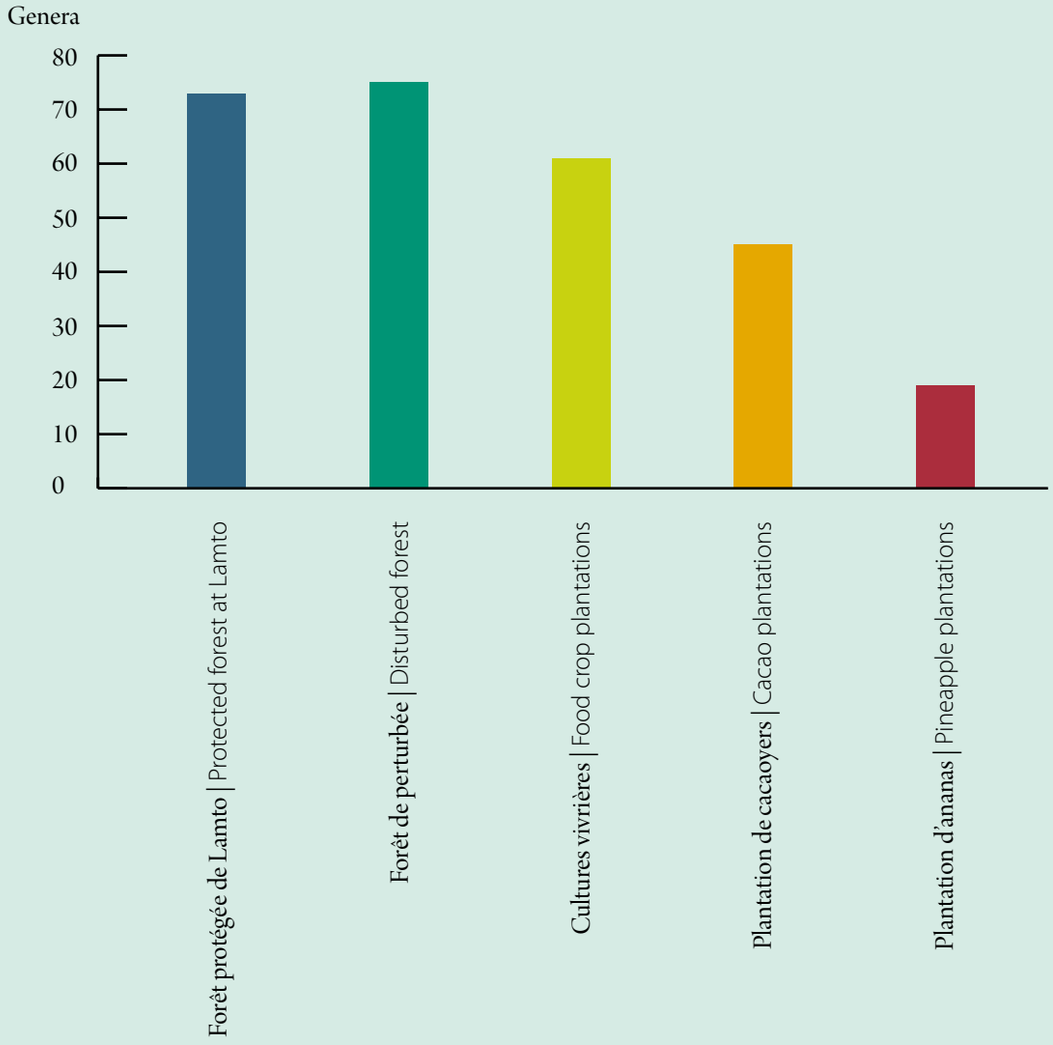
the **dissemination**↗ of plant seeds and soil aeration. Others intervene in the food chains as predators or prey. Finally, they are considered ecosystem engineers.

They represent potential biological indicators [148, 149], or sentinel organisms able to provide information on the "state of health" of an environment. One of the basic methods for determining the changes in the natural environment is based on biological indicators such as ants. Environmental pollution is determined by examining the sensitivity and specific reactions of living organisms to limiting factors.

Numerous studies were undertaken on the use of ants as biological indicators. In Australia, ants represent one of the insect groups most commonly used as a bio-indicator in the management of lands. Thus, Majer [150] and Andersen [151] used them in the mining industry as bio-indicators to show the state of restoration of disturbed environments. In the USA, agricultural system conditions were evaluated by using ants as bio-indicators [148]. A similar approach was used in Costa Rica to study cultivation environments [142].

A study on the impact of modes of land use on ant diversity in the Lamto region in Côte d'Ivoire clearly revealed a decrease in species richness of ants according to the gradient of intensification in land use (Fig. 5.40 & 5.41).

Fig. 5.41: Evolution de la richesse spécifique des fourmis en fonction des modes d'utilisation des terres dans la région de Lamto.
Development of species richness of ants depending on the mode of land use in the Lamto region.



5.14 *Les termites*

Souleymane KONATE

DEFINITION

Etymologiquement, le nom « termite » vient du mot grec « terma » qui signifie « fin » (confusion avec un ver de bois, dont le bruit dans la chambre d'un malade était interprété comme fin de vie).

Les termites sont des **insectes sociaux**↗ de type hémimétabole à appareil buccal de type broyeur. Ils appartiennent à l'ordre des isoptères (insectes à ailes identiques). Il existe plus de 2 000 espèces vivantes et environ 60 espèces fossiles de termites, réparties en 7 grandes familles qui sont les Mastotermitidae, les Kalotermitidae, les Termopsidae, les Hodotermitidae, les Rhinotermitidae, les Serritermitidae et les Termitidae [152].

ORIGINE ET EVOLUTION DES TERMITES

Les termites sont des animaux très anciens probablement apparus vers la fin du Carbonifère et le début du Permien, c'est à dire autour de trois cent millions d'années [153].

Souvent appelés « fourmis blanches », par analogie avec les fourmis du fait de leur vie sociale, les termites sont plutôt proches des blattes et des mantes, avec lesquels ils partagent un ancêtre commun du nom de *Cryoptercus*.

L'évolution plus récente des termites s'est faite dans le sens de l'amélioration du système de digestion de la cellulose et de la complexification de la structure sociale.

Les termites dits inférieurs (Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae), se caractèrisent par la présence de protozoaires flagellés **symbiotiques**↗ dans leurs tube digestif, necessaires pour la disgestion de la cellulose. Ils présentent une organisation sociale plus souple et des nids à architecture peu complexes.

La famille des Termitidae qui renferme près de 74 % des espèces de termites, constitue le groupe des termites dits supérieurs. Ce groupe se distingue par l'absence de protozoaires flagellés dans leurs intestins, remplacés dans la sous-famille des Macrotermitinae par

Termites

DEFINITION

Etymologically, the name "termite" comes from the Greek "terma" which means "end" (confusion with a wood worm whose noise in the room of a sick person was interpreted as the end of life).

Termites are **social insects**↗ of the hemimetabole type with a grinding buccal apparatus. They belong to the order of isoptera (insects with identical wings). There are more than 2 000 described living species and around 60 fossil species of termites, divided into 7 large families (Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, Termitidae) [152].

ORIGIN AND EVOLUTION OF TERMITES

Termites are very ancient animals and probably appeared towards the end of the Carboniferous and beginning of the Permian period around three hundred million years ago [153].

Often called "white ants" in analogy with ants due to their social life, termites are rather close to cockroaches and mantises with which they share a common ancestor called *Cryoptercus*.

The most recent evolution of termites lead to an improvement of the digestion of cellulose and the social structure complexification.

So-called "lower" termites (Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae) are characterized by the presence of **symbiotic**↗ flagellated protozoarians that are necessary for cellulose digestion in their digestive tube. They have a more flexible social organization and nests with little complex architecture.

The Termitidae family has close to 74 % of termite species making up the so-called "higher" termites. This group is distinguished by the absence of flagellated protozoarians in their intestines, which are replaced in the subfamily of Macrotermitinae by an exosymbiosis with a fungus (*Termitomyces*) involved

une exo-symbiose (association obligatoire de type externe) avec un champignon (*Termitomyces*) impliqué dans la digestion de la cellulose. Ce groupe se caractérise également par des sociétés mieux organisées avec une répartition des tâches rigides, ainsi qu'un nid à architecture plus élaborée.

LES CASTES ET LEUR FONCTION

Il existe trois principales castes qui sont :

- Les imagos ailés (Fig. 5.42), des castes des sexués reproducteurs notamment le roi et la reine ;
- Les ouvriers (petits et grands) qui sont des individus stériles s'occupant des fonctions de nutrition, de construction du nid (Fig. 5.43) et d'entretient du couvain ;
- Les soldats (Fig. 5.44 ; petits et grands) qui sont aussi des individus stériles et hautement spécialisés, s'attelant uniquement à la fonction de défense de la colonie.

LES TYPES DE NIDS

Chez les termites, on rencontre trois principaux types de nids (Fig. 5.46 à 5.50) qui sont respectivement les nids hypogés (en-

in the digestion of cellulose. This group is also characterized by better-organized societies with a division of rigid tasks as well as a nest with more elaborate architecture.

CASTES AND THEIR FUNCTION

Three main castes exist. They are:

- Winged imagoes (Fig. 5.42), the castes of sexual reproducers notably the king and the queen;
- Workers (small and large) being sterile individuals that take care of functions like nutrition, nest construction (Fig. 5.43) and brood upkeep;
- Soldiers (Fig. 5.44; small and large) that are also sterile individuals and highly specialized, bound only to the defense of the colony.

5.42

5.43

5.44

Fig. 5.42: Imagos ailés de *Macrotermes* sp. | Winged imagos of *Macrotermes* sp. SKO
Fig. 5.43: Ouvriers de *Odontotermes* sp. | Workers of *Odontotermes* sp. SKO
Fig. 5.44: Soldat de *Macrotermes bellicosus.* | Soldier of *Macrotermes bellicosus*. SKO

fouis dans le sol), les nids épigés (qui émergent du sol) et les nids arboricoles (sur les arbres).

DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE

Les termites sont surtout présents dans la zone intertropicale et notamment en Afrique (Fig. 5.45) ou on les trouve aussi bien en savane (termitières épigées et termitières hypogées), en forêt (termitières arboricoles et termitières hypogées), que dans les zones désertiques.
Avec les vers de terres, les termites représentent la principale composante de la **faune**↗ du sol dans les zones tropicales.
En Europe et en Amérique, les espèces présentes sont toutes hypogées ou vivant dans les constructions en bois, causant ainsi de nombreux dégâts dans les habitations.

DIVERSITE DES TERMITES

A ce jour, il existe environ 2 600 espèces de termites décrites (dont près de 1 000 espèces en Afrique). En Côte d'Ivoire, les genres les plus répandus sont *Ancistrotermes, Macrotermes, Microtermes, Odontotermes* et *Cubitermes*. Sur la base du régime alimentaire [154], de la forme des **mandibules**↗ [155] et du contenu stomacal des ouvriers [156], on peut classer les termites en quatre (4) principaux groupes trophiques que sont les **champignonnistes**↗ (Fig. 5.46), les **xylophages**↗ non champignonnistes (Fig. 5.47 & 5.48), les **humivores**↗ (Fig. 5.49)et les **fourrageurs**↗ (Fig. 5.50).
Les champignonnistes consomment les graminées, les excréments, le bois et la litière grâce à une exo-symbiose avec le champignon du genre *Termitomyces* qui assure la décomposition du matériel végétal. Les humivores se nourrissent préférentiellement de matière organique et occasionnellement de bois en état de décomposition très avancée. La plupart des xylophages non champignonnistes consomment du bois mort mais d'autres se nourrissent de végétaux vivants. Les fourrageurs mangent exclusivement de la litière d'origine graminéenne.

ROLES DES TERMITES DANS LE FONCTIONNEMENT DE L'ECOSYSTEME

Les termites ont des effets sur les propriétés physiques du sol, sur l'eau du sol et sur la matière organique du sol. Les termites contribuent significativement à la plupart des **écosystèmes**↗. Ils ont une grande importance dans le recyclage des plantes **ligneuses**↗ et d'autres matériels végétaux. Leurs efforts dans le sol contribuent à

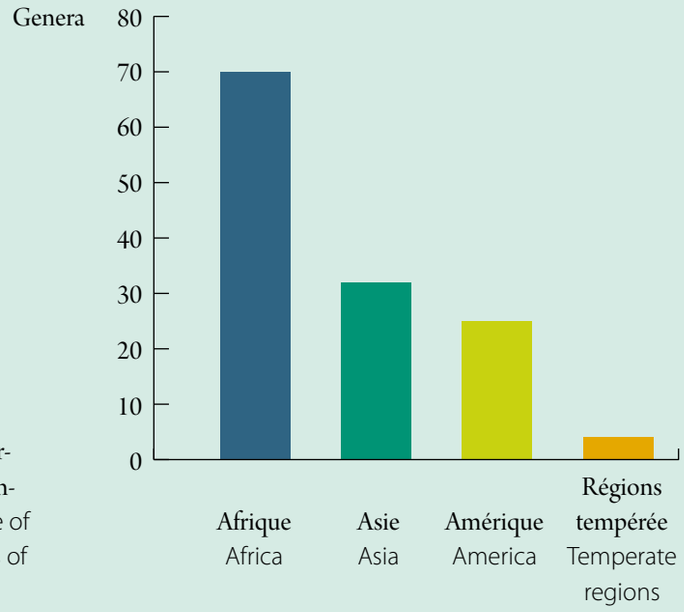


Fig. 5.45: La présence des termites dans les régions differentes dans le monde. | Presence of termites in different regions of the world. [197]

TYPES OF NESTS

For termites, we find three main types of nests (Fig. 5.46 to 5.50), which are the hypogeal nests (burried in the soil), the epigeal nests (going aboveground), and the arboricolous nests (on trees).

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION

Termites are mostly present in the intertropical zone and notably in Africa (Fig. 5.45) where we can also find them in the savanna (epigeal termite mounds and hypogeal termite mounds), in the forests (arboricolous termite mounds and hypogeal termite mounds) as well as in the desert zones.
Along with earthworms, termites represent the main component of the soil **fauna**↗ in tropical zones. In Europe and America, the species present are all hypogeal or live in wooden constructions and cause numerous damages in people's homes.

TERMITE DIVERSITY

Today, around 2 600 (with more than 1000 species in Africa) described species of termites exist. In Côte d'Ivoire, the most widespread genera are *Ancistrotermes, Macrotermes, Microtermes,*

5.46 (A)

Fig. 5.46: Nid de *Macrotermes bellicosus* (A et B). | Nest of *Macrotermes bellicosus* (A and B). SKO

Fig. 5.47: (A) Nid de *Cubitermes* sp. ; (B) *Cubitermes fungifaber.* | (A) Nest of *Cubitermes* sp.; (B) *Cubitermes fungifaber.* SKO

l'aération de celui-ci et leur activité conduit à un changement **hétérogène**↗ et/ou dans la composition et la fertilité du sol. Les sols compacts et endurcis ne peuvent absorber l'eau, par conséquent, ne peuvent supporter une longue vie végétale. Les termites peuvent contribuer à réparer de tels dommages du sol comme démontré dans la zone africaine du Sahel. Ils contribuent aussi significativement aux gaz atmosphériques. En effet, la production du dioxyde de carbone par les termites est plus prononcée en zone de savane couverte de termitières que dans les zones qui en sont dépourvues [157]. Le recyclage du carbone dans les savanes herbeuses, arbustives et arborées en Afrique est fortement influencé par les termites. Ils représentent parfois des pestes agricoles (obstacles physiques, déprédation des cultures), peuvent causer des dégâts dans les habitations et ont quelques fois des actions négatives sur l'érosion des sols.

Toutefois, ils jouent un rôle important sur la fertilité des sols tropicaux, sur la structure et la dynamique des écosystèmes ; ce qui peut avoir un impact positif sur la **biodiversité**↗. Ils constituent une source de nourriture pour l'homme (consommation, élevage de volaille), un moyen de valorisation des déchets (**dégradation**↗ des déchets non biodégradables, utilisation dans la fabrication de compost : termicompost) et un modèle biologique très intéressant (auto-organisation et robotique, architecture des nids et immobilier).

Fig. 5.48: Nid de *Procubitermes* sp. | Nest of *Procubitermes* sp. SKO

Odontotermes and *Cubitermes*. Based on the diet [154], the form of the mandibles↗ [155] and the workers' stomach contents [156], we can classify termites into four (4) feeding groups, which are fungus growers↗ (Fig. 5.46), non-fungus growing wood feeders↗ (Fig. 5.47 & 5.48), soil feeders↗ (Fig. 5.49) and grass feeders↗ (Fig. 5.50).

The fungus-growers consume grasses, excrement, wood and mulch thanks to exosymbiosis with a fungus of the genus *Termitomyces* that ensures the decomposition of plant material. The soil-feeders preferentially feed on organic matter and occasionally on very decayed wood. Most wood feeders eat dead wood, but some feed on living plants while grass-feeders only eat grass litter.

ROLES OF TERMITES IN ECOSYSTEM FUNCTIONING

Termites have major effects on soil physical properties, water availability and on organic matter. They significantly contribute to the functioning of many ecosystems↗ and are of great importance in recycling ligneous↗ plants and other plant materials. They contribute in the aeration of the soil and cause heterogeneous↗ changes in its composition and fertility. Compact and hardened soils cannot absorb water; hence they cannot support perennial plants. Termites can contribute to reversing soil degradation as shown in the Sahel zone in Africa, and also to the emission of gases in the atmosphere. Indeed, the production of carbon dioxide by termites is more pronounced in the savanna zone with termite mounds, compare to the areas without them [157]. The recycling of carbon in grassy and tree savannas in Africa is greatly influenced by termites.

Termites sometimes can be agricultural pests (physical obstacles, crop damage), can cause damage to dwellings and can accelerate soil erosion.

Termites play a vital role in tropical soil fertility, in the structure and dynamics of ecosystems, and can have a positive impact on biodiversity↗. They constitute a food source for Man (consumption, poultry breeding), a potential means for valuing waste (degradation↗ of non-biodegradable waste, use in making termicompost), and are a very interesting biological model (self-organization and robotics, nest architecture and real estate).

Fig. 5.49: Nid de *Nasutitermes* sp. | Nest of *Nasutitermes* sp. SKO

Fig. 5.50: (A et B) Nid de *Trinervitermes* sp. | (A and B) Nest of *Trinervitermes* sp. SKO

De l'ingénierie de l'écosysteme à l'ingénierie écologique par les termites

Souleymane KONATE

Les termites sont des animaux qui ont des effets indirects cumulés sur les écosystèmes. Ces effets sont détectables lors de mesures réalisées à très grande échelle. Ces rôles sur la structure de l'**écosystème**↗ et le fonctionnement ont été officialisés dans le cadre du concept de « **l'ingénierie de l'ecosystème**↗ » (EE) [158, 159]. Ainsi, un « ingénieur de l'écosystème » est un organisme qui module, directement ou indirectement, la disponibilité des ressources aux autres espèces en modifiant physiquement les matériaux biotiques ou abiotiques menant à la modification, l'entretien ou la création des **habitats**↗. L'EE est le cadre conceptuel pour une meilleure compréhension à une très grande échelle, du rôle de certains organismes qui se trouvent en général à une très petite échelle (par ex. les vers de terre, les fourmis et les termites). Le concept de l'ingénierie de l'écosystème a des implications écologiques majeures :

(i) L'ingénieur n'est pas une partie des ressources qu'il contrôle mais il peut interagir avec ses ressources (ex. interactions **trophiques**↗ et concours de ressources ne constituent pas l'ingénierie de l'écosystème) ;

(ii) EE est liée au concept des espèces clés de voûte parce que la plupart des ingénieurs est importante pour la survie d'autres organismes ;

(iii) Les modèles de dynamique de population des ingénieurs suggèrent que l'équilibre ingénieurs/habitat est localement stable avec des cycles à long terme et pourrait accroître la stabilité de la communauté et de l'écosystème ;

(iv) L'interaction entre l'ingénierie de l'écosystème et l'interaction trophique est un champ de recherches prometteur sur le fonctionnement de l'écosystème ;

(v) Le résultat de l'ingénierie de l'écosystème dépend souvent de la santé des ingénieurs et donc, pourrait être considéré comme un sujet de sélection naturelle « phénotype étendu » (cf. [160]).

Dans la réserve de Lamto, l'espèce **champignonniste**↗ *Odontotermes* sp., représente un ingénieur physique en ce qui concerne l'influence majeure sur l'eau et la disponibilité d'aliments pour la **faune**↗ et la **flore**↗ [161].

Le système Zaï (voir encart du chapitre 9.4), système de restauration traditionnelle du sol, est un exemple « d'Ingénierie Ecologique ». A cause des conditions climatiques extrêmes et des activités des hommes, la **dégradation**↗ du sol, en particulier l'apparition de la croûte, est un problème agricole majeur dans les régions arides et semi-arides en Afrique. Ainsi, réduire cette dégradation du sol, est un pré-requis pour la sécurité alimentaire et la survie dans ces régions. Par le Zaï, les termites représentent des organismes importants pour promouvoir des systèmes agricoles durables et pour la restauration des sols dégradés. Utilisée activement au Burkina Faso, cette technique peut présenter un intérêt écologique par le biais de son extension à d'autres zones sèches sur le continent.

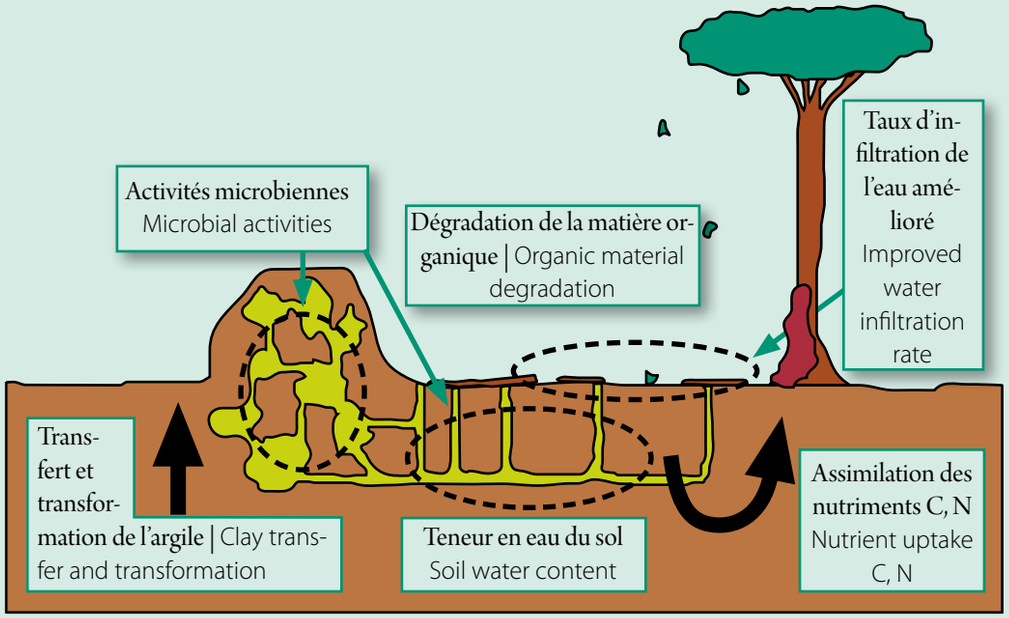


Fig. 5.51: Modèle conceptuel récapitulant le rôle des termites en tant que « ingénieurs de l'écosystème » dans le fonctionnement de la savane de Lamto. | Conceptual model summarizing the role of termites as "ecosystem engineers", in the functioning of the Lamto savanna.

From ecosystem engineering to ecological engineering by termites

Termites are animals having cumulative indirect effects on **ecosystems**↗, which are detectable in macroscale measurements. Such roles on ecosystem structure and functioning were formalised under the concept of "**ecosystem engineering**↗" (EE) [158, 159]. An "ecosystem engineer" is an organism that directly or indirectly modulates the availability of resources to other species, by causing physical state changes in biotic or abiotic materials leading to modification, maintenance or creation of **habitats**↗. EE is the conceptual framework for a better understanding at a large scale of the role of some organisms that usually occur at very small scales (e.g. earthworms, ants, and termites). The concept of ecosystem engineering has major ecological implications:

(i) The engineer is not a part of the resource that he controls but may interact with it (e.g., **trophic**↗ interactions and resource competition do not constitute ecosystem engineering);

(ii) EE is linked to the keystone species concept because most of the engineers are important for the survival of other organisms;

(iii) Models of population dynamics of engineers suggest that the engineers/habitat equilibrium is locally stable with long-term cycles and could increase communty and ecosystem stability;

(iv) The interaction between ecosystem engeneering and trophic interaction is a promising field of research on ecosystem fonctionning;

(v) The result of ecosystem engineering often feeds back to the fitness of engineers, and so, could be considered as an "extended phenotype" subject to natural selection (cf. [160]).

In the Lamto Reserve, the fungus-growing termite species *Odontotermes* sp. represents a physical engineer regarding its major impact on water and nutrient availability for the **fauna**↗ and **flora**↗ [161].

The Zaï system (see box in chapter 9.4), an African traditional soil restoration system, is an example of "ecological engineering". Due to extreme climatic conditions and human activities, soil **degradation**↗, particularly crusting, is a major agricultural problem in arid and semi-arid regions in Africa. Thus, reducing this soil degradation is a prerequisite for food and livelihood security in these regions. Through the Zaï, termites are important organisms for promoting sustainable agricultural systems and for restoration of degraded soils. Actively used in northern Burkina Faso, this technique may be of ecological interest via its extension to many dry areas in Africa.

5.15 Les hétéroptères

Lucie N'Guessan YEBOUE

Les hétéroptères sont des insectes hémimétaboles (en général, cinq stades larvaires) qui se caractérisent par des ailes antérieures semi-membraneuses, un rostre piqueur-suceur, une gula formée par la fusion ventrale des plaques maxillaires et des glandes odoriférantes méta**thoraciques**↗, responsables de l'odeur de punaise. La taille des hétéroptères va de moins de 2 mm (Micronecta, Dipsocoridae) à plus de 10 cm (la plupart des Coreidae et certains Belostomatidae). Ces insectes sont des ravageurs des plantes cultivées et spontanées [162, 163, 164]. Ils se nourrissent de sève grâce à leur pièce buccale adaptée, en forme de rostre, qui leur permet de pénétrer l'épiderme de la feuille, des tiges, des fruits ou l'écorce du tronc. Différentes familles se partagent cette ressource : Capsidae ou Miridae, Coreidae, Lygeidae, Pentatomidae, Pyrrochoridae, Tingidae, etc. Les piqûres de ces insectes causent des dégâts mécaniques, elles dilacèrent les tissus végétaux et transmettent parfois de graves maladies virales [165]. En plus de cela, les ouvertures que ces insectes font dans les **téguments**↗, constituent des portes d'entrée pour les bactéries et les **champignons**↗, agents de pourritures des fruits et nécroses des branches et des feuilles [166]. Ce qui rend ces insectes encore plus dangereux que les insectes phyllophages.

En Côte d'Ivoire, on a recensé à ce jour environ 60 000 **spécimens**↗ d'insectes. En ce qui concerne la richesse et la diversité **entomologiques**↗, plus de 5 493 espèces d'insectes ont été décrites [167]. Parmi ces insectes, les **coléoptères**↗, avec 2 019 espèces, et les **lépidoptères**↗, avec 1547 espèces, sont les mieux représentés [167]. Les hétéroptères sont composés de 745 espèces parmi lesquelles 130 appartiennent à la famille des Coreidae. Les Coreidae sont une famille **cosmopolite**↗ qu'on retrouve dans toutes les régions zoogéographiques. Cette famille comporte environ 252 genres et 1 802 espèces dans le monde dont 500 sont spécifiques à l'Afrique [168]. De récentes études menées en Côte d'Ivoire signalent 85 espèces au sein de la sous-famille des Coreinae réparties en 11 tribus et 41 genres [169]. Les nombreuses espèces appartiennent au genre *Anoplocnemis* avec 16 espèces. En Côte d'Ivoire en général, les Coreinae se rencontrent plus en forêt qu'en savane.

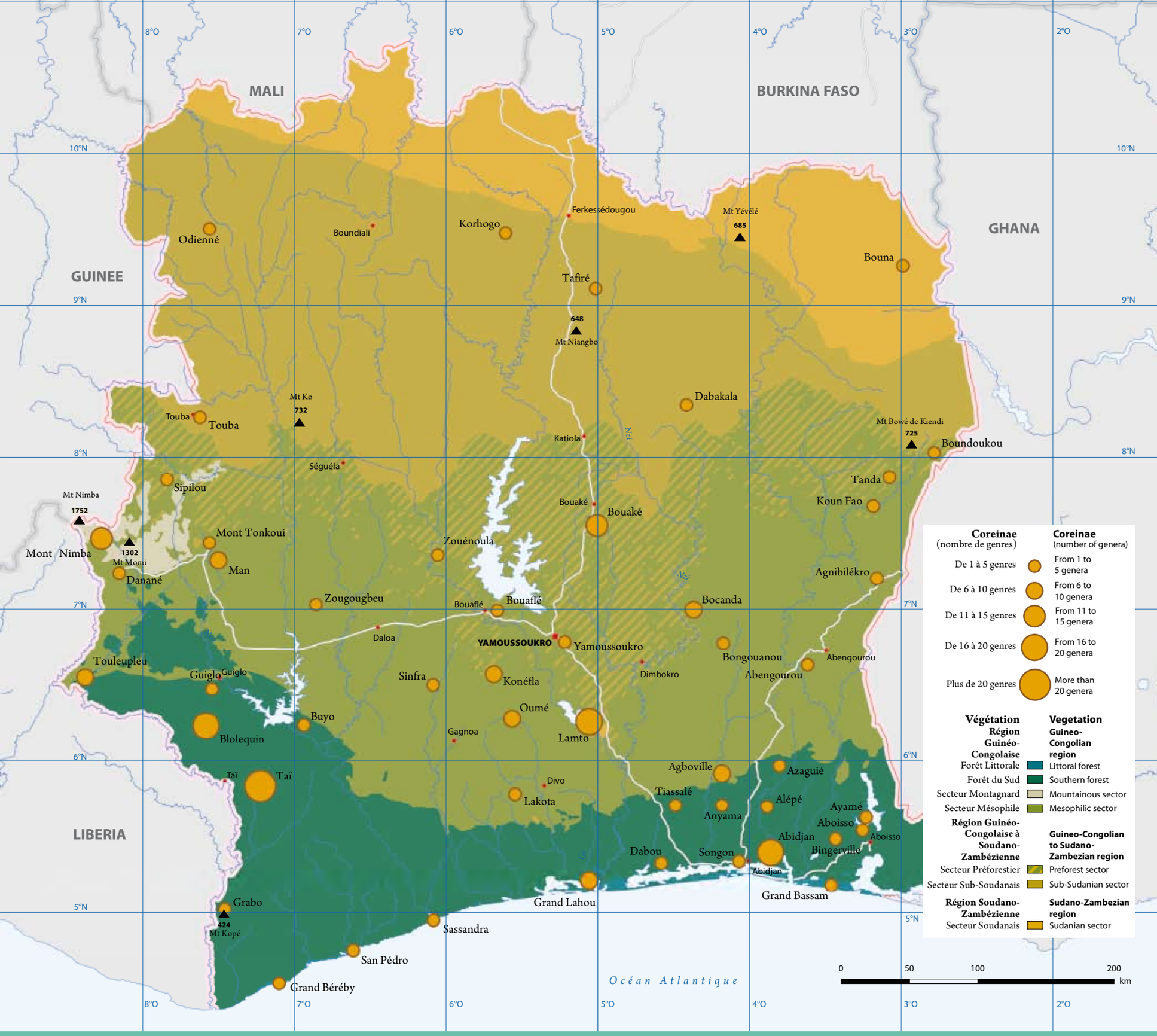
Heteroptera

Heteroptera are hemimetabolic insects (in general, five larval stages) that are characterized by semimembranous front wings, a stinging-sucking rostellum, a gula formed by the ventral fusion of maxillary plaque and meta**thoracic**↗ odoriferous glands, responsible for the odor of the bug. The size of Heteroptera varies from at least 2 mm (Micronecta, Dipsocoridae) to more than 10 cm (the majority of Coreidae and some Belostomatidae). These insects are pests of cultivated and spontaneous plants [162, 163, 164]. They feed on sap thanks to their adapted mouth that has a rostellum form for penetrating the epidermis of leaves, twigs, fruit or trunk bark. Different families share this resource: Capsidae or Miridae, Coreidae, Lygeidae, Pentatomidae, Pyrrochoridae, Tingidae, etc. The stings of these insects cause mechanical damage dilacerating plant tissues and sometimes transmitting severe viral illnesses [165]. In addition, the opening that these insects make in the **teguments**↗ become entryways for bacteria and **fungi**↗, agents for the putrefaction of fruit, and for branch and leaf necrosis [166]. This makes the insects even more dangerous than the phyllophagous insects.

In Côte d'Ivoire, we have recorded around 60 000 insect **specimens**↗ up to now. Concerning the **entomological**↗ richness and diversity, over 5 493 insect species have been described [167]. Among these insects, the **Coleoptera**↗, with 2 019 species, and **Lepidoptera**↗, with 1 547 species, are the best represented [167]. Heteroptera are composed of 745 species among which 130 belong to the Coreidae family. The Coreidae are a **cosmopolitan**↗ family that can be found in all zoogeographical regions. This family has around 252 genera and 1 802 species in the world of which 500 are specific to Africa [168].

Recent studies undertaken in Côte d'Ivoire signal 85 species within the subfamily of Coreinae divided into 11 tribes and 41 genera [169]. The most species belong to the genus *Anoplocnemis* with 16 species. In Côte d'Ivoire in general, Coreinae are more numreous in the forest than in the savanna.

The distribution of these insects reveals that the forest zone is richer and more diversified than the pre-forest and savanna



Carte 5.4: Répartition du nombre de genres de Coreinae en fonction des sites prospectés (Côte d'Ivoire).
Map 5.4: Distribution of the number of genera of the Coreinae in relation to the prospected sites (Côte d'Ivoire).

La répartition de ces insectes révèle que la zone forestière est plus riche et plus diversifiée que la zone préforestière et la zone de savane. La plupart des Coreinae se rencontre tout au long de l'année (*Anoplocnemis* sp., *Plectropoda* sp., *Leptoglossus membranaceus, Mygdonia tuberculosa*).
Les hétéroptères agissent négativement sur les végétaux, éléments importants de la diversité biologique. L'ampleur des dégâts causés par ces insectes est liée à leur importance numérique. Ainsi, en Ouganda, les punaises suceuses de **gousses**↗ (*Anoplocnemis* sp., *Clavigralla gibbosa spinola, Riptortus* sp.) ont causé de 1995 à 1996 des pertes allant de 3,5 à 5,1 % dans les districts de Lira et Apac sur le pois d'Angole (*Cajanus cajan*) [170]. En Afrique Occidentale, plusieurs espèces de Coreidae (*Anoplocnemis* spp., *Clavigralla tomentosicollis*, *Mirperus jaculus*, *Riptortus* sp.) s'attaquant aux gousses et aux graines, ce qui provoque une baisse importante de rendement de l'ordre de 10 à 80 % [171, 172]. D'après Mariau, Desmier, Chenon, Julia et Philippe [173], les dégâts causés par *Pseudotheraptus devastans* (punaise ravageuse du cocotier) peuvent entraîner une baisse de production comprise entre 50 et 80 % en Afrique de l'Ouest. En Amérique, Lever [174] et Dupont et Dennill [175] estiment que les pertes dues à *Pseudotheraptus wayi* Brown sont de l'ordre de 1 400 000 à 5 600 000 dollars.
Des méthodes de lutte contre ces insectes phytophages doivent être menées car la diversité biologique constitue la base des ressources génétiques qui assurent la sécurité alimentaire des peuples. Elle est aussi à l'origine de plusieurs avantages concrets pour l'humanité, entre autres les denrées alimentaires, les produits médicinaux et les matériaux utilitaires qui constituent les éléments de base pour tout développement. En plus, la **biodiversité**↗ joue un rôle très important dans le fonctionnement des **écosystèmes**↗.

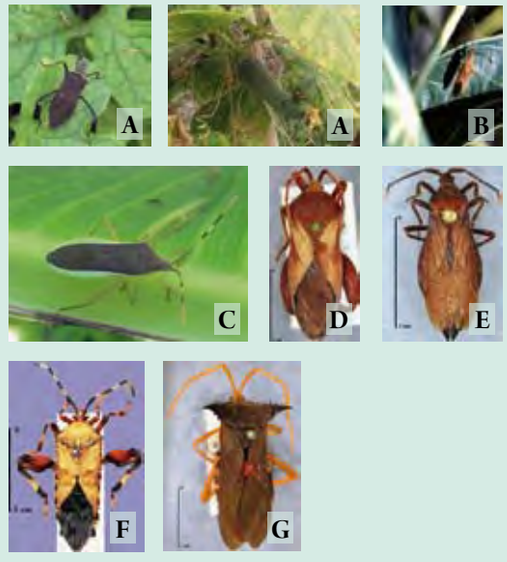


Fig. 5.52: Quelques espèces de Coreinae de Côte d'Ivoire
Some species of the Coreinae from Côte d'Ivoire: A) *Leptoglossus membranaceus* ; B) *Pseudotheraptus devastans* ; C) *Homoeocerus pallens* ; D) *Paranoplocnemis moesta* ; E) *Chaerommatus limosus* ; F) *Carlisis myrmecophilus* ; G) *Thryallis cornutal.* LYE

zone. The majority of Coreinae are found throughout the year (*Anoplocnemis* sp., *Plectropoda* sp., *Leptoglossus membranaceus, Mygdonia tuberculosa*).
Heteroptera have a negative impact on plants, that constitute important elements of biological diversity. The extent of damage caused by these insects is related to their numerical importance. In Uganda, **pod**↗-sucking bugs (*Anoplocnemis* spp., *Clavigralla gibbosa spinola, Riptortus* sp.) caused losses ranging from 3.5 to 5.1 % in the pigeonpea (*Cajanus cajan*) from 1995 to 1996 in the Districts of Lira and Apac [170]. In West Africa, several species of Coreidae (*Anoplocnemis* sp., *Clavigralla tomentosicollis*, *Mirperus jaculus*, *Riptortus* sp.) attack pods and seeds which causes a significant drop in yields of around 10 to 80 % [171, 172]. According to Mariau, Desmier, Chenon, Julia and Philippe [173], the damages caused by *Pseudotheraptus devastans* (cocoa coreid) can lead to a 50 to 80 % decrease in production in West Africa. In America, Lever [174] and Dupont and Dennill [175] estimate that the losses due to *Pseudotheraptus wayi* Brown are of the order of 1 400 000 to 5 600 000 dollars.
Methods to combat these phytophagous insects have to be undertaken because biological diversity constitutes the basis for genetic resources that ensure food safety for people. They are also the origin of several concrete advantages for mankind, among other foodstuffs, medical products and utilitarian materials constituting the basic elements for all development. Moreover, **biodiversity**↗ plays a very important role in the functioning of **ecosystems**↗.

5.16 Les coléoptères

Karsten MODY

INTRODUCTION

Les **coléoptères**↗ (Coleoptera) forment l'ordre le plus vaste et le plus diversifiée du règne animal. Ils ont successivement colonisé tous les **habitats**↗ **terrestres**↗ et d'eau douce imaginables depuis l'équateur jusqu'aux régions polaires [176] et ils peuvent se nourrir de matière organique vivante ou morte, de toutes sortes. Leur diversité et leur prédominance numérique, ainsi que leurs style de nourriture herbivore, prédatoire, **parasite**↗ ou charognard, fait des coléoptères un groupe d'organismes avec une influence particulièrement forte sur les processus et services de l'**écosystème**↗. Les études sur les groupes de coléoptères des arbres tropicaux ont largement contribué à une autre compréhension de la **biodiversité**↗ du monde [177, 178, 179].

DIVERSITE DES COLEOPTERES

Malgré leur importance, les connaissances de la **faune**↗ des coléoptères sont encore rares pour ce qui est des nombreux habitats naturels. C'est par exemple vrai pour les groupes de coléoptères des arbres de la savane, qui sont bien moins étudiés que les coléoptères vivant dans les arbres des forêts. Pour mieux comprendre la structrue des groupes de coléoptères sur les arbres individuels de la savane, trois espèces d'arbres trouvés couramment dans les savanes d'Afrique occidentale (*Anogeissus leiocarpus, Burkea africana* et *Crossopteryx febrifuga*) ont été étudiées sur deux années consécutives par voilage de la **canopée**↗ avec du pyrèthre naturel au sud du Parc National de la Comoé, Côte d'Ivoire (Carte 5.5) [180].
Cette étude a révélé que le nombre de **spécimens**↗ de coléoptères par arbre variait clairement entre les espèces d'arbres con-spécifiques et hétéro-spécifiques. En général, la plupart des coléoptères se trouvaient sur *Anogeissus*. Sur 322 morpho-espèces de coléoptères échantillonnées, l'*Anogeissus* en abritait 78 %, le *Burkea* 29 % et le *Crossopteryx* 34 %. Il y avait relativement plus de coléoptères sur l'*Anogeissus*. De toutes les espèces de coléoptères échantillonnées, 87 % se trouvaient sur l'*Anogeissus*, 8 % sur le *Burkea* et 5 % sur le *Crossopteryx*.

Coleoptera

INTRODUCTION

Beetles (order Coleoptera↗) are the largest and most diverse order in the animal kingdom. They have successfully colonized every conceivable terrestrial↗ and freshwater habitat↗ from the equator to the polar regions [176], and they may feed on all kinds of living and dead organic material. Their diversity and numerical dominance, coupled with their herbivorous, predatory, parasitic↗ or scavenging feeding styles, renders beetles a group of organisms with a particularly strong influence on ecosystem↗ processes and services. Studies on beetle assemblages of tropical trees greatly contributed to our understanding of the world's biodiversity↗ [177, 178, 179].

DIVERSITY OF BEETLES

Despite their importance, knowledge on the beetle fauna↗ is still scarce for many natural habitats. This is, for example, true for beetle assemblages of savanna trees, which are much less studied than beetles living on forest trees. To better understand the structure of beetle assemblages on individual savanna trees, three tree species commonly found in West African savannas (*Anogeissus leiocarpus, Burkea africana* and *Crossopteryx febrifuga*) were investigated in two consecutive years by canopy↗ fogging with natural pyrethrum in the southern part of the Comoé National Park, Côte d'Ivoire (Map 5.5) [180].
This study revealed that the number of beetle specimens↗ per tree varied clearly between conspecific and between heterospecific tree individuals. In general, most beetles were found on *Anogeissus*. Of 322 beetle morphospecies sampled, *Anogeissus* hosted 78 %, *Burkea* 29 %, and *Crossopteryx* 34 %. Relative beetle abundance was even higher on *Anogeissus*. Of all beetle individuals sampled, 87 % were found on *Anogeissus*, 8 % on *Burkea* and 5 % on *Crossopteryx*.
Species similarity among beetle assemblages was quite low for individual trees belonging to different tree species, but, interestingly, also for conspecific individual trees. Mean species similarity of beetle assemblages on heterospecific trees ranged from

Une similarité d'espèces parmi les groupes de coléoptères était assez faible pour les arbres individuels appartement à différentes espèces, et curieusement, pour les arbres individuels con-spécifiques aussi. Une similarité d'espèces des groupes de coléoptères sur les arbres hétéro-spécifiques allait de 13 à 17 % et de 22 à 28 % sur les arbres con-spécifiques. Lorsque la taille de l'arbre était incorporée dans les analyses, des différences inter-spécifiques significatives furent détectées pour l'abondance des coléoptères et le nombre d'espèces de coléoptères. Les densités et également la richesse des espèces étaient plus élevées sur l'*Anogeissus*. Si on tient compte de la petite taille relative des arbres étudiés (10 à 15 m de haut), les densités de coléoptères qui atteignent 114 coléoptères par m² de couronne d'arbre d'un seul *Anogeissus* peuvent même être perçues comme les densités de coléoptères les plus élevées, répertoriées à ce jour pour tout arbre étudié par voilage de la canopée.
La contribution de familles de coléoptères particulières au groupe entier des coléoptères était très variable au sein et parmi les arbres d'une même espèce. Les groupes *Anogeissus* étaient régulièrement dominés par les anthicidés. Toutefois, cette famille de coléoptères était presque absente sur deux arbres qui étaient respectivement dominés par les latriidés et les **chrysomélidés**↗. En plus des chrysomélidés, qui formaient toujours un groupe important (contribuant entre 8-64 % de spécimens), les coléoptères de cinq autres familles ont contribué au moins pour 10 % à l'assemblage total des coléoptères d'arbre *Anogeissus* individuel. Un modèle similaire a été observé pour les assemblages dans le *Burkea* et le *Crossopteryx*. Les regroupements dans le *Burkea* étaient dominés par des coléoptères de sept familles dont une seule des chrysomélidés, révéla une contribution relativement stable dans tous les arbres. Sur ces coléoptères, seuls les Curculionidés se trouvèrent régulièrement à des densités très élevées. Les anthicidés furent à nouveau très abandants sur certains arbres tout en étant totalement absents d'autres. Les regroupements de coléoptères furent non seulement variables parmi les arbres individuels mais ils paraissaient être caractéristiques et stables avec le temps pour un arbre spécifique. Le ré-échantillonnage des regroupements de coléoptères sur deux années consécutives révéla une grande similarité en ce qui concerne les regroupements de la même espèce d'arbres. En plus de la composition constante des regroupements de coléoptères sur les arbres individuels, les analyses des arrangements ont indiqué une influence remarquable des espèces d'arbres sur un arbre spécifique. En particulier, les regroupements sur le *Crossopteryx* furent clairement

13 to 17 % and from 22 to 28 % on conspecific trees. When tree size was incorporated into the analyses, significant interspecific differences were detected for beetle abundance and beetle species number. Beetle densities and also species richness were highest on *Anogeissus*. Considering the relatively small size of the studied trees (10 to 15 m tree height), beetle densities of up to 114 beetles per m² tree crown found on individual *Anogeissus* trees can even be considered highest beetle densities so far

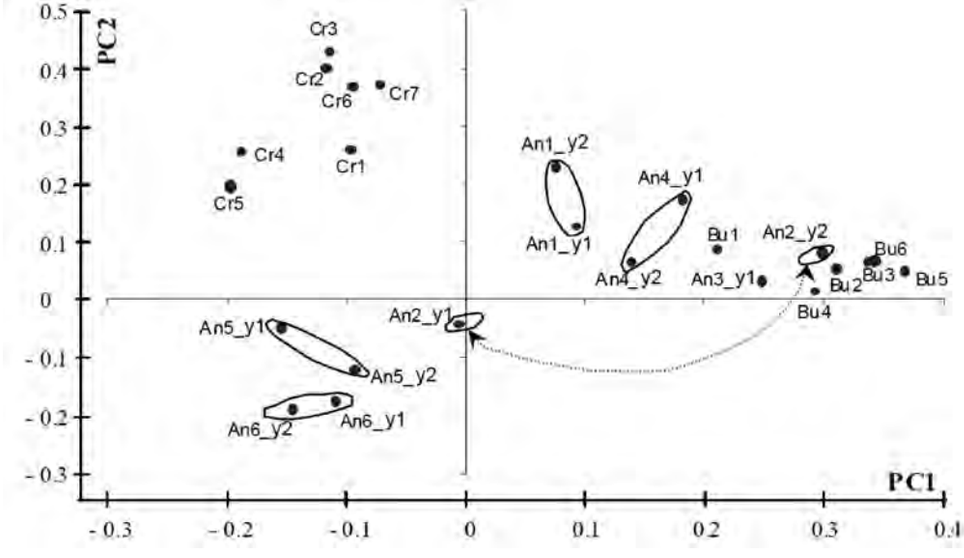
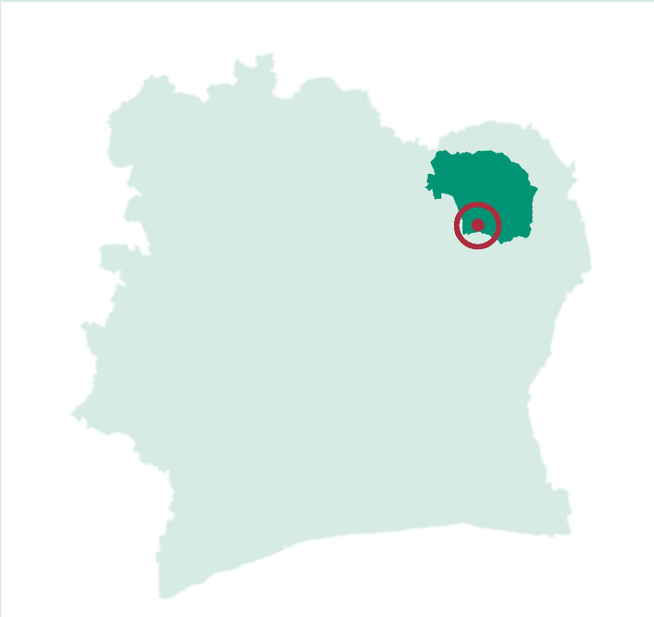


Fig. 5.53: Diagramme de l'analyse en composantes principales (PC) de la relative abondance de l'espèce de coléoptères la plus fréquente sur les arbres individuels *Anogeissus* (An), *Burkea* (Bu) et *Crossopteryx* (Cr). La position selon l'ordination des arbres individuels *Anogeissus* dans l'année 1 (y1) et l'année 2 (y2) est indiquée par des cercles ellipsoïdes. Le *Burkea* et le *Crossopteryx* ont uniquement été suivis dans l'année 1 (basée sur [180], modifiée).
Diagram of Principal component (PC) analysis of relative abundance of the most common beetle species on individual *Anogeissus* (An), *Burkea* (Bu) and *Crossopteryx* (Cr) trees. The ordination position of individual *Anogeissus* trees in year 1 (y1) and year 2 (y2) is marked by ellipsoid circles. *Burkea* and *Crossopteryx* were only investigated in year 1 (based on [180], modified).

séparés de ceux sur l'*Anogeissus* et le *Burkea*. Les regroupements sur le *Burkea* n'étaient pas totalement séparés de ceux sur l'*Anogeissus* mais des groupements intra-spécifiques furent, en moyenne, plus proches que des groupements inter-spécifiques (Fig. 5.53).

CONCLUSION

En conclusion, cette étude sur les regroupements de coléoptères de différentes espèces d'arbres de la savane a montré que, à la fois les caractéristiques des espèces d'arbres et celles des arbres individuels ainsi qu'une variabilité intra-spécifique élevée causée par une variation génétique et une **hétérogénéité**↗ environnementale, favoriseront sans doute le développement d'un ensemble divers de regroupements de coléoptères. Ceci peut contribuer à la biodiversité régionale et affecter les processus de l'écosystème comme le font les herbivores [181] affectant ainsi les espèces d'arbres étudiées [182].



Carte 5.5: La zone d'étude au Parc National de la Comoé.
Map 5.5: Study area in the Comoé National Park.

reported for any tree studied by canopy fogging.
The contribution of particular beetle families to the entire beetle assemblage was highly variable within and among tree species. *Anogeissus* assemblages were regularly dominated by Anthicidae. However, this beetle family was almost absent on two trees which were dominated by Latridiidae and **Chrysomelidae**↗, respectively. In addition to Chrysomelidae, which were always an important group (contributing between 8 and 64 % of specimens), beetles of five other families contributed at least 10 % to the whole beetle assemblage of individual *Anogeissus* trees. A similar pattern was observed for *Burkea* and *Crossopteryx* assemblages. *Burkea* assemblages were dominated by beetles from seven families, of which only Chrysomelidae showed a relatively stable contribution across all tree individuals. Beetle assemblages on *Crossopteryx* were dominated by beetles from 14 families. Out of these beetles, only Curculionidae were found regularly at higher densities. Anthicidae were again very abundant on some trees while being completely absent from others.
Beetle assemblages were not only variable among tree individuals, but they appeared to be characteristic and stable over time

Fig. 5.54: Illustrations de quelques espèces de coléoptères trouvées en Afrique de l'Ouest : A. Le coléoptère Chrysomelid (ou coléoptère de la feuille) se nourrissant de jeunes feuilles d'un arbre de la savane ; B. Groupe d'espèces de coléoptères (curculionides ou charançons) prélevés sur un seul *Anogeissus leiocarpus.* | Some pictures of beetle species found in West Africa: 1. Chrysomelid beetle (or leaf beetle) feeding on young foliage of a savanna tree; 2. Group of beetle species (curculionids or weevils) sampled from a single *Anogeissus leiocarpus* tree. KMO

for a specific tree individual. The re-sampling of beetle assemblages in two consecutive years revealed a high similarity for assemblages from the same tree individual. In addition to the consistent composition of beetle assemblages on individual trees, ordination analyses indicated a noticeable influence of tree species on assemblage composition. In particular, assemblages on *Crossopteryx* were clearly separated from those on *Anogeissus* and *Burkea*. *Burkea* assemblages were not completely separated from those on *Anogeissus* but intraspecific groupings were, on average, much closer than interspecific groupings (Fig. 5.53).

CONCLUSION

In conclusion, this study on beetle assemblages of different savanna tree species showed that both, characteristics of tree species and of individual trees may have a strong influence on beetle assemblage composition. High tree species diversity as well as high intraspecific variability caused by genetic variation and environmental **heterogeneity**↗ will probably favour development of a diverse set of beetle assemblages. This may contribute to regional biodiversity and affect ecosystem processes such as herbivory [181] affecting the studied tree species [182].

5.17 Les mille-pattes

Dieter MAHSBERG

Les mille-pattes (Diplopoda) sont des **arthropodes**↗ **terrestres**↗ avec environ 12 000 espèces décrites. Ils atteignent leur diversité la plus élevée dans les régions tropicales où ils préfèrent les micro-habitats humides. Dans la mosaïque des **habitats**↗ de la savane guinéenne en Afrique occidentale, on rencontre environ quarante espèces différentes par hectare. Pour la Côte d'Ivoire, par exemple, on a décrit environ 200 espèces de mille-pattes mais on estime leur nombre à dix fois plus. La grande majorité d'entre eux restera inconnue pour la science, sans mentionner qu'on ne connaîtra pas leur rôle dans l'**écosystème**↗ tropical.

La taille du corps des mille-pattes varie de quelques millimètres à plus de trente centimètres. L'espèce la plus grande est celle des mille-pattes géants d'Afrique, brun foncé du genre *Archispirostreptus*. Un mille-pattes africain « classique » (de l'ordre Spirostreptida et Spirobolida) a un long corps cylindrique avec jusqu'à quatre-vingt-dix segments. Les mille-pattes à dos plat (ordre Polydesmida) possèdent en général des projections latérales sur chacun des 20 segments.

La capsule de tête solide d'un mille-pattes comporte les yeux, une paire d'antenne et deux paires de parties de bouche, qui ne portent jamais de crochets à venin. Le tronc d'un mille-pattes n'a jamais mille pattes. De nombreuses espèces possèdent quatre-vingt pattes qui sont organisées en deux paires par segment du corps. Cette caractéristique diagnostiquée explique le nom scientifique du **taxon**↗ : Diplopoda, qui signifie arthropodes à doubles pattes. La structure des pattes sous le corps allongé et le mouvement typiquement ondulatoire des pattes permet aux mille-pattes de pousser vigoureusement le corps à travers la terre et à travers les déchets, leurs micro-habitats préférés. La locomotion des mille-pattes et d'autres arthropodes est un champ de recherches prometteur pour les scientifiques intéressés par la construction de robots mobiles.

Les mille-pattes peuvent se confondre avec les Centipèdes (*Chilopoda*), qui n'ont qu'une paire de pattes par segment du corps. Ces arthropodes aplatis sont des **prédateurs**↗ qui se déplacent vite, tuent leur proie en actionnant une paire de crochets à venin (les forcipules). Pour les hommes, la morsure des espèces d'Afrique

Millipedes

Millipedes (*Diplopoda*) are **terrestrial**↗ **arthropods**↗ with about 12 000 species described. They reach their highest diversity in tropical regions, where they prefer humid microhabitats. In the **habitat**↗ mosaic of the West African Guinea Savanna, about forty different species per hectare may occur. From Côte d'Ivoire, for example, about 200 millipede species have been described, but a tenfold of species is estimated. The very most of them may remain unknown to science, not to mention the ignorance of their role in the tropical **ecosystem**↗.

The body size of millipedes ranges from a few millimetres to more than thirty centimetres. The largest species are the dark brown African giant millipedes of the genus *Archispirostreptus*. A 'typical' African millipede (orders Spirostreptida and Spirobolida) has a long cylindrical body with as many as ninety segments. The flat-backed millipedes (order Polydesmida) usually possess lateral projections on each of their twenty segments.

The solid head capsule of a millipede carries the eyes, one pair of antennae and two pairs of mouthparts, which never bear poison claws. A millipede's trunk never has thousand legs. Many species possess about eighty legs, that are arranged in two pairs per body segment. This diagnostic character explains the scientific name of the **taxon**↗: Diplopoda, which means double-legged arthropods. The arrangement of legs underneath the elongate body and the typical wavelike leg movements allow millipedes to vigorously push their body through soil and litter, their preferred microhabitats. The locomotion of millipedes and other arthropods is a promising field of research for scientists interested in the construction of mobile robots.

Millipedes may be confused with centipedes (Chilopoda), which only have one pair of legs per body segment. These flattened arthropods are fast moving **predators**↗, which kill their prey by the action of a pair of poison claws. To humans, the bite of West African species may be painful, but unlikely to be fatal. Together with some other taxa, millipedes and centipedes are commonly grouped as myriapods (Myriapoda).

Centipedes and millipedes differ in many habits. The latter are

never be carnivorous. Even green plants are not the preferred food of millipedes; only a few species occasionally act as pest of crops. Some prefer **algae**↗ and **fungi**↗, but most species are generally detritivores. Like earthworms, woodlice and termites, they mainly feed on decomposing plant material that is mechanically fragmented during digestion. Most of the dead organic matter ingested is voided as faecal pellets. Thus, millipedes contribute to the breakdown of leaf litter and dead wood and stimulate the activity of soil bacteria and fungi, influencing the flux of nutrients in the ecosystem and promoting plant growth. The main surface activity of tropical millipedes is during the rainy season. Under hot and dry conditions, the animals seek shelter in the soil, under fallen logs or in termite mounds. Where abiotic conditions are favourable and food is

Fig. 5.55: Le mille-pattes géant d'Afrique (*Archispirostreptus tumuliporus*) aime se nourrir de fruits pourris. Notez deux paires de pattes par segment du corps. Les acariens sur l'exosquelette sont des passagers inoffensifs. | The African giant millipede (*Archispirostreptus tumuliporus*) likes to feed on rotten fruit. Note the two pairs of legs per body segment. The mites on the exoskeleton are harmless fellow passengers. DMA

Fig. 5.56: *Telodeinopus assiniensis* est un représentant classique de l'ordre des Spirostrepida chez les mille-pattes. | *Telodeinopus assiniensis* is a typical representative of the millipede order Spirostreptida. DMA

Fig. 5.57: *Pachybolus laminatus,* mille-pattes fréquent et remarquable dans la forêt tropicale et dans la savane humide guinéenne. *Pachybolus laminatus*, a conspicuous and common millipede in the rainy forest and in the humid Guinea Savanna. DMA

occidentale peut être douloureuse mais il est peu probable qu'elle entraîne la mort. Avec quelques autres classes, les mille-pattes et les centipèdes sont couramment groupés sous l'appellation de myriapodes (Myriapoda).

Les centipèdes et les mille-pattes diffèrent dans de nombreuses habitudes. Les derniers ne seront jamais carnivores. Même les plantes vertes ne sont pas les aliments favoris des mille-pattes ; seul quelques espèces agissent occasionnellement comme des agents nuisibles des récoltes. Certaines préfèrent les **algues**↗ et les **champignons**↗ mais leur régime alimentaire est généralement détritivore. Comme les vers de terre, les cloportes et les termites, ils se nourrissent essentiellement de matière végétale en décomposition, qui est mécaniquement fragmentée pendant la digestion. La plupart des matières organiques mortes ingérées, ressortent en palets de matière fécale. Ainsi, les mille-pattes contribuent à la décomposition des déchets verts et du bois mort et stimulent l'activité des bactéries de la terre et des champignons, ce qui influence le flux d'aliments dans l'écosystème et contribue à faire pousser les plantes. La principale activité de surface des mille-pattes tropicaux a lieu pendant la saison des pluies. Dans des conditions chaudes et sèches, les animaux recherchent des abris dans la terre, sous les arbres tombés ou dans les termitières. Lorsque les **conditions** abiotiques sont favorables et que la nourriture est abondante, certaines espèces de mille-pattes peuvent atteindre localement une densité élevée. Ceci souligne leur importance écologique.

Durant l'accouplement, les mâles transfèrent le sperme aux femelles par les spermatophores en introduisant des gonopodes complexes. Chez la plupart des mille-pattes, les gonopodes sont des pattes modifiées sur le septième anneau du corps. Les orifices génitaux des femelles se trouvent derrière la deuxième paire de pattes. Voilà pourquoi les mille-pattes qui copulent mettent leur côté ventral antérieur en contact étroit. Les œufs sont encapsulés par un manteau fécal avant d'être pondus. Comme chez tous les arthropodes, la croissance chez les mille-pattes est liée aux mues. Au contraire des insectes, chez qui le nombre de segments du corps reste constant pendant leur vie, les mille-pattes se développent par ce qui s'appelle l'anamorphose : la première larve ressemble à l'adulte mais elle n'a que huit anneaux du tronc. Elle n'acquière que peu à peu, lors des mues, leur nombre définitif d'anneaux. De grandes espèces tropicales peuvent vivre pendant plusieurs années et se reproduire sans cesse.

Fig. 5.58: Un mille-pattes au corps plat (*Tylodesmus* sp.) de l'ordre des Polydesmida montrant les projections dorsolatérales. | A flat-bodied millipede (*Tylodesmus* sp.) of the order Polydesmida showing the dorsolateral projections. DMA

in large supply, some millipede species may reach locally high densities. This underlines their ecological importance.

During mating, males transfer sperm to females via spermatophores by introducing complex gonopods. In most millipedes, gonopods are modified legs on the seventh body ring. The

Fig. 5.59: Accouplement chez *Pelmatojulus tigrinus*. Le mâle (à droite) a inséré ses gonopodes dans l'ouverture génitale de la femelle (à gauche). | Mating *Pelmatojulus tigrinus*. The male (right) has inserted his gonopods into the genital opening of the female (left). DMA

Fig. 5.60: Un mille-pattes tué par une réduve (*Nularda nobilata*). Une sarcophagidé (*Liosarcophaga* sp.) a été attiré qui dépose des larves sur la victime. | A millipede killed by an assassin bug (*Nularda nobilata*). A fleshfly (*Liosarcophaga* sp.) was lured to deposit maggots on the victim. DMA

Les mille-pattes sont des arthropodes inoffensifs. Ils ne mordent pas, ne pîquent pas et comptent sur une défense passive. Certains d'entre eux s'éloignent physiquement d'un perturbateur, de nombreuses espèces se lovent en spirale pour protéger le côté ventral qui est vulnérable. De plus, les mille-pattes secrètent des produits chimiques de leurs glandes défensives, et ils agissent en prévention. Le Polydesmide à corps plat émet un arôme qui ressemble à de l'amande, typique d'un acide hydrocyanique toxique. Leur sécrétion repousse de manière efficace de nombreuses fourmis. La plupart des autres classes de mille-pattes possèdent un petit pore sur les côtés latéraux de presque tous les segments du tronc. Après perturbation ou toucher, des goutelettes de sécrétion s'en échappent, qui consistent en un grand éventail de benzoquinones puantes. Les mille-pattes du genre *Pachybolus* et *Pelmatojulus* peuvent même projeter leur sécrétion brunâtre sur une certaine distance. Si les humains entrent en contact avec ces composantes, ils auront la peau tachée pendant un certain temps et cela peut aussi causer des irritations aux yeux. Il est donc préférable d'éviter de toucher un mille-pattes.
La défense chimique chez les mille-pattes est une stratégie d'adaptation pour se protéger contre les nombreux prédateurs **invertébrés**↗ ou **vertébrés**↗. Dans certaines interactions interspécifiques, la sécrétion de produits chimiques peut entraîner une lourde conséquence pour l'animal qui les produit. Certains insectes, les réduves (Heteroptera : Reduviidae) se nourrissent exlusivement de mille-pattes qu'ils localisent par l'odeur de leurs benzoquinones. Et certaines mouches **parasitoïdes**↗, les sarcophagidés (**Diptera**↗: Sarcophagidae) utilisent le même stimulant chimique pour viser un mille-pattes et pour entourer leurs vers carnivores sur son corps. C'est un exemple pour la « course aux armements » entre prédateur et proie et pour la complexité des relations biologiques entre les races au sein d'une communauté tropicale.

genital openings in females are behind the second pair of legs. This is why copulating millipedes bring their anterior ventral side in close contact to each other. Eggs are encapsuled by a faecal coat before deposition. As in all arthropods, growth in millipedes is linked with moults. But in contrast to insects, where the number of body segments remains constant during lifetime, millipedes develop by so called anamorphosis: a hatching legless larva moults into a first instar with only a few body segments and complements leg bearing segments during following moults. Large tropical species may live for several years and reproduce repeatedly.
Millipedes are harmless arthropods. They do not bite or sting and rely on passive defence. Some of them push their body away from a troublemaker, many species curl into a spiral to protect the vulnerable ventral side. Additionally, millipedes secrete chemicals from defensive glands, acting as a deterrent. The flat-bodied Polydesmida exude an almond-like aroma typical for toxic hydrocyanic acid. Their secretion is an effective repellent against many ants. Most other millipede taxa possess one small pore at the lateral sides of nearly all trunk segments. After disturbance or touch, droplets of secretion escape, which consisting of a wide range of smelly benzoquinones. Millipedes of the genus *Pachybolus* and *Pelmatojulus* may even squirt their brownish secretion over a certain distance. If humans get into contact with these compounds, they will stain the skin for a while and may irritate the eyes. So better do not touch a millipede!
Chemical defence in millipedes is an adaptive strategy to protect against many non-vertebrate or **vertebrate**↗ predators. But in certain interspecific interactions, the secretion of chemicals may be costly to the producer in terms of genetical fitness! Certain assassin bugs (Heteroptera: Reduviidae) exclusively suck on millipedes that they localize by the odour of their benzoquinones. And certain **parasitoid**↗ flesh flies (**Diptera**↗: Sarcophagidae) use the same chemical stimulus, to target a millipede and to squirt their carnivorous maggots onto its body. This is an example for the 'arms race' between predator and prey and for the complexity of biological interrelations in a tropical community.

5.18 Les vers de terre

Ebagnerin Jérôme TONDOH
Seydou TIHO
Arnauth Martinez GUEI

IMPORTANCE, ROLE ET DIVERSITE DES VERS DE TERRE

Les vers de terre sont considérés comme un des maillons essentiels du fonctionnement du sol grâce à leur effet sur la formation, le développement et la fertilité des sols [183]. Ils représentent avec les termites et les fourmis, les principaux groupes de la macrofaune du sol dans les pays tropicaux [184]. Contrairement aux termites, fourmis et autres insectes qui ont été longtemps étudiés respectivement, à cause de leur organisation sociale et de l'impact presque toujours négatif qu'on leur attribue dans les systèmes cultivés, les vers de terre ont fait l'objet de très peu d'études. Ce manque d'intérêt serait surtout lié aux contraintes méthodologiques car l'étude de ces **invertébrés**↗ qui vivent dans le sol nécessite « la fouille » de quantités importantes de sol. Par ailleurs, la difficulté d'apprécier efficacement l'impact des vers de terre sur la fertilité des sols a largement contribué à réduire l'intérêt qu'on leur accorde. En effet, les biologistes et écologues du sol mesurent à une très petite échelle, des effets qui se diluent à l'échelle de perception du pédologue et de l'agronome. Cette dilution rend souvent négligeables certains effets directement mesurables des organismes du sol.

En Côte d'Ivoire, l'étude de la biologie et de l'écologie des populations de vers de terre s'est principalement déroulée au sud du 7ème parallèle, caractérisée par la prédominance d'**écosystèmes**↗ forestiers. Les études menées depuis près de 40 ans à la Station d'Ecologie de la Réserve de Lamto située en moyenne Côte d'Ivoire (Carte 6.3), ont mis en évidence le rôle déterminant des vers de terres dans le fonctionnement du sol. Ces travaux qui ont commencé dans les années 1960 faisaient partie des activités de recherche du Laboratoire de Zoologie de l'Ecole Normale Supérieure de Paris. L'objectif principal était d'étudier la structure et le fonctionnement de la savane humide de Lamto en intégrant les populations de vers de terre [185]. A partir des années 1990, la capitalisation des résultats acquis au niveau de la biologie et de l'écologie des vers de terre, s'est traduite par la mise en œuvre de projets de recherche visant à utiliser ces organismes pour améliorer la productivité des sols [186, 187, 188, 189], dans le cadre du projet « Macrofauna » financé par

Earthworms

IMPORTANCE, ROLE AND DIVERSITY OF EARTHWORMS

Earthworms are considered one of the basic links for soil functioning due to their effect on soil formation, development and fertility [183]. They represent the main groups of soil macro **fauna**↗ along with termites and ants in tropical countries [184]. Contrary to termites, ants and other insects that have long been studied due to their social organization and almost always negative impact in cultivated systems, earthworms have been the object of very few studies. This lack of interest is mainly linked to methodological constraints, for the study of these soil-dwelling **invertebrates**↗ requires the "excavation" of large quantities of soil. Moreover, the difficulty in efficiently appreciating the impact of earthworms on soil fertility largely contributes to the lack of interest in them. Indeed, soil biologists and ecologists measure the effects at a very small scale, and these are diluted at the scale of perception by the pedologist and agronomist. This dilution often makes certain effects negligible that are directly measurable in soil organisms.

In Côte d'Ivoire, the study of the biology and ecology of earthworm populations mainly took place south of the 7th parallel, characterized by the predominance of forest **ecosystems**↗. The studies, carried out during the last 40 years at the Ecological Station of the Lamto Reserve located in middle Côte d'Ivoire (Map 6.3), have given evidence of the determining role of earthworms in soil functioning. These studies began in the 1960s and were part of the research by the Zoological Laboratory of the Ecole Normale Supérieure of Paris. The main objective was to study the structure and functioning of the humid Lamto savanna by integrating earthworm populations [185]. As of the 1990s, the achived results related to the biology and ecology of earthworms were implemented with research projects aiming at using these organisms for improving soil productivity [186, 187, 188, 189]. This was done in the framework of the "Macrofauna" project financed by the European community. During the last few years, the impact of agricultural practices on

la communauté Européenne. Depuis quelques années, l'impact des pratiques agricoles sur les peuplements de vers de terre, ainsi que la possibilité de les utiliser comme indicateurs de suivi de la qualité des sols, sont les principaux thèmes de recherche.
La diversité biologique des vers de terre varie en fonction des milieux étudiés. A ce jour, 15 espèces, regroupées en deux principales familles, Acanthodrilidae et Eudrilidae, ont été récoltées :

- *Millsonia lamtoiana* (Acantodrilidae)
- *Millsonia omodeoi* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster baeri* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster terrae-nigrae* (Acanthodrilidae)
- *Dichogater saliens* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster ehrhardti* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster lamottei* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster papillosa* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster eburnea* (Acanthodrilidae).
- *Dichogaster mamillata* (Acanthodrilidae)
- *Agastrodrilus multivesiculatus* (Acanthodrilidae)
- *Hyperiodrilus africanus* (Eudrilidae)
- *Scolecillus compositus* (Eudrilidae)
- *Stuhlmannia zielae* (Eudrilidae)
- *Stuhlmannia palustris* (Eudrilidae)

BIOLOGIE ET STRATEGIES DEMOGRAPHIQUES

Bien qu'ils soient hermaphrodites, les vers de terre sont caractérisés par une fécondation croisée qui se solde par la production d'œufs ou cocons dont la taille et la durée d'incubation varient en fonction des espèces. La consommation quotidienne de sol est la principale activité des vers de terre géophage, qui leur permet de se déplacer et de se nourrir, occasionnant ainsi, un mélange des horizons du sol. L'ingestion annuelle de 1 000 t de sol sec par hectare entraîne une modification de la structure du sol. Le brassage de cette quantité de sol à l'intérieur du tube digestif de ces organismes s'est souvent traduit par le rejet à la surface du sol de 22 à 28 t de déjections [185]. Les déjections de sol ou turricules sont des agrégats de stabilité variable ou des structures compactes isolées du reste du sol par un cortex formé d'argile et de colloïdes [190].
D'une manière générale, les turricules produits par les vers de terre peuvent être regroupés en deux grandes catégories : (1) les turricules massifs et compacts produits par les espèces de grandes tailles et (2) les turricules de petites tailles, friables résultants de l'activité des espèces de petites tailles. Cette typologie des turricules a abouti à la

earthworm populations as well as the possibility of using them as indicators in monitoring soil quality have become the main research themes.
The biological diversity of earthworms varies according to the environments studied. To date, 15 species, grouped into two main families, Acanthodrilidae and Eudrilidae, have been collected:

- *Millsonia lamtoiana* (Acantodrilidae)
- *Millsonia omodeoi* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster baeri* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster terrae-nigrae* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster saliens* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster ehrhardti* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster lamottei* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster papillosa* (Acanthodrilidae)
- *Dichogaster eburnea* (Acanthodrilidae).
- *Dichogaster mamillata* (Acanthodrilidae)
- *Agastrodrilus multivesiculatus* (Acanthodrilidae)
- *Hyperiodrilus africanus* (Eudrilidae)
- *Scolecillus compositus* (Eudrilidae)
- *Stuhlmannia zielae* (Eudrilidae)
- *Stuhlmannia palustris* (Eudrilidae)

BIOLOGY AND DEMOGRAPHIC STRATEGIES

Even though they are hermaphrodites, earthworms are characterized by cross-fertilization resulting in production of eggs or cocoons whose size and incubation duration vary according to species. Everyday soil consumption is the main activity of geophagous earthworms that allows them to move and feed themselves, this way causing the soil horizons to mix. The annual ingestion of 1 000 t of dry soil per hectare leads to modifications of soil structure. The mixing of this quantity of soil in the digestive tube of these organisms often manifests in the ejection of 22 to 28 t of debris onto the soil's surface [185]. The soil or worm pile debris are aggregates of variable stability or compact structures isolated from the rest of the soil by a cortex made of clay and colloids [190].
In general, worm piles produced by earthworms can be grouped into two main categories: (1) massive and compact worm piles produced by large-sized species and (2) small-sized crumbly worm piles resulting from the activity of small-sized species. This worm pile typology lead to the notion of

notion d'espèces « compactantes » et « décompactantes » dont les implications dans la régulation de la structure du sol sont évidentes [191].

A cause de la difficulté rencontrée dans l'estimation du taux intrinsèque d'accroissement naturel et des contraintes d'utilisation de la méthode « capture, marquage et recapture » chez les vers de terre, un indice démographique D a été mis au point pour comparer les performances démographiques des populations [192]. L'indice D mesure la capacité d'expansion des populations dans leur milieu naturel en l'absence de compétition intra-spécifique :

$$D = \frac{Fx1000}{CxEv}$$

Où, F est la fécondité annuelle par adulte, C : la durée totale de croissance en mois, et Ev : l'espérance de vie à la naissance en mois.

L'aptitude à la colonisation des populations de *Hyperiodrilus africanus* (D = 2990) est beaucoup plus forte que celle de *Sthulmannia zielae* (D = 200) et *Dichogaster baeri* (D = 200), espèces natives très fécondes des savanes de Lamto (Tab. 5.11).

Lorsque les conditions de vie deviennent difficiles surtout pendant la grande saison sèche, les vers de terre vivent en condition de vie ralentie en s'abstenant d'accomplir l'essentiel des fonctions de vie afin de ne pas dépenser de l'énergie, et vivent dans des logettes: on dit qu'ils sont en quiescence, état physiologique immédiatement réversible lorsque les conditions de vie redeviennent favorables (bonne pluviométrie, teneur en eau du sol avoisinant la capacité au champ, etc.).

VERS DE TERRE COMME INDICATEURS POTENTIELS DE LA QUALITE DES SOLS

La conversion des écosystèmes naturels en systèmes cultivés a un impact sur la densité, la biomasse et la diversité biologique des peuplements de vers de terre. La réaction des vers de terre à la perturbation des forêts se traduit le plus souvent par une réduction de leur densité et de leur biomasse, contrairement à une augmentation dans les jachères. De plus, un test de régression multiple entre l'indice général de la qualité des sols (IGQS) et les espèces de vers de terre, a montré une corrélation positive uniquement avec l'espèce *D. baeri* (r = 0,89; p = 0,0016). Elle peut par conséquent être potentiellement utilisée comme indicatrice de la qualité des sols.

"compacting" and "decompacting" species with obvious implications on soil structure regulation [191].

Due to the difficulty encountered in estimating the intrinsic natural growth rate r and the constraints on the use of the "capture, mark and recapture" method for earthworms, a demographic index D was fine-tuned for comparing the demographic population performance [192]. The D index measures the expansion capacity of populations in the natural environment in the absence of intra-specific competition:

$$D = \frac{Fx1000}{CxEv}$$

Where F is the annual fertilization per adult, C is the total duration of growth expressed in months and Ev is the life expectancy from birth given in months.

The capacity of colonizing by *Hyperiodrilus africanus* (D = 2990) populations is greater than that of *Sthulmannia zielae* (D = 200) and *Dichogaster baeri* (D = 200), very fertile species native to the Lamto savannas (Tab. 5.11).

When life conditions become difficult, especially during the main dry season, earthworms live in a slowed-down state of life by abstaining from doing the majority of their functions of life in order to not waste energy, and they live in cubicles. We say that they are in quiescence, a physiological state that is immediately reversible when life conditions become favourable again (good precipitation, rate of water in the soil is close to the field capacity, etc.).

EARTHWORMS AS POTENTIAL INDICATORS OF SOIL QUALITY

The conversion of natural ecosystems into cultivated systems has an impact on density, biomass and biological diversity of earthworm populations. The reaction of earthworms to forest mostly consists of a reduction in their density and biomass, contrary to their increase in fallow lands. Moreover, a multiple regression test between the general index of soil quality (SOQI) and earthworm species showed a positive correlation solely in *D. baeri* (r = 0.89; p = 0.0016). Consequently, it can potentially be used as an indicator of soil quality.

ECOSYSTEM SERVICES

Earthworms are considered ecosystem engineers↗ because

Fig. 5.61: Specimens de vers de terre et leurs traces d'activités : 1. *Millsonia omodeoi* ; 2. *Hyperiodrilus africanus* ; 3. Turricules massifs et compacts de *Millsonia omodeoi* ; 4. Turricules friables de *Hyperiodrilus africanus* ; 5. Spécimen de vers de terre en quiescence.
Earthworm specimens and their activity trails: 1. *Millsonia omodeoi*; 2. *Hyperiodrilus africanus*; 3. Massive and compact piles of *Millsonia omodeoi*; 4. Crumbly piles of *Hyperiodrilus africanus*; 5. Earthworm specimen in quiescence. ETO

SERVICES ECOSYSTEMIQUES

Les vers de terre sont considérés comme des « **ingénieurs de l'écosystème**↗ » car ils modifient par leur activité le fonctionnement des sols. On distingue trois situations où ils sont susceptibles de jouer le rôle d'ingénieurs de l'écosystème [191] : (1) ils modifient la structure du sol et changent de ce fait la distribution de l'espace poral, qui constitue une ressource spatiale pour les autres organismes (microfaune, mésofaune) incapables de se déplacer ou de pénétrer les agrégats constitutifs du sol ; (2) ils agissent sur la dynamique de la matière organique, en particulier à court terme, ils participent à la libération d'importantes quantités de nutriments indispensables à la croissances des végétaux ; (3) ils ont une action indirecte sur les flux de matière organique et d'eau dans le sol via les modifications qu'ils induisent sur la structure du sol : ils participent ainsi à la régulation des flux de ressources pour divers organismes du sol.

BIOTURBATION ET AERATION DU SOL

Les vers de terre sont de puissants laboureurs du sol. Ainsi par la création d'un réseau dense de galeries verticales et horizontales, ils contribuent à augmenter de manière significative l'espace poral du sol, à améliorer les propriétés hydrauliques du sol. La bioturbation des sols par les vers de terre est en définitive une action qui profite aux racines des plantes même si les mécanismes sont parfois difficiles à expliquer.

STOCKAGE DU CARBONE

A long terme, le ver de terre *Millsonia omodeoi* est susceptible de réduire de manière significative le taux de décomposition de la matière organique des sols [193]. Dans les sols de Lamto, la réduction du taux de minéralisation du carbone de 72,7 % [193] repose sur l'hypothèse selon laquelle les turricules de cette espèce peuvent conserver leur structure dans les sols pendant plus d'un an [190]. La réduction de minéralisation du carbone, pourrait également être attribuée à la séquestration de la matière organique dans les turricules de vers de terre.
Les agrégats, résultats de l'activité du ver, vont sécher à moyen terme et séquestrer la matière organique qui sera libérée quelques années plus tard.

AMELIORATION DE LA PRODUCTION VEGETALE

Après trois années d'étude en milieux cultivés, Gilot [187] a montré que la présence de populations de *M. omodeoi* a entrainé une

they modify soil functioning with their activity. We distinguish three situations where they are susceptible to playing the role of ecosystem engineers [191]: (1) they modify soil structure and in this way change the pore space distribution constituting a spatial resource for other organisms (microfauna, mesofauna) which are unable to move or penetrate the aggregates composing the ground; (2) they act on the dynamics of organic matter, especially in the short run, by participating in the liberation of significant amounts of nutrients indispensable for plant growth; (3) they have an indirect influence on the fluxes of organic matter and water in the soil through their modifications of soil structure. This way, they participate in the regulation of the flux of resources for various soil organisms.

SOIL BIOTURBATION AND AERATION

Earthworms are forceful soil labourers. By creating a dense network of vertical and horizontal galleries, they contribute to increasing the pore space of the soil and improving its hydraulic properties in an important manner. Bioturbation of the soil by earthworms is definitely an action that the roots of plants benefit from even if the mechanisms are often hard to explain.

STORING CARBON

In the long term, the *Millsonia omodeoi* earthworm might significantly reduce the rate of decomposition of soil organic matter [193]. In the soils of Lamto, the reduction of the carbon mineralization rate of 72.7 % [193] is related to the hypothesis according to which the worm piles of this species can conserve their structure in the soil for more than a year [190]. The reduction of carbon mineralization could also be attributed to organic material sequestration in earthworm piles. The aggregates resulting from the worm's activity will dry in the medium term and sequester organic matter that will be liberated years later.

IMPROVEMENT OF PLANT PRODUCTION

After three years of studying cultivated environments, Gilot [187] showed that the presence of *M. omodeoi* populations led to an increase in yam tuber and corn seed production by up to 65 % and 18 %, respectively. This increase is far more noteworthy when the availability of water in the yam parcel or in nutrients assimilatable by corn plants becomes a limiting factor. Corn production increased by 12 % concerning leaf biomass and 18 % concerning seeds [188]. The nitrogen use coefficient

augmentation de la production de tubercules d'igname et de grain de maïs, respectivement jusqu'à 65 % et 18 %. Cette augmentation est bien plus marquée lorsque la disponibilité en eau de la parcelle d'igname ou en nutriments assimilables par les plants de maïs, devient un facteur limitant.
La production de maïs a augmenté de 12 % au niveau de la biomasse des feuilles et de 18 % au niveau des graines [188]. Le coefficient d'utilisation de l'azote des résidus organiques a augmenté de 9 à 11 %. Cependant, la principale contrainte de cette expérimentation est l'importante mortalité des vers de terre.
Malgré les effets positifs des vers de terre sur l'amélioration de la production du maïs et du riz, des contraintes pour leur utilisation dans les systèmes cultivées subsistent : (1) la nécessité de maintenir l'activité de ces organismes dans les systèmes cultivés, (2) la difficulté d'identifier des espèces adaptées aux conditions microclimatiques des milieux cultivés et d'en disposer une quantité importante et (3) l'adoption par les paysans d'une telle approche dont on ignore encore les coûts d'installation et d'entretien.
L'une des solutions à la forte mortalité des vers de terre dans les milieux cultivés, est de procéder à une introduction massive de ces **invertébrés**↗ durant des périodes de temps déterminées. Le projet « Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity » (CSM-BGBD) a testé, au cours de dernière phase (2008-2009), la capacité des vers de terre à être utilisés comme biofertilisants dans les systèmes cultivés à faibles intrants, avec l'action participative des populations paysannes.

Tab. 5.11: Profil démographique des principales espèces des savanes de Lamto. | Demographic profile of the main Lamto savanna species. [192]

Espèces de vers de terre Earthworm species	Durée de croissance (mois) | Growth duration (months)	Fécondité (F) annuelle des adultes | Annual fertility of adults	Espérance de vie à la naissance (mois) | Life expectancy at birth (months)	Indice démographique Demographic index
Hyperiodrilus africanus	2	29,9	5,0	2 990,0
Stuhlmannia zielae	18	13,0	3,3	200,0
Dichogaster baeri	15	10,7	3,4	200,0
Millsonia omodeoi	20	6,2	6,2	50,0
Millsonia lamtoiana	24	3,1	7,5	17,0
Dichogaster terrae-nigrae	36	1,9	11,6	4,5
Agastrodrilus opisthogynus	24	1,3	11,1	4,9
Millsonia ghanensis	42	1,3	10,6	2,9

of organic residue increased from 9 % to 11 %. However, the main constraint in this experiment is the high mortality of the earthworms.
Despite the positive effects of earthworms on the improvement of corn and rice production, the constraints on their use in cultivated systems remain: (1) the activity of these organisms in cultivated systems needs to be maintained, (2) it is difficult to identify species adapted to the microclimatic conditions of cultivated environments and to get a significant quantity, and (3) adoption of such an approach by the peasants whose installation costs and upkeep are still unknown.
One of the solutions to the high mortality of earthworms in cultivated environments is to proceed with the massive introduction of these **invertebrates**↗ during defined periods of time. In its last phase (2008-2009), the "Conservation and Sustainable Management of Below-Ground **Biodiversity**↗" (CSM-BGBD) project aimed at testing the suitability of earthworms to be used as bio-fertilizers in low-input cultivated systems requires the participative participation of the peasant groups.

BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE 5
REFERENCES CHAPTER 5

[1] Aké Assi L. 2001: Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie. I. Boissiera 57, 396 pp.

[2] Aké Assi L. 2002: Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie. II. Boissiera 58, 401 pp.

[3] Kouamé FN, Bakayoko A, Traoré D & Bongers F. 2007: Checklist of the Upper Guinea forest area climbers of Côte d'Ivoire. Revue Sciences et Nature, 4 (2), 149–170.

[4] Anagnostidis K & Komárek J. 1985: Modern approach to the classification of system of cyanophytes. 1- Introduction. Algological Studies 38–39, 291–302.

[5] Zanon V. 1941: Diatomee dell Africa occidentale Francese, 5, 1–60.

[6] Bourrelly P. 1961: Algues d'eau douce de la République de Côte d'Ivoire. Bull. I.F.A.N., sér. A, 23(2), 283–374.

[7] Da KP. 1992: Contribution à la connaissance du phytoplancton de la mare et du complexe piscicole du Banco (Côte d'Ivoire). Thèse Doct. 3e cycle, F.a.s.t., Univ., Abidjan, 405 pp.

[8] Ouattara A. 2000: Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse Doct., Fac. Wetenschappen, Katholieke Univ., Leuven, 207 pp.

[9] Ouattara A, Podoor N, Teugels GG & Gourène G. 2000: Les micro-algues de deux cours d'eau (Bia.et Agnébi) de Côte d'Ivoire. Syst. Geogr. Pl., 70, 315–372.

[10] Da KP. 2006: Etude taxonomique du phytoplancton dulçaquicole des masses d'eau lentiques et lotiques de quelques sites au Sud de la Côte d'Ivoire, entre les fleuves Bandama et Bia : apports de la microscopie électronique à balayage. Thèse Doct. ès Sciences, UFR Biosciences, Univ. Cocody-Abidjan, 402 pp.

[11] Hawksworth DL. 2001: The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. Mycological Research, 105, 1422–1432.

[12] Mueller GM & Schmit JP. 2006: Fungal biodiversity: what do we know ? What can we predict ? Biodiversity and Conservation, 16, 1–5.

[13] Koné NA. 2007: Etudes écologiques et socioéconomiques des *Termitomyces* et des termites champignonnistes dans la région de Lamto (Côte d'Ivoire centrale). Mémoire de DEA de l'Université d'Abobo-Adjamé, 55 pp.

[14] Ducousso M, Louppe D, Ouattara N, Eyssartier G & Buyck B. 1999: Des mycorhyses très diversifiés dans des jachères au nord de la Côte d'Ivoire. In : La jachère en Afrique tropicale, rôle, aménagements, alternatives, 13–16 Avril 1999, Dakar, Sénégal, 126 pp.

[15] Vuylsteke D, Rodomiro Ortiz R & Ferris S. 1993: Genetic and agronomic improvement for sustainable production of plantain and banana in sub-Saharan Africa. Afr. Crop Sci. J., 1, 1–8.

[16] Ortiz R & Akoroda MO. 1996: Plantain and banana production and research in West and Central Africa. IITA, Ibadan, Nigeria, pp. 138–143.

[17] Koné D. 2008: Contribution à la caractérisation morphologique et pathologique de *Mycosphaerella fijiensis* var. *morelet*, *Cladosporium musae* Mason, *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis et *Cordana musae* Zim. Parasites fongiques des bananiers et plantains en Côte d'Ivoire ; sensibilité à quelques fongicides. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences, 245 pp.

[18] Stuart SN, Adams J & Jenkins MD. 1990: Biodiversity in sub-Sahara Africa and its islands, conservation, management and sustainable use. Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission, N° 6, IUCN, Gland, 244 pp.

[19] Fischer F, Gross M & Linsenmair KE. 2002: Updated list of the larger mammals of the Comoé National Park, Côte d'Ivoire. Mammalia, 66 (1), 83–92.

[20] Roth HH, Mühlenberg M, Röben P & Bartlott W. 1979: Etat actuel des parcs nationaux de la Comoé et du Taï ainsi que de la Réserve d'Azagny et propositions visant à leur conservation et à leur développement aux fins de promotion de tourisme. FGU-Kronberg. Abidjan, Côte d'Ivoire, Tome 2 : Parc National de la Comoé: 281pp.

[21] Poilecot P, Bonfou K, Dosso H, Lauginie F, N'Dri K, Nicole M & Sangaré Y. 1987: Un écosystème de savane soudanienne. Le Parc National de la Comoé (Côte-d'Ivoire). IVC/87/007 UNESCO PNUD MAB., 346 pp.

[22] Soulemane O. 1993: Les grands mammifères de la forêt classée du Haut-Sassandra : inventaire - zones de répartition. Mémoire de D.E.A d'écologie, option animale. Université Nationale de Côte-d'Ivoire. Faculté des Sciences et Techniques, 69 pp.

[23] Kassé KB. 1994: Inventaire et distribution des grands mammifères de la forêt classée de Duékoué. Mémoire de D.E.A. d'Ecologie Tropicale, Université d'Abidjan–Cocody, 76.

[24] Kassé KB. 2009: Statut des grands mammifères et éthoécologie du singe rouge *Erythrocebus patas patas* (Schreber, 1775) Cercopithecidae dans la forêt classée de Badénou (Korhogo, nord de Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Université de Cocody-Abidjan, 136 pp.

[25] Butynski TM. 2001: Africa's great apes. In: Beck B, Stoinski TS, Hutchins M, Maple TL, Norton B, Rowan A, Stevens EF and Arluke A. (eds), Great apes and humans: The ethics of coexistence, pp. 3–56. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.

[26] Boesch C & Boesch-Achermann H. 2000: The chimpanzees of the Taï forest: behavioural ecology and evolution. Oxford: Oxford University Press.

[27] Herbinger I, Boesch C & Rothe H. 2001: Territory characteristics among three neighboring chimpanzee communities in the Taï National Park, Côte d'Ivoire. International Journal of Primatology, 22, 143–167.

[28] IUCN. 2008: IUCN Red List of threatened species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 28 April 2009.

[29] Kormos R. 2004: Introduction In: Kormos R, Boesch C, Bakarr M & Butynski T. (eds), West African chimpanzees. Status survey and conservation action plan pp. 11-12. IUCN/SSC Primate Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, also available in French.

[30] Campbell G, Kühl H, N'Goran KP & Boesch C. 2008: Alarming decline of West African chimpanzees in Côte d'Ivoire. Current Biology, 18 (19), R903-R904.

[31] Boesch C, Marchesi P, Marchesi N, Fruth B & Joulian F. 1994: Is nut cracking in wild chimpanzees a cultural behaviour? Journal of Human Evolution, 26, 325–338.

[32] Caspary HU, Koné I, Prouot C & De Pauw M. 2001: La chasse et la filière viande de brousse dans l'espace Taï, Côte d'Ivoire. Tropenbos-Côte d'Ivoire Série 2.

[33] Herbinger I, Boesch C & Tondossama A. 2004: Côte d'Ivoire. In: Kormos R, Boesch C, Bakarr M & Butynski T (eds), West African chimpanzees. Status survey and conservation action plan pp. 99–109. IUCN/SSC Primate Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, also available in French.

[34] Herbinger I, Goné Bi ZB & Boesch C. 2008: Short and long-term effects of professional theatre and school play aimed at sensitizing the human population to chimpanzee and rainforest conservation around the Taï National Park, Côte d'Ivoire. Abtract, 21st International Primatological Society Conference, Edinburgh, Scotland, Primate Eye 96, special issue.

[35] N'Goran KP, Yapi F, Herbinger I, Boesch C & Tondossama A. 2008: Etat du Parc National de Taï. Rapport de résultats de biomonitoring. Phase III, Août 2007–Mars 2008. Report WCF/OIPR. (Available upon request from the WCF).

[36] Rosevear DR. 1965: The bats of West Africa. Trustees of the British Museum (Natural History), London.

[37] Koopman KF, Kofron CP & Chapman A. 1995: The bats of Liberia: Systematics, ecology, and distribution. Am. Mus. Novitates, 3148, 1–24.

[38] Gordon TT. 2001: The calling behavior and mating system of a non-lekking population of *Hypsignathus monstrosus*. Ph.D. dissertation, State University of New York at Stony Brook.

[39] Aellen V. 1954: Description d'un nouvel *Hipposideros* (Chiroptera) de la Côte d'Ivoire. Rev. Suisse Zool., 61(24), 473–483.

[40] Aellen V. 1959: Chiroptères nouveaux d'Afrique. Archs. Sci. Gèneve, 12(2), 217–235.

[41] Huggel HJ. 1958: Zum Studium der Biologie von *Eidolon helvum* (Kerr): Aktivität und Lebensrhythmus während eines ganzen Tages. Verhandl. Schweizer. Naturfosch. Ges., 138, 141–144.

[42] Huggel-Wolf HJ & Huggel-Wolf ML. 1965: La biologie d'*Eidolon helvum* (Kerr) (Megachiroptera). Acta Trop., 22, 1–10.

[43] Brosset A & Vuattoux R. 1968: Redécouverte du „rat volant" de Daubenton *Myopterus senegalensis* Oken (Chiroptère), en Côte d'Ivoire. Mammalia, 32(1), 82–85.

[44] Vuattoux R. 1968: Le peuplement du palmier rônier (*Borassus aethiopum*) d'une savane de Côte d'Ivoire. Annales de l'Université d'Abidjan, Série E: Ecologie, 1(1), 1–138.

[45] De Vree F. 1971: Notes sur une collection de Chiroptères ouest africains, principalement de la Côte d'Ivoire. Rev. Zool. Bot. Afr., 83(1-2), 31–49.

[46] De Vree F. 1972: Description of a new form of *Pipistrellus* from Côte d'Ivoire (Chiroptera). Rev. Zool. Bot. Afr., 85(3–4): 412–416.

[47] De Vree F. 1973: A note on the occurrence of the dark brown serotine *Eptesicus brunneus* (Thomas, 1880) in Côte d'Ivoire (Chiroptera). Rev. Zool. Bot. Afr., 87, 142–145.

[48] Bergmans W, Bellier L & Vissault J. 1974: A taxonomical report on a collection of Megachiroptera (Mammalia) from the Côte d'Ivoire. Rev. Zool. Afr. , 88(1), 18–48.

[49] Adam F & Aellen V. 1975: Présence de *Glauconycteris beatrix* Thomas, 1901 (Chiroptera, Vespertilionidae) en Côte d'Ivoire. Mammalia, 39(1), 150–152.

[50] Fenton MB & Fullard JH. 1979: The influence of moth hearing on bat echolocation strategies. J. Comp. Physiol. A, 132(1), 77–86.

[51] Thomas DW. 1982: The ecology of an African savanna fruit bat community: Resource partitioning and role in seed dispersal. Ph.D. dissertation, University of Aberdeen.

[52] Thomas DW. 1983: The annual migrations of three species of West African fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae). Can. J. Zool., 61(10), 2266–2272.

[53] Thomas DW. 1991: On fruits, seeds, and bats. Bats, 9(4), 8–13.

[54] Thomas DW & Marshall AG. 1984: Reproduction and growth in three species of West African fruit bats. J. Zool. (Lond.), 202(2), 265–281.

[55] Roth HH & Merz G. 1988: Vorkommen und relative Häufigkeiten von Säugetieren im Tai-Regenwald der Elfenbeinküste. Säugetierkdl. Mitt., 33, 171–193.

[56] Koopman KF. 1989: Systematic notes on Liberian bats. Am. Mus. Novitates, 2946, 1–11.

[57] Lim BK & Van Coeverden de Groot PJ. 1997: Taxonomic report of small mammals from Côte d'Ivoire. J. Afr. Zool., 111(4), 261–279.

[58] Henry M, Barrière P, Gautier-Hion A & Colyn M. 2004: Species composition, abundance and vertical stratification of a bat community (Megachiroptera: Pteropodidae) in a West African rain forest. J. Trop. Ecol., 20(1), 21–29.

[59] Decher J, Kadjo B, Abedi-Lartey M, Tounkara EO & Kante S. 2005: A rapid survey of small mammals (shrews, rodents, and bats) from the Haute Dodo and Cavally forests, Côte d'Ivoire, in: Alonso LE, Lauginie F & Rondeau G. (eds), A rapid biological assessment of two classified forests in south-western Côte d'Ivoire. RAP Bulletin of Biological Assessment, 34. Conservation International, Washington, D.C., 101–109.

[60] Schmidt DF, Ludwig CA & Carleton MD. 2008: The Smithsonian Institution African Mammal Project (1961–1972): An annotated gazetteer of collecting localities and summary of its taxonomic and geographic scope. Smithsonian Contributions to Zoology, 628, i–viii, 1–320.

[61] Formenty P, Boesch C, Wyers M, Steiner C, Donati F, Dind F, Walker F & Le Guenno B. 1999: Ebola virus outbreak among wild chimpanzees living in a rain forest of Côte d'Ivoire. J. Inf. Dis., 179 (Suppl. 1), S120–S126.

[62] Beaucournu JC & Fahr J. 2003: Notes sur les Ischnopsyllinae du continent africain. IV: Quelques *Lagaropsylla* Jordan & Rothschild 1921 de Côte d'Ivoire; description de *L. senckenbergiana* n. sp. (Insecta: Siphonaptera: Ischnopsyllidae). Senckenbergiana Biol., 82(1/2), 157–162.

[63] Ebigbo NM. 2000: Patterns in niche partitioning within a guild of constant

frequency echolocating bats in Côte d'Ivoire. Diploma thesis, University of Würzburg.

[64] Ebigbo NM. 2004: The role of flying foxes as seed dispersers on the vegetation dynamics in a West African forest–savannah mosaic in Côte d'Ivoire. Ph.D. dissertation, Ulm University.

[65] Fahr J. 2008: Diversity patterns and taxonomy of West African bat assemblages: effects of spatial scale and habitat structure. Ph.D. dissertation, Ulm University.

[66] Fahr J & Kalko EKV. 2009: Biome transitions as centres of diversity: habitat heterogeneity and diversity patterns of West African bat assemblages across spatial scales. Ecography, 34(2), 177–195.

[67] Fahr J, Ebigbo NM & Formenty P. 2002: Final report on the bats (Chiroptera) of Mt. Sangbé National Park. Afrique Nature, Abidjan, 32 pp.

[68] Lamb JM, Ralph TMC, Goodman SM, Bogdanowicz W, Fahr J, Gajewska M, Bates PJJ, Eger J, Benda P & Taylor PJ. 2008: Phylogeography and predicted distribution of African-Arabian and Malagasy populations of giant mastiff bats, *Otomops* spp. (Chiroptera: Molossidae). Acta Chiropterologica, 10(1), 21–40.

[69] Meyer CFJ, Schwarz CJ & Fahr J. 2004: Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forest–savanna mosaic. J. Trop. Ecol., 20(4), 397–407.

[70] Schmid S. 2004: Erfassung von Fledermäusen mit konstantfrequenten (CF) Rufen: Fang versus Acoustic Monitoring. Diploma thesis, Ulm University.

[71] Soer KS. 2004: Untersuchungen zum Jagdverhalten der Zyklopen-Rundblattnasen Fledermaus *Hipposideros cyclops* (Chiroptera: Hipposideridae) im Comoé Nationalpark, Côte d'Ivoire. Diploma thesis, University of Würzburg.

[72] Volleth M, Heller KG & Fahr J. 2006: Phylogenetic relationships of three "Nycticeiini" genera (Vespertilionidae, Chiroptera, Mammalia) as revealed by karyological analysis. Mammalian Biol., 71(1), 1–12.

[73] Alonso LE, Lauginie F & Rondeau G. 2005: Une évaluation biologique de deux forêts classées du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Bulletin d'Evaluation Rapide RAP 34. Conservation International. Washington, D.C. Chap 7, pp. 91–100.

[74] Bellier L. 1967: Recherches écologiques dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : densités et biomasses des petits Mammifères. Terre et Vie, 21(3), 319–329.

[75] Bellier L. 1974: Applications à l'analyse des données à l'écologie des rongeurs de la savane de Lamto (RCI). Thèse d'état, Paris. Multigr. 238 pp.

[76] Gautun JC. 1981: Contribution à l'écologie des rongeurs de savane en moyenne Côte d'Ivoire. ORSTOM. Paris. Thèse d'Etat Sciences Naturelles. 165 pp.

[77] Dosso H. 1983: Etude des rongeurs de forêts hygrophiles conservées et des zones anthropisées de la Côte d'Ivoire méridionale. Thèse de Doctorat d'Etat. Université d'Abidjan. 249 pp.

[78] Kadjo B. 1993: Peuplements en rongeurs dans quatre milieux de savane préforestière de Lamto. Mémoire de DEA. Université de Cocody. Côte d'Ivoire. 71pp.

[79] Kadjo B, Dosso H & Vuattoux R. 1996: Influence de la végétation sur le peuplement des rongeurs dans la région centre de la Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine, 8(3), 169–180.

[80] Akpatou KB, Nicolas V, Pires D & N'Goran E. 2007: Morphometric differentiation between two rodents, *Praomys tullbergi* (Thomas, 1894) and *Praomys rostratus* (Miller, 1900), in West Africa. Zootaxa, 1607, 21–34.

[81] Kouassi-Kan S, Nicolas V, Aniskine V, Lalis A, Cruaud C, Couloux A, Colyn M, Dosso M, Koivogui L, Verheyen E, Akoua-Koffi C & Denys C. 2008: Taxonomy and biogeography of African pygmy mice, subgenus *Nannomys* (Rodentia, Murinae, Mus) in Côte d'Ivoire and Guinea (West Africa). Mammalia, 72 pp.

[82] Vincent M. 2000: Les micro-Mammifères, marqueurs de l'anthropisation du milieu. Etudes Rurales 153–154, 195–206.

[83] Vogel P. 1983: Contribution à l'écologie et à la zoogéographie de *Micropotamogale lamottei* (Mammalia, Tenrecidae), Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie), 38, 37–49.

[84] Chatelain C, Kadjo B, Kone I & Refisch J. 2001: Relations faune-flore dans le Parc National de Taï: une étude bibliographique. Tropenbos – Côte d'Ivoire serie 3.

[85] Denys C, Lecompte E, Calvet E, Camara MD, Doré A, Koulémou K, Kourouma F, Soropogui B, Sylla O, Allali-Kouadio B, Kouassi-Kan S, Akoua-Koffi C, Ter Meulen J & Koivogui L. 2005: Community analysis of Muridae (Mammalia, Rodentia) diversity in Guinea: a spatial emphasis on *Mastomys* species and Lassa fever distributions. African Biodiversity, 339–350.

[86] Brown LH, Urban EK & Newman E. 1982: The birds of Africa. Vol. 1. Academic Press, London.

[87] Birdlife International. 1996: Les zones d'importance pour la conservation des Oiseaux en Afrique, 6.

[88] Stuart SN, Adams RJ & Jenkins MD. 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. Conservation, management, and sustainable use. Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission, 6, 242 pp.

[89] Thiollay JM. 1985: The birds of Côte d'Ivoire: status and distribution. Malimbus, 7, 1–59.

[90] Erard C. 1990: Les menaces sur les oiseaux de la zone afrotropicale. Cahier d'Outre-Mer., 43(172), 413–424.

[91] Margulis L & Schwartz R. 1988: Five kingdoms. (W. H.) Freeman and Company, New York.

[92] Collar NJ & Stuart SN. 1985: Threatened birds of Africa and related islands. ICBP/IUCN Red Data Book, Part 1, Cambridge.

[93] Collar NJ, Crosby MJ & Stattersfield AJ. 1994: 1994. Birds to watch 2 – The world list of threatened birds. Birdlife Conservation Series, 4. Cambridge.

[94] Payne RB. 1982: Species limits in the indigobirds (Ploceidae, Vidua)of West Africa: mouth mimicry, song mimicry, and a description of new species. Misc. Publ. Mus. Zool, Univ. Michigan, 162, 1–96.

[95] Eccles SD. 1985: Reichenbach's sunbird *Nectarinia reichenbachii* new to Côte d'Ivoire. Malimbus, 7, 140 pp.

[96] Walsh JF. 1986: Notes on the birds of Côte d'Ivoire. Malimbus, 8, 89–93.
[97] Demey R. 1986: Two new species for Côte d'Ivoire. Malimbus, 8, 44 pp.
[98] Cheke RA. 1987: Sooty Shearwater: new to the Côte d'Ivoire. Malimbus, 9, 134 pp.
[99] Holyoak DT. 1990: Notes on some birds of the Côte d'Ivoire. Malimbus, 11, 146–148.
[100] Demey R & Fishpool LDC. 1991: Additions and annotations to the avifauna of Côte d'Ivoire. Malimbus, 12, 61–86.
[101] Fishpool LDC & Demey R. 1991: The occurrence of both species of "Lesser Golden Plover" and of "Nearctic Scolopacids" in Côte d'Ivoire. Malimbus, 13, 3–10.
[102] Walsh JF. 1991: On the occurrence of the black stork *Ciconia nigra* in West Africa. Bull. Brit. Ornithol. Club, 111, 209–215.
[103] Cheke RA & Fishpool LDC. 1992: British storn-petrels *Hydrobates pelagicus* of Côte d'Ivoire. Malimbus, 14, 24–25.
[104] Cable TT. 1994: First record of three-banded plover *Charadrius tricollaris* in Côte d'Ivoire. Malimbus, 16, 57–58.
[105] Williams E. 1997: Unusual records of palearctic Sylviidae in Côte d'Ivoire. Malimbus, 19, 33–34.
[106] Dodman T & Taylor V. 1996: Les dénombrements d'oiseaux d'eaux en Afrique, 1996. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands, 206 pp.
[107] Davis TJ. 1996: Le Manuel de la Convention de RAMSAR: Guide de la Convention relative aux zones humides d'importance portance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eaux. Bureau de la Convention RAMSAR. Gland, Suisse.
[108] WWF. 1996: Entre terre et eau: un monde de merveilles. Banson, Londres. 24 pp.
[109] Hardouin J. 1986: Mini-élevage et ressources méconnues de protéines animales. Annales de Gembloux, 92, 153–162.
[110] Green AJ. 1996: An assessment of which Anatidae taxa qualify for globally threatened status. In: Birkan M, van Vessem J, Havet P, Madsen J, Trolliet B & Moser M. (eds), Proceedings of Anatidae 2000, Gibier Faune Sauvages, Game Wild., 13, 777–798.
[111] Lean G, Hinrichsen D & Markham A. (eds.) 1992: The WWF Atlas of the Environnement. Helicon, 192 pp.
[112] Treca B. 1987: Les dégâts d'oiseaux d'eau sur les rizières aménagées du delta central du Niger au Mali. Journ. d'Agric. Trad. et de Bota. Appl., 34, 153–170.
[113] Lamotte M. 1967: Les batraciens de la région de Gpakobo (Côte d'Ivoire). Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, Série A, 29, 218–294.
[114] Rödel MO. 2000: Herpetofauna of West Africa, Vol. I: Amphibians of the West African savanna. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, 335 pp.
[115] Rödel MO. 2003: The amphibians of Mont Sangbé National Park, Côte d'Ivoire. Salamandra, 39, 91–110.
[116] Rödel MO & Ernst R. 2003: The amphibians of Marahoué and Mont Péko National Parks, Côte d'Ivoire. Herpetozoa, 16, 23–39.
[117] Assemian NE, Kouamé NG, Tohé B, Gourène G & Rödel MO. 2006: The anurans of the Banco National Park, Côte d'Ivoire, a threatened West African rainforest. Salamandra, 42, 41–51.
[118] Ernst R, Linsenmair KE & Rödel MO. 2006: Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. Biological Conservation, 133: 143–155.
[119] Adeba PJ, Kouassi P & Rödel MO. 2010: Anuran amphibians in a rapidly changing environment: revisiting Lamto (Côte d'Ivoire) 40 years after the first herpetofaunal investigations. African Journal of Herpetology, 59, 1–16.
[120] Barbault R. 1972: Les peuplements d'amphibiens des savanes de Lamto (Côte d'Ivoire). Annales de l'Université d'Abidjan, Série E, 5, 59–142.
[121] Barbault R. 1976: Structure et dynamique d'un peuplement d'Amphibiens en savane protegée du feu (Lamto, Côte d'Ivoire). Terre Vie, 30, 246–263.
[122] Linsenmair KE. 1998: Risk-spreading and risk-reducing tactics of West African anurans in an unpredictably changing and stressful environment. In: Newbery DM, Prins HHT & Brown ND. (eds): Dynamics of tropical communities, Blackwell Science, London, 221–242.
[123] Spieler M & Linsenmair KE. 1997: Choice of optimal oviposition site by *Hoplobatrachus occipitalis* (Anura: Ranidae) in an unpredictable and patchy environment. Oecologia, 109, 184–199.
[124] Rödel MO, Krätz D & Ernst R. 2002: The tadpole of *Ptychadena aequiplicata* (Werner, 1898) with the description of a new reproductive mode for the genus (Amphibia, Anura, Ranidae). Alytes, 20, 1–12.
[125] Rödel MO, Range F, Seppänen JT & Noë R. 2002: Caviar in the rain forest: monkeys as frog spawn predators in Taï National Park, Côte d'Ivoire. Journal of Tropical Ecology, 18, 289–294.
[126] Rödel MO & Braun U. 1999: Associations between anurans and ants in a West African savanna (Anura: Microhylidae, Hyperoliidae et Hymenoptera: Formicidae). Biotropica, 31, 178–183.
[127] Daget J & Iltis A. 1965: Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, 74, 1–385.
[128] Teugels GG, Paugy D & Traoré K. 1988: Etat des connaissances sur la faune ichtyologique des bassins côtiers de la Côte d'Ivoire et de l'Ouest du Ghana. Rev. Hydrobiol. Trop., 21(3), 221–237.
[129] Paugy D, Traoré K & Diouf PS. 1994: Faune ichtyologique des eaux douces de l'Afrique de l'Ouest. In: Teugels GG, Guégan JF & Albaret JJ. (eds), Diversité biologique des poissons des eaux douces et saumâtres d'Afrique, pp. 35–47. Tervuren: MRAC.Ann. Sc. Zool., 275.
[130] Paugy D, Lévêque C & Teugels GG. 2003: Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tomes I & II, pp. 457 + 815. Paris-Tervuren: IRD-MNHN-MRAC.
[131] Gourène G, Teugels GG, Hugueny B & Thys van den Audenaerde DFE. 1999: Evaluation de la diversite ichtyologique d'un bassin ouest africain après la construction d'un barrage. Cybium, 23 (2), 147–160.
[132] Paugy D, Traoré K & Diouf PS. 1994: Faune ichtyologique des eaux douces

d'Afrique de l'Ouest. Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale. Sciences Zoologiques, 275, 35–66.

[133] Yao SS, Kouamélan EP, Koné T, N'Douba V, Bi G, Ollevier F & Thys van den Audenaerde DFE. 2005: Fish communities along environmental gradients within the Comoé river basin, Côte d'Ivoire. African Journal of Aquatic Science, 30, 185–194.

[134] Paugy D, Lévêque C & Teugels GG. 2003: Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest / The fresh and brackish water fishes of West Africa, Tome 1+2. Institut de Recherche pour le Développement, Paris.

[135] Addis T & Mody K. 2005: *Pronothobranchius kiyawensis* revisited. Killi-News, 476, 64–65.

[136] Emery C. 1892: Voyage de M. Ch. Alluaud dans le territoire d'Assinie (Afrique Occidentale) en juillet et août 1886. Annales de la Société Entomologique de France, 60, 553–574.

[137] Lévieux J. 1971: Données écologiques et biologiques sur le peuplement en fourmis terricoles d'une savane préforestière de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Paris. 288 pp.

[138] Diomandé T. 1981: Etude du peuplement en fourmis terricoles des forêts ombrophiles climaciques et des zones anthropisées de la Côte d'Ivoire méridionale. Thèse de Doctorat de l'Université d'Abidjan, 245 pp.

[139] Yéo K. 2001: Biodiversité et feu : contribution à l'étude de la diversité des fourmis de la litière en fonction de l'impact du feu dans la Réserve de Lamto (Côte d'Ivoire). Rapport de DEA de l'Université d'Abobo-Adjamé, 97 pp.

[140] Yéo K. 2006: Dynamique spatiale et diversité des fourmis de la litière et du sol dans une mosaïque forêt-savane en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, Tours, 212 pp.

[141] Darkoh MBK. 2003: Regional perspectives on agriculture and biodiversity in the drylands of Africa. Journal of Arid Environments, 54(2), 261–279.

[142] Barbault R, Cotnet C, Jouzel J, Mégie G, Sachs I & Weber J. 2002: Johannesburg, Sommet Mondial du Développement Durable : quels enjeux ? Quelle contribution scientifique ? Ministère des Affaires Etrangères Français, 205 pp.

[143] Lévêque C. 1994: Environnement et diversité du vivant, Collection Explora, 127 pp.

[144] Anonyme. 2009: www.Antbase.org.

[145] Bolton B. 1994: Identification guide to ant genera of the world. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 222 pp.

[146] Hölldobler B & Wilson EO. 1990: The ants. Belknap Press of Harvard University. Cambridge, MA.

[147] Agosti D, Majer M, Alonso L & Schultz TR. (eds) 2000: Sampling ground-dwelling ants: Case studies from the world's rain forests. Curtin University of Technology, Perth, western Australia, 280 pp.

[148] Peck SL, Mcquaid B & Campbell CL. 1998: Using ant species (Hymenoptera: Formicidae) as biological indicator of agro-ecosystem condition. Environ. Entomol., 27(5), 1102–1110.

[149] Andersen NA, Hoffman BD, Muller WJ & Griffihs AD. 2002: Using ants as bio- indicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. J. Appl. Ecol., 39: 8–17.

[150] Majer JD. 1983. Ants: bioindicators of mine site rehabilitation, land use and land conservation. Environmental Management, 7, 375–383.

[151] Andersen AN. 1997: Ants as bioindicators of ecosystem restoration following mining: functional group approach. In: Hale P & Lamb D. (eds), Conservation outside nature reserve. Centre for Conservation Biology, the University of Queensland, Brisbane, Australia, pp. 319–325.

[152] Wood TG & Johnson RA. 1986: The biology, physiology and ecology of termites. In: Vinson SB. (ed), Economic Impact and Control of Social Insects, . Praeger, New York, USA., pp. 1–68.

[153] Grasse PP. 1986: Comportement, socialité, écologie, évolution, systématique. Termitologia. Tome III. Masson, Paris, 715 pp.

[154] Josens G. 1972: Etudes biologiques et écologiques des termites (Isoptera) de la savane de Lamto. Thèse de doctorat de l'Université Libre de Bruxelles, 262 pp.

[155] Deligne J. 1966: Caractères adaptatifs au régime alimentaire dans la mandibule des termites (Insectes Isoptères). Compte rendu d'Académie des Sciences, Paris, 263,1323–1325.

[156] Sands WA. 1998: The identification of worker castes of termite genera from soils of Africa and the Middle East. CAB International, New York. 500 pp.

[157] Konaté S, Le Roux X, Verdier D & Lepage M. 2003: Effect of underground fungus-growing termites on carbon dioxide emission at the point and landscape scales in an African savanna. Functional Ecology, 17, 305–314.

[158] Jones DT, Lawton JH & Shachak M. 1994: Organisms as ecosystem engineers. Oikos, 69, 373–386.

[159] Lawton JH, Bignell DE, Bloemers GF, Eggleton P & Hodda ME.1996: Carbon flux and diversity of nematodes and termites in Cameroon forest soils. Biodiversity and Conservation, 5, 261–273.

[160] Dawkins R. 1982: The extended phenotype, Oxford, Freeman.

[161] Konaté S. 1998: Structure, dynamique et rôle des buttes termitiques dans le fonctionnement d'une savane préforestière (Lamto, Côte d'Ivoire): le termite *Odontotermes* comme ingénieur de l'écosystème. PhD Thesis, University of Paris 6, Paris.

[162] Appert J & Deuse J. 1988: Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères. Maisonneuve et Larose, Paris, 167 pp.

[163] Jacobs DH. 1985: Hemiptera In: Clarke HS & Erik H. (eds), Insects of southern Africa. University of Pretoria, South Africa, 112–152.

[164] Yéboué NL, Foua-Bi K & Kehe M. 2002: Inventaire de l'entomofaune associée à la culture du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) en zone forestière de Côte-d'Ivoire. Agron. Afr. (AISA), XIV (3), 165–181.

[165] Betbeder M. 1989: Insectes nuisibles aux cultures vivrières d'Afrique, de Madagascar et des Mascareignes. IRAT-CIRAD, Montpellier, France, 119 pp.

[166] Boher B, Daniel JF, Fabres G & Bani G. 1983: Action de *Pseudotheraptus devastans* (Distant) (Het. Coreidae) et de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz dans le développement des chancres et la chute des feuilles chez le manioc

(*Manihot esculenta* Crantz). Agronomie, 3, 989–994.

[167] Anonyme. 1999: Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et de la Forêt. Côte d'Ivoire, Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 273 pp.

[168] Schuh RT & Slater JA. 1995: True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera). Classification and natural history. Cornell University Press, XII, Ithaca, 336 pp.

[169] Yéboué NL. 2008: Coreinae de Côte d'Ivoire : Données taxinomiques et éléments de synécologie. Thèse de Doctorat, Univ. Cocody Abidjan, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire, 285 pp.

[170] Velay F, Baudoin JP & Mergeai G. 2001: Caractérisation du savoir paysan sur les insectes nuisibles du pois d'Angole (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) dans le Nord de l'Ouganda. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 5(2), 105–114.

[171] Atachi PS. 1998: Etude bioécologique de *Maruca testulalis* Geyer dans les cultures de *Vigna unguiculata* (L. Walp) en République du Bénin. Perspective de lutte intégrée. Doct. Etat, Univ. Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 351 pp.

[172] Dabiré LCB. 2001: Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de *Clavigralla tomentosicollis* Stål, 1855. (Hemiptera : Coreidae), punaise suceuse des gousses de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en vue de la mise au point d'une lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat, UFR Biosciences, Univ. Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 314 pp.

[173] Mariau D, Desmier DE, Chenon R, Julia JF & Philippe R. 1981: Les ravageurs du palmier à huile et du cocotier en Afrique occidentale. Oléagineux (N° spécial), 36(4), 171–213.

[174] Lever RJAW. 1969: Les ravageurs du cocotier. Etudes agricoles de la FAO, 17, 39–45.

[175] Dupont FMA & Dennill GB. 1996: An ecological study of the damage done to avocado fruits by citrus leafhopper *Penthimiola bella* (Cicadellidae) and coconut bug *Pseudotheraptus wayi* (Coreidae) in South Africa. Intern. Jour. of Pest Management, 42(2), 107–112.

[176] McGavin GC. 2001: Essential entomology. An order-by-order introduction. Oxford University Press, Oxford.

[177] Erwin TL. 1982: Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. The Coleopterists Bulletin, 36, 74–75.

[178] Odegaard F. 2000: How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. Biological Journal of the Linnean Society, 71, 583–597.

[179] Stork NE, Grimbacher PS, Storey R, Oberprieler RG, Reid C & Slipinski SA. 2008: What determines whether a species of insect is described? Evidence from a study of tropical forest beetles. Insect Conservation and Diversity, 1, 114–119.

[180] Mody K, Bardorz HA & Linsenmair KE. 2003: Organization of arthropod assemblages in individual African savanna trees. In: Basset Y, Novotny V, Miller SE & Kitching RL. (eds), Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 198-212.

[181] Schowalter TD. 2006: Insect ecology: an ecosystem approach. Elsevier Academic Press, Amsterdam.

[182] Unsicker SB & Mody K. 2005: Influence of tree species and compass bearing on insect folivory of nine common tree species in the West African savannah. Journal of Tropical Ecology, 21, 227–231.

[183] Darwin CR. 1881: The formation of vegetable mould through the action of worms, with observation on their habits. Murray, London.

[184] Lavelle P. 2002: Functional domains in soils. Ecological Research, 17, 441–450.

[185] Lavelle P. 1978: Les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire) : Peuplements, populations et fonction dans l'écosystème. Thèse de Doctorat, Université Paris VI.

[186] Spain AV, Lavelle P & Mariotti A. 1992: Stimulation of plant growth by tropical earthworms. Soil Biology and Biochemistry, 12, 1629–1634.

[187] Gilot C. 1994: Effet de l'introduction du ver de terre géophage *Millsonia anomala* Omoedo en système cultivé sur les caractéristiques des sols et la production végétale en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, INAPG.

[188] Gilot-Villenave C, Lavelle P & Ganry F. 1996: Effects of a tropical geophagous earthworm, *Millsonia anomala*, on some characteristics, on maize-residue decomposition and on maize production in Côte d'Ivoire. Applied Soil Ecology, 4, 201–211.

[189] Derouard L, Tondoh J, Vilcosqui L & Lavelle P. 1997: Effects of earthworms introduction on soil process and plant growth. Soil Biology and Biochemistry, 29, 541–545.

[190] Blanchart E, Lavelle P, Braudeau E, Lebissonnais Y & Valentin C. 1997: Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savanna of Côte d'Ivoire. Soil Biology and Biochemistry, 29, 431–439.

[191] Rossi JP. 1998: Rôle fonctionnel de la distribution spatiale des vers de terre dans une savane humide de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Paris VI.

[192] Lavelle P. 1979: Relations entre types écologiques et profils démographiques chez les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). Révue d'Ecologie et de Biologie du Sol, 16, 85–101.

[193] Martin A. 1991: Short-and-long term effect of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. Biology and Fertility of Soils, 11, 234–238.

[194] Thomas DW. 1984: Fruit intake and energy budgets of frugivorous bats. Physiol. Zool., 57(4), 457–467.

[195] Bamba A. 2007: Impact des pratiques agricoles intensives sur l'abondance et la structure des peuplements de petits mammifères terrestres dans la zone de Dabou. Mémoire de DEA, 40 pp.

[196] Caldecott J & Miles L. (eds) 2005: World atlas of great apes and their conservation. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.

[197] Eggleton P, Bignell DE, Sands WA, Waite B & Wood TG. 1995: The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. J. Trop. Ecol., 11, 85–98.