





# 10 Méthodes de collecte des données de terrain pour l'évaluation et le suivi de la biodiversité

## Field methods for biodiversity assessment and monitoring

La biodiversité et ses composantes sont bien complexes à appréhender de manière analytique que ce soit au niveau local, national ou régional, et leur évaluation nécessite diverses techniques d'études et de suivi faisant appel à diverses disciplines scientifiques. Dans le cadre du projet BIOTA, les méthodes d'études ont été harmonisées par groupe taxonomique et elles ont été utilisées par les différents groupes de recherche qui ont participé au projet sur leurs sites de travail respectif. Ce chapitre présente ces méthodes et autres techniques utilisées sur le terrain pour évaluer et suivre la biodiversité à différents niveaux écologiques (espèce, population, écosystème, paysage). Un accent particulier est accordé aux plantes, fourmis, termites, poissons, amphibiens et chauves souris.

Biodiversity and its components are highly complex at local, national and regional scales, and their assessment requires different techniques of studies and monitoring from scientific disciplines. In the frame of the BIOTA research project, methods have been harmonized for each taxonomic group studies conducted in different sites by different research teams. This chapter is designed to present such methods and techniques used in the field to assess and monitor biodiversity at different scales of ecological organization (species, population, ecosystem and landscape level). Particular emphasize is given to plants, ants and termites, fishes, amphibians, and bats.

Fig. 10.0: La méthode d'échantillonnage par boîtes est le meilleur moyen d'évaluer de façon quantitative les communautés de têtards résidant dans les étangs et les flaques d'eaux. | The box sampling method is the best way to quantitatively assess tadpole communities in ponds and puddles. MMO



# 10.1

## Collecte des données sur les plantes

Adjima THIOMBIANO  
Karen HAHN-HADJALI  
Annick KOULIBALY  
Brice SINSIN

La végétation est l'une des caractéristiques majeures de la **biogéographie**<sup>?</sup> et se définit comme étant l'ensemble des communautés végétales renfermant la **flore**<sup>?</sup> qui consiste en une liste de toutes les espèces végétales d'une région donnée. Recueillir des informations sur la végétation contribue à résoudre les problèmes écologiques liés par exemple à la conservation biologique ou même à prendre des mesures d'aménagement de certains milieux. Cela peut également servir de base pour prédire les changements futurs.

Dans le but d'obtenir une information juste de la végétation d'une région, il est nécessaire de mener à la fois des travaux de terrain et des observations en laboratoire.

Dans l'impossibilité matérielle de parcourir entièrement les zones à étudier (au regard de leur superficie, de leur accessibilité, de la diversité des facteurs à mesurer), il est souvent prélevé des échantillons

représentatifs de l'ensemble de la zone d'étude sur la base de plans d'échantillonnage variables.

Il existe principalement trois types d'échantillonnage :

- L'échantillonnage aléatoire qui est basé sur un choix au hasard des sites d'observation;
- L'échantillonnage **systématique**<sup>?</sup> qui consiste à quadriller la zone d'étude puis à sélectionner les sites sur la base d'un pas établi (ou distance fixe entre les sites);
- L'échantillonnage stratifié qui consiste à classer d'abord en différents types de formations puis à choisir à l'intérieur de chaque type un échantillon pris au hasard ou de manière systématique.

Dans le cadre de **BIOTA**<sup>?</sup>, nous avons surtout privilégié l'échantillonnage stratifié qui permet à toutes les communautés d'être prises en compte et de rendre les observations plus fiables. Les observations effectuées dans chaque site peuvent porter sur :

- Des **relevés**<sup>?</sup> floristiques (simples listes, Fig 10.1)
- Des relevés **phytosociologiques**<sup>?</sup> (avec des coefficients affectés à chaque espèce pour exprimer leur poids et leur fréquence respectifs, Fig. 10.2)

## Collecting field data: Plants

Vegetation is one of the main characteristics of **biogeography**<sup>?</sup>. It is defined as the group of plant communities within **flora**<sup>?</sup>, consisting of a list of all the plant species in a given region. Collecting this information on plants contributes to resolving ecological problems linked to biological conservation or can even be taken into account in planning measures of some environments. Data on vegetation can also serve as a basis for predicting future changes.

In order to obtain correct information on the vegetation of a region, both fieldwork and laboratory observations need to be undertaken.

Given the impossibility of completely covering a whole study region (taking into account the size of the study region, accessibility, and the diversity of parameters to measure),

representative samples of the entire study zone have to be taken on the basis of variable sampling designs.

Mainly, three types of sampling exist:

- Random sampling based on a random selection of observation sites;
- **Systematic**<sup>?</sup> sampling that consists of marking out the study zone, then selecting the sites based on an established step (or fixed distance between sites);
- Stratified sampling that consists of first classifying the study region into different types of formations, then choosing a sample within each type taken randomly or systematically.

Within the **BIOTA**<sup>?</sup> framework, we favoured stratified sampling which takes all plant communities into account and allows for reliable observations.

The observations made at each site can result

- In the floristic observation (simple lists, Fig.10.1)
- **Phytosociological**<sup>?</sup> observations (with coefficients calculated for each species to express their respective weight and frequency, Fig.10.2)



- Des mesures dendrométriques (mesures des diamètres et hauteurs, Fig.10.3)

le tout sur la base de fiches conçues au préalable. En outre, une récolte d'échantillons a toujours accompagné ces observations en vue de préciser la détermination, d'enrichir les différents **herbiers**<sup>7</sup> et de constituer une base de données pour les travaux ultérieurs (Fig.10.4). Tout échantillon collecté doit être le plus complet possible (fleurs, fruits, tiges, feuilles et racines pour les **monocotylédones**<sup>7</sup>).

Dans le cadre du programme BIOTA nous avons mené les observations de terrain à travers 2 dispositifs :

1. Des observatoires permanents installés le long de gradients climatiques dans lesquels nous menions des inventaires de façon périodique (chaque 3 ans) en considérant un gradient d'utilisation de l'Homme (aires protégées et zones d'activités humaines) ;
2. Des sites distribués dans les différentes zones écologiques de chaque pays en rapport avec les travaux de thèse des étudiants.

Une méthode standard a été utilisée par tous les acteurs du pro-

- Dendrometric measurements (measurements of diameters and heights of woody species, Fig.10.3)

all based on a previously defined sampling design. Additionally, a collection of plants should always accompany these observations to prove the species identification, enrich **herbariums**<sup>7</sup> and create a database for later research (Fig.10.4). All samples collected should be as complete as possible (flowers, fruit, twigs, leaves and roots for **monocotyledons**<sup>7</sup>).

Within the framework of the BIOTA program, we undertook field observations following two strategies:

1. Permanent observatories installed along the climatic gradients in which we undertook inventories periodically (every three years) considering a gradient of **anthropogenic**<sup>7</sup> land use intensity (protected areas and zones of human activity);
2. Sites distributed in the different ecological zones of each country in relation to students' thesis work.

A standard method was used by all program participants, which is indispensable to the future synthesis and comparison between sites.



**Fig. 10.1:** L'inventaire floristique simple. | Simple floristic inventory. KKO

**Fig. 10.2:** Les relevés phytosociologiques de la strate herbacée. | Phytosociological observations of the herbaceous stratum. MSC

**Fig. 10.3:** Mesures dendrométriques. | Dendrometric Measurements. ATH

**Fig. 10.4:** Confection de l'herbier. | Preparing the herbarium. ATH

gramme, ce qui est indispensable à une synthèse future et une comparaison entre les sites.

Les objectifs poursuivis à travers cette méthode standard et les observatoires sont :

- Collecter des données scientifiques fiables au profit des chercheurs, étudiants, gestionnaires des parcs et décideurs politiques

- Fournir des données fiables pour la validation des différents modèles développés çà et là sur la végétation, et sur les **changements climatiques**?
- Impliquer les différents acteurs et promouvoir l'harmonisation des méthodes à l'échelle de chaque pays et en Afrique de l'Ouest.

### DISPOSITIF D'ENSEMBLE DES OBSERVATOIRES

L'étude de la flore et de la végétation reposait sur une série de 3 plateaux imbriqués dont les superficies sont : 100 m<sup>2</sup>, 1 000 m<sup>2</sup> et 10 000 m<sup>2</sup> (Fig. 10.5).

#### Les travaux d'inventaire

Sur chaque site d'inventaire, chaque auteur des travaux s'efforce de récolter les informations qui s'avèreront capitales sur le site d'observation. Les données stationnelles les plus importantes sont : la date, l'auteur des observations, les formations végétales en présence ainsi que leur taux de recouvrement, les caractéristiques pédologiques et topographiques, les traces des activités humaines.

- Involving different actors and promoting the harmonization of methods at the scale of each country in West Africa.

### MECHANISM OF ALL THE OBSERVATORIES

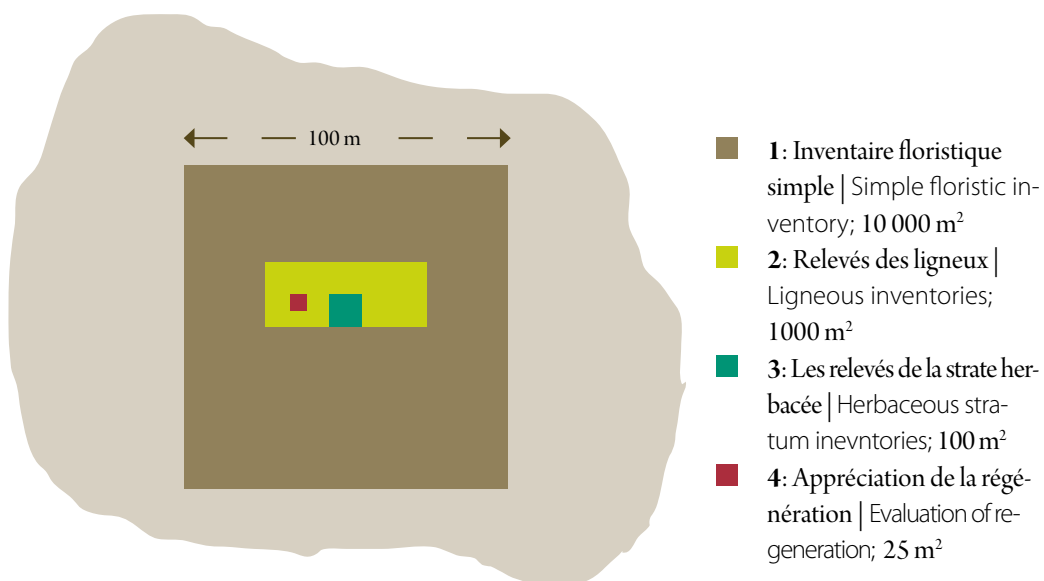
The study of the flora and the vegetation is based on a series of 3 overlapping **plots**<sup>9</sup> with areas of: 100 m<sup>2</sup>, 1 000 m<sup>2</sup> and 10 000 m<sup>2</sup> (Fig. 10.5).

#### Inventories

On each inventoried site, the author tries to collect key information of the observation site. The most important data are: date, author of the observations, plant formations present as well as their coverage, pedological and topographic characteristics, signs of human activities.

#### 1. Simple floristic inventory (10 000 m<sup>2</sup>)

This is an itinerant floristic inventory, which consists of covering a given area and inventorying the different species based on their presence (Fig. 10.2). The method was applied on a hectare scale (100 m x 100 m). It is a rapid and simple method and is



**Fig. 10.5:** Dispositif d'inventaire dans les observatoires de BIOTA. Les données collectées sont variables d'une superficie à une autre. | Inventory mechanism in the BIOTA observatories. The collected data vary from one area to another.

The objectives pursued through this standard method and observatories were:

- Collecting reliable scientific data as base data for researchers, students, park managers and political decision makers
- Supplying reliable data to validate the different models developed in different places on vegetation dynamics and **climate change**<sup>9</sup>

### 1. L'inventaire floristique simple (10 000 m<sup>2</sup>)

Il s'agit d'un inventaire floristique itinérant qui consiste à parcourir une aire donnée et d'en recenser les différentes espèces sur la base de leur présence (Fig. 10.2). C'est la méthode qui a été appliquée à l'échelle d'un hectare (100 m x 100 m). Méthode rapide et simple, elle est souvent sollicitée dans plusieurs cas notamment lorsque la superficie à inventorier est relativement importante, ou lorsqu'on veut disposer de la liste des espèces sur une aire donnée. Cette méthode présente l'avantage d'être rapide mais ne considère pas la fréquence et le poids de chacune des espèces ; toutefois, elle permet une bonne comparaison de la **phytodiversité** entre les biomes.

### 2. Les relevés des ligneux (1 000 m<sup>2</sup>)

#### ■ Les relevés phytosociologiques

Cette méthode a surtout été utilisée par les étudiants doctorants sur leurs sites d'étude. Ce sont des relevés qui permettent de décrire, de caractériser, de classifier et de suivre la dynamique des associations végétales.

Dans le cadre de BIOTA une approche phytosociologique basée sur des relevés effectués dans des placeaux de 1 000 m<sup>2</sup> (rectangles de 50 m de long sur 20 m de large) ou dans des carrés de 30 x 30 m

often applied when the area to be inventoried is relatively large or when one wants to have a species list for a given area. This method has the advantage of being rapid, however it does not consider the frequency and the weight of each of the species; nonetheless, it permits a good comparison of **phytodiversity** between different biomes.

### 2. Ligneous inventories (1 000 m<sup>2</sup>)

#### ■ Phytosociological relevés

This method was used mostly by PhD students on their study sites. These are reports that enable the description, characterization, classification of plant associations and allow following their dynamics.

In the framework of BIOTA, a phytosociological approach based on relevés done in 1 000 m<sup>2</sup> plots (rectangles 50 m long by 20 m wide) or in 30 x 30 m squares were applied by all the PhD students. In all plots (homogenous and representative) all the **ligneous** species were inventoried then an abundance-dominance coefficient (frequency and weight of the species) was allocated to each of them. These coefficients take into account

a été appliquée par tous les étudiants doctorants. Dans chaque placeau (homogène et représentatif) toutes les espèces ligneuses sont recensées puis un coefficient d'abondance-dominance (fréquence et poids de l'espèce) est affecté à chacune d'elles. Ces coefficients qui prennent en compte le nombre d'individus ainsi que leur recouvrement, sont estimés visuellement et exprimés en pourcentage. Pour ce faire, l'échelle à 6 coefficients de Braun-Blanquet a été utilisée (Tab. 10.1).

Dans le cas des observatoires de BIOTA nous avons effectué un inventaire des espèces ligneuses et à chacune d'elles un coefficient d'abondance-dominance a été appliqué en utilisant l'échelle de Londo (Tab. 10.2) et en fonction des strates.

#### ■ Mesures dendrométriques

En plus des travaux phytosociologiques des mesures ont été effectuées par les doctorants dans des placeaux de 1 000 m<sup>2</sup> (ou de 30 x 30 m) en vue d'apprécier l'état des structures de populations de différentes communautés végétales ou de certaines espèces choisies sur la base de certains critères (importance socio-économique, écologique, etc.). Pour ce faire, tous les individus **ligneux** de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) ≥ 5 cm et de hauteur ≥ 1,30 m

the number of individuals as well as their coverage and are estimated visually and expressed in percentages. To do this, the scale of six Braun-Blanquet coefficients was used (Tab. 10.1). In the case of BIOTA observatories, we did a ligneous species inventory and additionally, an abundance-dominance coefficient was applied by using the Londo scale (Tab. 10.2) and according to the function of strata.

#### ■ Dendrometric Measures

In addition to the phytosociological work, measurements were taken by PhD students in 1 000 m<sup>2</sup> (or 30 x 30 m) plots with the aim of assessing population structures of different plant communities or some selected species, their selection based on certain criteria (socio-economic, ecological importance, etc.). To do this, all ligneous individuals with a diameter at breast height (DBH) ≥ 5 cm and height ≥ 1.30 m were measured by using a timber callipers (Fig. 10.3) or a Pi-Tape Linear Measure (for the diameter) and a graded pole or a clinometer (e.g. Suunto, for height). Furthermore, additional notes were taken on the form of the individuals, their state of health, as well as their phenology. All plant individuals that did not fulfil the measurement

sont mesurés en utilisant un compas forestier (Fig. 10.3) ou un ruban pi (pour le diamètre) et une perche graduée ou un inclinomètre (p.e. Suunto, pour la hauteur). En outre, des observations complémentaires ont souvent porté sur la forme des individus, leur état sanitaire ainsi que leur phénologie. Tous les individus végétaux ne remplissant pas les conditions de mesure sont pris en compte dans la régénération. Les résultats de ces mesures permettent de dégager la tendance progressive ou régressive des différentes populations d'espèces et des communautés végétales dans leur ensemble.

### 3. Les relevés de la strate herbacée (100 m<sup>2</sup>)

Les relevés de la strate herbacée<sup>7</sup> sont effectués sur des placeaux de superficie plus réduite en raison de leur plus grande sensibilité aux variations des facteurs stationnels. Installés au sein des placeaux des ligneux (Fig. 10.5), leur nombre dépend fortement de l'hétérogénéité<sup>7</sup> du site. Chaque faciès<sup>7</sup> ou unité de végétation devra être pris en compte. Dans chacun des placeaux les différentes espèces sont recensées (espèces herbacées comme ligneuses) et chacune affectée d'un coefficient d'abondance-dominance exprimant sa fréquence et son poids. Tout comme pour les ligneux, les échelles de Londo ou

de Braun-Blanquet sont utilisées sur la base d'une appréciation du nombre d'individus et de leur recouvrement.

Dans le cadre d'études spécifiques, la méthode des points quadrats a quelquefois été utilisée sur des lignes de 25 à 50 points de lecture en vue d'apprécier la diversité floristique, la fréquence spécifique et la contribution spécifique.

Enfin, dans le cadre de l'estimation de la capacité de charge, des mesures de biomasse ont été effectuées sur des placettes de 1 m<sup>2</sup> dans lesquelles on procède à une fauche intégrale des herbacées, à la mesure du poids frais et puis sec (après séchage jusqu'au poids constant à l'étuve à 60 °C voire 105 °C au laboratoire).

### 4. Appréciation de la régénération (25 m<sup>2</sup>)

Dans le souci de mieux apprécier la dynamique des communautés et des espèces, des placettes de 25 m<sup>2</sup> ont quelquefois été installées dans les placeaux des ligneux. A l'intérieur de ces placettes le nombre d'individus par espèce est compté et la hauteur de chacun d'eux est mesurée puis rangée plus tard dans les différentes classes de hauteur : 0-0,5 m ; 0,5-1 m ; 1-2 m ; 2-4 m ; 4-8 m ; ≥ 8 m.

**Tab. 10.1:** Echelle de Londo. | Londo-Scale.

Londo	Echelle	recouvrement	Range of cover (%)
1		0 - <1	
2		1 - <3	
4		3 - <5	
10		5 - <15	
20		15 - <25	
...		...	
90		85 - <95	
100		95 - 100	

**Tab. 10.2:** Braun-Blanquet: (Echelle d'abondance-dominance).

Braun-Blanquet: (cover-abundance scale).

B.-B.	Recouvrement (%)	Range of cover (%)
+	< 5 %, peu d'individus	< 5 %, few individuals
1	<5 %, indiv. nombreux	<5 %, numerous indivi.
2	5-25 %	5-25 %
3	25-50 %	25-50 %
4	50-75 %	50-75 %
5	75-100 %	75-100 %

criteria were taken into account in describing regeneration capacity. The results of these measurements enabled obtaining the progressive or regressive tendency of the different species populations and plant communities all together.

### 3. Herbaceous stratum inventories (100 m<sup>2</sup>)

The records of the grassy stratum were done on plots with a smaller area since the sensitivity of grass species to the variations of site factors is higher. Located within the ligneous plots (Fig.10.5), their number of plots depends greatly on the heterogeneity<sup>7</sup> of the site. Each plant formation or vegetation unit should be taken into account. In each of the plots, all species was inventoried (grassy species and ligneous) and each estimated by an abundance-dominance coefficient that expressed their frequency and weight. Just as for the ligneous, the Londo or Braun-Blanquet scales were used assessing the number of individuals and their coverage.

Within the specific studies, the point-quadrat-method was sometimes used with lines of 25 to 50 reading points aimed at evaluating the floristic diversity, specific frequency and specific contribution.

## CONCLUSION

Les méthodes d'étude de la végétation et de la flore sont variables et dépendent fortement des objectifs et des moyens disponibles. Dans un souci de mise en commun des observations de terrain pour une meilleure comparaison des travaux et un meilleur suivi de la phytodiversité aux échelles nationale et régionale, une harmonisation des méthodes s'impose. C'est dans l'esprit de réduire les disparités entre les données d'observations que le programme BIOTA a mis au point ce dispositif qui permet non seulement de caractériser en un instant précis la flore et la végétation mais aussi de suivre leur dynamique spatio-temporelle. L'un des grands acquis de cette standardisation des méthodes réside incontestablement dans la mise en commun des données pour leur valorisation scientifique (publications, base de données, etc.).

Finally, for the estimation of the carrying capacity, biomass measurements were done on plots of 1 m<sup>2</sup> in which we did a complete cutting of grasses. We measured the fresh and then the dry weight (after drying upto a constant weight, the chamber at 60° or 105°C in the laboratory).

### 4- Evaluation of regeneration (25 m<sup>2</sup>)

To better quantify the community and species dynamic, 25 m<sup>2</sup> plots were sometimes installed within the ligneous plots. In these plots, the number of individuals per species was counted and the height of each of them was measured and categorized in different height classes: 0-0.5 m; 0.5-1 m; 1-2 m; 2-4 m; 4-8 m; ≥ 8 m.

## CONCLUSION

The vegetation and flora study methods are variable and depend very much on the goals of the study and available resources. For the sake of sharing field observations for a better comparison of research and for better monitoring of plant diversity at the national and regional scale a harmonization of methodologies is required. In the spirit of reducing disparities

between the observational data, the BIOTA program has developed this approach. It can not only characterize the flora and vegetation at a specific point in time but it can also be used to monitor their dynamics in space and time. One great benefit of this standardization of methods without doubt lies in the possibility of pooling of data for scientific usage (publications, databases, etc.).



# 10.2

## Évaluation des communautés de termites et de fourmis

Dorkas KAISER  
Souleymane KONATÉ  
K.Eduard LINSENMAIR

### PROTOCOLE STANDARDISÉ POUR L'ÉVALUATION COMBINÉE DES COMMUNAUTÉS DE TERMITES ET DE FOURMIS

En Afrique de l'Ouest, les termites et les fourmis constituent des éléments clés de la **faune**<sup>7</sup> du sol. Les termites font partie des organismes du sol les mieux adaptés aux conditions arides et semi-arides et ont un rôle central dans la dynamique et le fonctionnement des **écosystèmes**<sup>7</sup> [1]. Le haut niveau de spécialisation écologique des termites et des fourmis, combiné à un modeste degré de diversité, en font des **taxons**<sup>7</sup> candidats comme indicateurs biologiques des perturbations **anthropogéniques**<sup>7</sup>. L'échantillonnage conjoint des deux taxons revêt un intérêt spécial en raison de leur forte interaction et à cause de leur connexion étroite (et à facettes) avec de nombreux autres groupes d'organismes. Par ailleurs, du fait de leurs

habitudes alimentaires différentes, la combinaison de l'échantillonnage des deux taxons peut apporter plus d'informations. Un protocole standardisé d'évaluation combinée des termites et des fourmis est donc crucial pour permettre des comparaisons entre des cas d'étude, l'échange d'informations et de données et constituer une bonne opportunité pour le suivi de la **biodiversité**<sup>7</sup> tropicale.

### DISPOSITIF D'ÉCHANTILLONNAGE

Les communautés de termites et de fourmis peuvent être évaluées simultanément. Pour ce faire, un schéma d'échantillonnage standardisé essentiellement adapté aux termites en savane, à savoir le protocole d'évaluation rapide ou RAP (Rapid Assessment Protocol) inspiré de Jones & Eggleton [2] pour les termites en forêts, a été mis au point. Ce protocole standard termites-fourmis combiné est conçu autour de trois **transects**<sup>7</sup> sur une distance de dix mètres, chacun mesurant 50 mètres de long. Un transect est utilisé pour les termites et deux pour les fourmis. Le transect est une ligne imaginaire de 50 m de long, 2 m de large qui est subdivisée en 10 sections contiguës de 10 m<sup>2</sup> (5 m x 2 m) chacune. En cas d'inclinaison dans l'**habitat**<sup>7</sup>, le transect doit être placé horizontalement. Dans chaque site, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour la collecte des

## Assessment of termite and ant communities

### PROTOCOL FOR THE STANDARDIZED COMBINED ASSESSMENT OF TERMITE AND ANT COMMUNITIES

In West Africa, termites and ants represent key components of the soil **fauna**<sup>7</sup>. Termites are among the soil organisms best adapted to arid and semi-arid conditions and they play a central role in the dynamics and functioning of the **ecosystem**<sup>7</sup> [1]. The high level of ecological specialization combined with a modest degree of diversity make termites and ants candidate **taxa**<sup>7</sup> for biological indicators of **anthropogenic**<sup>7</sup> disturbance. The sampling of both taxa together is of special interest, because of their strong interactions among each other and because of their tight and multifaceted connection to many other groups of organisms in tropical ecosystems. Moreover, because of their different food habits, the combination of the sampling

of the two taxa is more informative. A standardized protocol of a combined assessment of termites and ants is therefore crucial to allow comparisons between case studies, exchange of information and data, and may be a good tool for the monitoring of tropical biodiversity.

### STUDY SITES

Termite and ant communities can be assessed simultaneously. Based on a standardized sampling scheme mainly adapted to termites in savannas, the "rapid assessment protocol" (RAP) (based on Jones & Eggleton [2]) for termites in forests, a standardized combined assessment of termite and ant communities has been developed. The combined termite-ant standard protocol is based on three **transects**<sup>7</sup> in a distance of ten meters of each other, all three of them fifty meters long. One transect was used for termites and two transects for ants. The baseline transect is 50 m long, 2 m wide and divided into 10 contiguous sections of 5 m x 2 m each. In case of an incline in the **habitat**<sup>7</sup>, the transect has to be placed horizontally. On each study site, termite and ant species are collected

termites et des fourmis (Tableau 10.3). La figure 10.6 montre schématiquement une combinaison des différentes méthodes dans un même site.

## RECENSEMENT DES SPECIMENS

### 1: Section:

**Microhabitats :** Chaque section de 10 m<sup>2</sup> est fouillée jusqu'à 2 m au-dessus du sol. Tous les micro-habitats susceptibles d'abriter des termites sont concernés ; par exemple, dans les horizons superficiel de sol, sous les bois morts, sous les écorces, dans les sols riches en humus, dans les accumulations de litière au pied des troncs d'arbres, sous et à l'intérieur des branches mortes (Fig. 10.7A), dans les branches mortes rattachés aux arbres vivants, dans les structures biogéniques (termitières épigées, plaquages de sol et bandes de végétation). Il en va de même pour les fourmis. Les plaquages de sol sont construits par les termites sur la source alimentaire afin d'en éviter le dessèchement et aussi pour se protéger contre les prédateurs<sup>7</sup>.

**Décapages de sol :** (Fig. 10.7B) 12 mottes de terre (12 cm x 12 cm x 10 cm) sont prélevés aléatoirement dans chaque section à l'aide de

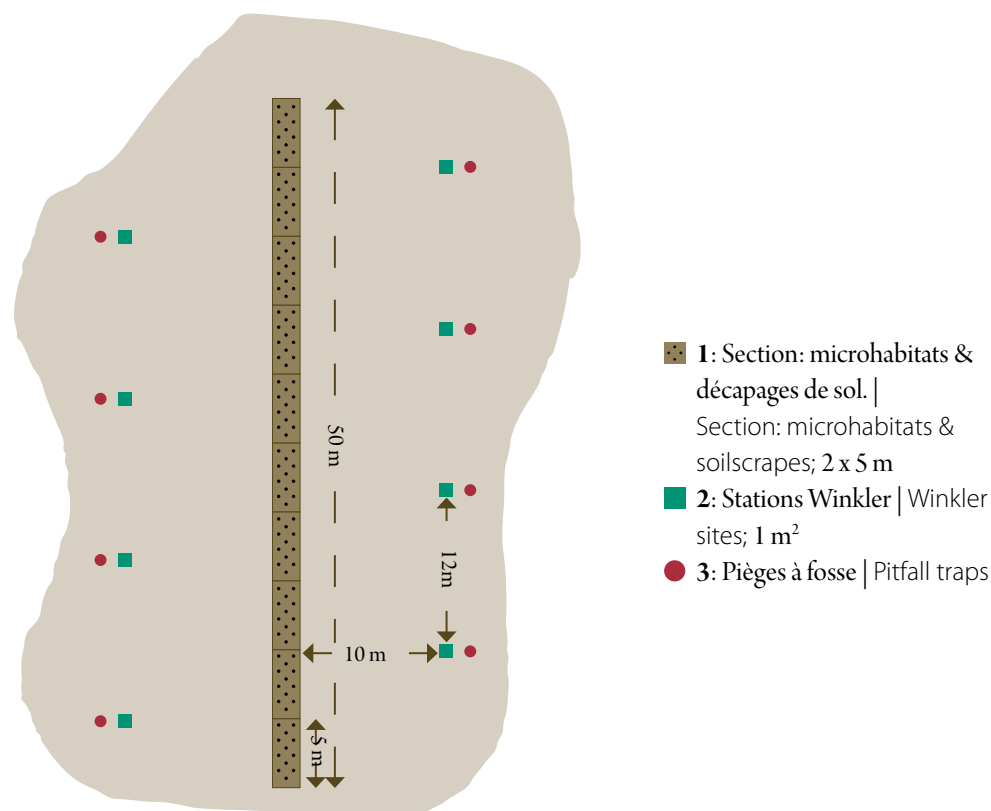
by different methods (Tab 10.3). Figure 10.6 shows the combination of the two different methods within a study site.

## SPECIMEN CENSUS

### 1: Section:

**Microhabitats:** In each section, termites are hand-searched in all different microhabitats that are known to be preferred sites: soil, inside and under rotten logs, under the bark of rotten logs, humus-rich soil and accumulations of litter at the base of tree trunks, below and inside fallen branches (Fig. 10.7A), and dead wood attached to trees (up to a height of 2 m above ground level), termite-made structures like epigeal mounds, soil sheetings and runways on vegetation. Ants are also collected. Soil sheetings are constructed by termites during their foraging activity over the food source as protection against desiccation and predators<sup>7</sup>.

**Soil scrapes:** (Fig. 10.7B) Twelve samples of surface soil (12 cm x 12 cm x 10 cm depth) are taken in each section. They are dug with a machete at random locations distributed over



**Fig. 10.6:** Schéma du dispositif mixte lors de l'échantillonnage simultané des termites et des fourmis pour l'estimation rapide de la biodiversité (inspiré de Jones & Eggleton, 2000 et Agosti et al, 2000). | Position of sampling sites according to the combined standardized ant and termite assessment protocol.

the whole section. The soil taken out of these scrapes is hand-sorted on a tray *in situ* and all termites and ants are collected. The total sampling time per section for micro-habitat inspection and soil scrapes should be fixed, e.g. 60 minutes. Furthermore, all sampling should be done during the cooler morning hours (06:00h – 11:00h) as termite activity can markedly decrease in the savanna later during the day. Stopping rules apply if no more microhabitats can be found (e.g. in degraded or land-use habitats) resulting in a shorter sampling time per section.

### 2. Winkler sites:

The original Winkler method was described for forest habitats where litter covers the soil surface [3]. In habitats where such litter layers are missing, a modified version was adopted. Every



machettes. Le sol récupéré est trié sur place pour en extraire les termites et les fourmis qui sont conservés dans de l'alcool 90 %. Il est conseillé de fixer le temps mis par section pour la fouille des micro-habitats épigés et des mottes de terre ; par exemple 60 minutes. En outre, il est recommandé de réaliser tout l'échantillonnage pendant les premières heures de la journée (soit entre 6 heures et 11 heures), étant donné que l'activité des termites en savane baisse considérablement aux heures chaudes. Des pauses peuvent être observées si aucun micro-habitat n'a été identifié comme c'est le cas par exemple dans les habitats dégradés ou destinés à l'utilisation des sols ; ce qui entraîne donc un échantillonnage plus rapide de la section considérée.

### 2. Stations Winkler :

La méthode Winkler (Fig. 10.7C) a été décrite initialement pour les habitats forestiers où la litière couvre la surface du sol [3]. En cas d'absence totale de litière, on procède à une modification de la méthode d'échantillonnage. Ainsi, la végétation est fouillée tous les 12 m à la recherche de fourmis, les parcelles<sup>7</sup> de 1 m<sup>2</sup> (ou stations Winkler) sont ensuite retirées et les fourmis en fourrageage sont récoltées pendant 15 minutes.

### 3. Pièges à fosse:

Huit pièges fosses<sup>7</sup> remplis d'alcool 45 % sont enterrés dans le sol à 1 m de chaque station Winkler et laissés ouverts pendant 48 heures. Il s'agit en réalité de Fobelets en plastique contenant un demi-litre d'alcool qui sert de solvant. Les pièges sont placés assez profondément de telle sorte que le bord supérieur soit au même niveau que la surface du sol et les fourmis en fourrageage y tombent tout simplement. Les pièges doivent être protégés contre la pluie et les chutes de feuilles mortes à l'aide d'un toit transparent (Fig. 10.7D).

### METHODES D'ECHANTILLONNAGE SUPPLEMENTAIRES

Tout effort supplémentaire d'échantillonnage réduit considérablement les marges d'erreurs au cas où des listes de vérification des espèces locales ont été compilées à partir de transects à répétition [2]. Plusieurs méthodes supplémentaires s'appliquent afin de compléter les listes des espèces :

**Fouilles opportunistes:** Des observations directes et non-standardisées s'effectuent autour des transects sur une distance de 50 m.

**Tab. 10.3:** Récapitulatif des étapes majeures pendant l'échantillonnage des fourmis et des termites selon un protocole mixte. | Main steps of ant and termite community assessments.

Méthode   Method	Zone   Area	Nombre   Number	Termites Termites	Fourmis Ants
Fouille des micro-habitats Micro-habitat inspection	10 m <sup>2</sup> (5 m x 2 m)	10 sections (10 m <sup>2</sup> ) par transect de 50 m 10 sections (10 m <sup>2</sup> ) per transect of 50 m	x	x
Mottes de terre   Soil scrapes	12 cm x 12 cm x 10 cm	8 par section 8 per site	x	x
Stations Winkler Winkler sites	1 m x 1 m (1m <sup>2</sup> )	8 quadrats de 1m <sup>2</sup> par site, disposées de part et d'autre au transect principal parallèlement, distants de 10 m l'un de l'autre.   8 quadrats of 1 m <sup>2</sup> per site; parallel to main transect in a distance of 10 m on both sides.	-	x
Pièges fosses Pitfall traps	Gobelet en plastique enterré entièrement (diamètre = 17 cm) .   Dug in lower half of water bottle (diameter = 17 cm).	8 par transect et placé chacun à 1 m des Winkler 8 per site; 1 m from Winkler sites	-	x





**Fig. 10.7:** Récapitulatif des étapes majeures pendant l'échantillonnage des fourmis et des termites selon un protocole mixte : | Main steps of ant and termite community assessments: DKA  
**A:** Fouille des micro-habitats. | Micro-habitat inspection.  
**B:** Mottes de terre. | Soil scrapes.  
**C:** Stations Winkler. | Winkler sites.  
**D:** Pièges fosses. | Pitfall traps.





**Fig. 10.8:** Appâts. | Baits. DKA  
**A:** Rouleaux de papier hygiénique. | Toilet paper rolls.  
**B:** Blocs de bois. | Soft wood blocks.  
**C:** Thon. | Tuna fish.

**Appâts :** Il est possible d'attirer activement les fourmis et les termites avec différents appâts disposés partout dans l'habitat selon un modèle standardisé. En tenant compte de la taille du site exploré, 10 répliquats par type d'appât sont disposées à une distance de 5 m à 10 m l'un de l'autre. Trois types d'appâts sont décrits ci-dessous:

- Des rouleaux de papier hygiénique et des blocs de bois mous (Fig. 10.8A & B) sont déposés de manière alternée au sol à une distance de 5 m à 10 m l'un de l'autre. L'appât doit être vérifié régulièrement pendant 10 jours.
- Des «sceaux à tamis» sont utilisés pour les fourmis légionnaires souterraines. On mélange un peu d'huile de palme avec un échantillon de sol dans une bouteille d'eau remplie de moitié et perforée à l'aide d'un fer à souder. Ces sceaux à tamis [4] peuvent être enterrés de sorte à ce que le bord supérieur soit au même niveau que la surface du sol. Ils doivent être vérifiés régulièrement pendant 14 jours.
- Des biscuits, du thon (Fig. 10.8C) et de l'eau sucrée sont aussi utilisés. Ils sont disposés, par exemple, dans des sacs en plastique et distribués de manière alternée à travers l'habitat pour attirer les fourmis. Les appâts sont vérifiés au bout de deux heures

12 m, the vegetation is at first searched for ants and then totally removed within an area of 1 m<sup>2</sup> (so-called Winkler sites, Fig. 10.7C) and all ants on the ground are collected for the duration of 5 minutes.

### 3. Pitfall traps:

Eight alcohol (45 % alcohol) filled "pitfall traps" are dug into the soil in a distance of one meter of each Winkler site and left open for 48 hrs. As a trap, the lower halves of 1 ½ litre plastic water bottles can be used. The traps have to be placed deep enough into the soil so that their upper rim is level with the soil surface. Ants walking on the ground, simply fall into these traps. The traps have to be protected against rain and litter fall with a transparent roof (Fig. 10.7D).

### ADDITIONAL SAMPLING METHODS

Additional sampling effort greatly reduces any sampling bias which might be expected if the local species **checklists**<sup>7</sup> had been compiled only from repeated transects [2]. In order to complete the local species lists several methods can be applied additionally.

pour constater la présence ou non des fourmis. Si possible, il faut faire une autre vérification deux heures après la première.

### IDENTIFICATION DE TERMITES ET DE FOURMIS

Les termites et les fourmis collectés sont placés dans des fioles remplies d'alcool éthylique et stockés pour leur identification ultérieure. Les échantillons font l'objet d'une identification **taxonomique**<sup>7</sup> jusqu'au niveau de l'espèce ou de la morpho-espèce en utilisant la littérature appropriée (voir références bibliographiques). La confirmation des espèces déterminées est réalisée par comparaison avec les collections de référence disponibles à la station d'écologie de Lamto (Côte d'Ivoire), à l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso), au Musée Royal de l'Afrique Centrale de Tervuren (Belgique), et au Musée d'Histoire Naturelle de Londres. Une nouvelle collection de référence devrait être entreprise afin de confirmer au besoin d'autres espèces récoltées.

**Hand collections:** Direct observations and non-standardized hand-collections can be conducted in the area around the transects up to a distance of about 50 m.

**Baits:** Ants and termites can also be actively attracted to different baits which are placed in a standardized pattern all over the habitats. 10 replicates per bait type should be placed at a distance of about 5 m to 10 m, depending on the size of the study site. Three types of baiting are described here:

- Toilet paper rolls and soft wood blocks (Fig. 10.8A & B) alternately placed on the soil surface in a distance of about 5 m to 10 m to each other to attract termites. The bait has to be checked regularly for up to 10 days.
- Sieve buckets: For subterranean army ants palm oil can be mixed with soil and filled in the lower halves of 1 ½ litre plastic water bottles which are perforated before by the means of a soldering iron. These so-called "sieve buckets" [4] can then be burrowed below the soil surface so that its upper border is on a level with the soil surface. They have to be checked regularly for the duration of 14 days.

- Cookies, tuna (Fig. 10.8C) and sugar water: Crumbs of cookies, tuna and sugar water can be placed e.g. on plastic bags and alternately distributed across the habitat to attract ants. After two hours, all baits have to be checked for ants. If possible, all baits should be checked a second time four hours after placement.

### IDENTIFICATION OF TERMITE AND ANT SAMPLES

All collected termites and ants are placed in vials filled with 90 % ethanol and stored for later identification. The samples have to be identified **taxonomically**<sup>7</sup> to the level of species or morpho-species using appropriate literature. Reference collections of termites and ants (e.g. Station of Ecological research of Lamto (Cote d'Ivoire), University of Ouagadougou (Burkina Faso), Royal Museum for Central Africa (Belgium) and Natural History Museum of London) are also used to confirm preliminary identifications. An own reference collection should be made and kept to e.g. confirm new localities of species or allow corrections of identifications later on.



# 10.3

## *Recherches ichtyologiques dans les eaux douces d'Afrique de l'Ouest*

Timo MORITZ

Les poissons vivent dans les milieux aquatiques et cela paraît trivial mais c'est le point critique des études sur les poissons. Très souvent, on ne peut pas rester pendant longtemps dans leurs environnements pour les étudier. Pour les eaux douces d'Afrique de l'Ouest, une surveillance directe serait nécessaire, étant donné que la plupart des plans d'eau sont peu transparents, les observations visuelles sur les poissons ne sont pas par l'observation visuelle des poissons n'est généralement possible. Ainsi, la collecte des données doit se faire de manière indirecte. La visite d'un marché de poissons peut nous donner une première impression de l'abondance des différentes espèces locales. Mais l'utilisation de telles données n'est que d'une valeur limitée : Il n'y a généralement pas d'information sur le lieu et le moment exact de la capture des poissons, les méthodes utilisées, ou les espèces supplémentaires que le vendeur aurait ajouté à celles d'une même prise. Pour avoir des données détaillées et valides sur

## *Ichthyologic research in West African freshwaters*

### **HOW MANY FISH?**

Fishes live in aquatic environments – this sounds trivial, but it is the critical point for studies on fish. Usually we can not stay in their environment for a longer period of time to survey them. For West African freshwaters direct surveillance would be of little help anyway, as most water bodies have only little transparency and visual observations on fish are usually not possible. Accordingly, data collection has to be carried out more indirectly. A visit to a fish market can give us a first impression of the local abundance of different fish species. But the use of such data is only of limited value: there is usually no information when or where exactly the fish were caught, which methods were used, or which additional species were in the same catch. To get valid and detailed data on fish, the researcher has to perform his own studies in the fishes' **habitat**<sup>2</sup>; he has to catch them to confirm

les poissons, le chercheur a besoin de mener ses propres études sur l'**habitat**<sup>2</sup> des poissons, il doit les capturer à un moment précis pour confirmer leur présence/apparition dans un micro habitat spécial de la zone d'étude.

### **AIRE ECHANTILLON POUR L'ETUDE DES POISSONS**

Avant de capturer un poisson, l'objectif de recherche doit être pris en compte et ensuite une méthode de pêche appropriée doit être choisie. Les questions de recherche peuvent venir de l'un des quatre aspects suivants :

#### **1. L'inventaire des espèces**

Une liste détaillée des espèces apparaissant dans une zone d'étude conduit à plusieurs autres questions, concernant par exemple le potentiel des ressources halieutiques, la comparaison avec les autres organismes aquatiques ou le changement de communautés dû à l'action humaine. Excepté une simple liste de noms, les inventaires des espèces peuvent contenir des données supplémentaires telles que l'apparition relative, les changements temporaires itératifs ou les préférences pour les habitats spéciaux. Pendant l'inventaire des

their occurrence in a special microhabitat, in the respective area, at a certain point in time.

### **SPECIFIC AREAS OF FISH RESEARCH**

Before catching fish, the focus of the research question must be considered, and then an appropriate method for fish collection has to be chosen. Research questions could originate from one of the following four main aspects:

#### **1. Species inventory**

A detailed list of species occurring in a respective area is the base for many other questions, concerning e.g. fisheries potential, comparisons with other water bodies or community changes due to human impact. Except for a simple list of names species inventories may contain additional data such as relative occurrence, temporary changes in abundance or preferences for special habitats. During planning of fish inventories one has to take into account that fish communities at a certain place may change throughout the year and also between years.

poissons, il faut prendre en compte le fait que les différentes communautés de poissons peuvent varier à un endroit particulier au cours de l'année et aussi d'une année à l'autre.

## 2. La reproduction

Certains poissons sont capables de se reproduire au cours de l'année ou pendant une longue période de l'année, d'autres seulement une fois par an ou même une seule fois dans leur vie. Les comportements reproducteurs sont très souvent induits par des changements saisonniers. De telles informations sont essentielles par exemple pour définir les plans de gestion des pêches. Pour collecter les données nécessaires, les gonades des espèces de poissons respectives doivent être évaluées à différentes périodes au cours de l'année. La condition doit partir de "l'immaturité" à différents degrés de « développement » à la « maturité » ([5], [6]). La fécondité devrait également être déterminée à travers le nombre d'oeufs par kg par femelle ou à partir du rapport poids des ovaires sur poids total du corps [7]. Le **dimorphisme**<sup>7</sup> sexuel existe chez plusieurs espèces de poissons des eaux douces d'Afrique de l'Ouest. Ainsi, certaines données peuvent être recueillies uniquement par examen externe, com-

## 2. Reproduction

Some fish are able to produce offspring throughout the year or during a longer period of the year, others spawn only once per year or even in their life. Reproductive behaviour is usually triggered by seasonal changes. Such information is essential, e.g. for fishery management plans. To collect the necessary data the gonads of a respective fish species have to be evaluated at several points during a year. The condition has to be determined from 'immature' over different degrees of 'developing' to 'mature' [5], [6]. Also fecundity should be determined in terms of egg number per kg female, or the weight relation of ovaries to total body weight [7]. Sexual **dimorphism**<sup>7</sup> exists in several fish species of West African freshwaters, thus some data can be achieved only by external examination, like sex ratio or ratio of sexually active males.

## 3. Feeding habits

Besides reproduction, feeding is the major key issue for the understanding of the biology of a species and its role in the ecological system. To study feeding habits of fish stomach analyses are used most commonly.

me le rapport de masculinité ou le rapport des mâles sexuellement actifs.

## 3. Les habitudes alimentaires

En plus de la reproduction, l'alimentation est un élément important pour la compréhension de la biologie d'une espèce et son rôle dans le système écologique. Pour étudier les habitudes alimentaires des poissons, on les dissèque et on analyse le contenu du tube digestif. Il existe plusieurs différentes approches d'évaluation et d'analyse des données respectives, mais il n'y a véritablement pas d'approche standard. Lorsque vous vous lancez dans une telle étude, vous devez savoir tout ceci et être capable de choisir la méthode appropriée. Les indices unissant différentes valeurs sont très utilisés, bien que très rares ([8], [9], [10]).

## 4. Les habitudes migratoires

De nombreuses espèces de poissons des eaux douces d'Afrique de l'Ouest effectuent plusieurs mouvements dans les bassins fluviaux. On peut distinguer deux types de mouvements:

- Les migrations longitudinales, c'est-à-dire dans la rivière de l'amont vers l'aval;

There are many different approaches how to assess and analyze the respective data, but there is no general approach. When undertaking such a study one has to be aware of this and choose a suited method. Indices uniting different values are widely used, but usually not well-founded [8], [9], [10].

## 4. Migration patterns

Several of the West African freshwater fish species perform major movements within river basins. Two types can be distinguished:

- Longitudinal migrations, i.e. within the river like from upstream to downstream;
- Lateral migrations, i.e. from the main river channel to the floodplain or temporary habitats and back.

Such migrations are usually related to spawning and/or opening of new feeding areas. Hints to such migrations may come from data assessing the frequency of different species over time. Assured proofs are more difficult to obtain and may come from direct observations, tagging experiments or telemetry techniques allowing the tracing single **specimens**<sup>7</sup>.



- Les migrations latérales, c'est-à-dire de la rivière principale aux plaines d'inondation ou aux habitats temporaires et dans le sens contraire.

De telles migrations sont très souvent liées à la recherche de frayères et/ou à la recherche nouvelles zones d'alimentation. Les indications de telles migrations peuvent être obtenues à partir des données évaluant la fréquence des différentes espèces dans le temps. Les preuves concrètes sont plus difficiles à obtenir et peuvent venir d'observations directes, d'expérimentations après marquage ou de techniques de télémétrie permettant le suivi des espèces en voie de disparition.

### LA PECHE

**Les filets maillants** sont des « filets de pêche » typiques. À l'aide de flotteurs et de plombs, les filets sont positionnés dans les colonnes d'eau, très souvent on se sert de pirogues pour les poser. De tels filets font généralement entre 25 et 250 m de long et 1 à 3 m de hauteur. La taille des **spécimens**<sup>7</sup> capturés est déterminée par le maillage. Très souvent, pour des raisons scientifiques, les combinaisons de filets avec différents maillages sont utilisées.

### CATCHING FISH

**Gill nets** – are the typical “fishing nets”. By means of floaters and sinkers the nets are positioned in the water column usually using a boat. Such nets are often between 25 and 250 m long and 1 to 3 m in height. The size of the caught specimen is determined by the mesh size. For scientific purpose combinations of nets with different mesh sizes are often used.

*Advantage:* many fish can be caught; different size classes are represented (depending on mesh size);

*Avantage :* de nombreux poissons peuvent être capturés avec les différentes tailles qui sont représentées (selon le maillage) ;

*Inconvénient :* de nombreux spécimens non désirés sont pêchés et meurent, sans compter les espèces aquatiques autres que les poissons telles que les serpents, les **mammifères**<sup>7</sup> aquatiques ; les spécimens capturés sont souvent blessés; les filets sont fréquemment endommagés par les bois flottants ou les crocodiles ; on a besoin d'une pirogue pour les installer. Cette méthode n'est pas appropriée pour les zones protégées.

**Les filets éperviers** (Fig. 10.9) sont souvent utilisés dans plusieurs régions d'Afrique. Ces filets ronds sont lancés dans l'eau à partir du rivage ou d'une embarcation. Leur diamètre peut varier entre 1,5 et 5m; les filets les plus larges ont généralement un maillage réduit.

*Avantage :* les poissons seront attrapés en vie avec moins de dommages ; les données exactes sur leurs parcours aller-retour peuvent être obtenues.

*Inconvénients :* pas appropriés pour les surface très couvertes par la végétation, de bois flottants ou d'un substrat très agité ; il faut être habile aux techniques de lancement du filet ; prises très souvent petites en fonction du temps de travail.

*Disadvantage:* many not needed specimen are caught and die, as well as non-fish species like turtles, snakes and aquatic **mammals**<sup>7</sup>; caught specimen are usually damaged; nets often get damaged, e.g. by driftwood or crocodiles; a boat is needed for installation. This method is not suited for protected areas.

**Cast nets** – (Fig. 10.9) are commonly used in many areas of Africa. These round nets are thrown by different techniques on the water surface. Their diameter can vary from 1.5 to 5 m; larger

**Fig. 10.9:** Un pêcheur montrant la manière de jeter le filet épervier. | A fisherman showing how to throw a cast net. TMO



**Pièges** – Ils sont faits de différents matériaux où les poissons peuvent entrer sans pouvoir en sortir. Dans plusieurs régions d'Afrique de l'Ouest, les pièges à poissons sont entièrement faits avec du bois ou avec du filet fixé sur un cadre en bois. (Fig. 10.10) Les pièges peuvent être appâtés (exemple: morceaux de poissons, différents ingrédients de plantes) ou non et peuvent être équipés de structures supplémentaires pour augmenter la zone à partir de laquelle les poissons sont conduits vers le piège.

*Avantage* : peuvent être installés dans presque tous les habitats aquatiques.

*Inconvénients* : certains pièges sont difficiles à installer. Pour éviter l'asphyxie des poissons ou des animaux autres que les poissons, la dernière chambre des grands pièges doit être ouverte afin de faciliter la respiration.

**Les sennes** – (Fig. 10.11) sont communément utilisées pour la pêche en haute mer ou en **aquaculture**<sup>9</sup> mais de plus en plus, on les utilise pour la pêche en eau douce. Dans les eaux douces d'Afrique de l'Ouest, ces filets mesurent généralement entre 25 et 80 m de long et sont tirés suivant l'étendue de la rivière ou du lac. Pour des raisons scientifiques, les petits filets de 2m de long et 1,5 de hauteur

nets usually have a larger mesh size.

*Advantage*: fish is caught alive with little damage; exact data on their whereabouts can be obtained.

*Disadvantage*: not suited for areas with much vegetation, driftwood, or very bumpy substrate; one has to be proficient in the throwing techniques of the nets; often small catch considering the working time.

avec un petit maillage sont très pratiques.

*Avantage* : les larges sennes peuvent permettre de larges prises, les petites sennes attraperont tous les poissons vivants directement dans leurs (micro) habitats.

*Inconvénients* : les larges sennes requièrent une grande main d'œuvre pour la lancée alors que les petites sennes sont rarement applicables aux larges des eaux.

**Poisons** - Ils sont soit des extraits de plantes, des ichtyocides modernes soit des **pesticides**<sup>9</sup> non spécifiques issues de l'agriculture. Dans plusieurs régions d'Afrique de l'Ouest, ces derniers sont communément utilisés de manière croissante avec évidemment des conséquences dramatiques sur les **écosystèmes**<sup>9</sup> et les consommateurs. La Roténone est un poison spécifique aux poissons qui est généralement utilisé dans l'élevage des crevettes et également pour faire des collections scientifiques.

*Avantages* : permet les ramassages dans des habitats difficiles d'accès, tels que les rapides.

*Inconvénients* : mauvaise application dans les eaux stagnantes, élimine tous les poissons de la masse d'eau.

**Traps** – also fykes or bow nets are constructions of different material where fishes can enter but not escape. In many areas of West Africa traps are constructed completely of wood, or with net material on a wooden frame (Fig. 10.10). Traps can be baited (e.g. pieces of fish or mush from various plant ingredients) or not, and can be equipped with additional structures to increase the area from which fishes are led to the trap.

*Advantage*: can be installed in almost all aquatic habitats.

*Disadvantage*: some trap constructions are difficult to install. To





**Equipements de pêche électrique** - (Fig. 10.12) Utilisent la nature du poisson pour les attirer à partir de champs électriques. Ils sont ensuite entassés dans un endroit très proche de l'épuisette.

*Avantages* : les poissons seront juste étourdis et pas blessés, ils sortiront de leurs caches, même ceux qui s'abritent entre les pierres.

*Inconvénients* : du fait de la conductivité réduite des eaux douces d'Afrique de l'Ouest, la méthode ne peut être utilisée que dans les endroits peu profonds avec un substrat rocheux.

**Hameçons** - peuvent être montés sur des cannes à pêche ou en groupes de longues lignes. Cette méthode est communément utilisée par les pêcheurs d'Afrique de l'Ouest. Les longues lignes peuvent être appâtées ou non. Ce n'est pas une méthode adaptée pour des études scientifiques.

**Tarissement des masses d'eau** - en vidant l'eau des étangs, il est possible de ramasser tous les poissons présents dans l'habitat concerné. Particulièrement en saison sèche, cette méthode peut provoquer une perte de l'habitat, refuge pour les espèces de tailles réduites.

**Autres méthodes** – Les épuisettes et cadres des filets sont communément utilisés par les pêcheurs. Pour les petits habitats aquatiques ou les zones à végétation dense, ces méthodes peuvent être

avoid drowning of air-breathing fish or non-fish animals, the last chamber of larger trap constructions should allow air-breathing.

**Seines** – (Fig. 10.11) are commonly used in marine fisheries or in **aquaculture**<sup>?</sup> ponds, but increasingly also in freshwater fisheries. In West African freshwaters these nets are usually between 25 and 80 m in length and are dragged to a stretch of river or a lake. For scientific purpose small nets of 2 m length and 1.5 m height with small mesh size are very useful.

*Advantage*: large seines may produce large catches; small seines will catch all fish alive directly in their (micro-) habitat.

*Disadvantage*: large seines require many people for handling; small seines are poorly applicable in open waters.

**Poisons** – may be traditional plant extracts, modern ichthyocides or not-specific **pesticides**<sup>?</sup> from agriculture. In many areas of West Africa the latter is getting increasingly more common with dramatic consequences for **ecosystems**<sup>?</sup>, and also consumers. Rotenone is a fish-specific poison commonly applied in shrimp farming, which is also used for scientific collections.

*Advantage*: allows collections in difficult habitats, like rapids.

appropriées.

Le choix de la méthode appropriée de collecte pour l'étude des poissons dépend de plusieurs facteurs tels la main d'oeuvre disponible l'habitat dans lequel l'échantillonnage se fera, les conditions du projet ou les problèmes de conservation.

## DONNEES SUPPLEMENTAIRES ET TRAITEMENT DES POISSONS

Avant de commencer un projet, il faut savoir de quel type de données on a besoin pour l'étude. Dans le domaine de la pêche, il paraît judicieux de peser les poissons capturés, les répartir en fonction de leur prix ou leur rang **taxonomique**<sup>?</sup>. Pour des objectifs de recherche plus complexes, d'autres données supplémentaires doivent être collectées.

Après la prise, les poissons doivent être marqués d'une couleur ou pris en photo, en étant toujours vivants. Les mesures communes qui peuvent être prises sur le terrain sont celles de la longueur standard (et la longueur totale) et du poids. Après la mensuration, les spécimens vivants sont souvent relâchés dans l'eau. D'autres études, telles que les mesures morphologiques pour la détermination des espèces ou à des fins taxonomiques, les études sur l'état de

*Disadvantage*: wrong application, e.g. in standing water, will clear the water body completely of fish.

**Electric fishing equipment** – (Fig.10.12) uses the nature of fish to be attracted from electric fields. They are then stunned in an area close to the anode scoop.

*Advantage*: fish will be stunned and usually not damaged; fish will come out from their hiding places, even from deep between stones.

*Disadvantage*: due to the low conductivity in West African freshwaters the method can be used only in few shallow areas with rocky substrate; improper use can be life threatening.

**Hooks** – can be used single on a fishing rod or in groups in long lines. This method is commonly used by West African fishermen. Long lines can be baited or not. It is, however, not a useful method for scientific purposes.

**Depleting water bodies** – by scooping can be used to collect all fish present in the respective **biotope**<sup>?</sup>. Especially in the dry

reproduction, l'analyse des contenus stomacaux ou encore le fait d'établir des spécimens de référence, ne sont pas possibles sur ce terrain. Dans ce cas, les spécimens requis doivent être préservés. Le poisson doit être anesthésié, par exemple: à l'aide du MS-222, de la Benzocaïne ou de l'essence de girofle, avant de le passer dans du formol tamponné à 4 %. Le formol non tamponné pourrait avoir de grandes proportions d'acide formique qui endommageraient les échantillons. Pour l'extraction de l'ADN, le tissu enrobé de formol ne peut généralement plus être utilisé. Ainsi, pour de telles études, un petit échantillon de tissu doit être mis de coté avant tout contact avec le formol et conservé dans de l'éthanol de 90 à 99 %. Pour une longue conservation, le poisson doit être plongé dans du formol à l'éthanol 70 % et les échantillons d'ADN devraient être conservés dans un congélateur.

La connexion entre les données et les spécimens doit être assurée, généralement en étiquetant ces derniers. La documentation utilisée pour l'identification des espèces doit toujours être citée. Une identification incorrecte rendra les résultats inexploitable et dévaluera complètement l'étude. Pour les spécimens rares ou non définis, il convient de remettre leurs références à divers musées où la communauté internationale de chercheurs pourra les consulter.

season this method may result in the loss of a refuge habitat for smaller species.

**Other methods** – commonly used among fish researcher are dip nets and frame nets. For small aquatic habitats or densely vegetated areas these may be the most suited methods.

When choosing the appropriate collecting method for a fish study many different factors should be considered, such as the assignment of tasks, the habitat in which sampling will take place, the funds of the project or conservational issues.

### **ADDITIONAL DATA AND FISH TREATMENT**

Before starting a project it has to be clarified which type of data is needed for the investigation. For a basic question in fisheries it might be sufficient to weigh the fish catch, grouped by price or **taxonomic**<sup>9</sup> level. For more complex research goals other data has to be collected as well.

After catching, live colouration should be noted or a photograph be taken. Common measurements, which can be taken in the field, are standard length (and total length) and weight.



**Fig. 10.10:** Pièges souvent utilisés et conçu à partir d'un filet fixé sur un piquet de bois. | Commonly used trap made of net on a wood frame. TMO

**Fig. 10.11:** Pêche avec la senne sur un affluent du fleuve Mou-Houn. | Fishing with a seine on a branch of the river Mou-Houn. TMO

**Fig. 10.12:** Utilisation d'équipements de pêche électrique en eau peu profonde. | Using electric fishing equipment in shallow water. KCO





Les paramètres biotiques et abiotiques pendant l'échantillonnage doivent être décrits suivant les objectifs de recherche. Les paramètres biotiques peuvent comporter la berge et la végétation aquatique, les **prédateurs**<sup>7</sup> ou les interactions avec les autres animaux. Les paramètres abiotiques les plus importants sont la position géographique et les caractéristiques de l'eau telles que la température, la conductivité, le pH, la transparence et la vitesse de l'eau. La concentration de l'oxygène et le niveau de l'eau peuvent également être des aspects importants mais sont souvent difficiles à évaluer lors des travaux de terrain.

### PERSPECTIVES

Quelques aspects principaux de l'**ichtyologie**<sup>7</sup> et les possibilités d'études sur les poissons d'eau douce d'Afrique de l'Ouest ont été mentionnés ici mais il y a beaucoup d'autres questions qui restent en suspens pour les explorations à venir. Par exemple de nombreuses espèces de poissons des savanes présentent des adaptations morphologiques et physiologiques spéciales, telles que les organes respiratoires accessoires, pour s'adapter aux températures élevées, une faible teneur en oxygène des eaux et une faible disponibilité des eaux. Certains poissons ont des formes de reproduction

After measurement, live specimen can often be returned to the water. Other investigations, like morphological measurements for species determination or taxonomic questions, studies on reproductive state, analyzing stomach contents, or providing voucher specimens, are not possible to perform in the field. In that case the needed specimens have to be preserved. Fish should be anaesthetized, e.g. using MS-222, benzocaine or clove oil, before transferring them into 4 % buffered formalin. Older, non-buffered formalin may have high proportions of formic acid which may damage samples. For DNA extraction formalin fixed tissue generally cannot be used anymore. Thus for such studies small tissue samples have to be taken separately before contact with formalin and kept in 90 to 99 % ethanol. For longer storage fish should be transferred from the formalin solution to 70 % ethanol and DNA samples should be stored in a freezer.

The connection of data and specimen has to be assured, usually by labelling the specimens. Literature used for species identification should always be cited. Without correct identification, results are irreproducible and devalue the complete study. For

inhabituelles, l'exemple des œufs des cyprinodontidés qui peuvent résister sur des terres arides en attendant la saison des pluies. D'autres espèces ont des organes de sens exceptionnels, tels que les mormyres électriques qui peuvent communiquer et s'orienter à l'aide de faibles décharges électriques. En plus des nombreux champs de recherche fondamentale, les études ichtyologiques menées dans les eaux douces d'Afrique de l'Ouest donnent une base pour des plans de gestion durable des ressources halieutiques et peuvent servir à déterminer les espèces appropriées pour l'élevage aquacole.

rare or questionable specimens it may be appropriate to deposit vouchers in larger museum collections where they are accessible to the international research community.

Biotic and abiotic parameters of the sampling location should be sampled according to the research question. Biotic parameters may include shore and aquatic vegetation, common **predators**<sup>7</sup> or interactions with other animals. The most important abiotic parameters are geographic position, and water characteristics as temperature, conductivity, pH, transparency, and current. Also oxygen concentration and water level may be important aspects, but are sometimes difficult to assess during field work.

### OUTLOOK

A few main aspects of fish biology and possible studies on West African Freshwater fishes have been mentioned here, but there are numerous other issues waiting for further exploration. For example many fish species of the savanna region show special morphological and physiological adaptations, like accessory breathing organs, to cope with high temperatures, low oxygen contents of water and low water availability. Some fish have

unusual reproduction patterns, like the killifish producing eggs, which may persist in dry earth until the next rainy season. Other species show exceptional organs and senses, like the electric mormyrids performing communication and orientation using weakly electric discharges. Besides numerous fields of basic research, **ichthyological** studies in West African freshwaters provide the basis for sustainable fisheries management plans and may help determine species suited for aquaculture farming.



# 10.4

## Méthodes : Echantillonnage des amphibiens

Mark-Oliver RÖDEL

### SITES D'ÉTUDE ET EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE

Les amphibiens des forêts peuvent être mieux suivis en établissant des **transects**<sup>°</sup> standardisés (lignes droites de longueur définie, voir Rödel & Ernst [11]) ou des **parcelles**<sup>°</sup> (surfaces aux dimensions connues). La longueur du transect et la dimension de la parcelle doivent être les mêmes au cours de l'étude et dépendent de la question spécifique de recherche posée. La marche le long du transect prenant trop de temps, il est conseillé de l'exécuter d'abord de façon aléatoire indépendamment des conditions atmosphériques. Ainsi les données devraient être rassemblées pendant une saison au cours de la première année afin d'obtenir une connaissance précise de la **faune**<sup>°</sup> locale. Pendant des saisons consécutives de travail de terrain, la fréquence d'échantillonnage peut être réduite lorsque les données phénologiques des espèces sont connues [12].

## Methods: Sampling amphibians

### STUDY SITES AND SAMPLING EFFORT

Amphibians in forests can best be monitored by establishing standardized **transects**<sup>°</sup> (a straight line of a defined length, see Rödel & Ernst [11]) or **plots**<sup>°</sup> (an area of a defined size). The length of the transect and the size of plot has to be the same throughout a study and depends on the specific research question. Transect walks are time intensive. It is advisable to perform them first randomly independent of prevailing weather conditions. Data should be gathered throughout a whole season in the first year to obtain a thorough knowledge of the local **fauna**<sup>°</sup>. In consecutive field seasons, the frequency of sampling can be reduced when general phenological traits of the species are known [12].

All plots/transect have to be investigated with the same sampling effort, regarding time and intensity. For amphibians it is

Tous (tes) les transects/parcelles doivent être contrôlés avec le même soin d'échantillonnage, en tenant compte du temps et de l'intensité du travail. Pour les amphibiens, il est particulièrement important d'agir de façon constante quelque soit la durée (quotidienne ou saisonnière) (Fig. 10.13) puisque les espèces présentent un taux d'activités différent en fonction de la quantité de pluie, de la température, de l'heure ou de la saison. Des contrôles répétés sur des transects ou parcelles identiques faits les mêmes jours ou pendant des jours consécutifs doivent être évités afin d'assurer l'indépendance des données. Généralement, mener une étude sur les amphibiens nécessite peu de moyens. Bien que des matériaux plus coûteux soient cités plus bas, tout le monde peut se permettre de mener une étude significative et importante sur les amphibiens sans avoir besoin de trop de moyens financiers autres que les frais de transport. Ainsi, le manque d'argent ne peut être une excuse valable pour ne pas mener de la recherche sur les amphibiens.

especially important to invest the same effort per season and day-/night-time (Fig. 10.13), as different species may show different activity rates depending on amount of rainfall, temperature, daytime or season. A repeated control of identical transects or plots on the same or consecutive days should be avoided to ensure independence of data. Generally working with amphibians can be extremely cheap. Although we list various more expensive material below, everybody can do meaningful and important amphibian work without any budget other than for travelling. Hence, lack of money is not a good excuse for not doing amphibian research.

### SPECIES CENSUS

#### 1. Visual and acoustic monitoring

An area or **habitat**<sup>°</sup> is searched **systematically**<sup>°</sup> for individuals in a defined time period.

**Visual:** All frogs seen are recorded at species level. This method is applicable to all different habitat types. In savanna areas, however, the regions around ponds and streams will be

## INVENTAIRE DES ESPECES

### 1. Suivi visuel et acoustique

Un milieu ou **habitat**<sup>7</sup> est recherché **systématiquement**<sup>7</sup> pour les individus à un temps bien défini.

**Visuel** : toutes les grenouilles rencontrées sont inventoriées jusqu'au niveau spécifique. Cette méthode est applicable à tous les types d'habitats. Toutefois en savane, les régions situées autour des mares et des ruisseaux seront probablement les seuls endroits où les grenouilles peuvent être enregistrées visuellement avec certitude [11]. Les grenouilles attrapées peuvent être marquées d'un pinceau [13] afin d'en recueillir des données pour une estimation de la population via les méthodes de capture/ ré-capture [14]. Pour une simple enquête de courte durée, les méthodes déjà décrites sont suffisantes mais doivent probablement être accompagnées de pièges adaptés.

**Acoustique** : dans la majorité des cas, les grenouilles mâles coassent de façon spécifique pour signaler leurs positions vis à vis des partenaires potentiels et des rivaux. Ce comportement peut être

probably the only areas where frogs can be recorded reliably by vision [11]. Captured frogs can be marked by toe clipping [13] to use the data for population estimates via capture / re-capture methods [14]. For simple short-term surveys the encounter methods are sufficient but should possibly be accompanied by opportunistic trapping.

**Acoustic**: Since in the majority of frog species males use species-specific calls to advertise their position to potential mates and rivals, this behaviour can be exploited for acoustic monitoring. Especially tree-frogs and frogs that hide in leaf-litter or call from underground will usually not be detected by visual searches and thus acoustic monitoring is a must for frog assessments. Counts can be used to estimate relative abundance of calling males, species composition, as well as breeding habitat use and breeding phenology of species. As it is difficult to get accurate numbers of calling males, this method gives only qualitative or semi-quantitative data. The width of the acoustic transect depends on the ability to detect each species' advertisement call (approx. 10-15 m to either side of the transect).

exploité pour un suivi acoustique. Un tel suivi est particulièrement applicable aux espèces de rainettes et de grenouilles arboricoles, de litière et enfouies qui ne sont généralement détectées par un suivi visuel. Le recensement des différents coassements peut être utilisé pour estimer l'abondance relative des mâles, la composition des espèces, le lieu de reproduction et la phénologie de la reproduction des espèces. Comme il est difficile d'avoir un nombre exact de mâles qui coassent, cette méthode donne simplement des données qualitatives ou semi-quantitatives. La largeur du transect pour le suivi acoustique dépend de l'aptitude à détecter le coassement de chaque espèce (app. 10-15 m de chaque côté du transect).

**Combinaison**: une combinaison des techniques, visuelle et acoustique peut être appliquée. Cette méthode est fréquemment utilisée pour des évaluations rapides ou sur de larges surfaces. Les données collectées sont exprimées en nombre d'individus par espèce rencontrée dans une surface par unité de temps, ex: 8 **spécimens**<sup>7</sup> de l'espèce A par heure/personne. L'échantillonnage visuel et acoustique normalisé sur un transect (parcelle), selon notre expérience, donne de meilleures données quantitatives sur les amphibiens de forêt dans l'espace et dans le temps. Ces données peuvent être

**Combination**: A combination of visual and acoustic techniques can be applied. This method is frequently used for rapid assessments and the evaluation of larger areas. The resulting data are expressed in numbers of individuals of a certain species found in an area per unit time, e.g. eight **specimens**<sup>7</sup> of species A per 1 man-hour. Standardized visual and acoustic transect (plot) sampling, according to our experience, provides the best quantitative data on forest amphibians with regard to space and time. These data can be used for comparisons between habitats, seasons and years [15] and standardized transect surveys are especially useful for long-term studies.

### 2. Passive sampling

Species that rarely call or live underground or migrating aquatic frogs can be sampled by passive sampling techniques, i.e. pitfall and funnel traps along drift fences. These usually consist of durable plastic gauze, app. 0.5 m high and stapled vertically onto wooden stakes. Close to the fence plastic buckets are buried in the soil in a way that the opening of the bucket is level with the surrounding surface. Duct tape can be used to reduce the diameter of the buckets and to construct funnel-like openings in



utilisées pour comparer les habitats, les saisons et les années [15]. Les investigations sur un transect normalisé sont particulièrement utiles pour des études à long terme.

### 2. Echantillonnage passif:

Les espèces coassant rarement ou vivant dans le sol ou encore les grenouilles aquatiques migratrices peuvent être échantillonnées par des techniques d'échantillonnage passives, (réalisation de trous ou utilisation d'entonnoirs à nasse le long de barrières). Les barrières sont généralement composées de toiles en plastique écologiques, app. 0,5 m de haut dressé verticalement sur des supports en bois. Le godet en plastique est enterré dans le sol, près de la clôture de telle sorte que l'ouverture du godet soit au même niveau que la surface qui l'entoure. Un ruban adhésif en toile peut être utilisé pour réduire le diamètre des godets et des ouvertures en forme d'entonnoir construites en vue d'empêcher qu'elles s'échappent de l'enclos. Toutefois, la plupart des anoues sont de bons sauteurs, donc il est difficile de les retenir avec ces barres. Les enclos sont vérifiés au moins une fois par jour.

order to impede escaping from traps. However, most anurans are strong jumpers and thus difficult to trap with these arrays. Traps have to be checked at least on a daily basis.

### 3. Sampling tadpoles

Tadpoles may add further valuable information to a monitoring or species assessment. Tadpoles can be caught easily with dip-nets (Fig. 10.15) and then identified. If dip-net trials are standardized in number, speed and length, the catches may also be used semi-quantitatively in analysis. For real qualitative data the box-method can be employed. A metallic box (best use 50 x 50 x 50 cm), open on top and bottom is thrown into the pond (Fig. 10.16). the water content inside the box is then examined for tadpoles with a plastic sieve, all individuals are captured and counted. As the water content of the box is known, the method allows for real density assessments of tadpole assemblages. microhabitat choice of the various species can be determined by recording habitat data from the pond and within the box samples such as vegetation density, soil type, water depth etc. To sample a pond representatively the various different structures of a pond (shallow and deep water, water with and without

### 3. Echantillonnage des têtards:

Les têtards peuvent fournir des informations supplémentaires dans un suivi ou une évaluation des espèces. Les têtards se capturent facilement avec des filets à armature (Fig. 10.15) et peuvent ensuite être identifiés. Si les essais du filet à armature sont normalisés en termes de nombre, vitesse et longueur, les prises peuvent également être utilisées dans des analyses semi-quantitatives. Pour des données quantitatives réelles, la méthode par boîte peut être employée. Une boîte métallique est choisie (meilleure utilisation 50 x 50 x 50 cm), ouverte par le haut et par le bas et déposée verticalement dans la mare (Fig. 10.16). Le liquide contenu à l'intérieur de la boîte est ensuite examiné avec un tamis en plastique et tous les individus sont capturés et comptés. Au fur et à mesure que le contenu de la boîte est connu, la méthode permet une évaluation réelle des assemblages des têtards. Le choix des micros habitats par les différentes espèces peut être déterminé en enregistrant les caractéristiques de l'habitat pour la mare et dans la boîte, telles que la densité de la végétation, le type de sol, la profondeur de l'eau, etc. Pour collecter des échantillons dans une mare de façon représentative, les différentes caractéristiques de la mare en question (l'eau en surface et en profondeur, eau couverte ou non de végétation aussi bien au bord

vegetation, at the bank and in the middle of the pond etc.) have to be sampled in accordance to their surface proportion of the whole pond.

### SITE CONDITIONS

To assess the habitat preferences of particular species and to investigate correlations of species assemblages with environmental variables, all study sites have to be characterized by variables that are meaningful for amphibians. All characters should be collected in a representative way. One should at least collect all habitat parameters on all corners of the plot and at mid-point, hence having five points with habitat characteristics.

### Substrate types and litter coverage

Substrate types and litter coverage may be very important for **terrestrial** frog species. These habitat characters can be assessed as distinct types (e.g. sand, clay, rock etc.) or estimated in percentage of coverage.

et à l'intérieur de la mare, etc.) doivent être enregistrées suivant leurs proportions par rapport à la surface de la mare entière.

### CONDITIONS DU SITE

Pour évaluer la préférence des habitats par des espèces précises et pour déterminer les corrélations entre les assemblages des espèces avec les variables environnementales, tous les sites doivent être caractérisés par des variables importantes pour les amphibiens. Les caractéristiques de chaque site doivent être collectées de façon représentative. On doit donc au moins collecter tous les paramètres dans tous les coins et au centre de la parcelle c'est-à-dire obtenir les caractéristiques de cinq points pour un habitat.

### Les types de substrats et la couche de litière

Les types de substrats et la couche de litière peuvent être très importants pour les espèces de grenouilles litière. On peut les classer en types distincts (ex: sable, argile, roches, etc.) ou les estimer en fonction de la proportion des composantes exprimées en pourcentage.

**Fig. 10.13:** La plupart des espèces de grenouilles sortent la nuit donc le meilleur moyen de les attraper est d'utiliser les lampes torches. | Most frog species are nocturnal and thus best searched with the aid of flashlights at night. KHA

**Fig. 10.14:** Les photos prises avec un appareil numérique avec « fish eye » donnent la possibilité de mesurer la couverture de la végétation dans les habitats forestiers. | Photos with a fish-eye-lense on a digital camera provide an easy and standardized possibility to measure vegetation cover in forest habitats. LSA

**Fig. 10.15:** Echantillonnage des têtards. | Tadpole sampling. MOR

**Fig. 10.16:** La méthode d'échantillonnage par boîtes est le meilleur moyen d'évaluer de façon quantitative les communautés de têtards résidant dans les étangs et les flaques d'eaux. | The box sampling method is the best way to quantitatively assess tadpole communities in ponds and puddles. MMO





### Climat

Le climat est important pour les amphibiens et un minimum de données doit être collecté sur cet aspect notamment la température (toujours mesurer à l'ombre juste au-dessus et à 1 m du sol), l'humidité et la précipitation. Les meilleures mesures sont celles qui sont régulièrement enregistrées pendant la période d'étude. Si cela n'est pas possible, une jauge de pluie et un thermomètre peuvent être utilisés.

### Structure de la végétation

Données sur la structure de la végétation des forêts. Elles décrivent la structure générale de la végétation des forêts. Le moyen le plus facile (et le moins cher) de le faire est d'estimer à vue d'œil la densité de la végétation dans différentes strates (ex: **canopée**<sup>?</sup>, strate arborescente inférieure, strate arbustive et buissons, végétation pastorale de sous bois). Pour prendre en compte les différentes perceptions des observateurs, il est bien d'utiliser un système qui donne toujours des résultats comparables (ex: catégories de densité distinctes : strate absente, présente mais avec des vides prédominants, vides présents mais végétation prédominante, strate fermée). L'ouverture de la canopée peut être également mesurée

### Climate

Climate is important to amphibians and minimum data should comprise temperature (just above ground and in 1 m height, always measured in the shade); humidity and rainfall. Best are measures that are regularly taken throughout the study period. If this is not possible a rain gauge and a thermometer may be used.

### Vegetation structure

Forest vegetation structure data describe the general vegetation structure of a forest. The easiest (and cheapest) way to do that is to estimate vegetation density in different strata by eye (e.g. **canopy**<sup>?</sup>, lower tree stratum, bush and shrub stratum, understory). To account for differences between observers' perception it is best to use a system that always delivers comparable results (e.g. distinct density categories: stratum absent; present but gaps predominate, gaps present but vegetation predominates, stratum closed). Canopy openness can also be measured quantitatively by hemispheric images (Fig. 10.14). The assessment of the degree of forest **degradation**<sup>?</sup> as habitat character is described in the vegetation methods section.

quantitativement en images hémisphériques (Fig. 10.14). L'évaluation du degré de **dégradation**<sup>?</sup> de la forêt comme caractéristique de l'habitat est décrite dans la section « méthodes de description de la végétation ».

Structure de la végétation de la savane: Comparativement aux forêts, il est très difficile de trouver les amphibiens dans la savane et de compter. Par conséquent, la plupart des études menées dans les savanes seront nécessairement focalisées sur les zones de reproduction des grenouilles et les environnants. Les données doivent être enregistrées à des distances différentes des zones de reproduction. La végétation peut être évaluée directement aux bords de la mare et à une distance de 10 m, 50 et 100m (dans toutes les directions) pour trouver la densité des classes de taille particulières (ex: herbes allant jusqu'à 30 cm, herbes au-delà de 30 cm, larges buissons, petits et grands arbres). L'usage et la couverture du sol environnant doivent être notés, ex: terrains d'activités agricoles ou utilisation de **pesticides**<sup>?</sup>), établissements humains, termitières, etc.

### Exploitation de la zone de reproduction

Aussi bien dans la forêt que dans la savane, il est toujours très important de quantifier la disponibilité en sites aquatiques de

Savanna vegetation structure: It is far more difficult to find and count amphibians in a savanna, compared to the forest floor. Hence most surveys in savannas will necessarily focus on the breeding sites of frogs and their surroundings. Data should be recorded in different distances to the breeding sites: vegetation can be assessed directly at the ponds' edge and in 10 m, 50 m and 100 m distance (in all four directions) in densities of particular size classes (e.g. grass up to 30 cm, grass higher than 30 cm, small bushes, large bushes, small trees and high trees). Surrounding land use or cover should be noted, e.g. fields (agricultural activities or use of **pesticides**<sup>?</sup>), settlements, termite mounds etc.

### Breeding site exploration

Regardless of forest or savanna, for amphibians it is always of particular importance to quantify the availability of potential aquatic breeding sites and their quality. Hence every aquatic habitat has to be recorded with respect to type, surface and depth. It is also useful to determine, climate parameters (precipitation, temperature, humidity or even substrate moisture in a standardized way), breeding site type (stagnant or flowing;



reproduction et leur qualité pour les amphibiens. Ainsi, chaque habitat aquatique doit être enregistré en tenant compte du type, de la surface et de la profondeur. Il est utile de déterminer les paramètres du climat (précipitation, température, humidité mais aussi l'humidité du substrat de façon normalisée), le type de site de reproduction (stagnante ou ruisselante, permanente ou temporaire), la surface, la profondeur (à différents points de l'étang, la vitesse de l'eau courante), le substrat du sol, la transparence de l'eau, les espaces ombragés, les espaces ouverts ou couverts de végétaux. La température de l'eau à certaines profondeurs peut également être importante. La composition chimique de l'eau peut apporter des données utiles mais n'est cependant pas une exigence absolue au cas où il n'y aurait pas assez de moyens pour cette méthode. Les amphibiens des savanes en particulier semblent s'adapter à une large gamme de paramètres aquatiques. Si la composition chimique de l'eau peut être évaluée, elle doit d'abord se focaliser sur le pH, la conductivité, l'oxygène et l'ammonium.

permanent or temporary), surface, depth (at various points of the water), speed (in flowing water), substrate of the ground, visibility, shaded area, open or vegetated area. Water temperature in different depths may also be important. Water chemistry may add useful data but is not an absolute requirement, if funding is not sufficient to afford these methods. Especially savanna amphibians seem to accept a wide range of water parameters. If water chemistry can be assessed it should foremost focus on pH, conductivity, oxygen, nitrate, and ammonium.

# 10.5

## Échantillonnage de chauve-souris

Elisabeth K.V. KALKO  
Jakob FAHR

Les chauves-souris sont des **bioindicateurs**<sup>?</sup> très importants du fait de leur richesse spécifique, de leur diversité écologique et de leur présence en grand nombre [16]. La diversité des espèces, c'est-à-dire, leur présence, absence tout comme leur abondance apportent des informations cruciales sur le statut des **écosystèmes**<sup>?</sup> et leur fonctionnalité. Les changements dans la diversité et la dynamique des populations de chauves-souris peuvent être également être surveillés au cours du temps, en réaction à l'influence **anthropogénique**<sup>?</sup> et au changement global [17, 18]. De manière générale, les chauves-souris sont très peu étudiées sur le continent africain [19]. Souvent, il manque même des données élémentaires sur la diversité des espèces locales [20]. Par conséquent, il est urgent de mener des études spécifiques et sur leurs communautés pour combler ce manque d'information.

## Sampling bats

Bats are very important **bioindicators**<sup>?</sup> as they are species-rich, ecologically diverse, and frequently occur in larger numbers [16]. Species diversity, i.e., presence and absence of species as well as their abundance, give crucial information about the status of **ecosystems**<sup>?</sup> and their functionality. Bats also permit monitoring of change in diversity and population dynamics over time as a reaction to **anthropogenic**<sup>?</sup> influence and global change [17, 18]. Overall, bats are largely understudied in most parts of Africa [19]. Often, even basic data on local species richness are lacking [20]. Therefore, comprehensive community and case studies are urgently needed to fill this gap.

To make studies on bats particularly rewarding and successful, bat sampling requires some expertise that, ideally, should be acquired before starting with a project.

Pour conduire des études informatives et réussies sur les chauves-souris, l'échantillonnage requiert une expertise particulière, qui idéalement doit être acquise avant de se lancer dans un projet. Celle-ci inclut :

1. La sélection de méthode(s) d'échantillonnage adéquate(s)
2. Une expérience de la manipulation des chauves-souris
3. Les connaissances nécessaires à l'identification des espèces et la collecte de **spécimens**<sup>?</sup> de référence
4. L'application d'un plan d'étude statistiquement solide et adapté aux questions de recherche posées.

### 1. METHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les résultats de l'échantillonnage dépendront largement de la méthode appliquée, chaque méthode n'étant optimale que pour un sous-ensemble des espèces de la communauté d'une zone déterminée. L'installation de **filets japonais** (filets à maille fine en polyester ou en nylon ; tailles préférées : 6 ou 12 m de long, 2,6 m à 3 m de haut, avec 4 à 5 poches, sur des perches de 3 ou 4 m) est la méthode la plus répandue pour capturer les chauves-souris. La qualité de l'évaluation de la diversité et la composition spécifiques avec les filets japonais dépend du nombre, de la configuration, du type et de

This includes:

1. Selection of adequate sampling method(s)
2. Experience on how to handle bats
3. Knowledge in species identification and collection of voucher **specimen**<sup>?</sup>
4. Application of statistically sound study design that is tailored according to the respective research questions.

### 1. SAMPLING METHODS

Results of bat sampling depend to a large degree on the method applied because each method is best suited only for a subset of bats occurring in an area.

Setting **mist nets** (fine-meshed polyester or nylon nets; preferred size: 6 or 12 m long, 2.6-3.0 m high with 4-5 shelves) on tall poles ( $\approx$  3-4 m) is the most widely used method for the capture of bats. Assessing species richness and composition of bats with mist-netting is affected by the number, configuration, type and size of mist nets, whether they are set on the ground (understory nets, Fig. 10.18), in the **canopy**<sup>?</sup> (canopy nets, Fig. 10.17) or as "net-walls" with several nets stacked on top of each other starting from the ground up into the (sub)canopy level

la taille des filets japonais, de leur installation au sol (filets de sous-bois, Fig.10.18), en **canopée**<sup>?</sup> (filets de canopée, Fig. 10.17) ou sous forme de «murs de filets» avec plusieurs filets empilés les uns sur les autres, du sol jusqu'au niveau de la canopée [21]. Ces derniers sont très efficaces [19], mais leur installation et leur surveillance demandent beaucoup de temps [21]. Les filets japonais sont disponibles chez les commerçants et fournisseurs spécialisés (se référer aux listes de [22]). Afin de les préserver en bon état, ces filets ont besoin d'être réparés régulièrement, suite aux dommages causés par les chauves-souris.

Un autre moyen de capture répandu est le **piège-harpe** (Fig. 10.19) [23] : Plusieurs couches de fins fils de nylon sont installées dans un cadre au pied duquel est attaché un grand sac de capture. Les pièges-harpes peuvent être suspendus en l'air avec des cordes ou bien être installés sur le sol en position verticale. Quand une chauve-souris vole jusqu'aux fils tendus, elle glisse vers le bas et tombe dans le sac de capture. Ces pièges sont bien adaptés à la capture des petites chauves-souris **insectivores**<sup>?</sup>, notamment dans les **habitats**<sup>?</sup> forestiers. Un meilleur succès de capture peut être atteint quand les pièges sont installés devant des grottes, le long des voies de passage des chauves-souris, en lisière de forêt ou dans des clairières. La réussite

[21]. Net-walls are very efficient [19], but their set-up and operation is time-consuming [21]. Mist nets are available at specialized shops and dealers (see lists in [22]). They need to be maintained in good shape by regularly mending them as they are damaged by the bats.

Another frequently used capture device is **harp traps** (Fig. 10.19) [23]. Fine nylon strings are set in one or more layers (banks) in a frame that has a large capture bag attached to the bottom. Harp traps can be hung in the air with strings or set on the ground in a vertical position. When a bat flies against the taught strings, it slides down and drops into the capture bag. Harp traps are well suited to capture small **insectivorous**<sup>?</sup> bats, especially in forest **habitats**<sup>?</sup>. High capture success can be reached when they are set in front of caves, in flyways of bats along trails, at forest edges, and in forest gaps. Capture success of harp traps depends to a large degree on the selection and type of study locality, their usefulness should be tested in the chosen area before a decision is made on long-term use. Harp traps can be bought commercially or they can also be constructed locally (for details see [21]).



10.17



10.18



10.19

**Fig. 10.17:** Filets japonais de canopée. | Canopy mist net. JFA

**Fig. 10.18:** Filets japonais de sous-bois. | Understory mist net. NWE

**Fig. 10.19:** Piège-harpe. | Harp trap. JFA



de capture avec les pièges-harpes dépend grandement de la sélection et du type de site d'étude. Leur efficacité doit être testée dans la zone choisie avant de prendre une décision quant à leur utilisation à long terme. On peut acheter les pièges-harpes dans le commerce ou les fabriquer localement (pour plus de détails, voir [21]).

Une autre méthode, qui consiste à enregistrer et identifier les chauves-souris insectivores aériennes par leurs cris d'écholocation, est une option de plus en plus répandue pour évaluer la richesse spécifique et l'activité des chauves-souris : **inventaire acoustique**. Cette méthode est particulièrement utile pour les chauves-souris insectivores volant à haute altitude et qui sont soit très rarement échantillonnées soit complètement ignorées [24], [25]. L'inventaire acoustique apporte alors des données qui ne peuvent s'obtenir par aucun autre moyen. Malheureusement, cette méthode d'échantillonnage est assez coûteuse. Elle requiert des équipements de qualité et, en plus des enregistrements des chauves-souris sur le terrain, l'acquisition ou l'établissement de bibliothèques de cris locaux [26]. Il est également nécessaire d'acquérir une connaissance préalable de l'analyse des cris à l'aide des programmes d'analyse de sons adaptés. Étant donné qu'il n'existe pas de bibliothèques de cris ni de programmes de mesure automatiques dans la plupart des régions

As another method, recordings and identification of aerial insectivorous bats by their echolocation calls is increasingly becoming an option to assess species and activity of bats: **acoustic monitoring**. This method is especially useful for high-flying insectivorous bats, which have been frequently undersampled before or went completely undetected [24], [25]. Acoustic monitoring delivers data that cannot be obtained with any other method. Unfortunately, this sampling method is rather expensive. It requires quality equipment and requires, in addition to the actual recording of the bats in the field, establishment of local call libraries [26]. As a prerequisite, one needs to be knowledgeable in call analysis with sound analysis programs. As there are no extensive call libraries or automated measurement programs available yet for most parts of Africa, analysis is frequently limited to study activity patterns [27]. The best strategy for acoustic monitoring is to get into contact with experts for advice and training how to do it most efficiently. The type of bat detector and its microphone determine the quality and the range at which echolocation calls can be recorded. Other sampling methods for bats include **roost searches** (Fig.10.21) and captures with **handnets** (for more details see

d'Afrique, les analyses se limitent souvent à l'étude des modes d'activité [27]. La meilleure stratégie pour l'inventaire acoustique est de contacter les experts pour avoir leurs conseils et une formation sur la meilleure façon de s'y prendre. Le type de détecteur de chauves-souris et son micro déterminent la qualité et le rayon d'enregistrement des cris d'écholocation.

D'autres méthodes d'échantillonnage des chauves-souris comprennent les recherches de perchoirs (gîtes; Fig. 10.21) et la capture avec des filets à main (voir [21]). L'idéal est d'appliquer un mélange de plusieurs méthodes d'échantillonnage pour obtenir un inventaire (quasi) exhaustif des espèces [28].

## 2. MANIPULATION DES CHAUVES-SOURIS

Si les filets japonais et/ou les pièges-harpes sont les principaux moyens de capture, il est conseillé (en cas de besoin) de demander conseil et de suivre une formation adéquate sur la façon de dégager les chauves-souris des filets et de les manipuler. Étant donné que les chauves-souris peuvent être porteuses de maladies [29], le risque d'infection peut être minimisé en prenant des précautions pour éviter leurs morsures et en se vaccinant contre la rage. Dans les études impliquant la capture puis le relâcher de chauves-souris, il

[21]). Ideally, a mix of several sampling methods should be applied to achieve a (near-) comprehensive inventory of species [28].

## 2. BAT HANDLING

If mist nets and/or harp traps are the main capture devices in a study, it is recommended, if needed, to seek advice and to receive proper training how to extract bats from the nets and how to handle them. As bats are known to host various diseases [29], infection risk can be kept at a minimum with precautions to avoid in getting bitten by bats, and rabies vaccination is essential. Any study that involves capture and subsequent release of bats requires that animals are handled in a stress-minimizing way by freeing them quickly from the net and keeping them temporarily in soft cloth bags before they are processed and released again at the capture site. Measurements of the bats (e.g. size, body mass, age, gender, reproductive conditions) should to be taken in a standardized way that follows international recommendations. Detailed instructions are given in Kunz and Parsons [22].

est recommandé de limiter la manipulation des animaux afin de réduire le stress associé. Il faut donc les dégager rapidement du filet et les garder temporairement dans un sac en toile avant de les traiter et de les relâcher sur le site de capture. Les informations prises sur les chauves-souris (par exemple la taille, la masse corporelle, l'âge, le sexe, l'état reproducteur) doivent suivre une procédure standardisée, conformément aux recommandations internationales. Des instructions détaillées sont fournies par Kunz & Parsons [22].

### 3. IDENTIFICATION DES ESPECES ET SPECIMENS DE REFERENCE

La qualité d'une étude sur les chauves-souris dépend d'une identification correcte des espèces. La **taxonomie** des chauves-souris en Afrique est en constante évolution et il n'est pas surprenant de découvrir de nouvelles espèces. La première étape, qui consiste à rassembler l'information nécessaire à l'identification à partir de sources diverses (publications, livres, experts auprès de musées et autres institutions académiques), doit être suivie d'une formation, idéalement dispensée par des experts dans le domaine, sur la manière d'utiliser les clés d'identification. [30] et [31] proposent des clés quelque peu dépassées mais toujours utiles. Des photos détaillées

### 3. SPECIES IDENTIFICATION AND VOUCHER SPECIMEN

The quality of any study on bats depends on correct species identification. The **taxonomy** of the bat **fauna** of Africa is in a state of flux, and it is not surprising to find new species. As a first step, materials for species identification need to be gathered from various sources (publications, books, experts at museums and other academic institutions) followed by training, ideally through experts in this field, on how to use identification key(s). Outdated but still useful keys are included in [30] and [31]. Detailed photographs and tissue samples for later DNA analysis are helpful for documentation. In cases where species cannot be identified in the field, collection of voucher **specimens** is recommended, which can be subsequently sent to experts for identification (for details see [32]). It is recommended to pro-actively search for contacts with experts in museums, at universities or research institutions who have a background in the respective bat fauna.

### 4. STUDY DESIGN

Studies on bats are very much needed to improve our knowledge of African bats. As those studies are rather time-

et des échantillons de tissu pour analyses ADN ultérieures représentent des données très utiles. Si les espèces ne peuvent être étudiées sur place, il est recommandé de collecter des spécimens de référence qui sont envoyés plus tard aux experts pour être identifiés (voir [32]). Au préalable, il convient de prendre contact avec les experts des musées, universités ou centres de recherche ayant une connaissance des **faunes** de chauve-souris concernées.

### 4. PLAN D'ETUDE

L'étude des chauves-souris est vraiment nécessaire pour approfondir nos connaissances sur ces animaux sur le continent africain. Étant donné que ces études prennent du temps, nécessitent beaucoup de matériels ainsi qu'une préparation et une expertise conséquentes, il est primordial, pour en assurer la réussite, de définir clairement leurs objectifs avant de commencer. Ces objectifs déterminent les procédures d'analyse (les statistiques), la taille de l'échantillon requis pour obtenir des résultats significatifs et le nombre de répétitions nécessaires. Dans certaines études, le marquage des chauves-souris est important pour obtenir des données de «capture / recapture» [33] tandis que dans d'autres, la description détaillée des micro-habitats représente l'élément crucial. L'étude

intensive and require substantial preparations, materials and expertise, it is essential for the success of the project to clearly define the goal of the study at the outset. The goal of the study determines the analytical approach (statistics), the sample size needed to obtain meaningful results, and how many replications are required. For some studies, marking bats might be important for capture-recapture data (see [33]), in others detailed descriptions of microhabitats might be critical elements. In community studies, the quality of the data should be controlled for by species richness estimators as a way to find out how well sampled the study sites are. In preparation for any kind of study, detailed protocols should be established, including spread sheets that permit fast and reliable data entry and subsequent analysis. The locations of capture devices as well as roost and feeding sites should be documented with **GPS receivers**.

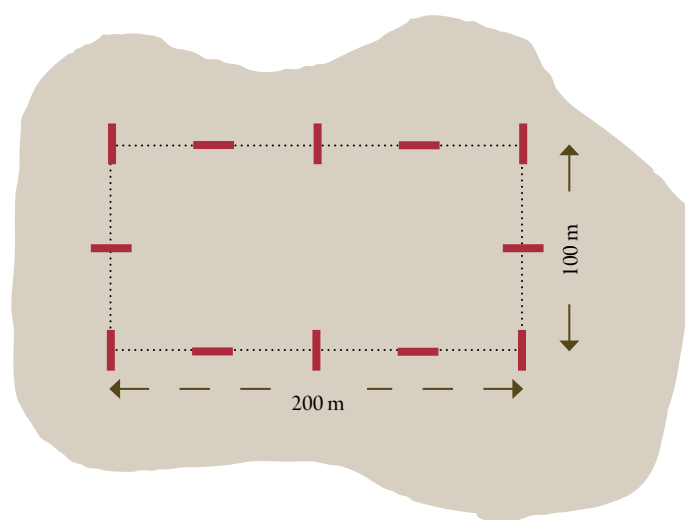
### ASSESSING ASSEMBLAGE STRUCTURE AND SPECIES RICHNESS OF BATS

Studies on bats usually follow one of two ways. They either focus on composition and structure of bat assemblages or the studies are designed to maximize documentation of species

des communautés et la qualité des données doivent être évaluées au moyen d'estimateurs de la diversité spécifique qui permettent de juger de l'efficacité de l'échantillonnage. Avant toute étude, il est recommandé d'établir des protocoles détaillés comprenant des feuilles d'analyse permettant une saisie de données rapide, efficace, et adaptées aux analyses à suivre. Les emplacements des dispositifs de capture, les perchoirs et les lieux d'alimentation doivent être enregistrés grâce à des récepteurs GPS<sup>7</sup>.

### EVALUATION DE LA STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS ET DE LA DIVERSITÉ DES ESPÈCES DES CHAUVES-SOURIS

Les études relatives aux chauves-souris s'orientent généralement vers une de ces deux directions : elles se concentrent soit sur la composition et la structure des communautés, soit sur



**Fig. 10.20:** Disposition standardisée de filets japonais au niveau du sol (barres) selon des transects. Le piège-harpe est installé dans des sites appropriés le long du transect, le système de filets élevés (« filets de canopée ») à l'intérieur ou à proximité du transect. | Standardized arrangement of ground-level mist nets (bars) in transects. The harp trap was installed in suitable sites along the transect path, the elevated net system ("canopy nets") within or next to the transect.

l'optimisation de la documentation de la diversité des espèces. Cette dernière thématique est importante pour l'évaluation rapide de la richesse spécifique dans des zones n'ayant pas encore été inventoriées, où l'échantillonnage est quasiment inexistant ou bien étant sous l'imminence d'une menace, par exemple du fait de changements dans les modes d'utilisation des terres ou du fait d'une exploitation minière intensive.

L'évaluation de la structure des communautés et de leurs changements dans le temps exige l'utilisation d'un protocole de capture standardisé. Ceci garantit la comparaison entre les données et l'application de méthodes statistiques. Par exemple, pendant chaque période d'échantillonnage, on installera le même nombre de filets japonais selon la même configuration. La figure 10.20 illustre un exemple de configuration standardisée de filets japonais utilisées dans le cadre du projet **BIOTA**<sup>7</sup> [19]. L'échantillonnage standardisé à des intervalles prédéfinis sur une longue durée (plusieurs années) permet d'obtenir des informations précieuses sur la dynamique de la diversité et le renouvellement des espèces [18, 19]. Il est possible d'obtenir des résultats similaires en utilisant d'autres moyens de capture ou grâce à l'inventaire acoustique, sous réserve que ces protocoles aient été standardisés.

richness. The latter is particularly important for rapid species assessments in areas that have never been inventoried, that are seriously undersampled, or that are under immediate threat, for example through changes in land use or extensive mining activities. Assessment of assemblage structure and change over time requires the use of a highly standardized capture protocol. This ensures that data are comparable with each other and that statistical methods can be applied. For instance, the same number of mist nets needs to be set during each sampling period in the same configuration and for the same length of time. Figure 10.20 gives an example illustrating a standardized mist net configuration used in the **BIOTA**<sup>7</sup> project [19]. Standardized sampling at pre-determined intervals over longer time periods (several years) permits exciting new insights into the dynamics of species richness and turnover [18, 19]. Similar results can be obtained with the placement of other capture devices or acoustic monitoring if it is done in a standardized way. If the goal of a study is to maximize the number of species present in an area, opportunistic sampling is more effective. Here, mist nets and/or harp traps are placed deliberately at sites where capture success is high and maximum number of species can be expected.



Si l'objectif de l'étude est de maximiser le nombre d'espèces présentes dans une zone, l'échantillonnage opportuniste est alors plus efficace. Dans ce cas, les filets japonais et/ou les pièges-harpes sont intentionnellement placés dans des endroits où les chances de capture sont élevées et où on espère récolter le plus grand nombre d'espèces possible. C'est le cas notamment quand les chauves-souris sont piégées ou enregistrées près des grottes, sur des voies de passage, près d'un plan d'eau ou en bordure de forêt. L'échantillonnage opportuniste s'applique à une grande variété d'habitats, à l'aide de différentes méthodes (filets de sous-bois, filets de canopée, pièges-harpes) mises en œuvre sur de nombreux sites.

Ces deux approches ont été menées lors du projet BIOTA : la structure des communautés d'espèces et la diversité des chauves-souris ont été évaluées à l'aide de méthodes standardisées sur de longues durées, alors que les régions inexplorées étaient échantillonnées de façon opportuniste au cours de périodes courtes.

This is the case if bats are trapped or recorded near caves or in their main flyways, e.g. near water bodies or forest edges. Opportunistic sampling is done in a wide variety of habitats and sampling methods, combining, for example, understory nets, elevated nets and harp nets in a maximum number of sites. Both approaches have been realized in the BIOTA project: structure of species assemblages and diversity of bats have been studied with standardized methods over long periods while unexplored regions were opportunistically sampled over short periods.

**Fig. 10.21:** Rhinolophes (*Rhinolophus fumigatus*) dans leur gîte: grotte en Burkina Faso. | Horseshoe bats (*Rhinolophus fumigatus*) in their day roost: cave in Burkina Faso. JFA



## BIBLIOGRAPHIE CHAPITRE 10

### REFERENCES CHAPTER 10

- [1] Bignell DE & Eggleton P. 2000: Chapter 17: Termites in Ecosystems. Pages 363-387 in T. Abe, (ed). *Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology*. Kluwer Academic Publishers.
- [2] Jones DT & Eggleton P. 2000: Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology*, 37, 191-203.
- [3] Agosti D, Majer DJ, Alonso LE & Schultz TR. 2000: *Ants - Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Princeton Editorial Associates.
- [4] Berghoff S, Gadau J, Winter T, Linsenmair KE & Maschwitz U. 2003: Sociobiology of hypogaean army ants: characterization of two sympatric *Dorylus* species on Borneo and their colony conflicts. *Insectes Sociaux*, 50, 139-147.
- [5] West G. 1990: Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41, 199-222.
- [6] Hunter JR, Macewicz BJ. 2003: Improving the accuracy and precision of reproductive information used in fisheries. *Fisken og Havet*, 12, 57-68.
- [7] Jons GD, Miranda LE. 1997: Ovarian weight as an index of fecundity, maturity, and spawning periodicity. *Journal of Fish Biology*, 50, 150-156.
- [8] Hyslop EJ. 1980: Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17, 411-429.
- [9] Cortés E. 1997: A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 726-738.
- Cortés E. 1998: Methods of studying fish feeding: reply. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 2708.
- [10] Hansson S. 1998: Methods of studying fish feeding: a comment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 2706-2707.
- [11] Rödel M-O & Ernst R. 2004: Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. I. An evaluation of methods with recommendations for standardization. *Ecotropica*, 10, 1-14.
- [12] Veith M, Lötters S, Andreone F & Rödel M-O. 2004: Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. II. Estimating species richness from standardized transect censusing. *Ecotropica*, 10, 85-99.
- [13] Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayek L-AC & Foster MS. (eds). 1994: *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians*. Washington & London, Smithsonian Institution Press.
- [14] Krebs CJ. 1989: *Ecological Methodology*. New York, Harper Collins Publishers.
- [15] McCune B & Grace JB. 2002: *Analysis of ecological communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- [16] Jones G, Jacobs DS, Kunz TH, Willig MR, Racey PA. 2009: Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, 8, 93-115.
- [17] O'Shea TJ & Bogan MA (eds). 2003: *Monitoring trends in bat populations of the United States and territories: Problems and prospects*. U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey, Fort Collins, Colorado. [www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub\\_abstract.asp?PubID=21329](http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub_abstract.asp?PubID=21329)
- [18] Meyer CFJ, Aguiar LMS, Aguirre LF, Baumgarten J, Clarke FM, Cosson J-F, Estrada Villegas S, Fahr J, Faria D, Furey N, Henry M, Hodgkison R, Jenkins RKB, Jung KG, Kingston T, Kunz TH, MacSwiney Gonzalez MC, Moya I, Pons J-M, Racey PA, Rex K, Sampaio EM, Stoner KE, Voigt CC, von Staden D, Weise CD & Kalko EKV. 2010: Long-term monitoring of tropical bats for anthropogenic impact assessment: Gauging the statistical power to detect population change. *Biol. Conservation*, 143, 11, 2797-2807.
- [19] Fahr J & Kalko EKV. 2010: Biome transitions as centres of diversity: Habitat heterogeneity and diversity patterns of West African bat assemblages across spatial scales. *Ecography* 33, doi: 10.1111/j.1600-0587.2010.05510.x
- [20] Djossa BA, Sinsin BA, Kalko EKV, Fahr J. 2008: Inventory of bat species of Niaouli Forest, Bénin, and its bearing on the significance of the Dahomey Gap as zoogeographic barrier. *African Bat Conservation News*, 15, 4-6.
- [21] Kunz TH, Hodgkison R, Weise CD. 2009: Methods of capturing and handling bats. In: *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd ed. Kunz TH and Parsons S (eds) The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp3-35.
- [22] Kunz TH & Parsons S (eds). 2009: *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [23] Francis CM. 1989: A comparison of mist nets and two designs of harp traps for capturing bats. *J. Mamm* 70, 865-870.
- [24] Kalko EKV, Estrada-Villegas S, Schmidt M, Wegmann & Meyer CFJ. 2008: Flying high – assessing the use of the aerosphere by bats. *Journal of Integrative and Comparative Biology*, 48, 60-73.
- [25] MacSwiney GMC, Clarke FM & Racey PA. 2008: What you see is not what you get: The role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *J Appl Ecol* 45, 1364-1371.
- [26] Barclay RMR. 1999: Bats are not birds - A cautionary note on using echolocation calls to identify bats: A comment. *J Mamm* 80, 290-302.
- [27] Meyer CFJ, Schwarz CJ, Fahr J. 2004: Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forest-savanna mosaic. *Journal of Tropical Ecology*, 20, 397-407.
- [28] Flaquer C, Torre I, Arrizabalaga A. 2007: Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *J Mamm* 88, 526-533.
- [29] Demma LJ, Schmitz A, Hanlon C, Rupprecht CE. 2009. Public health concerns and bat researchers. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd ed. Kunz TH and Parsons S (eds) The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp828-848.

- [30] Rosevear DR. 1965: The Bats of West Africa. Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- [31] Hayman RW & Hill JE. 1971: Order Chiroptera, in: The Mammals of Africa, an Identification Manual, (eds. Meester, J. & Setzer, H. W.), 1-73. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- [32] Simmons NB & Voss RS. 2009: Collection, preparation and fixation of bat specimens and tissues. In: Ecological and behavioral methods for the study of bats. 2nd ed. Kunz TH and Parsons S (eds) The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- [33] Kunz TH & Weise CD. 2009: Methods and devices for marking bats. In: Ecological and behavioral methods for the study of bats. 2nd ed. Kunz TH and Parsons S (eds) The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp36-56.

### **Lisant plus loin dans les méthodes de terrain et l'identification des espèces | Further reading for field methods and species identification**

#### **Vegetation | Vegetation**

- Brower JE, Zar JH & von Ende CN. 1998: Field and Laboratory Methods for General Ecology.
- Cottam G & Curtis JT. 1956: The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 44, 349-360.
- Kent M & Coker P. 1992: Vegetation Description and Analysis, a Practical Approach. John Wiley & Sons (ed.), Chichester.
- Kershaw KA & Looney JHH. 1983: Quantitative and Dynamic Plant Ecology. Edward Arnold, London.
- Sutherland WJ (ed). 1996: Ecological Census Techniques a Handbook. Cambridge University Press.
- Pounds JA. 2001: Climate and amphibian declines. *Nature* 410, 639-683.

#### **Termites & fourmis | Termites & ants**

- Bolton B. 1994: Identification guide to ant genera of the world. Harvard University Press.
- Bolton B. 1995: A New General Catalogue of the Ants of the world. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Bolton B. 1996: A preliminary analysis of the ants (Formicidae) of Pasoh forest reserve. In Lee, S. L., Dan, Y. M., Gauld, I. D., Bishop, J. B. (eds) Conservation Management and Development of Forest. Proceedings of the Malaysia-United Kingdom Programme workshop. Frim, Kuala Lumpur pp84-95.

- Bolton B. 2003: Synopsis and Classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute* 71, 1-370.
- Bouillon A & Mathot G. 1965: Quel est ce termite africain ? *Zoology n°1 Leopoldville Univ, Leopoldville*.
- Bouillon A & Mathot G. 1971: Quel est ce termite africain ? *Zoology n°1 supp 2*.
- Emerson EA. 1928: Termites of the Belgian Congo and the Cameroon. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist. (Ent.)*, 95, 401-574.
- Grasse PP. 1986: Termitologia. Tome III. Comportement, socialité, écologie, évolution, systématique. Fondation Singer-Polignac, Masson, Paris.
- Hamad M. 1950: The phylogeny of termite genera based on imago-worker mandibles. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist. (Ent.)*, 95, 36-86.
- Sands WA. 1972: The soldierless termites of Africa (Isoptera: Termitidae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)*. 18, 1-344.
- Sands WA. 1998: The Identification of worker castes of termites genera from soils of Africa and the Middle East. CAB International and Natural resources institute.
- Sjöstedt Y. 1925: Keys to the genera of the African termites. Ibadan University press. Pp1-35.
- Sjöstedt Y. 1925: Revision der Termiten Afrikas. *Kungl. Sv. Vet. Akademiens Handlingar*, 3, 218 – 255.

#### **Poissons | Fish**

- Lévêque C, Bruton MN & Ssentogo GW. 1988: Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains. Éditions de l'ORSTOM.
- Neumann D. 2010: Preservation of freshwater fishes in the field (Chapter 22). In: Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring. Eymann J, Degreef J, Häuser C, Monje JC, Samyn Y and van den Spiegel D (eds). *ABC Taxa*, 8, part 2, 587-631.
- Paugy D, Lévêque C & Teugels GG. 2003: Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Collection Faune et Flores tropicales 40. IRD, Paris.

#### **Amphibians | Amphibians**

- Houlahan JE, Findlay CS, Schmidt BR, Meyer AH, & Kuzmin SL. 2000: Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404, 752-755.
- Howell K. 2002: Amphibians and reptiles: the herptiles. Pp. 17-44 in: Davis G. (ed) 2002. African forest biodiversity. A field survey manual for vertebrates. Oxford, U.K., Earthwatch Institute (Europe).
- Kiesecker JM, Blaustein AR & Belden LK. 2001: Complex causes of amphibian population declines. *Nature*, 410, 681-684.



Lips KR, Reaser JK, Young BE & Ibáñez R. 2001: Amphibian monitoring in Latin America: A protocol manual. *Herpetol. Circ.* 30, 1-115.

Parris KM. 1999: Review: amphibian surveys in forests and woodlands. *Contemporary Herpetology* 1: <http://www.cnah.org/ch/ch/1999/1/index.htm>, 18 pp.

### **Chauve-souris | Bats**

Happold M & Happold DCD. (eds), in press. *The Mammals of Africa, Vol. 4: Hares and Rabbits, Hedgehogs, Shrews and Bats*. University of California Press.

Monadjem A, Taylor PJ, Cotterill FPD & Schoeman MC. 2010: *Bats of Southern and Central Africa: A Biogeographic and Taxonomic Synthesis*. Wits University Press, Johannesburg, South Africa.

### **Mesures et statistiques de la biodiversité | Biodiversity measurements and statistics**

Magurran AE. 2004: *Measuring biological diversity*. Blackwell, Oxford, United Kingdom.

Colwell RK. 2000: EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 6.01b. published at <http://viceroy.eeb.uconn/estimates>.

Legendre P & Legendre L. 1998: *Numerical ecology. Developments in environmental modelling* 20. 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.

