

# Sommaire

Préface de Jean Roché .....	8
Préface de Philippe Jourde .....	10
Remerciements .....	12
Avant-propos .....	18
Liste des espèces étudiées .....	21
Glossaire des termes utilisés .....	22
Liste des abréviations .....	30

## Chapitre 1

### Sons et sonar biologique 33

Généralités .....	34
Introduction .....	34
Historique .....	34
Principe général de la localisation acoustique .....	36
Quelques notions de physique acoustique .....	38
Nature du son .....	38
Caractéristiques des ondes sonores .....	38
Propagation des sons .....	39
Sons simples et sons complexes .....	40
Analyse des sons .....	41
Fonctions des sons .....	42
Émission et réception .....	43
Émission .....	43
Réception .....	43
Cris sonar et cris sociaux .....	44

## Chapitre 2

### Détecteurs d'ultrasons 47

Caractéristiques techniques .....	48
Le microphone .....	48
Traitement des ultrasons perçus .....	49
Systèmes de décodage des ultrasons .....	51
La division de fréquence .....	51
L'hétérodyne .....	53
L'expansion de temps .....	54
L'analyse assistée par ordinateur .....	56
Quel détecteur pour quel usage ? .....	59
Outils associant l'observateur sur le terrain .....	59
<i>Détecteurs hétérodyne seul</i> .....	59
<i>Détecteurs avec division de fréquence</i> .....	60
<i>Détecteurs avec expansion de temps</i> .....	60
Outils d'enregistrement automatique .....	60
<i>Systèmes à expansion de temps/enregistreurs hautes fréquences</i> .....	61
<i>Systèmes à division de fréquence</i> .....	61
Quelles caractéristiques techniques pour quelle étude ? .....	61
<i>Inventaires qualitatifs (liste d'espèces)</i> .....	61
<i>Inventaires quantitatifs (mesure de l'activité : étude d'habitats)</i> .....	63
<i>Inventaires qualitatifs et quantitatifs</i> .....	63
<i>Recherches sur le sonar</i> .....	64

### Chapitre 3 Signaux sonar de chiroptères : classification et interprétation 67

Méthode d'analyse auditive .....	68
Principe méthodologique .....	68
Processus d'identification .....	69
Entraînement auditif .....	69
Méthode d'analyse informatique .....	71
Utilisation du logiciel d'analyse BatSound .....	71
Lecture des types de représentation graphique .....	76
<i>Le spectrogramme ; représentation de la structure</i> .....	77
<i>L'oscillogramme ; représentation de l'enveloppe</i> .....	78
<i>La densité spectrale ; représentation de la répartition fréquentielle de l'énergie</i> ..	79
Interprétation des types de structure des signaux .....	80
<i>Structure FM abrupte</i> .....	80
<i>Structure QFC</i> .....	81
<i>Structure FM aplanie (FM/QFC)</i> .....	84
<i>Structure FC (FMa/FC/FMd), ou la « technologie Doppler »</i> .....	85
<i>Les harmoniques</i> .....	86
Méthodologie de mesures des signaux .....	88
<i>Généralités</i> .....	88
<i>Mesures d'un signal FM</i> .....	89
<i>Mesures d'un signal QFC (LB &lt; 5 kHz)</i> .....	92
<i>Mesures d'un signal FM/QFC ou FM aplanie</i> .....	95
<i>Mesures d'un signal FMa/FC/FMd</i> .....	96

### Chapitre 4 Identification acoustique des chiroptères 99

Méthode et matériel .....	100
L'identification auditive grâce à l'hétérodyne .....	103
Critères à utiliser pour l'identification .....	104
<i>La fréquence du maximum d'énergie</i> .....	104
<i>La structure</i> .....	104
<i>Le rythme</i> .....	107
<i>L'intensité</i> .....	109
Confusions possibles .....	109
Identification des FC longues (FM/QFC/FM des Rhinolophes) .....	110
Identification des QFC et FM aplanies .....	111
<i>Groupe des QFC ou FM aplanie de durées courtes à moyennes, FME &gt; 30 kHz</i> ..	112
<i>Groupe des QFC ou FM aplanie de durées moyennes à longues, FME &lt; 30 kHz</i> ..	117
Identification des FM abruptes .....	123
Identification grâce aux cris sociaux .....	125
Clé d'identification simplifiée en hétérodyne .....	126
L'identification auditive et informatique grâce à l'expansion de temps ...	127
Critères à utiliser pour l'identification .....	129
<i>La structure</i> .....	129
<i>La largeur de bande</i> .....	133
<i>La durée</i> .....	134
<i>La sonorité</i> .....	135
<i>La hauteur de la bande de fréquences</i> .....	136

<i>La répartition de l'énergie</i> .....	137
<i>Le rythme</i> .....	140
<i>La lecture des graphiques bivariés</i> .....	143
Identification des FC (Rhinolophes) .....	146
Identification des QFC/FM descendante .....	149
Identification des QFC, FM/QFC et FM aplanies .....	152
<i>FME &lt; 30 kHz</i> .....	154
Signaux QFC .....	154
Cas particuliers des signaux QFC < 20 kHz .....	155
Signaux QFC ou FM aplanie alternés en fréquence .....	159
Signaux FM/QFC, FM aplanie (ou FM bande étroite) .....	159
Séquences de signaux QFC, FM/QFC et FM aplanie avec FME < 30 kHz .....	164
<i>FME &gt; 30 kHz</i> .....	166
Signaux QFC .....	169
Signaux FM/QFC, FM aplanie (ou FM bande étroite) .....	172
Séquences de signaux QFC, FM/QFC et FM aplanie avec FME > 30 kHz .....	178
Identification des FM .....	181
<i>Sonorité nasillarde</i> .....	183
Différenciation entre genres <i>Barbastella</i> et <i>Plecotus</i> .....	183
Différenciation spécifique au sein du genre <i>Plecotus</i> .....	186
Séquences de signaux FM à sonorité nasillarde .....	189
<i>Sonorité sifflée</i> .....	192
Différenciation des espèces FM/QFC en approche et FM types .....	192
Cas particulier des signaux « alternance » de <i>B. barbastellus</i> .....	195
FME < 35 kHz .....	197
FME > 35 kHz (genre <i>Myotis</i> ) .....	197
Identification grâce aux cris sociaux .....	240
<i>Genre Myotis</i> .....	240
<i>Genre Pipistrellus</i> .....	242
<i>Genres Hypsugo et Vespertilio</i> .....	245
<i>Genre Nyctalus</i> .....	246
<i>Genre Plecotus</i> .....	248
Clé d'identification générale .....	250

## Chapitre 5

## Applications

253

Recherche de gîtes .....	254
Introduction et objectifs .....	254
Conditions préalables .....	254
Préparation .....	254
Recherche des terrains de chasse .....	255
Recherche des voies de déplacement .....	255
Recherche des gîtes .....	255
Recherche des territoires nuptiaux .....	257
La méthode en pratique .....	258
Suivis de populations .....	260
Études d'habitats .....	264
Le détecteur à ultrasons est-il un outil objectif pour accorder une valeur aux habitats ? .....	264
Biais d'inconstance spatiotemporelle .....	266
Unité de mesure de l'activité .....	266
Identification .....	269

Détectabilité des espèces .....	269
Types d'activités : chasse, transit, social .....	270
Indices d'activité .....	271
Séances d'écoute .....	276
Transects et points d'écoute .....	277
Durée et répétition des points d'écoute .....	277
Variables descriptives des habitats .....	278
Méthode d'enregistrement en continu .....	280

## Chapitre 6 **Écologie acoustique** **289**

Concept .....	290
Exemple 1 : le sonar de la Barbastelle .....	292
Description des signaux alternés de <i>B. barbastellus</i> .....	292
Circonstances d'émission des signaux alternés .....	294
Comparaison entre signaux alternés de <i>B. barbastellus</i> et <i>N. noctula</i> ...	294
Hypothèse d'un rapport entre les signaux alternés de <i>B. barbastellus</i> et son régime alimentaire .....	294
Exemple 2 : le sonar de la Grande noctule .....	298
Audiogramme des passereaux migrateurs nocturnes .....	299
Pression de prédation .....	300
Contre-stratégie du prédateur .....	301
Pistes de recherche .....	306
Les émissions « explosives » de <i>Nyctalus leisleri</i> .....	306
Les signaux des Oreillards .....	306
Les signaux alternés en intensité de <i>Miniopterus schreibersii</i> .....	308
L'amplitude des variations fréquentielles chez les Rhinolophes .....	309
Les différences de structure, concave <i>versus</i> convexe .....	309
Le déterminisme du claquement final ; une spécialisation forte chez <i>Myotis nattereri</i> ? .....	310

## Chapitre 7 **Questions couramment posées sur la détection et l'identification acoustique** **313**

À propos de l'hétérodyne .....	314
À propos de l'expansion de temps .....	316
À propos des graphiques bivariés sur Excel .....	317
À propos de l'étude de l'activité .....	320

## Chapitre 8 **Perspectives** **323**

Évolution du matériel .....	324
Évolution de la méthode .....	324
Extension de la méthode .....	325
Transmission du savoir .....	325

## **Annexes** **329**

Bibliographie .....	330
Graphiques d'identification des signaux des trois espèces d'Oreillards étudiées .....	332
Index .....	338