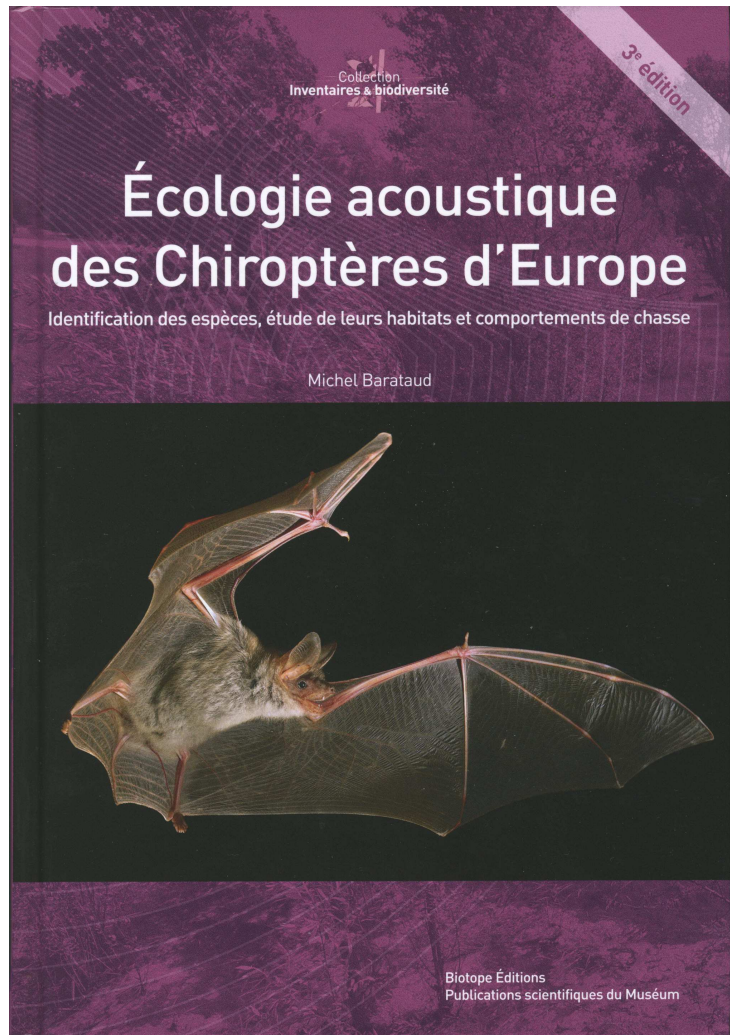


BARATAUD, M. 2015.

## **Écologie acoustique des chiroptères d'Europe.**

Identification des espèces,  
études de leurs habitats  
et comportements de chasse.

Biotope, Mèze ;  
Muséum national d'histoire naturelle,  
Paris (collection Inventaires et  
Biodiversité),  
344 p.



**3<sup>e</sup> EDITION ; juin 2015**

---

***MODIFICATIONS***

---

**mise à jour datée du 02 avril 2020**

Les parties à modifier sont en **rouge**, les corrections en **bleu**.

## Livre :

- ❖ **tout le livre (vérifier tableaux et encadrés) et PDF de légende des sons** : remplacer *M. oxygnathus* par *M. blythii* (le nom vernaculaire « Petit murin » reste inchangé).
- ❖ **p. 15** : alinéa « Marc Van de Sijpe » : remplacer « 34 espèces » par « 35 espèces ».
- ❖ **p. 22, 27 et 29** : remplacer le mot « sonorité » par le mot « timbre » (modifier aussi les accords des adjectifs, le genre des articles, etc.). **p. 29** : rajouter un terme en fin de titre de la rubrique « Timbre sifflé, bitonal, multitonal, miaulé » et déplacer cette rubrique p. 30 avant « Tympan ». Modifier le début de l'alinéa 3 de cette rubrique (Timbre...) par le suivant : « un signal FM dont l'intensité maximale porte sur plusieurs harmoniques a parfois un timbre qualifié de nasillard (signaux courts à FME > 25 kHz) ou miaulé (signaux longs à FME < 25 kHz) ; etc. ».
- ❖ **p. 22** : § Courbe de réponse ; remplacer le texte : « Un microphone ne restitue pas de la même façon les différentes fréquences. La réalité montre que le rendu décroît fréquemment avec l'augmentation de la fréquence. Ainsi les fréquences élevées peuvent être sous-évaluées. » par « Selon les caractéristiques propres aux différents modèles de microphones, certaines parties de leurs gammes fréquentielles (notamment au-dessus de 100 kHz) peuvent être plus ou moins bien restituées. Les constructeurs publient généralement le graphique affichant la courbe de réponse de leur produit, qui est nécessaire à une bonne interprétation des résultats d'enregistrement. »
- ❖ **p. 24** : créer le § suivant : « **Fréquence d'échantillonnage (FE)** : Lorsque qu'un signal est numérisé pour un enregistrement, il est échantillonné à une fréquence donnée, de manière à reproduire le plus fidèlement possible l'information de la courbe analogique continue initiale ; plus la FE est élevée, plus la copie numérique est fidèle notamment dans les hautes fréquences. »
- ❖ **p. 24** : créer le § suivant : « **Fréquence de Nyquist** : Harry Nyquist, docteur en physique d'origine suédoise, a énoncé en 1927 qu'un signal analogique doit être échantillonné à au moins deux fois la plus haute fréquence le constituant si l'on veut le convertir en un signal numérique correspondant. Ainsi, le spectrogramme d'un enregistrement affiche sur l'axe des ordonnées une fréquence maximale (dite « fréquence de Nyquist ») égale à la moitié de la fréquence d'échantillonnage ; ce qui est au-dessus de la fréquence de Nyquist n'apparaît pas, ou bien apparaît sous forme de repliement artefactuel. »
- ❖ **p. 26** : créer le § suivant : « **Miaulé** (voir Timbre). »
- ❖ **p. 28** : § Repliement fréquentiel ; remplacer le texte : « Lorsque l'on numérise un signal analogique, on le périodise en fréquences. Ainsi un signal contenu entre 0 et 100 kHz sera répliqué entre 200 et 400, 400 et 600 kHz et au delà. Ceci avec une fréquence d'échantillonnage de 200 kHz. Si le signal original va au-delà de la fréquence d'échantillonnage, les répliques se superposent et font apparaître des artefacts sur les graphiques. Des filtres dits « anti alias » éliminent ces artefacts. » par « Lors de la numérisation d'un signal analogique, si la fréquence de Nyquist (c'est-à-dire la moitié de la fréquence d'échantillonnage) est inférieure aux plus hautes

fréquences balayées par le signal, ces dernières seront restituées sous forme d'artéfacts : des bruits parasites sur le plan auditif, et des repliements sur le spectrogramme. Par exemple, un signal FM balayant de 120 à 20 kHz, numérisé avec une FE de 200 kHz, sera coupé en haut du spectrogramme à 100 kHz, la partie supérieure de 100 à 120 kHz produisant un repliement qui apparaîtra (s'il est suffisamment intense) inversé entre 80 et 100 kHz. »

- ❖ **p. 28** : créer le § suivant : « **Résolution** : Nombre de valeurs que peut prendre chaque mesure faite lors de la numérisation d'un son ; elle s'exprime en bits. Une résolution de 8 bits induit 256 valeurs ( $2^8$ ) ; une résolution de 16 bits induit 65536 valeurs ( $2^{16}$ ), ce qui améliore considérablement la qualité de la conversion analogique-numérique, notamment à travers la dynamique de l'enregistrement (différence, en dB, entre les intensités les plus fortes et les plus faibles de toute la bande passante). »
- ❖ **p. 85** : légende Figure 29 ; remplacer « fréquence » par « FME ».
- ❖ **p. 86** : début § 2 ; remplacer « Sur la figure 31, on remarque que le signal sur 80 kHz est souligné et surligné d'homologues parfaitement alignés dans l'échelle temporelle, et dont les décalages correspondent à des multiples (40, 80, 120) ; le chapitre suivant sur les harmoniques va expliquer ce phénomène ; ce que l'on en retiendra pour l'instant, c'est que la fréquence du maximum d'énergie du Rhinolophe s'est déplacée, au cours du développement du juvénile, des fréquences basses vers les plus hautes en se concentrant sur le troisième harmonique (tous n'apparaissent pas sur ce spectrogramme). » par « Sur la figure 31, on remarque que le composant le plus intense sur 110 kHz est souligné et surligné d'homologues parfaitement alignés dans l'échelle temporelle, et dont les décalages correspondent à des multiples (55 et 165 ; les autres traces correspondent à des artefacts dus à une légère saturation) ; le chapitre suivant sur les harmoniques va expliquer ce phénomène ; ce que l'on en retiendra pour l'instant, c'est que la fréquence du maximum d'énergie des Rhinolophes s'est déplacée, au cours du développement du juvénile, du fondamental vers le premier harmonique. ».
- ❖ **p. 87** : § 2, ligne 5 ; remplacer « ... de cette famille où le résonateur (cavité nasale en l'occurrence) a filtré les harmoniques pour mettre le maximum d'intensité sur le troisième ; en effet, bien que nous ne voyions que deux composants sur le spectrogramme, il en existe deux autres (sur environ 28 et 84 kHz dans ce cas précis) trop faibles pour apparaître. Le fondamental de ce Petit rhinolophe est donc sur 28 kHz, et un harmonique (H) est donc produit tous les 28 kHz, même si ce sont seulement H1 et H3 qui apparaissent. » par « ... de cette famille où le résonateur (cavité nasale en l'occurrence) a déplacé l'énergie des différents composants ; ainsi la FME, initialement (en sortie du larynx) positionnée sur le fondamental, se retrouve en sortie des narines contenue dans l'harmonique 1. ».
- ❖ **p. 101** : tableau 1 ; certaines valeurs sont modifiées au fur et à mesure des nouvelles analyses (voir graphiques et valeurs dans les fichiers Excel déposés sur le site [ecologieacoustique.fr](http://ecologieacoustique.fr)) ; *M. oxygnathus* devient *M. blythii* et l'astérisque qui accompagne le nom est supprimé. La version ci-dessous est à jour :

Espèces	N. séquences	N. signaux FM	N. signaux FC & QFC	TOTAL signaux
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	129		129	129
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	53		53	53
<i>Rhinolophus euryale</i>	151		151	151
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	26		26	26
<i>Myotis daubentonii</i>	34	312		312
<i>Myotis capaccinii</i>	45	387		387
<i>Myotis dasycneme</i>	38	332		332
<i>Myotis brandtii</i>	40	672		672
<i>Myotis mystacinus</i>	32	331		331
<i>Myotis alcaethoe</i>	17	289		289
<i>Myotis emarginatus</i>	30	216		216
<i>Myotis nattereri</i>	48	189		189
<i>Myotis escaleraei</i>	8	70		70
<i>Myotis bechsteinii</i>	31	270		270
<i>Myotis myotis</i>	41	237		237
<i>Myotis blythii</i>	20	199		199
<i>Myotis punicus</i>	7	70		70
<i>Nyctalus noctula</i>	19	113	85	198
<i>Nyctalus leisleri</i>	14	50	73	123
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	27	119	77	196
<i>Eptesicus isabellinus</i>	10	19	16	35
<i>Eptesicus serotinus</i>	37	238	9	247
<i>Eptesicus nilssonii</i>	28	96	93	189
<i>Vespertilio murinus</i>	16	107	71	178
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	27	92	61	153
<i>Pipistrellus nathusii</i>	13	59	49	108
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	35	168	59	227
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	30	79	61	140
<i>Hypsugo savii</i>	11	49	32	81
<i>Plecotus auritus</i>	33	246		246
<i>Plecotus austriacus</i>	14	252		252
<i>Plecotus macrobullaris</i>	19	188		188
<i>Barbastella barbastellus</i>	16	109	1	110
<i>Miniopterus schreibersii</i>	22	84	40	124
<i>Tadarida teniotis</i>	33	52	92	144
<b>TOTAL</b>	<b>1153</b>	<b>5692</b>	<b>1178</b>	<b>6870</b>

- ❖ p. 127 à 251 : remplacer le mot « **sonorité** » par le mot « **timbre** » lorsque ce terme est associé à « nasillard », « miaulé », « multitonal », « sifflé » (modifier aussi les accords des adjectifs, le genre des articles, etc.).
- ❖ p. 129 : § LA STRUCTURE, ligne 7 ; remplacer « ...FC est d'autant plus audible que **l'harmonique 1** est intense » par « ...FC est d'autant plus audible que **le fondamental** est intense ».
- ❖ p. 129 : son DVD3.1 ; remplacer « ...**l'harmonique 1** est **apparent (figure 51)** et **perceptible**, ce qui donne une tonalité plus grave à l'ensemble, sauf sur les 6 derniers

signaux où il est moins intense. L'harmonique 3 (le plus intense) a une FME de 81 kHz... » par « ...le fondamental est visible (figure 51) et audible, ce qui donne une tonalité plus grave à l'ensemble, sauf sur les 6 derniers signaux où il est moins intense. L'harmonique 1 (le plus intense) a une FME de 81 kHz... ».

- ❖ p. 129 : son DVD3.2 ; remplacer « ... L'harmonique 3 (le plus intense) a une FME de 107,8 kHz » par « ... L'harmonique 1 (le plus intense) a une FME de 107,8 kHz ».
- ❖ p. 130 : légende Figure 51 ; supprimer « Seuls sont marqués les harmoniques : 1 (faible) 3 (intense) 5 (très faible) ».
- ❖ p. 130 : légende Figure 52 ; supprimer « Seuls sont marqués les harmoniques : 1 (très faible) 3 (intense) 5 (estompé) ».
- ❖ p. 135 : lignes 3 et 4, remplacer la phrase « Il est difficile de définir des seuils précis, mais les valeurs suivantes trouvent une cohérence dans les faits : » par « Il est difficile de définir des seuils précis, mais les valeurs présentées dans le Tableau 4a trouvent une cohérence dans les faits. ». Après la ligne 4, remplacer les 3 alinéas par le tableau suivant :

**Tableau 4a : Valeurs approximatives des tranches de durée (en ms) des signaux sonar des chiroptères, selon le type de structure.** NB : ces limites sont à considérer comme des approximations et non comme des valeurs absolues précises. Elles sont déterminées, pour chaque groupe d'espèces considéré, en fonction de nombreuses mesures réalisées sur spectrogramme et des estimations correspondantes de passage d'un comportement à un autre (notamment en termes de distance entre l'individu émetteur et les obstacles ou proies).

Grandes espèces ; FME < 30 kHz ( <i>Eptesicus</i> , <i>Vespertilio</i> , <i>Nyctalus</i> , <i>Tadarida</i> )			
Structures signaux sonar	Courte	Moyenne	Longue
QFC (LB < 5 kHz)	< 12	12 à 20	> 20
FM/QFC (LB > 5 kHz)	< 8	8 à 15	> 15
FM (approche)	< 5	5 à 10	

Petites espèces ; FME > 30 kHz ( <i>Hypsugo</i> , <i>Pipistrellus</i> , <i>Miniopterus</i> )			
Structures signaux sonar	Courte	Moyenne	Longue
QFC (LB < 5 kHz)	< 8	8 à 12	> 12
FM/QFC (LB > 5 kHz)	< 5	5 à 10	10 à 15
FM (approche)	< 3	3 à 5	

Espèces FM ( <i>Myotis</i> , <i>Plecotus</i> , <i>Barbastella</i> )			
Structures signaux sonar	Courte	Moyenne	Longue
QFC (LB < 5 kHz)			
FM/QFC/FM ( <i>M.dasychneme</i> )	5 à 10	10 à 15	> 15
FM	< 3	3 à 6	> 6

- ❖ p. 135 : § LE TIMBRE, alinéa 2 La sonorité multitonale, ligne 8 ; remplacer « ... de l'énergie vers l'harmonique 3 (voir figure 51), alors que l'harmonique 1 reste en général assez marqué bien que moins intense (le timbre multitonale est d'ailleurs d'autant mieux perceptible que H1 est intense : voir son DVD 3 n° 1). » par « ... de l'énergie vers l'harmonique 1 (voir figure 51), alors que le fondamental reste en général assez marqué bien que moins intense (le timbre multitonale est d'ailleurs d'autant mieux perceptible que le fondamental est intense : voir son DVD 3 n° 1). »
- ❖ p. 143 : ligne 2, remplacer « Plus de 6100 signaux... » par « Près de 7000 signaux... ».

- ❖ **p. 143** : fin de l'avant-dernier §, ajouter : « ... ainsi les foyers de densité maximale incarnent bien les pratiques acoustiques les plus fréquentes, et les points plus isolés des pratiques marginales. De ce fait, les graphiques permettent une utilisation qui dépasse la simple lecture à plat de valeurs dans un plan, désincarnées de leurs circonstances d'utilisation. Deux autres dimensions peuvent être appréciées : 1) la variation de densité de points au sein de la distribution étant révélatrice de la densité d'utilisation par l'espèce, des signaux représentés par quelques points dispersés ou excentrés ne se retrouvent jamais seuls dans une séquence, mais mélangés au comportement type incarné par le ou les foyers de plus forte densité ; 2) la pratique de certains types de signaux (par exemple la QFC chez *P. kuhlii* versus *P. nathusii*, ou tel type acoustique chez un *Myotis*) peut être liée à un comportement qui constitue une signature spécifique, par ailleurs détaillée dans le chapitre correspondant de ce livre, ou rappelée dans des encarts près des graphiques des fichiers Excel ; en connaissant ces critères comportementaux qui vont sélectionner positivement ou négativement des espèces dont les valeurs mesurées sont en recouvrement, l'utilisateur optimise l'interprétation des graphiques, et par suite les possibilités d'identification.
- ❖ **p. 148** : ligne 7 sous le tableau 5 ; remplacer « 102,5 à 104 kHz : ..... *R. euryale* probable à 94,5 % » par « 102,5 à 104 kHz : ..... *R. euryale* / *R. hipposideros* (*R. euryale* probable à 94,5 %) ».
- ❖ **p. 149** : après la ligne 3, rajouter le § suivant : « **Quels sont les éléments à prendre en compte lorsqu'on recueille une séquence de Rhinolophe entre 102,5 et 106,5 kHz, dans l'aire de distribution de *R. euryale* ?**

D'abord la FME de la partie FC doit se prendre sur les signaux les plus intenses de la séquence pour éviter la distorsion fréquentielle due à l'effet Doppler lorsque l'individu est en vol.

Ensuite, pour ce qui est d'attribuer la donnée à telle ou telle espèce (*R. hipposideros* ou *R. euryale*) suivant la FME mesurée, il ne faut pas confondre deux probabilités :

- l'une est statistique ; elle est calculée d'après les mesures effectuées sur un échantillonnage de signaux issu de plusieurs régions (principalement françaises) ;
- l'autre est évaluée et non quantifiable ; elle concerne la possibilité de rencontrer une espèce en un endroit donné, à partir des connaissances disponibles sur un contexte local (*R. euryale* est supposé rare ou absent dans de nombreuses zones, y compris au sein de son aire de distribution générale).

Ces deux probabilités sont indépendantes ; elles sont également importantes dans l'interprétation de la donnée.

Une probabilité statistique de 95 % en faveur de *R. euryale* sur la base de la fréquence de signaux, collectés dans une zone géographique où cette espèce n'est pas (encore) connue, signifie aussi que la probabilité d'être confronté à un individu de *R. hipposideros* émettant entre 102,5 et 106,5 kHz est de 5 %, autrement dit faible mais loin d'être nulle. Il est donc aussi incorrect de conclure de manière tranchée en faveur de l'une ou l'autre espèce sur la base unique de la gamme de fréquences, que de le faire en fonction de l'absence jusque-là constatée de *R. euryale* dans la zone considérée : une note « égarée » de *R. euryale*, sauf circonstances extrêmes (régions nordiques, plus de 1000 à 1500 m d'altitude, etc.) est toujours possible. Ainsi, dans de nombreux cas, il est préférable de commenter les deux probabilités de manière

indépendante, et le cas échéant de souligner l'incertitude qui en résulte en nommant le taxon « *R. euryale/hipposideros* ». ».

- ❖ **p. 149** : après la ligne 3 sous l'encadré, rajouter l'alinéa suivant : « - *P. kuhlii* : voir encadré p. 228. ».
- ❖ **p. 149** : 4 lignes avant la fin : remplacer « ... le type **A** augmente en durée... » par « ... le type **B** augmente en durée... ».
- ❖ **p. 154 à 232** : tous les tableaux et les graphiques de mesures de signaux sont à réactualiser (voir fichiers xls mis à jour sur le site [ecologieacoustique.fr](http://ecologieacoustique.fr)).
- ❖ **p. 155** : insérer après la ligne 25 le § suivant : « A l'inverse, certaines Sérotines émettant en QFC (notamment *V. murinus*, voir **son DVD 3.36a**), lors de phases de croisière en recherche active de proies et/ou d'obstacles, traduisent leur haute curiosité par une alternance plus ou moins régulière de signaux décalés en structure et/ou en FME ; les écarts de FME sont alors faibles (souvent < 1 kHz) et se justifient par le comportement de recherche active (une phase de signaux d'approche progressive est souvent présente) ; une fois cette phase de curiosité passée, les QFC typiques sans alternance sont seules présentes, mais ces critères réclament de longues séquences pour apprécier le comportement. ».
- ❖ **p. 164** : insérer entre les § son DVD 3.36 et son DVD 3.37, le § suivant : « **son DVD 3.36a** : séquence débutant par des signaux QFC à bande moyenne puis par des FM aplanie à bande étroite, sur 26-27 kHz ; on constate une alternance irrégulière de FME, mais dont l'écart est faible (< 1 kHz le plus souvent : il est utile d'écouter en hétérodyne avec le virtual bat detector de BatSound pour bien faire la différence avec *N. leisleri* par ex.). Une QFC basse juste avant l'approche est intrigante (phénomène déjà enregistré chez *N. lasiopterus*, voir **son DVD 3.48**) et pourrait révéler un souci de détection d'arrière plan lointain ou une stratégie de brouillage vis-à-vis d'une proie tympanée. Le rythme rapide de la dernière partie en QFC sans alternance ne convient pas à un transit passif de *N. leisleri* sans alternance, et de plus, les durées sont supérieures à 20 ms : *V. murinus* ; niveau de confiance : probable à certain. Enregistrement : Jean-François Desmet. ».
- ❖ **p. 176** : lignes 7 à 10, remplacer la phrase « Ceci est plus ou moins facilement perceptible selon les signaux, mais en comparant sur l'ensemble d'une séquence on augmente considérablement les chances de trancher entre ces espèces. » par « Ceci est plus ou moins facilement perceptible selon les signaux, mais en comparant sur l'ensemble d'une séquence on augmente les chances de trancher entre ces espèces (surtout entre *M. schreibersii* et *P. pipistrellus*, car *P. pygmaeus* s'avère plus variable dans ses courbures, qui sont parfois peu anguleuses). ».
- ❖ **p. 181** : dans l'ensemble du chapitre « IDENTIFICATION DES FM », remplacer le terme « **sonorité** » par le terme « **timbre** » (avec les conséquences de changement de genre, féminin *versus* masculin).
- ❖ **p. 201** : Tableau 17, ligne *M. mystacinus*, colonne « Milieu semi-ouvert » ; remplacer « **am ht/moy/(abs moy)** » par « (am ht)/am moy/abs moy ».
- ❖ **p. 202** : insérer, en fin du 3<sup>e</sup> § (après « ... Cette caractéristique permet de mieux discerner le comportement des individus contactés en aveugle. »), l'encadré suivant :

## Les transitions entre types acoustiques, ou comment rentrer dans l'intimité comportementale des espèces du genre *Myotis*.

Les types acoustiques sont reliés à des phases comportementales de vol : curiosité plus ou moins active durant la phase de croisière, phases initiale ou terminale d'approche.

Mais pour plusieurs espèces, nous avons constaté que le type acoustique est différent selon que la phase d'approche concerne un obstacle à éviter, ou une proie à capturer : il devient ainsi possible à l'observateur, uniquement par l'écoute des signaux expansés, d'appréhender avec une finesse insoupçonnée la finalité de chaque phase d'augmentation de la récurrence.

### Différences de transition entre 1) phase de croisière – approche de proie et 2) phase de croisière – approche d'obstacle :

*M. bechsteinii* : 1) abs moy – abs moy ; 2) abs moy – claq moy/ht.

*M. brandtii* : 1) abs moy (ou am&claq) – abs moy (ou am&claq) ; 2) abs moy (ou am&claq) – claq moy (ou am ht, ou claq ht).

*M. daubentonii* : 1) abs moy – abs moy ; 2) abs moy – (am moy) claq moy.

*M. emarginatus* : pas de différence constatée (claq ht dominant toutes phases d'approche).

*M. myotis/blythii* : 1) abs bas ou moy – abs moy ; 2) abs bas ou moy – (signaux hte FME) claq moy/bas.

*M. mystacinus* : 1) abs moy (am moy) – am ht ; 2) abs moy (am moy) – claq moy.

*M. nattereri/escalerai* : pas de différence constatée (claq bas dominant dans tous comportements).

- ❖ **p. 205** : § *FME > 35 kHz* - *Claquement final hautes fréquences (claq ht)*, ligne 1 ; remplacer « ... **pour les trois espèces pratiquant...** » par « ... **pour les quatre espèces pratiquant...** » ; rajouter ligne « *M. blythii* » dans tableau 19 (voir fichier Excel Identification\_Myotis... onglet "Types").
- ❖ **p. 205-206** : § *FME > 35 kHz* - *Claquement final hautes fréquences (claq ht)*, fin de ligne 7 et suite ; remplacer « **Chez *M. brandtii* et *M. bechsteinii* son emploi est uniquement réservé aux phases terminales d'approches d'obstacles (et non de proies), peu fréquemment chez le premier, et régulièrement chez le second.** » par « **Chez *M. blythii*, *M. brandtii* et *M. bechsteinii* son emploi est uniquement réservé aux phases terminales d'approches d'obstacles (et non de proies), peu fréquemment chez les deux premiers, et régulièrement chez le troisième.** ».
- ❖ **p. 212** : § *FME > 35 kHz* – *Amorce & claquement (am & claq)*, rajouter à la fin de la première phrase : « ... aucun problème d'identification (voir synthèse sur *M. blythii* p. 239 pour une utilisation possible de l'am & claq chez cette espèce en activité de chasse). ».
- ❖ **p. 217** : fin de § *FME > 35 kHz* – *Amorce explosive hautes fréquences (am ht)*, rajouter : « ... d'apprécier la taille de l'individu émetteur (voir synthèse sur *M. blythii* p. 239 pour une utilisation possible de l'am ht chez cette espèce en activité de chasse). ».
- ❖ **p. 222** : § bas de page ; remplacer : « ***M. blythii* ne figure pas dans ce type, mais il peut pratiquer, même en milieu ouvert, des séries généralement courtes de signaux dont la FT est supérieure à 23 kHz (la durée est alors comprise entre 7 et 9 ms ; voir section suivante : abs bas). Son absence au sein de ce type est peut-être provisoire : plusieurs séquences récoltées en aveugle et lui correspondant probablement nous font**



soupçonner un usage plus fréquent et plus permanent de l'abs moy en chasse active en prairie ou en lisière. » par « *M. blythii* disperse le plus souvent des signaux abs moy au sein de séquences abs bas mais il peut pratiquer, lors de transits en milieu ouvert, des séries complètes de signaux dont la FT est supérieure à 23 kHz (la durée est alors comprise entre 8 et 11 ms, ce qui est discriminant). Par ailleurs, quelques séquences récoltées en aveugle et attribuables à *M. blythii* laissent soupçonner un usage possible de l'abs moy en chasse active en prairie ou en lisière. ».

- ❖ **p. 227** : premières lignes du texte ; remplacer « ... Cependant on remarque deux groupes de FME de part et d'autre du seuil des 45 kHz environ ; en dessous nous avons *M. mystacinus* (qui n'utilise ce type qu'en transit, donc sans aucune phase d'approche), *M. myotis* (usage ponctuel en milieu encombré) et *M. bechsteinii* (usage très courant en chasse active) ; au-dessus nous avons *M. brandtii* (usage souvent mêlé d'am & claq) et *M. daubentonii* (usage permanent en chasse en lisière ou sous-bois) : ainsi le comportement... » par « Cependant on remarque sur la **Figure 151** deux groupes de FME de part et d'autre du seuil des 45 kHz environ ; en dessous nous avons *M. myotis* (usage ponctuel en milieu encombré avec rythme lent et irrégulier) et *M. bechsteinii* (usage très courant en chasse active) ; au-dessus nous avons *M. brandtii* (usage souvent mêlé d'am & claq) et *M. daubentonii* (usage permanent en chasse en lisière ou sous-bois, avec LB < 70 kHz) ; seul *M. mystacinus* a une distribution équilibrée au-dessus et en dessous de 45 kHz, mais il n'utilise ce type qu'en transit, donc toute phase d'approche même courte qui reste en abs moy élimine cette espèce. Ainsi le comportement... ».
- ❖ **p. 228** : insérer l'encadré de deux pages intitulé « Les signaux FM sigmoïde de *Pipistrellus kuhlii* : à ne pas confondre avec des signaux FM abs moy de *Myotis* ! » (fichier « Edition3\_Addendum1\_janvier2019\_P-kuhlii\_signaux-sigmoïdes »).
- ❖ **p. 229** : insérer après l'alinéa « son DVD 3.173a » les deux alinéas suivants : « **son DVD 3.173b** : séquence débutant par des signaux QFC-FM sur environ 38 kHz de FME, ces signaux prenant progressivement (et de façon irrégulière) de la largeur de bande par une augmentation de la fréquence initiale, leur donnant une structure FM sigmoïde ; l'analyse auditive pourrait conclure à de la FM abrupte de *Myotis* en abs moy, mais les variations de structure et de largeur de bande parfois d'un signal à l'autre donne l'alerte ; de plus, deux individus sont présents, et des trilles sociales sur 30 kHz environ sont produites par l'un d'eux. Il s'agit d'un comportement social ponctuel de *P. kuhlii*. Enregistrement : Julien Vittier.  
**son DVD 3.173c** : séquence où deux individus de *P. kuhlii* sont présents ; les signaux FM aplaniés typiques du début se déforment peu à peu pour adopter la structure FM sigmoïde du comportement social décrit dans la séquence 3.173b ; les trilles sont également présentes. Enregistrement : Loïc Bellion.
- ❖ **p. 230** : le § suivant est à supprimer : « La **figure 167** montre également pour *M. blythii* des FT supérieures à 23 kHz, alors que ce dernier n'est pas représenté dans le type abs moy ; la raison est que cette espèce n'a pas révélé, dans les circonstances étudiées, des séquences homogènes uniquement constituées de signaux supérieurs à 23 kHz de FT ; les signaux abs moy sont émis isolément ou en courtes séries au milieu d'une séquence abs bas ; cela ne semble donc pas relever d'un emploi régulier, mais il convient de ne pas exclure la possibilité, chez *M. blythii*, de produire des séquences complètes en abs moy. »
- ❖ **p. 239** : § *Myotis oxygnathus*, remplacer le § complet par le suivant (et le déplacer entre *M. bechsteinii* et *M. brandtii*) : « *Myotis blythii*. La principale difficulté réside dans la séparation des deux grands *Myotis* lorsqu'ils utilisent l'abs bas et l'abs moy.

En abs bas, le Petit murin peut utiliser une FME et une LB < 30 kHz ce qui le différencie du Grand murin (voir **son DVD 3. n° 178**). Au contraire de ce dernier, le Petit murin utilise l'abs moy lors de transit en milieu ouvert, avec un rythme lent et plutôt régulier ; la durée de ses signaux est alors supérieure à 8 ms, avec le plus souvent une FME < 35 kHz et une LB < 45 kHz ce qui semble discriminant selon nos connaissances actuelles. L'abs bas est utilisé fréquemment lors des phases de chasse en milieux prairiaux ou buissonnants (où l'am ht est sans doute parfois utilisée lorsqu'un individu sonde la végétation) ; dès que l'espèce évolue en milieu forestier les signaux abs bas alternent au gré de la densité des obstacles avec l'am ht (avec des signaux souvent longs en durée et d'une FME < 50 kHz), et/ou les claq moy et bas.

Par ailleurs, plusieurs séquences enregistrées en aveugle (attention : identification spécifique non certaine !) dont l'appartenance à *M. blythii* est, par recoupement, jugée probable, laissent supposer une forte variabilité dans le comportement en chasse de cette espèce selon les contextes d'habitats :

- des séquences enregistrées dans la vaste plaine herbeuse de la Crau (Camargue, France) contiennent des séries de signaux am ht, am & claq et abs ht (FM linéaire, sigmoïde ou ondulée, durée 3 à 5 ms, FT 30-40 kHz, FME 45-60 kHz, LB 50-70 kHz) ; (O. Vinet, comm. pers.) ;
  - des séquences enregistrées dans l'Hérault (sud France) en contexte de sous-bois dense, contiennent des séries de signaux am ht (FM linéaire ou concave, durée 2,5 à 4,5 ms, FT 30-40 kHz, FME 50-70 kHz, LB 50-80 kHz) avec rythme lent et irrégulier typique des grands *Myotis* (L. Delamare, comm. pers.). ».
- ❖ **p. 266** : § Biais d'inconstance spatiotemporelle ; lignes 4 et 5 ; remplacer « Ce biais peut être corrigé par des tests de répétition sur une même station, et par le nombre de stations inventoriées... » par « Ce biais peut être évalué par des tests de répétition sur une même station, et corrigé par le nombre de stations inventoriées... ».
- ❖ **p. 266** : insérer après le § Biais d'inconstance spatiotemporelle , un nouveau § :

### **Sites et stations d'écoute**

L'étendue spatiale des relevés acoustiques recouvre trois unités hiérarchisées : la zone d'étude, le site et la station. Tous trois sont soumis à des variations, mais sous des influences différentes.

**La zone d'étude** peut être d'étendue très variable (une région, une réserve naturelle, une vallée, une forêt, etc.), principalement en lien avec les objectifs des relevés acoustiques (étude comparative d'un ou plusieurs habitats, étude ciblant une ou plusieurs espèces, inventaire ponctuel, etc.).

**Le site** est un sous-ensemble de la zone d'étude, caractérisé par un contexte d'habitat homogène. Son étendue spatiale comme sa composition sont susceptibles de fortes variations, principalement en lien avec deux paramètres : le degré de finesse de la typologie d'habitats utilisée, et le niveau de fragmentation de ces habitats dans la zone d'étude. Par exemple, dans une étude sur le milieu forestier visant à mettre en évidence des différences de composition et de structure, un site sera un lieu où l'un des habitats ciblés est homogène (futaie feuillue irrégulière, ou taillis sous futaie, ou futaie résineuse régulière, etc.). Le site est le premier stade qui définit la variabilité de l'échantillonnage.

**La station** d'écoute est un sous-ensemble du site ; elle est caractérisée par un point géoréférencé précis, qui peut être choisi de manière aléatoire ou en lien avec des microstructures recherchées au sein de l'habitat (en forêt par exemple : clairière, trouée, sous-bois dense, etc.). Mais il serait faux de réduire la station à un point géoréférencé (qui sert uniquement d'identifiant spatial), car elle correspond à l'espace au sein duquel les contacts acoustiques seront notés. Un même point projeté peut d'ailleurs incarner

plusieurs stations d'écoute, lorsque deux microphones (ou plus) sont décalés verticalement en forêt (l'un au sol, l'autre en canopée) ou le long d'un mât de mesures éolien. Ainsi la station d'écoute représente le plus petit niveau d'échantillonnage spatial, car elle correspond au volume de perception d'un microphone. Ce volume est variable en taille et en forme ; au moins sept facteurs de variabilité peuvent être identifiés (hors conditions météorologiques) :

- le type de microphone. Certains détecteurs manuels haut de gamme sont équipés de microphones à membrane de Mylar ; leur grand diamètre leur confère une forte directionnalité (ceci d'autant plus que les fréquences reçues sont hautes), et leur qualité de construction une grande sensibilité. La plupart des détecteurs manuels et enregistreurs automatiques est équipée de microphones à électret ; ils sont de faible diamètre ce qui les rend peu directionnels, et leur sensibilité est souvent moins grande. Ainsi, entre ces deux catégories, la forme et le volume de la station d'écoute vont être différents ; la forme générale est oblongue pour un microphone à membrane (une Pipistrelle commune chassant en sous-bois sera captée jusqu'à 25-30 mètres dans l'axe du microphone, mais à moins de 20 mètres loin de cet axe), alors qu'elle est de forme sphérique pour un microphone à électret (la même Pipistrelle sera captée à 20 mètres environ dans l'axe frontal comme à l'opposé) ;
- l'orientation du microphone. Ce facteur est surtout prégnant pour un microphone à membrane, plus directionnel. Il faut garder à l'esprit la forme oblongue du volume stationnel, afin qu'il opère dans l'habitat visé par le protocole : par exemple dans un sous-bois de forêt basse, un microphone dirigé verticalement débordera inutilement (si l'on veut se restreindre aux espèces de sous-bois) au-dessus de la canopée ; une inclinaison entre 30 et 45° ciblera mieux les chiroptères volant en milieu intra forestier ;
- l'environnement du microphone. Des signaux provenant d'un chiroptère ne seront pas transmis au microphone avec la même intensité (ni la même qualité !) selon la quantité et la nature des obstacles situés entre l'émetteur et le récepteur. Ainsi les inventaires en sous-bois induisent toujours des stations d'écoute moins volumineuses que ceux menés en milieu ouvert ; ce phénomène est accentué par le fait qu'une même chauve-souris volant en sous-bois, émet généralement des signaux moins intenses à la source qu'en milieu ouvert ;
- le bon état de fonctionnement du microphone. Certains microphones électret vieillissent rapidement et sont à remplacer régulièrement. Les microphones à membrane sont plus robustes et durables ; il peut se déposer à la longue un léger film de poussières et de graisses sur la membrane, qu'il est aisé de nettoyer avec un chiffon doux ; en cas de lésion elle peut être remplacée facilement par l'utilisateur (voir avec le constructeur) ;
- les paramétrages du détecteur. Selon le réglage du gain (niveau de sensibilité du microphone) le volume de la station peut varier fortement. De même, dans le cas des enregistreurs automatiques, il existe plusieurs filtres (limitant le nombre de déclenchements intempestifs) dont l'un paramètre le niveau minimal d'intensité qui permet de déclencher une séquence : lorsque le réglage est modifié, la station change de volume. Ainsi, il n'est possible de comparer les résultats entre deux modèles de détecteur que s'ils ont des caractéristiques proches ; il est donc généralement fallacieux de comparer les résultats obtenus par un détecteur manuel d'une part, et un enregistreur automatique d'autre part ;
- l'intensité du signal capté par le microphone. La disparité d'intensité des signaux sonar entre espèces de chiroptères ou entre comportements (environnements de

vol, type d'activité, etc.) génère autant de volumes d'écoute que de cas différents. Cette variation très forte peut être pondérée par les coefficients de détectabilité acoustique appliqués aux espèces, qui uniformisent le volume des stations en concordance avec celui d'une Pipistrelle commune (voir § Indices d'activité) ;

- le rapport signal/bruit. Dans un bruit de fond important (vent dans le feuillage, bord de rivière courante, stridulations d'insectes, etc.), les signaux les plus faibles sont noyés et souvent inaudibles ; cela diminue d'autant le volume d'écoute.

Ainsi, bien que la notion de station soit d'une grande importance dans le traitement des données acoustiques, nous constatons la difficulté de lisser les volumes d'échantillonnage en fonction du type de matériel, son état, sa disposition, son paramétrage... Différentes parades peuvent atténuer ces variations (uniformisation du matériel, de son état et de son paramétrage pour une étude donnée) ; d'autres préconisations sont abordées dans les sections suivantes (voir notamment le § Indices d'activité).

- ❖ **p. 266** : Unité de mesure de l'activité, modifier le § « **Le contact acoustique est l'élément de base, l'unité quantitative de l'activité qui va permettre la comparaison entre études menées par des auteurs différents. Plusieurs travaux (Barataud, 2002b, 2006 ; Barataud & Giosa, 2010, 2012, 2014 ; Barataud *et. al.*, 2013b, 2014, 2014a, 2014b) ont déjà testé et adopté les principes ci dessous ; il peut donc être souhaitable que les études à venir s'en inspirent.** » comme suit : « **Le contact acoustique est l'élément de base de la comptabilité de l'activité**, qui va permettre la comparaison entre études menées par des auteurs différents. Sa définition est donc cruciale, et sa standardisation souhaitable. Plusieurs travaux (Barataud, 2002b, 2006 ; Barataud & Giosa, 2010, 2012, 2014 ; Barataud *et. al.*, 2013b, 2014, 2014a, 2014b) ont déjà testé et adopté les principes ci-dessous, dont les études à venir peuvent s'inspirer. ».
- ❖ **p. 269** : après le § Méthode semi quantitative rajouter (après un interligne) le § suivant :

« **Quelle unité retenir pour exprimer l'activité acoustique des chiroptères ?**

Certaines études réalisées le long de transects en voiture ont utilisé une unité de mesure spatiale (le kilomètre par exemple) ; cette unité, non applicable pour des points d'écoute fixes, s'avère peu pertinente.

L'unité temporelle est la seule qui s'applique à toutes les méthodes de relevés ; elle sera donc privilégiée. Certains travaux expriment l'activité en nombre de contacts par heure, d'autres en nombre de contacts (ou en minutes positives) par nuit ; quel choix s'avère le plus pertinent ?

Lorsqu'on travaille sur un grand nombre de nuits complètes (grâce à des enregistreurs automatiques), il peut sembler souhaitable, d'un point de vue statistique, de lisser une éventuelle variabilité de l'activité tout au long de la nuit, en faisant de cette dernière un ensemble indivisible, une unité temporelle. Mais ce souci de lissage a aussi des effets pervers, car on se prive de l'étude d'une variable écologique très informative : la variation du niveau d'activité au cours d'une nuit, d'une espèce à l'autre et d'une période à l'autre. Enfin et surtout, l'utilisation de la nuit comme unité temporelle se heurte à un problème essentiel : la durée de la nuit est un paramètre instable (en France, elle varie de 44 % entre le solstice de printemps et l'équinoxe d'automne), ce qui est contraire à la notion d'unité de mesure, par définition stable. On pourrait négliger ce biais si le temps d'activité nocturne des chiroptères était à peu près équivalent tout au long de la saison de chasse, avec des temps de repos qui s'adapteraient à la variation de durée de la nuit ; mais cette configuration idéale est hypothétique, sans doute instable lorsqu'elle existe, et contredite par des études de

radiopistage pour les genres *Plecotus* ou *Myotis* qui peuvent chasser tout au long de la nuit. Ainsi, le choix de la nuit complète comme unité de mesure entraîne à lui seul une variabilité saisonnière des indices d'activité, et ce biais peut masquer des causes écologiques de variation de l'activité de chasse qu'il serait intéressant de connaître.

Il est donc préférable d'utiliser l'unité temporelle de l'heure, pour ces deux raisons : respecter le principe de stabilité d'une unité de mesure, et ne pas se priver d'une exploitation de la phénologie de l'activité nocturne. Le dilemme est résolu si l'on utilise l'unité stable en contacts/heure, puis que l'on calcule la moyenne ou la médiane pour chaque nuit inventoriée, et que l'on adapte la présentation narrative : "... l'activité est de XX c/h pour les nuits complètes de telle période...". ».

❖ p. 272 : tableaux 28a et 28b à remplacer par les suivants :

milieux ouverts et semi ouverts				sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	distance de détection (m)	coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	distance de détection (m)	coefficient de détectabilité
très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferr/eur/meh.</i>	10	2,50		<i>Plecotus</i> spp (durée < 4 ms)	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcaethoe</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferr/eur/meh.</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcaethoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteini</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteini</i>	10	2,50
moyenne	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25	moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25		<i>Myotis blythii</i>	15	1,67
	<i>Plecotus</i> spp (durée 4 à 6 ms)	20	1,25		<i>Myotis myotis</i>	15	1,67
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00				
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00				
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00				
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00				
forte	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83				
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63				
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63				
très forte	<i>Plecotus</i> spp (durée > 6 ms)	40	0,63				
	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50				
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50				
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50				
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31				
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25				
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17				
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17				
très forte	<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83				
	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83				
	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50				
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50				
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50				
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31				
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25				
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17				
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17				

❖ p. 273 : ligne 24, insérer après la phrase « ... , donc avec la même probabilité de détection. » la phrase suivante : « Une espèce acoustiquement discrète présente plus de risque de ne pas apparaître dans un inventaire (la pression d'écoute est le paramètre principal d'atténuation de ce risque) ; le coefficient de détectabilité, quant à lui,

corrige la discrétion de cette espèce dès qu'elle est contactée, en donnant plus de poids aux contacts acoustiques. ». (retour à la ligne pour le début de phrase suivante).

- ❖ **p. 280** : supprimer dernier § : « **Les deux encadrés « Cas d'école » présentent de façon succincte des exemples de protocoles et leurs résultats, lors d'une étude ponctuelle (cas n° 1) ou d'un programme pluriannuel (cas n° 2) de bio évaluation d'habitats de chasse des chiroptères.** ».
- ❖ **p. 281 à 284** : remplacer les encadrés « **cas d'école n° 1 et cas d'école n° 2** » et le **Tableau 29** par le contenu du fichier PDF : « **Edition3\_Addendum2\_fevrier2019\_description-habitat\_classification-especes** ».

## **DVD :**

- ❖ **dossier « SONS » ; sous-dossier « 3\_Expansion de temps x 10 » ;** fichier PDF « Commentaires\_sequences\_expansion x 10 » ; ajouter les § suivants :
  - **son DVD 3.36a** : séquence débutant par des signaux QFC à bande moyenne puis par des FM aplanie à bande étroite, sur 26-27 kHz ; on constate une alternance irrégulière de FME, mais dont l'écart est faible (< 1 kHz le plus souvent : il est utile d'écouter en hétérodyne avec le virtual bat detector de BatSound pour bien faire la différence avec *N. leisleri* par ex.). Une QFC basse juste avant l'approche est intrigante (phénomène déjà enregistré chez *N. lasiopterus*, voir **son DVD 3.48**) et pourrait révéler un souci de détection d'arrière plan lointain ou une stratégie de brouillage vis-à-vis d'une proie tympanée. Le rythme rapide de la dernière partie en QFC sans alternance ne convient pas à un transit passif de *Nlei* sans alternance, et de plus, les durées sont supérieures à 20 ms : *V. murinus* ; niveau de confiance : probable à certain. Enregistrement : Jean-François Desmet.
  - **son DVD 3.173b** : séquence débutant par des signaux QFC-FM sur environ 38 kHz de FME, ces signaux prenant progressivement (et de façon irrégulière) de la largeur de bande par une augmentation de la fréquence initiale, leur donnant une structure FM sigmoïde ; l'analyse auditive pourrait conclure à de la FM abrupte de *Myotis* en abs moy, mais les variations de structure et de largeur de bande parfois d'un signal à l'autre donne l'alerte ; de plus, deux individus sont présents, et des trilles sociales sur 30 kHz environ sont produites par l'un d'eux. Il s'agit d'un comportement social ponctuel de *P. kuhlii*. Enregistrement : Julien Vittier.
  - **son DVD 3.173c** : séquence où deux individus de *P. kuhlii* sont présents ; les signaux FM aplanie typiques du début se déforment peu à peu pour adopter la structure FM sigmoïde du comportement social décrit dans la séquence 3.173b ; les trilles sont également présentes. Enregistrement : Loïc Bellion.