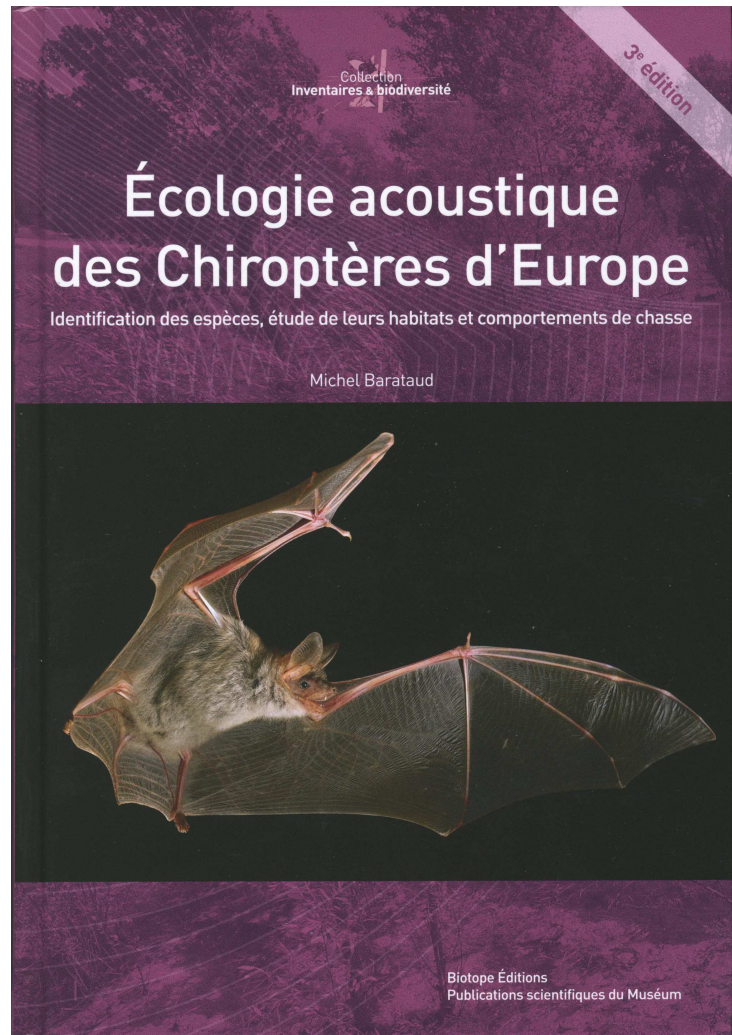


BARATAUD, M. 2015.

## **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 de janvier 2019**

- ❖ **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)) ; la version ci-dessous est à jour :

<b>Espèces</b>	<b>N. séquences</b>	<b>N. signaux FM</b>	<b>N. signaux FC &amp; QFC</b>	<b>TOTAL signaux</b>
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	129		129	<b>129</b>
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	53		53	<b>53</b>
<i>Rhinolophus euryale</i>	151		151	<b>151</b>
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	26		26	<b>26</b>
<i>Myotis daubentonii</i>	34	312		<b>312</b>
<i>Myotis capaccinii</i>	45	387		<b>387</b>
<i>Myotis dasycneme</i>	38	332		<b>332</b>
<i>Myotis brandtii</i>	40	672		<b>672</b>
<i>Myotis mystacinus</i>	31	329		<b>329</b>
<i>Myotis alcathoe</i>	16	285		<b>285</b>
<i>Myotis emarginatus</i>	30	216		<b>216</b>
<i>Myotis nattereri</i>	47	185		<b>185</b>
<i>Myotis escaleraei</i>	8	70		<b>70</b>
<i>Myotis bechsteinii</i>	31	270		<b>270</b>
<i>Myotis myotis</i>	41	237		<b>237</b>
<i>Myotis oxygnathus</i>	20	199		<b>199</b>
<i>Myotis punicus</i>	7	70		<b>70</b>
<i>Nyctalus noctula</i>	19	113	85	<b>198</b>
<i>Nyctalus leisleri</i>	14	50	73	<b>123</b>
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	27	119	77	<b>196</b>
<i>Eptesicus isabellinus</i>	10	19	16	<b>35</b>
<i>Eptesicus serotinus</i>	37	238	9	<b>247</b>
<i>Eptesicus nilssonii</i>	28	96	93	<b>189</b>
<i>Vespertilio murinus</i>	16	107	71	<b>178</b>
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	27	92	61	<b>153</b>
<i>Pipistrellus nathusii</i>	13	59	49	<b>108</b>
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	34	163	59	<b>184</b>
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	30	79	61	<b>140</b>
<i>Hypsugo savii</i>	11	49	32	<b>81</b>
<i>Plecotus auritus</i>	33	246		<b>246</b>
<i>Plecotus austriacus</i>	14	252		<b>252</b>
<i>Plecotus macrobullaris</i>	19	188		<b>188</b>
<i>Barbastella barbastellus</i>	16	109	1	<b>110</b>
<i>Miniopterus schreibersii</i>	22	84	40	<b>124</b>
<i>Tadarida teniotis</i>	33	52	92	<b>144</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1150</b>	<b>5679</b>	<b>1178</b>	<b>6857</b>

- ❖ **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 de l'appréciation des seuils de variation de comportement (sous contrainte de la 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. 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 statistique, calculée d'après les mesures sur un échantillonnage de signaux issu de plusieurs régions (principalement françaises) ;

- l'autre évaluée et non quantifiable, fait appel aux connaissances actuelles d'un contexte local, se rapportant à la probabilité de rencontrer telle ou telle espèce en tel ou tel endroit (*R. euryale* est supposé rare ou absent dans de nombreuses zones y compris au sein de son aire de distribution générale).

Les 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 des signaux, dans une zone géographique où il n'est pas connu, 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 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 constatée jusque-là 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.

Il est ainsi conseillé de souligner l'incertitude en écrivant le taxon « *R. euryale/hipposideros* » et de commenter les deux probabilités de manière indépendante. ».

- ❖ **p. 149** : après la ligne 3 sous l'encadré, rajouter l'alinéa suivant : « - *P. kuhlii* : voir encadré p. 228. ».
- ❖ **p. 151** : légende Figure 82, ligne 2 : remplacer « Signal type **B** modulé en QFC / FM » par « Signal type **A** modulé en QFC / FM ».
- ❖ **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 *Nlei* sans alternance, et de plus, les durées sont supérieures à 20 ms : *V. murinus* ; niveau de confiance : probable à certain. ».
- ❖ **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. 222** : § bas de page ; remplacer : « ***M. oxygnathus* 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).** » par « ***M. oxygnathus* disperse le plus souvent des signaux abs moy au sein de séquences abs bas mais il peut pratiquer, 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).** ».

- ❖ **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. 239** : § *Myotis oxygnathus*, remplacer le § **complet** par le suivant : « 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 ; dès que l'espèce évolue en milieu forestier les signaux abs bas alternent au gré de la densité des obstacles avec l'abs moy (avec des signaux souvent longs en durée et d'une FME < 50 kHz), et/ou les claq moy et bas. ».
- ❖ **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 ensemble paysager homogène en regard de la typologie d'habitats retenue ; il comprend plusieurs stations. Son étendue spatiale comme sa composition sont susceptibles de fortes variations, principalement en lien avec deux paramètres : les degrés de finesse de la typologie d'habitats et de la fragmentation de ces habitats dans la zone d'étude. Dans une étude sur les forêts visant à mettre en évidence des différences de composition et de structure par exemple, un site sera un lieu où l'habitat ciblé 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** est un sous-ensemble du site ; elle correspond à un **point d'écoute géoréférencé**. Ce point peut être choisi de manière aléatoire, ou en lien avec des microstructures recherchées au sein de l'habitat (clairière, trouée, sous-bois dense, etc.) ; il représente donc un deuxième niveau d'importance de l'échantillonnage. **Il est une circonstance où station et point d'écoute seront différenciés** : celle où deux microphones (ou plus) sont décalés verticalement, lors d'écoutes simultanées en forêt (sol et canopée) où sur un mât de mesure éolien ; les deux microphones sont sur un même point en projection au sol mais les deux stations sont distinctes, car la station a une définition d'ordre physique de la plus haute importance : c'est le volume de perception d'un microphone, qui représente le plus petit niveau d'échantillonnage spatial. 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 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 en dehors de cet axe), alors qu'elle est plus de type hémisphérique pour un microphone à électret situé près du sol et de type sphérique s'il est situé en hauteur (la même Pipistrelle sera captée à 20 mètres environ dans l'axe 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 le § 8. 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 § 8. Indices d'activité).

- ❖ **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. 281 à 284** : remplacer les encadrés « **cas d'école n° 1 et cas d'école n° 2** » par les encadrés 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 aplaniée 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.

- **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.

**Les graphiques bivariés reproduits dans le livre et contenus dans les fichiers Excel du DVD sont à tout moment susceptibles d'être complétés, voire modifiés, au gré des avancées de la recherche.**  
**Les versions mises à jour sont téléchargeables sur le blog <http://ecologieacoustique.fr>**