

numéro 1
déc. 2017

Plume de



Revue pour la libre expression des connaissances en sciences naturelles





L'ESPRIT DE LA REVUE

Plume de Naturalistes est une revue francophone libre, participative et gratuite, ouverte à tous les thèmes des sciences de la Vie et de la Terre, et toutes les formes d'expression (article, essai, expression artistique...).

L'objectif de la revue est d'aller à la rencontre des personnes et structures produisant des études naturalistes restant souvent à l'état de rapport interne, pour proposer une diffusion sur le support de leur choix (une liste des revues existantes est proposée sur le site plume-de-naturalistes.fr) ; le but de Plume de Naturalistes n'est pas son propre succès mais l'incitation à la diffusion des connaissances.

Habitée du principe que la diffusion de la connaissance appartient à ceux qui la produisent, l'équipe éditoriale est accessible à tous les auteurs motivés par la gestion de la revue. Les auteurs de manuscrits sont libres du choix de leurs relecteurs, ces derniers s'engageant à être des conseillers respectueux et non des censeurs arrogants.

Le choix final de la publication d'un manuscrit appartient à son auteur, puisque la revue ne défend pas sa propre réputation selon une norme imposée, mais se veut le reflet de la disparité du monde naturaliste, chaque auteur assumant la responsabilité de ses écrits et chaque lecteur étant invité à exercer ses capacités de libre arbitre.

Equipe éditoriale

- **Coordination, contact avec les auteurs et relecture des articles :**
Michel Barataud, Matthieu Bernard, Lilian Girard, Roland Jamault, Maxime Leuchtmann, Angélique Moreau.
- **Graphisme et mise en page :**
Ondine Filippi-Codaccioni (mise en page de la revue, graphisme),
Angélique Moreau (création de la charte graphique et mise en page de la revue, gestion du site Internet).
Merci à **Christian Couartou** pour sa contribution à la création du logo.

Ont contribué à ce numéro :

- **Articles :**
Stéphane Augros, Julien Barataud, Michel Barataud, Matthieu Bernard, Aurélien Besnard, Grégory Beuneux, Coralie Bonjean, Marion Chalbos, Frédéric Chiche, Jean-François Desmet, Sarah Fourasté, Sylvie Giosa, Julien Jemin, Gildas Monnier, Julien Vittier.
- **Photos et dessins :**
D. Aupermann, M. Barataud, T. Bernard, D. Cauchoix, F. Chiche, C. Couartou, E. Desmet, J.-F. Desmet, P. Giosa, GMHL, C. Malivernay, A. Moreau, Q. Revel.

Frédéric CHICHE

Observations et piégeages photographiques de genettes communes sur un gîte de mises-bas dans le sud-ouest de la France

p. 1

Coralie BONJEAN & Julien JEMIN

Écologie comparative de deux genettes communes (*Genetta genetta*) en Limousin : gîtes diurnes, domaine vital, sélection de l'habitat et régime alimentaire

p. 17

Michel BARATAUD, Julien BARATAUD, Sylvie GIOSEA, Julien JEMIN, Julien VITTIER & Aurélien BESNARD

Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin
Bilan de la période 2014-2016

p. 43

Michel BARATAUD, Grégory BEUNEUX, Marion CHALBOS, Jean-François DESMET, Sylvie GIOSEA & coll.

Étude des microchiroptères de Mayotte
Inventaire des espèces, identification acoustique et utilisation de l'habitat

p. 67

Matthieu BERNARD

Réponse comportementale de Grands Rhinolophes à la création - involontaire - d'un gîte favorable

p. 107

Michel BARATAUD

La publication scientifique est-elle encore à la portée des naturalistes ?
Réflexions sur l'importance accordée aux analyses statistiques informatiques

p. 113



Observations et piégeages photographiques de genettes communes (*Genetta genetta* Linné, 1758) sur un gîte de mises-bas dans le sud-ouest de la France

Par **Frédéric CHICHE**
(f.chiche2@wanadoo.fr)



Abstract

In the Southwest of France, a common genet's calving den was the subject of direct observations and camera-trappings for 4 years. The data gathered through this study allow to describe birthdates of 2 or 3 cubs from the last days of March until early May. Observations showed a great similarity of behaviors during all these years with the use of the same anthropic den and a strong cohesion of the family group around the mother before leaving the site at the end of July or the early August. The typical game sequence consists in chases, ambushes followed by jumps to the face and play fighting. For that breeding site and even if the number of data is low and mainly concerns the month of July, the female and her young were going out before or around sunset. During this period, the faeces deposition on the neighboring latrines stopped.

En captivité, l'élevage des jeunes genettes communes et les relations avec la mère ont fait l'objet de plusieurs publications. La croissance des jeunes est décrite par VOLF (1959, 1964). Les travaux de SCHAUBENBERG (1962) et en particulier de ROEDER (1978 à 1994) et ROEDER & PALLAUD (1980) apportent des données comportementales très précises sur la reproduction, les systèmes de communication mère-jeunes et l'ontogénèse des comportements de prédation. In natura, des examens sur des cadavres (AYMERICH, 1982) ou sur des individus capturés (ZABALA & ZUBEROGOITA, 2010) ont permis de déterminer les dates de mises-bas. Les nombreuses données de radiopistage, en plus d'éléments importants sur l'écologie de l'espèce ont parfois apporté des indications relatives aux gîtes des femelles allaitantes (CAMPS, 2011). Cependant, rares sont les publications traitant des comportements de genettes dans leur milieu naturel. A partir de 2011 et sur 4 années consécutives entre les mois de mai et août, nous avons pu réaliser un suivi sur un gîte de mises-bas associant observations directes, piégeages photographiques et contrôles des crotties à proximité. Outre les dates de mises-bas, le nombre de jeunes par portées et le rythme d'activité, les

données ainsi collectées apportent des éléments concernant les comportements, l'occupation du gîte et la fréquentation des latrines.

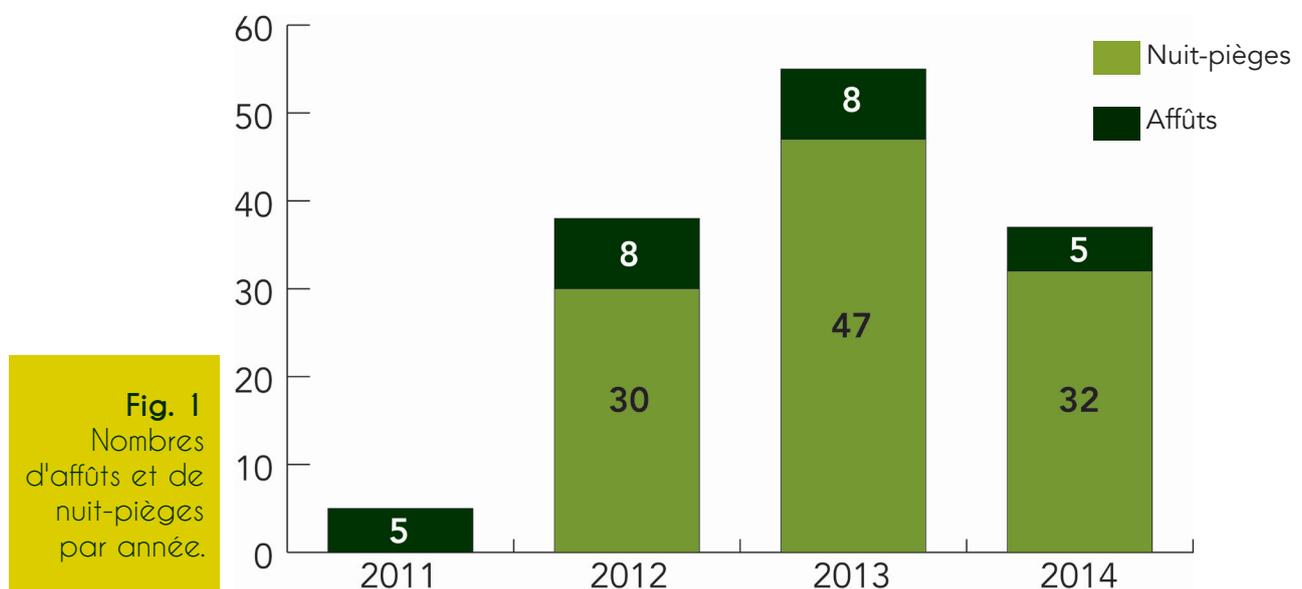
Matériels et méthode

Piégeage photographique

Un piège photographique, modèle Bushnell Trophy Cam a été utilisé de 2012 à 2014. Il a été positionné et réajusté en fonction des observations. Sur un total de 109 nuit-pièges (Fig. 1), il a permis l'enregistrement de 40 séquences vidéo de genettes.

Suivi des crotties

Les crotties dans un périmètre de 500 mètres autour du gîte ont été recherchés en 2011 et ont fait l'objet d'un suivi jusqu'en 2015. Les élévations topographiques à l'exception des arbres ont été minutieusement vérifiées. Les éventuels crotties au sol ont également été recherchés. Les contrôles ont été effectués à toutes saisons mais plus fréquemment pendant la période d'occupation du gîte.





Vallée de l'Auvézère.

Les affûts

Les postes d'affûts sur le site ont été adaptés en fonction de 2 localisations de genettes dans le gîte et ont permis 15 observations directes sur un total de 26 affûts entre 2011 et 2014 (Fig. 1) totalisant plus de 10 heures de présence des genettes. Les affûts avec filets de camouflages ont été effectués avec la volonté de limiter au maximum les dérangements.

Les dates de mises-bas ont été estimées sur la base :

- des travaux d'AYMERICH (1982) et de LARIVIÈRE & CALZADA (2011) concernant les premières sorties des jeunes en dehors du gîte à l'âge de 45 à 50 jours.
- des données de ROEDER (1979) sur un temps de gestation de 70 à 77 jours.

Quatre autres contacts effectués ailleurs

dans le département en 2012 et 2016 sont également rapportés. Ceux-ci concernent 3 sorties de gîte et une observation de jeunes dépendants.

Milieu d'étude

La zone d'observation est située dans les gorges de l'Auvézère au nord-est du département de la Dordogne non loin de la Corrèze. La forte pente sur roches cristallines schisteuses a maintenu une composante boisée dense avec une végétation appartenant à la série atlantique du chêne pédonculé (*Quercus robur*).

Les charmes (*Carpinus betulus*), les châtaigniers (*Castanea sativa*) surtout sur les plateaux et les frênes (*Fraxinus excelsior*)

en bordure de rivière sont abondants. Les buis (*Buxus sempervivens*) sont également bien représentés associés le plus souvent aux nombreux affleurements rocheux. Sur les plateaux, quelques habitations ainsi que des bois alternent avec des pâturages et des prairies de fauches. L'altitude varie de 150 à 250 mètres. Le climat est de type océanique tempéré. L'isotherme des températures maximales annuelles est de 15°C à 16°C avec une pluviométrie moyenne relativement importante autour de 1000 mm/an.

La genette est bien répandue en Dordogne (MAIZERET, 2014). Elle est particulièrement commune dans la vallée et ses affluents. Les prospections ont permis de recenser 27 crottiers actuels et anciens dans la vallée principale sur un linéaire d'environ 15 kilomètres de rivière. Le nombre de crottiers est probablement nettement sous-évalué compte tenu du relief escarpé et peu accessible. Ses empreintes sont souvent rencontrées au bord de la rivière et le piégeage photographique atteste également de la fréquence de l'espèce. Les carnivores présents dans la vallée sont la fouine (*Martes foina*, L), la martre

(*Martes martes*, L), le putois (*Mustela putorius*, L), le blaireau (*Meles meles*, L), la loutre (*Lutra lutra*, L), le renard (*Vulpes vulpes*, L) et peut-être le chat forestier (*Felis silvestris*, L) (étude en cours).

Le gîte

Résultat

Le gîte en bord de rivière est localisé dans un ensemble de bâtiments hydro-électriques et techniques mitoyens abandonnés. Les visites humaines semblent rares ou inexistantes à l'intérieur de la bâtisse. Les alentours sont globalement peu fréquentés et la végétation a progressivement envahi les abords. Mis à part l'effondrement d'un toit dans sa partie nord-est, les autres éléments de l'ensemble sont relativement bien conservés.

Pendant les quatre années d'observations, les combles de l'ancienne maison de gardien, lieu supposé de mise-bas, ont été occupés par une femelle et ses jeunes en début de période (Fig. 2). La photo-



Fig. 2
Gîte de mise-bas
de genette.



Fig. 3
Griffure de genette sur une planche.

identification a pu montrer qu'il s'agissait de la même femelle de 2012 à 2014 mais sans certitude pour 2011.

Situé sous un toit à 2 versants bien exposés au soleil, le grenier reste sombre et bien abrité. Il est ouvert sur l'extérieur par 2 lucarnes et des espaces entre la charpente et les murs de pierres. Des griffures sont remarquées sur une planche verticale posée le long du mur (**Fig. 3**).

Au mois de juin, coïncidant avec l'augmentation des températures estivales, les genettes se déplacent vers la partie effondrée moins exposée et proche de la rivière. Il n'a pas été possible de localiser précisément ce second emplacement, celui-ci étant enserré entre la rivière, le canal de fuite et une végétation très dense. En juillet 2011, les genettes sont retournées dans le grenier lors d'un épisode météorologique plus

frais. Les genettes quittent le gîte à la fin juillet en 2014 ou au début du mois d'août pour les autres années.

Une autre genette fréquente les environs comme le montre les photos prises au piège photographique (**Fig. 4.1 et 4.2**). L'appareil est installé sur le chemin le long du canal à 150 m du gîte. A 22h10 (UTC+2) le 22 juin 2012, un jeune est photographié avec sa mère. Sa posture semble indiquer une miction ou une défécation. Quarante-cinq minutes plus tard, cette autre genette de plus grande taille et à la livrée différente passe sur le chemin et effectue un crochet pour renifler l'emplacement. Elle repassera également la même nuit à 3h30 (UTC+2) sans tenir compte cette fois-ci de la marque odorante.

À la fin du mois de juillet 2013, deux fouines adultes en couple ont partagé au moins quelques jours les lieux. Elles ont été observées sur le toit au crépuscule et semblaient plutôt gîter dans une partie opposée du bâtiment. Aucune modification dans le comportement des genettes n'a été remarquée. Il n'a pas été vu d'interactions directes entre les 2 espèces. Par contre, le piégeage photographique a permis de voir les fouines reniflant et marquant avec insistance une aire de jeux très utilisée par les jeunes genettes.

Depuis les dernières observations de 2014, des fèces sont toujours trouvées sur les crotties à proximité mais plus aucun indice de reproduction n'est observé. Le site étant voué à la démolition avant ré-exploitation, les visites et débroussaillages ont peut-être dissuadé les animaux de s'y installer pour la mise-bas. Il est aussi possible que cela soit simplement le fait de la disparition de la femelle. Par crainte pour le matériel, le piégeage photographique a été arrêté.



Fig. 4.1
Passage de la femelle et
d'un jeune avec miction ou
défécation le 22 juin 2012
à 22h10 (UTC+2).



Fig. 4.2
Passage d'un autre
individu et reniflement du
dépôt odorant du jeune
à 23h30 (UTC +2).

Discussion

Nous pouvons supposer que les habitations abandonnées ou tranquilles comme ce site d'observation sont assimilables à des cavités en milieu rupestre et peuvent offrir à la fois une bonne isolation thermique et une protection efficace face aux prédateurs. La proximité de la rivière et du gîte est en adéquation avec l'étude réalisée en Vendée par TESSIER M., TESSIER P. & PAILLAT J.-P. (1998). Sur les 16 gîtes décrits par ces auteurs, la totalité était à moins de 100 mètres d'un cours d'eau. Comparativement aux mâles, les femelles semblent montrer une préférence pour les gîtes cavitaires (CHAUVIN, 1975 ; CUGNASSE & RIOLS, 1984 ; JEMIN, 2011) ou les zones de fourrés denses (CAMPS, 2011). Les observations montrent ici que lorsque les conditions sont favorables, la femelle peut

réutiliser le même gîte de mise-bas d'une année sur l'autre. Le même changement d'emplacement dans le bâtiment constaté les 4 années, d'un grenier exposé au sud vers une zone plus fraîche résulte probablement de la recherche d'un optimum thermique. Il est probable que l'autre genette photographiée à 150 mètres du gîte soit un mâle, la territorialité de la genette étant sur une base intra-sexuelle (PALOMARES & DELIBES, 1994).

Les latrines

Résultat

Huit latrines sont connues aux abords du gîte dans un rayon de 500 mètres. Quatre crottiers « de proximité » sont situés sur l'édifice ou à quelques mètres (Fig.5).

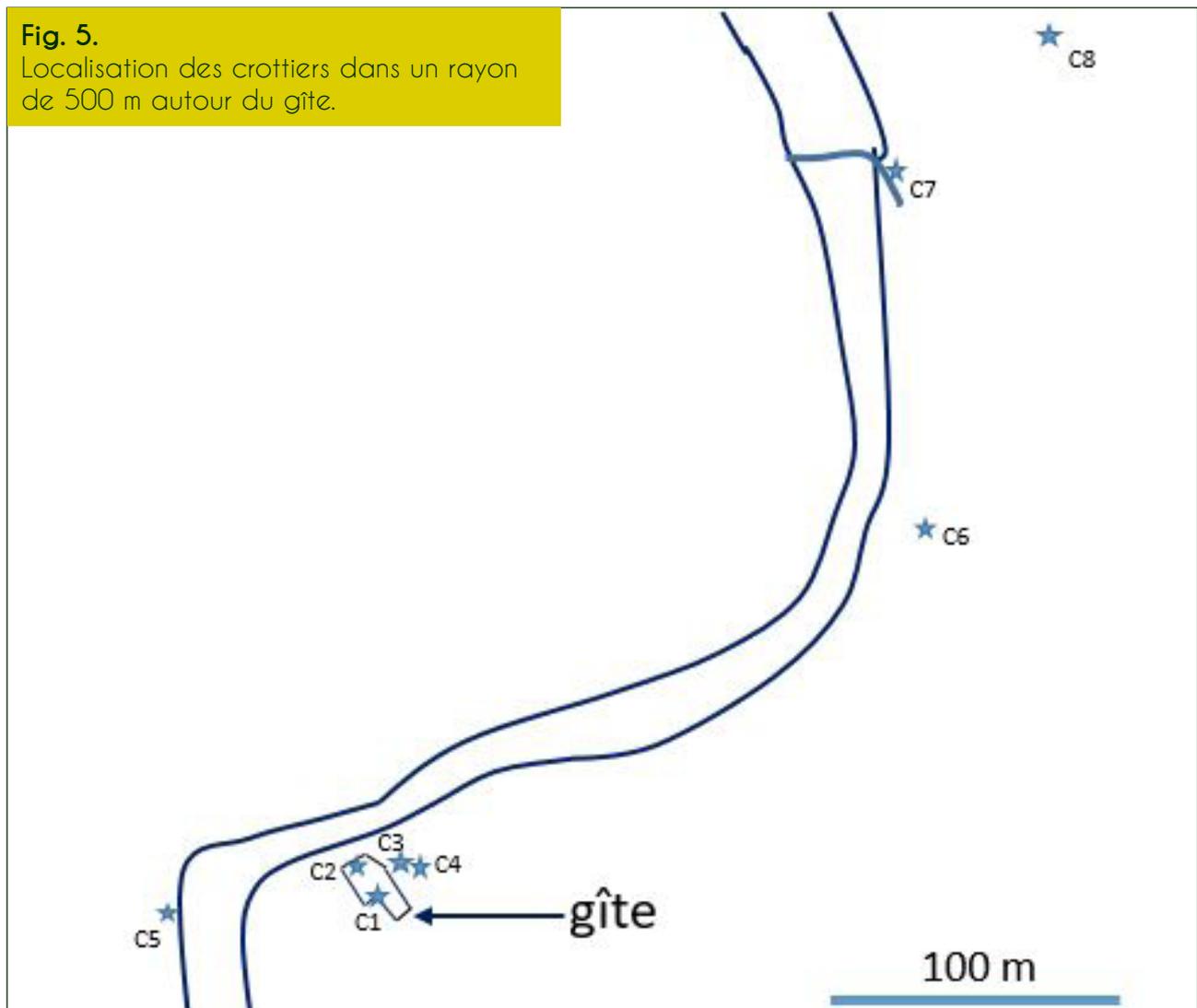


Tableau 1. Fréquentation des crotties.

Crotties de proximité (0 à 100 m)	Crotties distants (> 100 m)	Utilisation en dehors de la période (de septembre à mars)	Utilisation pendant les observations (d'avril à août)
C1	-	Importante et très régulière	Non
C2	-	Régulière	Non
C3	-	Occasionnelle	Non
C4	-	Occasionnelle	Non
-	C5	Non suivi régulièrement	2 contrôles négatifs
-	C6	Importante et très régulière	Quelques dépôts réguliers
-	C7	Occasionnelle	Non
-	C8	Non suivi	Non suivi

- C1 et C2, sur le toit du bâtiment lui-même et situés à chaque extrémité, C1 très conséquent (régulièrement plus de 50 fèces) se trouve juste au-dessus du grenier, zone supposée de mise-bas et C2 moins important sur le versant nord face à la rivière.
- C3 et C4 espacés seulement l'un de l'autre de quelques mètres sur une terrasse en béton jouxtant le bâtiment.
- C5 sur un rocher situé à 100m. Il n'a pas fait l'objet de contrôles réguliers. Installé sur la rive opposée, il est tout à fait possible qu'il ne soit pas fréquenté par les mêmes animaux si toutefois la rivière délimite un territoire ou un domaine vital (?).
- C6 sur une passerelle à 200 m le long du canal d'amenée.
- C7 en bord de rivière au-dessus du barrage en amont à 350 m.
- C8 à 400 mètres sur un rocher dans les broussailles, non contrôlé depuis sa découverte en 2013 (très peu accessible).

Le **tableau 1** montre que pendant la période d'élevage des jeunes sur les 4 années consécutives, les dépôts de fèces sur les crotties de proximité se sont arrêtés. Sur la même période, des crottes isolées ont été trouvées le long du canal d'amenée. Concernant les crotties distants, C6 a été un peu « alimenté ». Le (ou les) auteur(s) de ces dépôts ne sont pas identifié(s).

Parallèlement, sur un autre site à 20 kilomètres plus au sud, 3 observations d'un seul individu en sortie de gîte (obs. pers) ont été réalisées en avril et mai 2012. Le gîte est localisé dans les combles d'une ancienne cabane de voie ferrée très densément couverte de lierre. Un crottier se trouve également sur l'habitat. Contrairement au site de mise-bas, ce crottier a été utilisé pendant la période d'occupation du gîte.

Discussion

Nous pouvons supposer que l'absence de dépôts de fèces au niveau du gîte de mise-bas correspond à un comportement maternel sécuritaire. L'observation sur des individus captifs a montré par ailleurs que le marquage au moyen des glandes périnéales était également réduit chez les femelles pendant les 4 premiers mois d'élevage des jeunes (ROEDER, 1984). La fréquentation des crotties subit cependant des variations saisonnières. PALOMARES (1993) dans le Parc National de Donana observe 2 pics du nombre de fèces, en février/mars et en novembre/décembre. L'auteur suggère que cette augmentation en novembre pourrait être liée à la dispersion et à l'acquisition du comportement de marquage des jeunes. Une étude réalisée au Portugal corrobore également ces résultats avec un minimum noté en juin et juillet (ESPERITO-SANTO, ROSALINO & SANTOS-REOS, 2007). La présence de crotties dans le grenier ou une autre partie abritée du bâtiment n'est pas exclue mais n'a pas été vérifiée afin d'éviter tout dérangement. Ce type de localisation décrit par SAEZ & MONTIEL (2006) dans le sud de l'Espagne est également noté en Dordogne. Des latrines abritées ont en effet été trouvées dans les combles d'un ancien moulin ainsi que dans un château inhabité (obs. pers).

Mises-bas et nombre de jeunes

Résultat

Les observations laissent penser que les premières sorties ont dû se produire au mois de juin de 2011 à 2013 et un peu plus tôt en mai pour 2014. Cela nous

permet de déduire des naissances de fin mars à début mai et des fécondations de janvier à mars. Il n'a pas été observé de deuxième portée, mais la faible pression d'observation sur les lieux à partir du mois de septembre (piégeage photographique uniquement) ne permet pas de tirer de conclusions. L'observation de 2 jeunes assez grands et de leur mère le 17 août 2016 sur un autre site (obs. pers) suggère également des naissances à la même période.

Le nombre de jeunes a été de 2 en 2011 et de 3 les années suivantes sans préjuger du nombre de fœtus in utero et/ou d'une éventuelle mortalité post-natale (**Tableau 2**).

Tableau 2.

Nombre de jeunes observés par portée.

2011	2012	2013	2014
2	3	3	3

Discussion

Ces données sur des dates de mises-bas de fin mars à début mai sont en concordance avec l'étude réalisée en Espagne sur l'examen des dépouilles de 25 femelles gravides et 15 jeunes de l'année (AYMERICH, 1982). L'auteur a pu mettre en évidence une période de mise-bas de mars à novembre avec un maximum en avril-juin et la possibilité d'une seconde portée bien que rare en automne. Des captures réalisées dans le Pays Basque espagnol ont montré au contraire une majorité de naissances à la fin d'automne-début d'hiver (ZABALA & ZUBEROGOITIA, 2010). En captivité, des mises-bas sont observées toute l'année (ROEDER, 1979) avec un œstrus provoqué par la mise en présence des 2 sexes (LIVET & ROEDER, 1987). Les portées peuvent

compter de 1 à 4 jeunes mais celles de 2 ou 3 sont les plus fréquentes aussi bien in natura qu'en captivité (VOLF, 1964 ; DELIBES, 1974 ; ROEDER, 1979 ; AYMERICH, 1982).

Comportements au sein du groupe familial

Résultat

La mère est toujours vue avec ses jeunes partageant le même gîte avec des sorties simultanées ou légèrement décalées. L'allaitement n'a été observé qu'une seule fois le 6 juillet 2014. Aucun apport de proies par la mère n'a pu être visualisé mais l'arrêt des affûts à la nuit tombée et le champ très limité du piège photographique en sont peut-être l'explication. Les jeunes sont très rapidement à l'aise dans les branches même si les vitesses de déplacement augmentent avec les semaines. Les jeux débutent directement en contrebas et se propagent progressivement pour couvrir une aire de plus en plus vaste au fil de la soirée. Les jeunes disparaissent finalement du champ de vision accompagnés par leur mère après 15 à 60 minutes d'observations. Bien que souvent visible à proximité, la femelle n'a jamais été observée participant aux jeux. La séquence de jeu type est constituée par la succession des motifs comportementaux suivants :

- Poursuites dans les arbres et/ou au sol ;
- Embuscades suivies de bonds aux visages ;
- Corps à corps ludiques avec mordillements et usage des pattes antérieures.

De manière soudaine, ces jeux sont très souvent entrecoupés par des moments plus calmes et solitaires de reniflements du substrat. Ces flairements, effectués

tout d'abord par un individu sont très vite imités par l'ensemble de la portée. Par ailleurs, les mouvements plus ou moins rapides et indépendants des pavillons auditifs « évoquant ceux des Rhinolophes » comme décrit de manière très évocatrice par PREVOST (com. pers) ont été peu observés lors des premiers jeux. Ces mouvements sont de plus en plus fréquents au fil des semaines. Ils sont très souvent notés chez la femelle observée et sur les vidéos d'autres genettes prises aux pièges photographiques. Après la phase active de jeux de 15 à 60 minutes, les jeunes accompagnent leur mère comme le suggère également l'observation d'une femelle et de ses jeunes le 17 août 2016 sur un autre site (obs. pers).

Une fois seulement, le 22 juillet 2012 des petits miaulements ont été entendus mais, tant l'absence d'enregistrements audio du piège photographique que le bruit de la rivière ne favorisaient pas l'écoute.

Par ailleurs, la curiosité habituelle des carnivores a pu être parfaitement vérifiée lorsqu'un jeune est venu toucher et renifler l'observateur.

Discussion

Les observations ont toujours montré la même forte cohésion au sein du groupe familial. La femelle est présente avec ses jeunes dans le gîte et reste à proximité pendant les jeux. Il est probable que les excursions avec la mère permettent aux jeunes d'acquérir les comportements de prédation bien que le rôle de la mère dans l'apprentissage de la chasse soit probablement minime (ROEDER & PALLAUD, 1980). La consommation de nourriture solide interviendrait vers l'âge de 45-50 jours (SCHAUERBERG, 1964) et le comportement de prédation serait acquis vers la 18^{ème} semaine en même temps que le sevrage (ROEDER, 1980). L'abandon du

site à la fin du mois de juillet ou au début du mois d'août s'est très probablement effectué avant la fin du sevrage. Il n'a pas été possible de retrouver les genettes après leur départ du gîte. L'éclatement de la portée se produirait aux alentours des 5^{ème} et 6^{ème} mois (ROEDER & PALLAUD, 1980).

Outre le développement de la coordination motrice, les séquences de jeux observées préfigurent vraisemblablement les techniques de chasse de ces prédateurs. L'attaque serait réalisée au terme d'un bond et d'une mise à mort par morsures à la nuque ou à la base du crâne (GANGLOFF & ROPARTZ, 1972 ; ROEDER, 1980 ; LE JACQUES, 1993). L'embuscade reflète très probablement une particularité dans le comportement de chasse de la genette, déjà supposée par CUGNASSE (1986). Les mouvements rapides des pavillons auditifs suggèrent l'importance de l'audition dans le repérage des proies décrit par LE JACQUES (1993) en association avec la vue (GANGLOFF & ROPARTZ, 1972 ; LE JACQUES, 1993).

Deux types de communications sonores sont décrits lors de l'élevage des jeunes pendant la phase de cohésion. D'une part, une vocalisation ressemblant au hoquet humain (GANGLOFF, 1972 ; ROEDER, 1979) émise par les femelles en présence des jeunes et d'autre part, des miaulements de jeunes à destination de la mère (DUCKER, 1957 ; LIVET & ROEDER, 1987). C'est cette dernière vocalisation qui a été entendue le 22 juillet 2012.

Rythme d'activité

Résultat

- La **Fig.6** montre les horaires de sorties observées sur le gîte, les données de l'autre site concernant les observations d'avril et mai 2012 sont ajoutées pour information.

- Les horaires de présence nocturne des genettes autour du gîte ont été comptabilisées (**Fig. 7**) en fonction des déclenchements du piège photographique et des observations directes. Elles sont cumulées sur les 4 années. Les données ont été comptabilisées de la manière suivante :

- Un contact pour des observations directes ou des séquences vidéo successives sur la même tranche de 30 minutes.
- Une seul contact pour une donnée simultanée du piège photographique et de l'observation directe.
- Deux contacts pour une observation directe ou une séquence vidéo sur 2 tranches différentes de 30 minutes.

Discussion

Pour ce site de mise-bas et même si le nombre de données est faible et concerne surtout le mois de juillet, la femelle et ses jeunes sortent plutôt avant le coucher du soleil avec même des sorties très précoces plus d'une heure avant le crépuscule les 15 juillet 2013 et le 22 juillet 2012.

Cependant, les excursions du groupe familial débutent plus tardivement et coïncident avec la tombée de la nuit. Au mois de mai avant l'apparition des jeunes, la mère effectue des pré-sorties

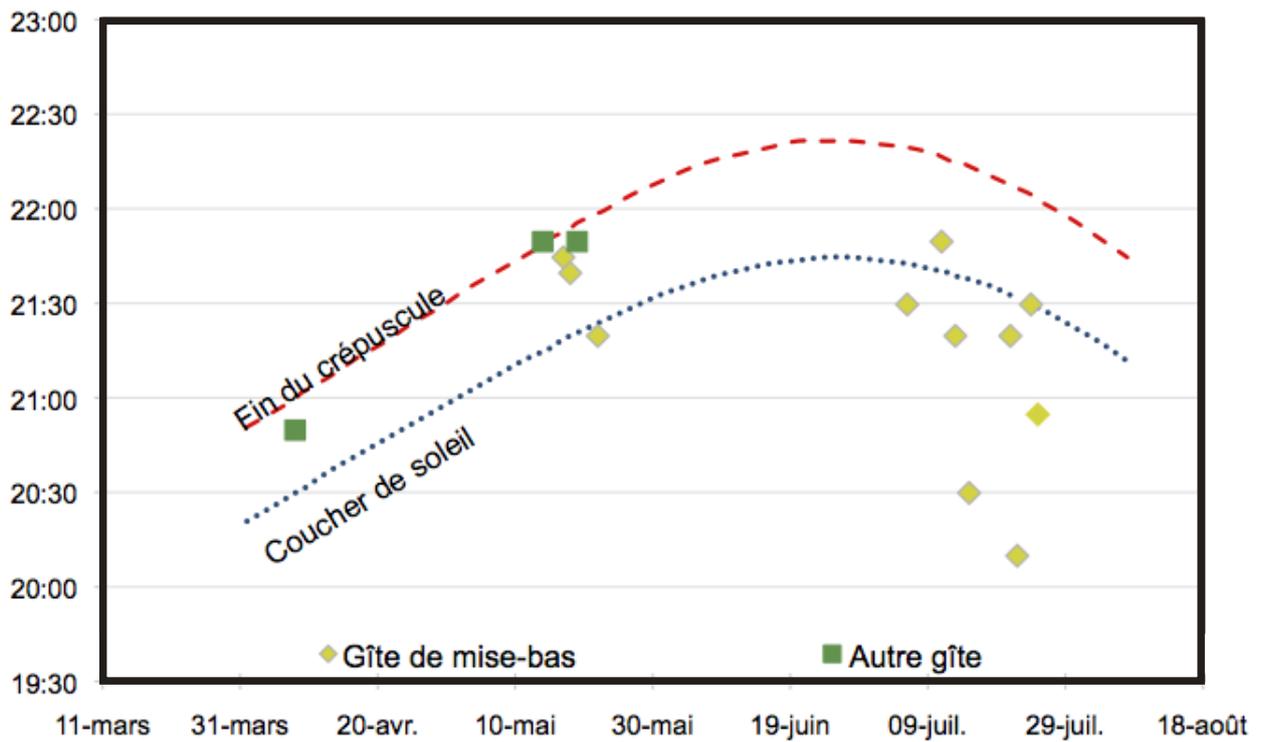


Fig. 6
Horaires des sorties observées, fuseau UTC+2 et crépuscule civil (se termine lorsque le soleil est à 6° sous la ligne d'horizon).

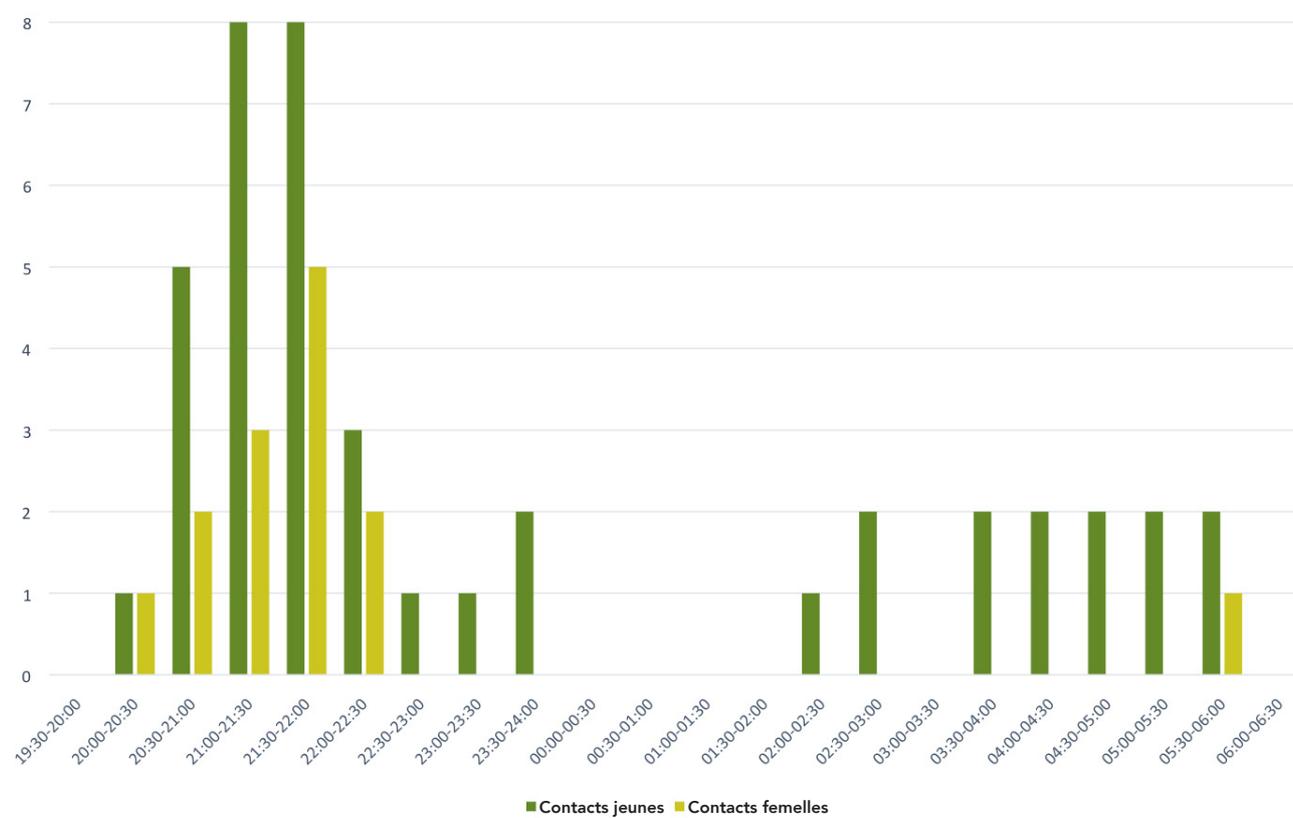


Fig. 7
Horaires des déclenchements du piège photographique et des observations directes concernant les jeunes et la femelle par tranche de 30 minutes.
N = 56 - données cumulées sur les 4 années d'observations (fuseau UTC+2).

crépusculaires. Elle peut passer 20 minutes à inspecter les alentours et se reposer sur le rebord d'une fenêtre mais ne quitte le site également qu'à la tombée de la nuit. LIVET & ROEDER (1987) décrivent pour de jeunes individus sur les mois de janvier et avril une activité essentiellement nocturne avec des prises d'activités au moins une demi-heure après le coucher du soleil. Ce comportement nocturne est confirmé sur les genettes suivies par radiopistages par de très nombreuses études bien qu'une activité fortement diurne ait été notée chez une jeune femelle dans le Parc de Donana (PALOMARES & DELIBES, 1988). Une genette a également été capturée au piège photographique le 21 juin 2017 à 14h40 (UTC +2) au bord d'un ruisseau lors d'un épisode caniculaire (obs.pers). L'analyse des données concernant les déclenchements du piège photographique et les observations directes autour du gîte montre :

- Le retour des jeunes au gîte après l'excursion avec leur mère.
- Une période d'activité probablement bimodale des jeunes avec une phase de repos en milieu de nuit .
- L'absence de contacts concernant la femelle entre 22h30 et 05h30.
- L'absence de déclenchements du piège photographique après 05h36 (UTC+2) en 2013 et 05h33 (UTC+2) en 2014.

Le champ limité du piège photographique ne permet pas de tirer de conclusion sur l'absence de données concernant la mère entre 22h30 et 05h30 et donc sur d'éventuels retours au gîte durant ce laps de temps. Nous pouvons juste émettre l'hypothèse que les besoins nutritionnels

d'une femelle allaitante soient très importants et nécessitent donc une chasse active et des déplacements loin du gîte. La phase de repos nocturne des jeunes constatée ici concorde avec les travaux de CHAUVIN (1975), LIVET & ROEDER (1987) et LODE, LECHAT & LE JACQUES (1991).

Limite de l'étude

Si les affûts devaient être limités afin de ne pas perturber le groupe familial, il aurait été intéressant de pouvoir disposer de davantage de pièges photographiques. Assurer une plus grande couverture des alentours du gîte aurait peut-être apporté des précisions sur les éventuels retours de la mère pendant la nuit et sur les apports de proies.

Conclusion

En dehors des informations sur les dates de mises-bas, du nombre de jeunes par portée et du rythme d'activité, les investigations menées en milieu naturel sur ce gîte de mise-bas ont montré sur les 4 années de suivis certaines constantes dans le comportement des genettes :

- La conservation du gîte après la mise-bas pour l'élevage des jeunes et son abandon pendant la phase d'apprentissage des comportements de prédatons.
- La présence de la mère avec les jeunes au gîte.
- Les excursions du groupe familial en début de nuit après une phase de jeu.
- La non-utilisation des crottières de proximité pendant l'occupation du gîte.

L'observation directe associée au piégeage photographique s'avère être une bonne méthode pour l'étude du comportement animal en milieu naturel. Confronter ces données avec des observations effectuées sur d'autres gîtes de mises bas serait riche d'enseignements.

Deux vidéos à découvrir :

Aire de jeu en 2013 : <https://www.youtube.com/watch?v=gm7OTIHAXh0>

Le figuier et la genette : https://www.youtube.com/watch?v=s9MUaZ2V_zw



Dessin de Denis Cauchoux

Remerciements

Je tiens vivement à remercier Olivier PREVOST, Denis CAUCHOIX, Franck JOUANDOUDET, Gilles BRETAGNE et mon fils Samuel CHICHE qui ont bien voulu partager quelques affûts à mes côtés.

Je remercie également Claudine CHICHE et Odile BERNARD pour la relecture du manuscrit ainsi que Christian MAIZERET pour ses conseils avisés.

AYMERICH M., 1982. Contribution à l'étude de la biologie de la genette (*Genetta genetta* L.) en Espagne. *Mammalia*, 46: 389-394.

CALZADA J., 1998. Gineta comun, *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758). *Galemys*, 10(1): 3-11.

CAMPS D. & LLIMONA F., 2004. Space use of common genets *Genetta genetta* in a Mediterranean habitat of northeastern Spain: differences between sexes and seasons. *Acta Theriologica* 49 (4): 491-502.

CAMPS D., 2011. Resting site selection, characteristics and use by the common genet, *Genetta genetta* (Linnaeus 1758). *Mammalia*, 75: 23-29.

CHAUVIN P., 1975. La genette (*Genetta genetta* L.), sa morphologie, son comportement et sa protection: quelques aspects en milieu vendéen. Thèse Méd. Vétérinaire. Créteil, 91 p.

CUGNASSE J.M. & RIOLS C., 1984. Contribution à la connaissance de l'écologie de la Genette (*Genetta genetta* L.) dans quelques départements du sud de la France. *Gibier Faune Sauvage*, 1: 25-55.

CUGNASSE J.M., 1986. Observations en nature et essai de synthèse sur le comportement de chasse de la Genette (*Genetta genetta*). *Le Grand-Duc*, n°29: 34-35.

DELIBES M., 1974. Sobre alimentación y biológica de la gineta en España. *Donana Acta vert*, 1: 25-55

DUCKER G., 1957. Faub und Helligkeitsehen und Instinkte bei Viverriden und Feliden. *Zoologische Beiträge*, 3: 25-99.

GANGLOFF B. & ROPARTZ Ph., 1972. Le répertoire comportemental de la Genette *Genetta genetta* Linné. *Terre et Vie*, (26)

4: 489-560.

ESPERITO-SANTO C, ROSALINO L.M & SANTOS-REIS M., 2007. Factors affecting the placement of common genet latrine sites in a mediterranean landscape in Portugal. *Journal of Mammalogy*, 88(1): 201-207.

JEMIN J., 2011. La genette commune en Limousin. *Ecologie de l'habitat. Epops*, 81 (1) : 29-45.

LARIVIÈRE S. & CALZADA J. 2001. *Genetta genetta*. *Mammalian species*, 680: 1-6.

LE JACQUES D., 1993. Note sur le comportement de capture des proies de la genette d'Europe *Genetta genetta* L. 1758. *Bull. Erminea*, 16: 1-16.

LE JACQUES D. & LODÉ T., 1994. L'alimentation de la genette d'Europe dans un bocage de l'ouest de la France. *Mammalia*, 58 (3) : 383-389.

LÉGER F. & RUETTE S., 2010. La répartition de la genette en France. *Faune sauvage*, 297 : 16-22.

LIVET F. & ROEDER JJ., 1987. La genette (*Genetta genetta*, Linnaeus, 1758). *Encyclopédie des Carnivores de France*, 16. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères en France. 33 p.

LODÉ T. LECHAT I. & LE JACQUES D., 1991. Le régime alimentaire de la genette en limite nord-ouest de son aire de répartition. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 46: 339 – 349.

MAIZERET C. CAMBY A. LOZE I. & PAPACOTSIA A., 1990. Les genettes de la vallée de l'Eyre : occupation de l'espace et régime alimentaire. *Actes XII^e coll. Franc. Mamm., SFPEM*, Paris : 52-63.

MAIZERET C., 2014. La Genette commune. In: Ruys T. Steinmetz J. & Arthur C.-P.

(Coords.) 2014. Atlas des Mammifères sauvages d'Aquitaine – Tome 5- Les Carnivores. Cistude Nature & LPO Aquitaine. Edition C.Nature.:56- 61. Cistude Nature & LPO Aquitaine. Edition C Nature, 156 p.

PALOMARES F., 1993. Faecal marking behaviour by free-ranging common genets (*Genetta genetta*) and Egyptian mongooses (*Herpestes ichneumon*) in southwestern Spain. *Säugetierkunde*, 58: 225-231.

PALOMARES F. & DELIBES M., 1988. Time and space use by two common genets (*Genetta genetta*) in the Doñana National Park, Spain. *Journal of Mammalogy*, 69: 635-637.

PALOMARES F. & DELIBES M., 1994. Spatio-temporal ecology and behavior of european genets in southwestern Spain. *Journal of mammalogy*, 75 (3) : 714-724.

ROEDER J.J., 1978. Contribution à l'étude des communications olfactives chez la genette. Thèse 3e cycle, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg. 112 p.

ROEDER J.J., 1979. La reproduction de la genette (*G. genetta* L.) en captivité. *Mammalia*, 43, 4: 531-542.

ROEDER J.J., 1980. Les emplacements de défécation chez la genette. *La Terre et la Vie*, 34: 485-491.

ROEDER J.J., 1984. Ontogénèse des systèmes de communication chez la genette (*Genetta genetta* L.). *Behaviour*. 90: 259-301.

ROEDER J.J. & PALLAUD B., 1980. Ontogénèse des comportements alimentaires chez trois genettes (*Genetta genetta*) nées et élevées en captivité. *Mammalia*, 43: 183-193

ROEDER J.J. & THIERRY B., 1994. Essai de mise en évidence de mémorisation des marques olfactives de congénères chez

de jeunes genettes (*Genetta genetta* L.). *Mammalia*, 58: 105-110.

SAEZ P. & MONTIEL C., 2006. Sobre la presencia de ginetas *Genetta genetta* (LINNAEUS, 1758) y letrinas en zona humanizadas. *Galemys*, 18: 53-55.

SCHAUENBERG P., 1966. Biologie de la genette vulgaire (*Genetta genetta* Linné). D.E.S. Sc. Nat. Univ.Nancy.

TESSIER M. TESSIER P. & PAILLAT JP., 1998. Utilisation de l'espace par la genette commune dans un bocage de l'ouest de la France. *Arvicola*, X (1) : 7-11.

VOLF J., 1964. Trente-deux jeunes de la genette. *Mammalia*, 28: 658-659.

VOLF J., 1959. La reproduction des Genettes au zoo de Prague. *Mammalia*, 23, 2:168-171.

WILSON D.E. & MITTERMEIER R.A. eds., 2009. Handbook of the Mammals of the Worlds. Vol.1 Carnivore. Lynx Editions, Barcelona : 217-218.

ZABALA J. & ZUBEROGOITIA I., 2010. Late summer-early winter reproduction in common genets, *Genetta genetta*. *Mammalia* 74: 89-91.

Pour citer cet article :

CHICHE, F. 2017.

Observations et piégeages photographiques de genettes communes sur un gîte de mises-bas dans le sud-ouest de la France. *Plume de Naturalistes 1* : 1-16.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles de Plume de Naturalistes : www.plume-de-naturalistes.fr

Écologie comparative de deux genettes communes (*Genetta genetta*) en Limousin : gîtes diurnes, domaine vital, sélection de l'habitat et régime alimentaire

Par **Coralie BONJEAN** (coralie.bonjean@gmail.com)
Julien JEMIN¹ (j.jemin@gmhl.asso.fr)

¹ GMHL - Pôle Nature Limousin - ZA du Moulin Cheyroux -
87700 AIXE-SUR-VIENNE



La genèse de l'étude

Le Groupe Mammalogique et Herpétologique de Limousin (GMHL) travaille depuis 1995 à l'étude et la protection des mammifères, reptiles et amphibiens du territoire Limousin.

Les premiers mammifères étudiés dans cette région furent d'abord les Chiroptères sous l'impulsion de nombreux bénévoles et passionnés dans les années 1980. Ensuite les micromammifères furent l'objet d'une attention toute particulière, laquelle fut concrétisée par la réalisation d'une clé d'identification sur les restes osseux contenus dans les pelotes de réjection. Afin d'éditer le premier atlas sur les mammifères, reptiles et amphibiens du Limousin, paru en 2000, le GMHL s'est également lancé dans des prospections tous taxons confondus. Durant toutes ces années, les Chiroptères n'ont cessés d'être la partie mammalienne la plus étudiée. L'autre mammifère qui a également retenu l'attention du GMHL fut la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*), qui fit l'objet d'une synthèse sur sa répartition régionale (BARATAUD, 1993) faisant suite aux essentiels travaux

précurseurs de BOUCHARDY (1986), puis d'une étude pluriannuelle de 2002 à 2005.

En 2006, au retour d'un colloque de la SFPEM¹, motivés par les nombreuses communications partagées et constatant que les Chiroptères représentaient l'essentiel des études mammalogiques de l'association, un salarié et un administrateur de l'association réfléchirent à une thématique et/ou un animal qui avait été, jusqu'alors, mal ou moins bien étudié.

C'est ainsi fin 2006, que l'idée de la Genette commune (*Genetta genetta*) émergea comme sujet d'étude. Sa répartition en Limousin était moyennement connue et les études françaises sur le sujet relativement rares à la différence de l'Espagne et du Portugal où les universitaires étaient productifs.

Ce sujet en tête, l'association fut contactée par une personne qui rédigeait une thèse littéraire sur la Genette commune et ses représentations dans l'histoire et la littérature. Un travail a alors été commencé conjointement et les grandes lignes d'un projet sur trois axes se sont dessinées, à savoir :

1. l'amélioration des connaissances sur la répartition régionale de l'espèce ;
2. la Genette commune dans la culture régionale limousine ;
3. l'étude sur son utilisation de l'habitat et son régime alimentaire en Limousin.

Cet article traite essentiellement de ce dernier axe. L'étude fut réalisée de mars 2009 à décembre 2010 en utilisant la technique de télémétrie ; seul moyen à l'époque pour suivre les mœurs nocturnes et diurnes de ce type d'espèce. Parallèlement, une petite étude sur le régime alimentaire de ce Viverridé a également été menée en prélevant quelques fèces sur les crottiers les mieux marqués.

Le bon matériel et les bonnes méthodes

Sites d'étude

Le GMHL étant une petite association - avec à l'époque ses 60 adhérents, 10 bénévoles actifs, 2 salariés et une stagiaire chaque année - ses projets devaient être à la mesure des investissements financiers et humains disponibles.

C'est pourquoi, le site de capture retenu dans un premier temps fut celui des Gorges de la Cère (44° 58.95' N et 2° 3.44' E) situé au sud du département de la Corrèze. Deux raisons à ce premier choix :
- la présence d'un bénévole motivé qui résidait à proximité (à l'époque) et avait la possibilité d'effectuer des relevés de localisation réguliers ;
- les nombreux indices de présence de l'espèce dans ce secteur qui laissaient supposer une plus grande probabilité de capture et une population "importante".

Le deuxième site de capture de Dournadille (45° 36.54' N et 0° 56.64' E), sélectionné de la même manière, se situait lui à la frontière de deux départements : la Haute-Vienne et la Dordogne. N'arrivant pas à capturer un second individu dans les Gorges de la Cère, il n'était humainement et financièrement pas possible d'effectuer deux suivis en même temps avec un individu dans le sud-ouest Haute-Vienne et un autre dans le sud Corrèze. Il a donc été décidé d'effectuer un suivi d'un an sur les deux sites, mais en décalé.

Les milieux et faciès de ces deux sites d'études présentaient quelques différences notables.

Les Gorges de la Cère se composaient d'un continuum de forêts de feuillus sur pente avec de nombreux surplombs

¹ SFPEM : Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères.

rocheux et d'un plateau partagé entre des boisements (feuillus, conifères ou mixtes) et des prairies pâturées par des bovins. Le fond de la vallée était occupé par une rivière, la Cère, dont le lit atteignait 20 à 30 m de large. Un milieu encaissé à l'accès difficile où le passage d'un côté à l'autre de la vallée ne pouvait se faire que par un pont routier.

Le site de Dournadille était lui, de faciès bocager avec une mosaïque de paysages diversifiée (massifs forestiers, prairies pâturées par des bovins ou des ovins, prairies de fauche, cultures, vergers, etc.). A noter également la présence de nombreux plans d'eau reliés par un cours d'eau n'excédant pas les 5 m de large : la Dronne. D'un accès plus aisé, cette rivière était traversable sur de nombreux passages à gué.

Individus capturés et suivis par radiopistage

La capture a été réalisée à l'aide de "pièges cages" ; pièges de section 30×30 cm également utilisés pour la capture du Ragondin (photo 1). Les appâts utilisés furent des sardines à l'huile et des têtes de crevettes cuites dégageant une odeur forte pour attirer ces prédateurs.

Après quatre nuits de piégeage autour du crottier principal situé sur un surplomb



© GMHL 2010

Photo 1.

Dispositif de capture en place et « camouflé » dans le milieu.

rocheux, une femelle adulte a été capturée dans les Gorges de la Cère. Pour le site de Haute-vienne, il a fallu 12 nuits de piégeage le long de la Dronne de part et d'autre d'un pont routier en pierre (utilisé comme crottier principal sur le site de Dournadille) pour capturer un jeune mâle (photo 2). Il faut dire que la proximité de hameaux nous a valu de retrouver fréquemment les premières nuits, des chats domestiques dans les pièges...

Par excès d'originalité et de fantaisie, les deux individus ont été baptisés Dame Ginette de la Cère et Monseigneur Gaston de Dournadille. Au fur et à mesure du suivi de leurs mœurs respectives, s'installa la familiarité pour n'utiliser par la suite que Ginette et Gaston. Sérieux retrouvé, ces patronymes seront tout de même repris dans l'ensemble de cet article pour faciliter la distinction des deux individus par leur genre et individualité. Nous vous détaillons ici les résultats de deux individus comme des exemples particuliers. Aucune généralisation ne peut être scientifiquement faite sur l'ensemble de l'espèce, ni en Limousin ni en France, eu égard au faible nombre d'individu échantillonné.

Une fois capturées, ces genettes ont été anesthésiées sous la surveillance d'un vétérinaire à l'aide d'une injection intramusculaire de Zoletil 100® (dosage 0,01 ml/kg) faite dans la cuisse postérieure. Cette intervention était nécessaire pour la sécurité de l'animal comme celle des personnes en charge de la prise des mesures biométriques et de la pose du collier émetteur (photo 3). Pour ce dernier, le modèle choisi chez le fabricant canadien Holohil systems Ltd fut l'émetteur VHF² MI-2®. Monté sur un collier en cuir et muni d'une antenne souple de 13,5 cm pour un poids total de 32 g, cet émetteur possède une autonomie de batterie d'environ 3 ans.

² VHF : Very High Frequency (très haute fréquence).



Photo 2.

Capture de Gaston. Dans son piège la Genette commune reste relativement calme lorsqu'elle est plongée dans l'obscurité (sous un drap).

© GMHL 2010



Photo 3.

Pose du collier émetteur sur Ginette.

© GMHL 2009

Les individus ainsi équipés, l'ensemble du dispositif ne représentait que 2,3% de leur poids (environ 1400 g). C'est pourquoi le modèle VHF a été retenu plutôt que la version GPS³ qui à l'époque, pesait plus de 80 g soit presque 6 % du poids de l'animal. Le GMHL ne souhaitait pas dépasser les 5 % du poids, afin de minimiser l'impact de l'émetteur et la gêne occasionnée et ce, d'autant plus que la genette est une espèce aux mœurs arboricoles (**photo 4**).

Malgré des sessions de recapture réalisées post-suivis, aucun de nos deux individus n'a pu être déséquipé faute de reprise dans les pièges. Il semblerait que leur première expérience de capture était encore bien gravée dans leur mémoire...

Gîtes diurnes et déplacements nocturnes

La technologie VHF nécessite un recueil manuel des données sur le terrain grâce à l'utilisation d'un récepteur adapté et d'un peu d'expérience. Dans le cadre de nos suivis, nous utilisons un boîtier YAESU modèle VR 500 ® du fournisseur allemand Andreas Wagener Telemetrianlagen, couplé à une antenne unidirectionnelle 4 brins HB9CV ® (**photo 5**). Ce matériel pouvait recevoir le signal émis par le collier jusqu'à



© GMHL 2010

Photo 5.
Couple récepteur YAESU et antenne 4 brins utilisé lors de cette étude.



© GMHL 2010

Photo 4.
Genette équipée de son collier - cliché pris par une piège photographique en sortie de son arbre-gîte.

1 km de distance ; plus si les conditions de terrain étaient dégagées et bien moins lorsque le milieu était accidenté et le couvert végétal important.

Deux méthodes de télémétrie ont été employées pour localiser nos individus lors de leurs périodes d'activité nocturne et de repos diurne. Ainsi, nous avons réalisé des suivis à distance continus de leurs déplacements nocturnes grâce à la méthode de biangulation. La triangulation était rarement possible - et inutile dans le cadre de notre objectif - faute d'équipes suffisantes ou de trio d'azimuts croisés. La bi ou triangulation consiste à estimer la localisation de l'émetteur à partir de récepteurs dont la localisation précise est connue et d'un azimut donnée par la direction du signal le plus fort. Lorsque votre émetteur est positionné sur un animal qui court, autant vous dire qu'il faut être réactifs et coordonnés dans la prise des mesures ! Cela implique aussi de disposer d'équipes mobiles se déplaçant en véhicule. Pour effectuer ce type de suivi, un minimum de deux personnes très expérimentées est indispensable. Quatre dans l'idéal afin de poursuivre la "traque" lors des déplacements en voiture en toute sécurité et de se tenir éveillé(e)s toute la nuit...

³ GPS : Global Positioning System (Système de localisation mondial).

La recherche des gîtes diurnes a pu être effectuée par une méthode plus précise d'approche à pied : le "Homing in". Cette technique est indispensable pour identifier le type de gîte utilisé par les individus mais elle est plus chronophage sur le terrain, sans compter que l'approche des observateurs peut entraîner la perturbation de l'animal (WHITE & GARROTT, 1990) allant jusqu'à un comportement de fuite. Il est donc indispensable d'être silencieux et discret lors de l'approche. Si l'animal se sent en sécurité et hors de portée dans son gîte, il ne fuira pas. Nous avons également pu observer un phénomène d'habituation chez Gaston avec sa "radiopisteuse" (stagiaire attirée). En effet, à sa quatorzième recherche de gîte et la seule fois où il a pu être vu parmi les branchages, Gaston a seulement levé la tête lors de l'approche de son observatrice à moins de 10 m. Puis il l'a reposée 2 secondes plus tard pour se consacrer à son repos alors qu'il gîtait à seulement 4 m et était tout à fait accessible dans un houx arborescent (**photo 6**) ! Au

contraire, lorsqu'à l'occasion d'une autre recherche de gîte plus tard dans le suivi, cette même personne accompagnée par trois autres, s'est approchée en groupe d'un Gaston semblant gîter au sol parmi les broussailles, il a fui. Probablement une combinaison de facteurs à l'origine de ce comportement : effet « groupe », personnes inconnues et gîte non sécurisé. La triangulation ou biangulation, permet elle de minimiser ce dérangement en restant à bonne distance des animaux actifs pendant leur chasse. Cependant, les localisations obtenues restent estimatives et les erreurs humaines d'interprétation sont dépendantes de la minutie des observateurs (WHITE & GARROTT, 1990). A cela s'ajoutent les erreurs techniques inhérentes au mode de propagation des ondes radio dans l'air. Les observateurs peuvent selon les conditions de terrain, être troublés par les phénomènes d'écho (AMLANER & MACDONALD, 1980 in BOURGEOIS, 2009), de polarisation du signal et d'annulation de phase (TOMKIEWICZ, 1990 in BOURGEOIS,



Photo 6.

Gaston visible blotti à 4m parmi les branchages d'un houx arborescent.

© GMHL 2010

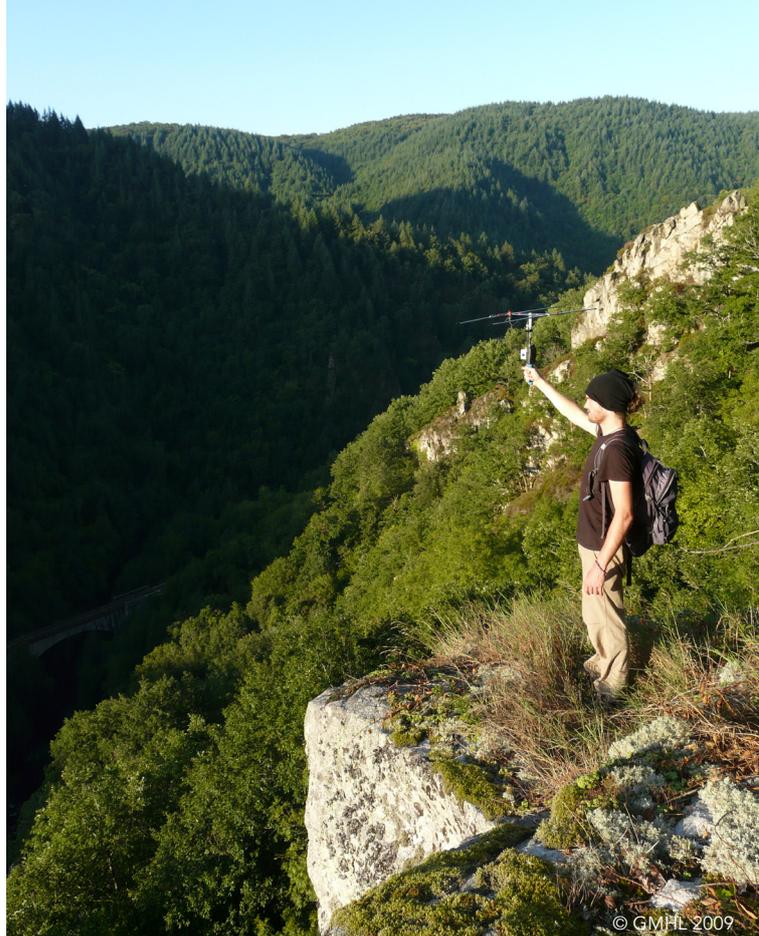
2009). Autant de sources d'erreurs menant à des données inexploitable car les azimuts ne se croisent pas ou alors, bien trop loin pour être vraisemblables.

En termes d'effort d'échantillonnage, les deux genettes ont été suivies lors de sessions réparties tout au long de l'année pour couvrir les 4 saisons, mais sans Vivaldi (photos 7 et 8). Au total, nous avons réalisé pour Ginette, 40 recherches de gîte et 29 nuits de suivi (soit 164 h). Pour Gaston, 49 recherches de gîtes et 24 nuits de suivi (soit 166 h) ont été effectuées même si la période hivernale n'a pas été réalisée pour cet individu.

Domaine vital

Le domaine vital est « la zone traversée par l'individu dans ses activités normales de recherche de nourriture, de reproduction et de soins portés aux jeunes » (BURT, 1943 IN WHITE & GARROTT, 1990). La "normalité" est fréquemment définie à 95 % du temps donc par extension 95 % des localisations témoignent du domaine vital d'un animal. Toutefois, ce pourcentage n'est basé sur aucune justification biologique (WHITE & GARROTT, 1990) mais nous le prenons pour référence comme c'est le cas depuis presque 20 ans dans les publications utilisant les données télémétriques.

Lorsque nous réalisons un suivi nocturne en continu, se pose le problème de l'auto-corrélation des localisations si rapprochées dans le temps qu'elles peuvent être prises pour des répliquas (OTIS & WHITE, 1999). En effet, une donnée de radiopistage s'exprime en trois dimensions : longitude X, latitude Y et le temps. L'indépendance statistique ne peut être obtenue que si le temps qui sépare deux localisations (t et $t+1$) suffit à l'animal pour parcourir d'un bout à l'autre son domaine vital (WHITE & GARROTT, 1990). En se basant sur une



© GMHL 2009

Photo 7.
Radiopisteur collection printemps/été.



© GMHL 2010

Photo 8.
Radiopisteur collection automne/hiver.

vitesse de course estimée à 17 km/h sur le terrain et la littérature sur la Martre (*Martes martes*), espèce analogue (MARCHESI, 1989 ; PEREBOOM, 2006), nous avons estimé à 30 minutes le temps nécessaire aux deux genettes pour traverser leur domaine vital. Nous considérons alors pour cette étude, que deux données de localisations

sont indépendantes statistiquement si et seulement si, le temps qui les séparent est supérieur à 30 minutes.

Ainsi, de 799 localisations "autocorrélées" récoltées pour Ginette, nous passons à 182 localisations retenues pour leur indépendance. Pour Gaston, ce sont 939 localisations "autocorrélées" qui se réduisent à 271 données indépendantes. Une perte de données conséquente atteignant les 70 à 80 % ! Non négligeable lorsque vous repensez à tous les efforts fournis sur le terrain avec la prise d'azimuts et la synchronisation de vos équipes. C'est à ce moment là que se fait votre prise de conscience certaine de l'avantage du GPS par rapport au radiopistage à distance VHF et... vous retenez une légère envie de pleurer et votre esprit s'égare (**photo 9**).

La juste estimation du domaine vital d'un individu est un pré-requis indispensable à l'étude de sa sélection de l'habitat. Pour ce faire, nous avons utilisé et comparé trois méthodes standardisées : MCP⁴ 95%, Kernel⁵ 95% et NNCH⁶ 100% (GETZ & WILMERS, 2004) et une méthode manuelle, novatrice et originale : le MCCP⁷ cumulé (© J. JEMIN).

Les méthodes standardisées ont été réalisées à partir des localisations indépendantes grâce au logiciel R 2.11.1 ® et son package Adehabitat ®.

La Méthode MCCP cumulé consiste à délimiter manuellement sous logiciel SIG⁸ (ici MapInfo 7.0 ®) le domaine vital d'une nuit en reliant les localisations "autocorrélées" les plus externes (méthode MCP) d'une nuit en incluant les deux gîtes diurnes de



Photo 9.
Une vision... étrange (selfie 2010).

départ et d'arrivée (si ceux-ci sont différents). L'opération est réitérée pour chacune des nuits. Une fois tous les domaines vitaux journaliers représentés, il suffit de suivre le contour externe du polygone concavo-convexe ainsi obtenu pour schématiser le domaine vital. Cette méthode permet de mettre en évidence visuellement par un camaïeu, le niveau d'exploitation de chaque zone du domaine vital par superposition des domaines vitaux de chaque nuit. Ingénieux.

Sélection de l'habitat

Une fois le domaine vital de chaque individu estimé au plus juste à partir d'une méthode adaptée et d'un jeu de données indépendant statistiquement, il est nécessaire d'effectuer la cartographie des habitats présents à l'intérieur de ce périmètre.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord converti sous SIG (Logiciel MapInfo 7.0 ®) les linéaires des réseaux routiers et hydrographiques en zone surfaciques. Des zones tampons ont ainsi été créées à partir de ces vecteurs et selon la largeur estimée

⁴ MCP : Minimum Convex Polygon (Polygone minimum convexe).

⁵ Kernel : Méthode des noyaux.

⁶ NNCH : Nearest Neighbor Convex Hull (Coque convexe du voisin le plus proche).

⁷ MCCP : Minimum Convex Concave Polygon (Polygone minimum concavo-convexe).

⁸ SIG : Système d'Information Géographique.

sur le terrain ou par photo interprétation de la BD Ortho⁹ de l'IGN¹⁰. Puis, toujours par photo interprétation, nous avons détourné manuellement les parcellaires des autres habitats. Au total, 12 types d'habitats, regroupés en 4 catégories, ont été retenus :

1. les milieux fermés - boisement de feuillus, boisement de conifères, boisement mixte, haie ou zone de régénération (boisement mixte ou châtaigneraie sur site) ;
2. les milieux ouverts - zone déboisée par coupe à blanc, milieu ouvert (prairie, culture et clairière) et milieu semi ouvert (verger, plantation et pépinière) ;
3. les milieux hydriques - cours d'eau et étang ;
4. les milieux anthropiques - route, chemin et bâti.

La sélection de l'habitat faite par un animal témoigne d'une préférence ou d'un évitement de ce dernier. Sur le terrain, cela se traduit par la présence ou l'absence de localisations à l'intérieur de cet habitat. D'après WHITE & GARROTT (1990), la préférence est établie lorsque l'individu utilise plus un habitat qu'il serait attendu au vu de sa disponibilité au sein de son domaine vital. Au contraire, l'évitement est établi lorsque l'individu l'utilise moins.

Au préalable, il est donc indispensable de déterminer la disponibilité de chaque habitat au sein du domaine vital. D'où l'importance cruciale d'avoir correctement estimé le domaine vital effectif des individus suivis. La disponibilité de chaque habitat est exprimée en proportion (% de surface) par rapport à la surface totale du domaine vital (somme de tous les habitats).

Ensuite, la sélection est mise en évidence par la méthode la plus adéquate, à savoir, les intervalles de BONFERRONI réalisés sous tableur Excel selon la formule suivante (BYERS & STEINHORST, 1984) :

$$p_i - Z_{\frac{\alpha}{2k}} \sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{n}} \leq P_i \leq p_i + Z_{\frac{\alpha}{2k}} \sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{n}}$$

où :

n = nombre total de localisations indépendantes

(Ginette : 40 gîtes + 182 localisations nocturnes et Gaston : 48 gîtes + 271 localisations nocturnes)

P_i = proportion d'utilisation observée de l'habitat (i) par l'individu = nombre de localisations dans l'habitat (i) / n

$\alpha = 0,05$

k = nombre d'habitats testés (Ginette : 10 et Gaston : 12)

$Z_{\frac{\alpha}{2k}} = 2,807$

Régime alimentaire

Parallèlement aux suivis par radiopistage, nous avons souhaité dégager quelques pistes sur le régime alimentaire de l'espèce en Limousin.

La collecte de fèces "fraîches" a été réalisée parmi le crottier principal de chaque site d'étude, soit au final, à proximité du site de capture. Aucun protocole d'échantillonnage n'avait été mis en place ; les prélèvements se faisant par opportunisme lors des sessions de radiopistage. Ainsi, 19 fèces ont été collectées sur le site d'étude de Ginette et seulement 8 sur celui de Gaston. La majorité de ces échantillons a été prélevée au printemps. Il est à noter que les fèces de Genette commune sont de tailles et de formes variables (**photo 10**) mais facilement identifiables par leur diamètre net-

⁹ BD Ortho : Base de données des orthophotographies.

¹⁰ IGN : Institut Géographique National.



© GMHL 2010

Photo 10.

« Crottesbinoscope » ou polymorphisme des fèces de Genette récoltées sur sites.

tement supérieur à celui observé chez ces "cousines" autochtones (la Martre (*Martes martes*) ou la Fouine (*Martes foina*)) et la présence, pour certaines, d'un feillard (feuille de graminée présente à l'extrémité). De plus, il est commun que leur longueur atteigne les 20 à 25 cm.

L'expertise par analyse des restes alimentaires (crânes, ossements, poils, pattes, etc.) a été confiée au spécialiste Christian Riols. Un grand merci à lui pour la rapidité et l'excellente qualité et précision de ses analyses allant jusqu'à l'identification d'insectes et d'arachnides !

Discussions autour des résultats

Gîtes diurnes

Les 40 recherches réalisées pour Ginette, ont permis d'identifier 29 gîtes différents : 15 cavités arboricoles de feuillus caducifoliés (neuf chênes, cinq châtaigniers et un hêtre), douze cavités rocheuses et deux habitations abandonnées.

En termes de taux d'occupation lors de ce suivi, cette femelle adulte a utilisé à six reprises une cavité rocheuse (**photo 11**), trois fois une même cavité dans un chêne (**photo 12**) et deux fois quatre autres gîtes (une habitation abandonnée, une cavité d'un chêne et deux cavités de châta-



© GMHL 2010

Photo 11.

Gîte principal de Ginette dans un surplomb rocheux.



© GMHL 2010

Photo 12.

Gîte arboricole de Ginette dans un chêne.

gniers). Les 23 autres gîtes identifiés, n'ont été utilisés qu'une unique fois. Chaque nuit, nous observions qu'elle changeait systématiquement de gîte. Ainsi, son gîte de départ était différent de celui de son retour de chasse nocturne. A l'exception d'une fois où elle a réutilisé la même cavité arboricole.

Les 49 recherches réalisées pour Gaston, ont permis d'identifier 42 gîtes différents, dont un seul n'a pas pu être localisé précisément par nos équipes. Pour les autres il s'agissait de 33 cimes d'arbres dont 21 conifères persistants (14 épicéas *Picea abies*, six sapins pectinés *Abies alba* et un tsuga *Tsuga sp.*), 11 feuillus caducifoliés (cinq hêtres *Fagus sylvatica*, deux chênes *Quercus robur*, deux châtaigniers *Castanea sativa*, deux merisiers *Prunus avium* et un charme *Carpinus betulus*) et un feuillu persistant dans un houx *Ilex aquifolium* arborescent (**photo 6**). Une belle diversité arboricole !

Les études précédemment réalisées en France montraient également que les ginettes utilisent majoritairement des gîtes diurnes arboricoles (CHAUVIN, 1975 ; CUGNASSE & RIOLS, 1984 ; TESSIER *et al.*, 1998). Notre jeune mâle a également gîté direc-



Photo 14.
Parcelle d'épicéas abritant 10 gîtes utilisés par Gaston.



Photo 13.
Gîte principal de Gaston à la cime d'un chêne couvert de lierre au tronc.

tement au sol parmi les broussailles, utilisé deux habitations abandonnées, un tas de bois et une cavité arboricole dans un hêtre.

En termes de taux d'occupation lors de son suivi, Gaston a utilisé à trois reprises la même cime d'un chêne recouvert de lierre (**photo 13**), deux fois cinq autres gîtes (habitation abandonnée, tas de bois, cime d'un châtaignier, d'un hêtre et d'un épicéa) et les 36 autres gîtes n'ont été utilisés qu'une seule fois. Soit la majorité de ses gîtes comme observé chez Ginette. Chez lui aussi, son gîte de début de nuit était systématiquement différent de celui utilisé en fin de nuit, à son retour de chasse. Il est cependant, intéressant de préciser que 10 cimes d'épicéas ont été utilisées dans la même parcelle monospécifique d'un demi-hectare (**photo 14**). Nous les avons considérés comme des gîtes différents, malgré leur proximité, car l'arbre n'était jamais le même.

L'utilisation de nombreux gîtes non réutilisés d'un jour sur l'autre a également été observée chez les Genettes dans les parcs nationaux de Collserola et Doñana en Espagne (PALOMARES & DELIBES, 1994 ; CAMPS & LLIMONA, 2004a). Il pourrait s'agir là d'une stratégie antiprédateur car cette espèce cherche des milieux fermés difficiles d'accès (CUGNASSE & RIOLS, 1984 ; MAIZERET *et al.*, 1990 ; PALOMARES & DELIBES, 1994). L'exploration d'un domaine vital étendu peut aussi nécessiter plusieurs nuits à l'animal. Sa fin de parcours est alors éloignée de son gîte de départ. D'ailleurs, nous avons pu constater pour ces deux individus évoluant dans des paysages différents, que les gîtes utilisés à plusieurs reprises étaient ceux situés approximativement au barycentre de leur domaine vital. CQFD¹¹.

Si nous comparons la typologie des gîtes utilisés par nos deux genettes, nous avons observé une différence hautement significative (Test de Fisher pour les petits échantillons, $p < 0,001$) entre les cavités arboricoles et rocheuses de Ginette et les cimes de conifères et de feuillus où se blottissait Gaston.

Ces différences sont simples à expliquer lorsque nous regardons les milieux dans lesquels ces deux genettes évoluent. En effet dans les gorges de la Cère, Ginette dispose de nombreux îlots de sénescence avec de fréquents arbres à cavités et surplombs rocheux. Au contraire, le site de Gaston est dépourvu de surplomb rocheux comme d'îlots de sénescence. Les boisements sont davantage exploités par l'Homme et les arbres à cavités y sont très rares. Lors de l'étude menée à Collserola en Espagne (CAMPS & LLIMONA, 2004a), les genettes suivies gîtaient également dans les branchages au sein des pinèdes et plus particulièrement là-bas, des yeuseraies. Le comportement de notre jeune

mâle en Limousin n'est pas exceptionnel mais témoigne d'un réel manque de disponibilité en cavités de son milieu.

Lors de conditions météorologiques plus rudes comme le froid en automne/hiver ou une pluie soutenue au printemps, nous avons retrouvé nos genettes dans des gîtes d'origine anthropique (habitations abandonnées ou tas de bois) ou au couvert végétal plus dense (Gaston dans ses broussailles). Ces gîtes offraient alors une meilleure protection thermique et/ou hygrométrique (**photo 15**). En dehors de ces conditions "extrêmes", ces gîtes étaient peu utilisés.



Photo 15.

Habitation abandonnée utilisée par Ginette en hiver. L'accès par le toit est indéniable, merci les empreintes dans la neige !

Domaines vitaux

Afin d'estimer au plus juste les domaines vitaux des genettes suivies à partir de leurs localisations diurnes et nocturnes, nous avons comparé trois méthodes standardisées : MCP 95 %, Kernel 95 % et NNCH 100 % puis une méthode manuelle de notre invention : MCCP cumulé. En sortie de logiciel, nous avons pu constater qu'avec les mêmes localisations, nous ob-

¹¹ CQFD : Ce Qu'il Fallait Démontrer.

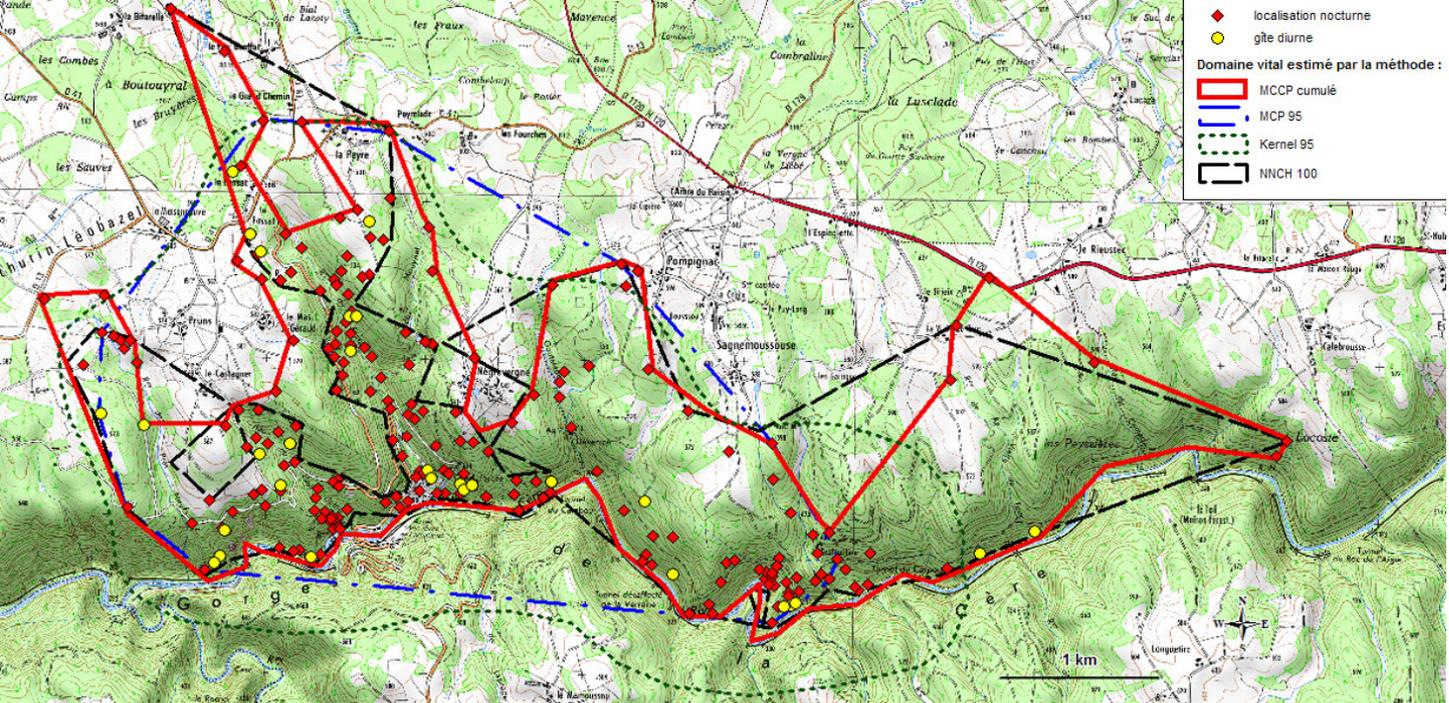


Figure 1.

Visualisation des différents domaines vitaux suivant les modèles utilisés (MCCA cumulé, MCP 95%, Kernel 95% et NNCH 100%) à partir des 222 localisations nocturnes et diurnes indépendantes de l'individu.

Fond cartographique : © IGN-Paris, BDTOP0®SCAN25-2008. Réalisation : GMHL 2011.

tenions une valeur estimée pour la superficie du domaine vital bien différente selon la méthode employée. Pour l'exemple, nous traiterons ici le cas de Ginette mais il est important de préciser que les mêmes observations et conclusions ont été faites avec les données de Gaston. Inutile d'enfoncer le clou deux fois en vous présentant les deux.

Le domaine vital de Ginette présentait, dans l'ordre décroissant, une superficie de 17,39 km² avec la méthode Kernel 95 %, 9,82 km² avec la MCP 95 %, 9,16 km² avec la MCCA cumulé et 8,84 km² avec la NNCH 100 %. La différence était encore plus marquée si nous regardions les contours estimés du domaine vital. Ainsi la forme explicative du nuage de points (localisations de l'animal) était bien meilleure pour la méthode NNCH 100 % puis venaient les méthodes MCCA cumulé, Kernel 95 % et enfin MCP 95 % (**figure 1**). En effet, ces deux dernières méthodes ne traduisaient pas, à partir des localisations, certaines "barrières" géographiques comme l'étaient La Cère (rivière de 20 à 30 m de large) pour Ginette ou un haie pour Gaston (présence de chiens de chasse en chenil).

La meilleure estimation possible du domaine vital étant un pré-requis indispensable pour les calculs à venir de sélections de l'habitat, nous avons retenu la méthode MCCA cumulé. Pourquoi si la méthode NNCH était meilleure ? Nous diriez-vous. La raison de notre choix est que le MCCA cumulé traduisait correctement le nuage de points (juste derrière la méthode standardisée NNCH), tout en ayant pour avantage de prendre en compte uniquement (à la différence des MCP et Kernel) et tous (à la différence de la NNCH) les territoires exploités par l'individu. Ainsi, nous prenions également en compte les zones exemptes de localisations à cause des contraintes du terrain comme le relief et l'éloignement des routes qui compliquaient le suivi dans certains secteurs. La biangulation n'était pas possible dans ces zones alors que Ginette les exploitait clairement en terrain de chasse sur une longue durée. Avec cette méthode MCCA cumulé, les rares localisations extrêmes que nous pouvions avoir pour ces raisons techniques, n'étaient plus considérées comme des excursions de l'animal. Une bonne chose lorsque nous voulons traduire au mieux le domaine vital de ces genettes.

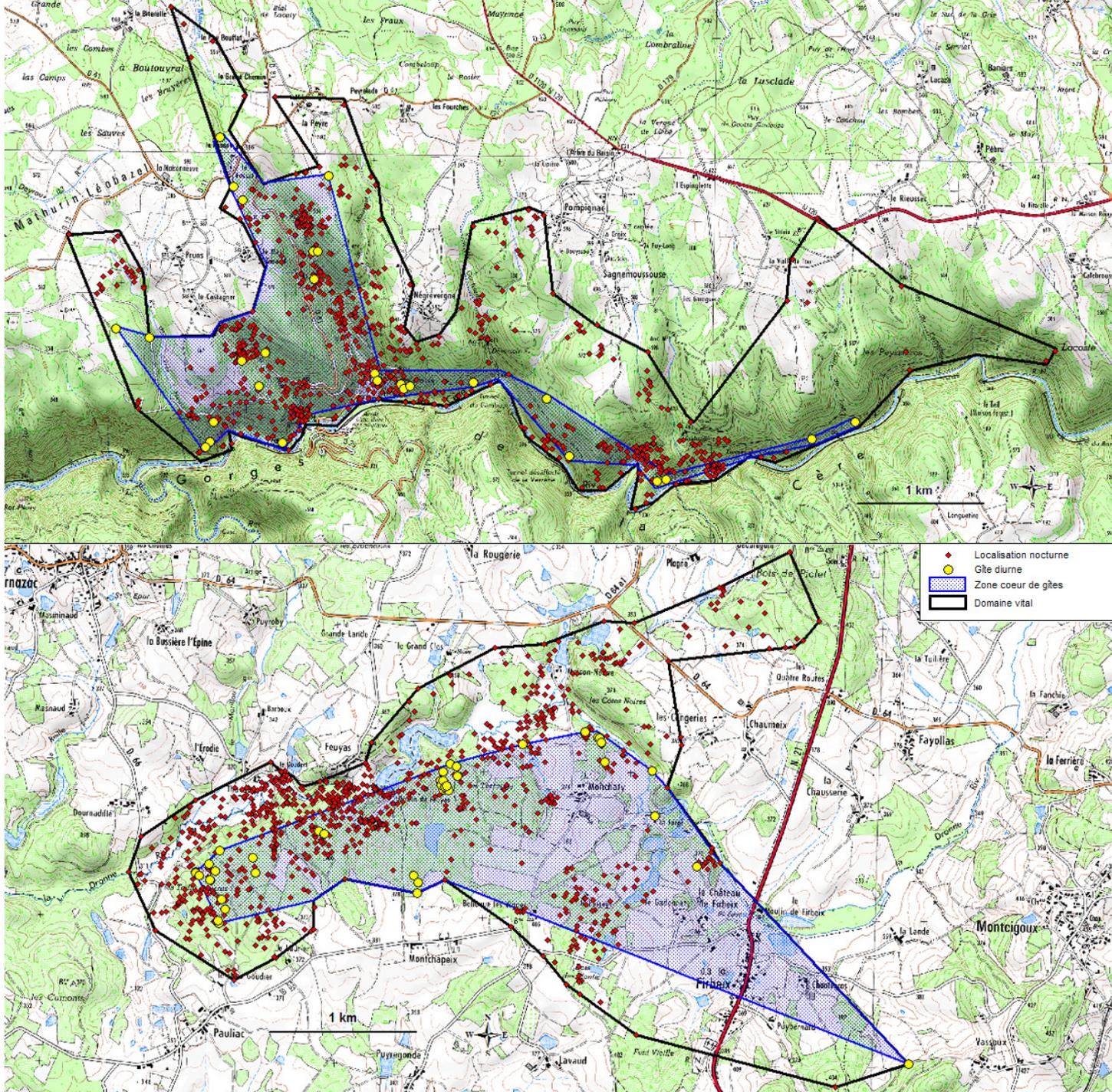


Figure 2.

Domaines vitaux et zones cœur de gîtes. En haut, Ginette dans les Gorges de la Cère (19).

En bas, Gaston dans la vallée de la Dronne.

Fond cartographique : © IGN-Paris, BDTOP0®SCAN25-2008. Réalisation : GMHL 2011.

Toutefois, rappelons que cette méthode MCCP cumulé se réalise "manuellement". Elle est donc plus fastidieuse que les autres méthodes standardisées. Lorsque nous travaillons sur de petits échantillons comme ici avec deux individus, elle est réalisable. Au delà d'un certain effectif qui rendrait le travail trop chronophage, il faudrait opter pour la meilleure méthode standardisée, à savoir la NNCH 100 %. Depuis la parution de cette méthode en 2004 par GETZ & WIL-

MERS, il serait temps de l'utiliser et d'abandonner les "archaïques" MCP et Kernel qui surestiment les domaines vitaux et sont ainsi trop éloignés du ressenti de terrain !

Le domaine vital de Ginette s'étendait sur 9,16 km² avec une zone cœur (qui contenait ses gîtes) de 2,93 km², alors que celui de Gaston était de 7,68 km² pour une zone cœur de gîtes de 3,70 km² (figure 2). Il est important de préciser que l'effort d'échantillonnage nécessaire pour ces deux indivi-

du était d'environ 25 nuits de suivi et de 40 à 50 recherches de gîtes. C'est à partir de ces valeurs que nous avons pu observer un palier (asymptotes des courbes de superficies cumulées) et ainsi nous rassurer sur le fait que nos efforts d'échantillonnage étaient suffisants dans les conditions de suivi de Ginette. Pour Gaston, une session supplémentaire de 4 nuits en hiver aurait permis de fiabiliser ses valeurs.

Maintenant, ces données sont-elles comparables à celles observées chez d'autres individus de la même espèce ayant fait l'objet des mêmes types de suivis dans le sud de l'Europe ? Nous devons alors comparer ce qui est comparable avec la littérature, c'est à dire, des superficies de domaines vitaux estimés avec la méthode imprécise de MCP 95 %. Pour rappel concernant nos deux genettes, le MCP 95% estime un domaine vital de 9,82 km² pour Ginette et 6,45 km² pour Gaston. Ces valeurs sont équivalentes aux genettes étudiées au Parc national de Doñana en Espagne (PALOMARES & DELIBES, 1994) avec 10 individus (mâles, femelles, adultes et jeunes) pour une moyenne de 5,41 km² (minimum : 0,33 km² et maximum : 11,92 km²). D'autres études réalisées mettent en

évidence un domaine vital bien inférieur pour les femelles avec une moyenne de 0,72 km² pour 10 femelles au Parc Collserola en Espagne (CAMPS & LLIMONA, 2004b), 1,77 km² pour une femelle adulte au Portugal (GONÇALVES PEREIRA DA CRUZ, 1996) et 0,62 km² pour une femelle et son jeune en Ethiopie (IKEDA *et al.* in LIVET & ROEDER, 1987). Concernant les mâles, leurs domaines vitaux seraient plus étendus avec en moyenne 1,13 km² observés pour 6 mâles au Parc Collserola en Espagne (CAMPS & LLIMONA, 2004b). A Urdaibai également en Espagne, 3 autres mâles arpentaient respectivement 2,12 km², 3,39 km² et 10,16 km² (ZUBEROGOITIA *et al.*, 2002). Nos genettes limousines présenteraient alors des domaines vitaux parmi les plus vastes si l'on se réfère à leurs cousines sœurs.

Les études espagnoles à Doñana et Collserola ont démontré que la superficie du domaine vital de ce carnivore territorial est fonction de la densité en individus, soit d'une compétition intraspécifique. En effet, pour une estimation de 0,33 individus par km² à Doñana, la moyenne des domaines vitaux dépasse les 5 km² alors qu'à Collserola avec 0,98 individus par

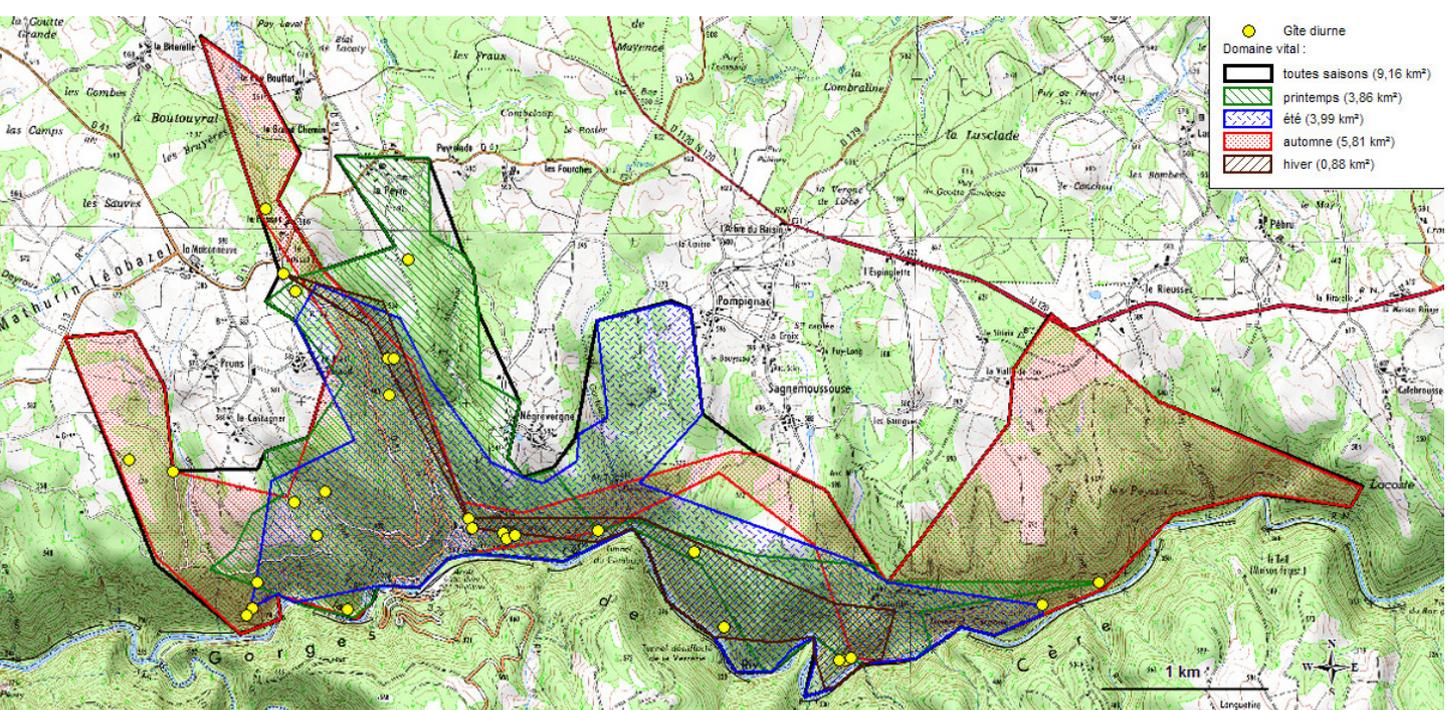


Figure 3. Domaines vitaux de Ginette au regard des saisons.
Fond cartographique : © IGN-Paris, BDTOP0®SCAN25-2008. Réalisation : GMHL 2011.

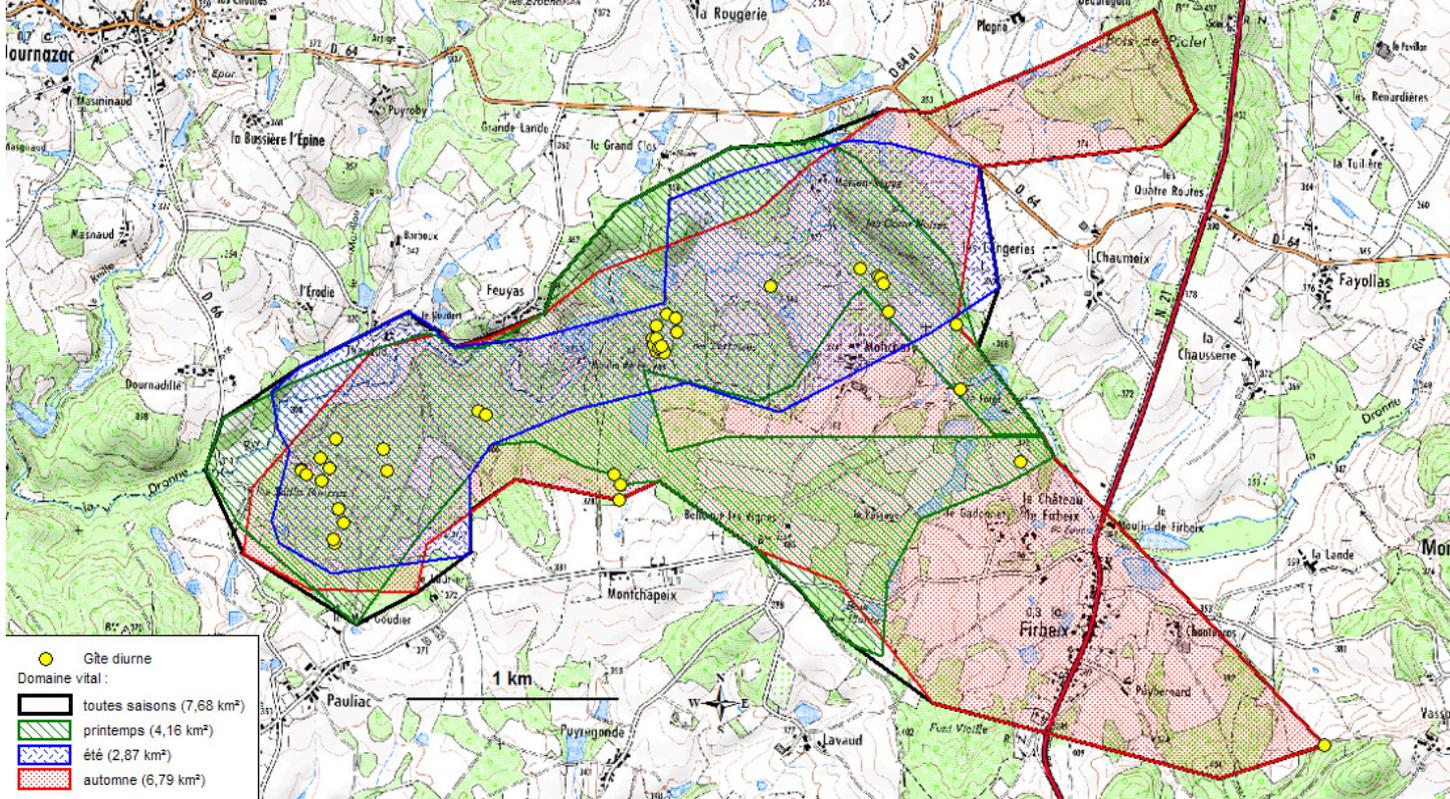


Figure 4.

Domaines vitaux de Gaston au regard des saisons.

Fond cartographique : © IGN-Paris, BDTOPO®SCAN25-2008. Réalisation : GMHL 2011.

km², la moyenne tourne seulement autour de 1 km². L'hypothèse pour expliquer les vastes domaines vitaux de Ginette et Gaston serait alors une faible compétition interindividuelle sur leurs sites.

La littérature montre également un chevauchement partiel des domaines vitaux entre femelles et mâles adultes alors que le chevauchement intrasexe est minimal (PALOMARES & DELIBES, 1994 ; GONÇALVES PEREIRA DA CRUZ, 1996). Lors de nos suivis, nous avons eu la rare opportunité d'observer un autre individu à l'intérieur du périmètre de Ginette. Il pourrait donc s'agir d'un mâle. Une observation équivalente a été faite lors du suivi de Gaston, où une autre genette fut aperçue en périphérie de son domaine vital non loin du crottier principal sur le pont routier. Nul doute que cet individu marquait également le lieu avec Gaston mais s'agissait-il d'un autre mâle ou d'une femelle ?

Si nous nous référons à l'étude de CAMPS & LLIMONA au nord de l'Espagne (2004b), les domaines vitaux des mâles sont plus

grands que ceux des femelles. Or, nous observons l'inverse en Limousin avec nos deux individus. Cependant, il est primordial de rappeler que Gaston – hormis l'absence de son suivi hivernal – est un jeune individu au territoire probablement non fixé mais surtout que nos deux genettes ne sont pas syntopiques comme celles de l'étude de Collserola. La comparaison serait hasardeuse pour deux sites si éloignés en distance et nature des milieux.

Si nous comparons les domaines vitaux en fonction de la saison, nous observons que la superficie exploitée en automne par Ginette semblait être supérieure à celles du printemps et de l'été et encore plus celle de l'hiver (figure 3). La diminution du domaine vital selon les saisons automne, printemps et été était encore plus marquée chez Gaston (figure 4). Rappelons que ce dernier n'a pas été suivi en hiver.

Les extrêmes des domaines vitaux de nos genettes étaient explorés en automne alors qu'au parc de Collserola, le maximum de surface était couvert au printemps

(CAMPS & LLIMONA, 2004b). Les hypothèses explicatives de ces variations observées seraient la disponibilité saisonnière des ressources - soit des proies - et l'implication dans la reproduction avec la rencontre des partenaires. Les auteurs espagnols suggèrent qu'en fin d'hiver et au printemps, l'exploration des deux sexes est maximale pour la rencontre du partenaire et qu'en été les femelles ne s'éloignent pas de leurs jeunes. Pour Ginette et Gaston, l'explication viendrait-elle de leur non implication dans la reproduction l'année de leur suivi ?

En termes d'exploitation de leur domaine vital, Ginette a été plus fréquemment observée aux abords des ruisseaux, du crottier principal du site et en fond de vallée alors qu'elle était plus rarement présente sur les plateaux et à l'extrême est de son fond de vallée. Gaston, a également été plus fréquemment observé aux abords d'un ruisseau et d'un boisement de feuillus. Au contraire, la zone du crottier principal de son site était moins fréquentée par lui, comme les autres zones nécessitant la traversée d'une route (**figure 5**). La méthode MCCP cumulé étant novatrice

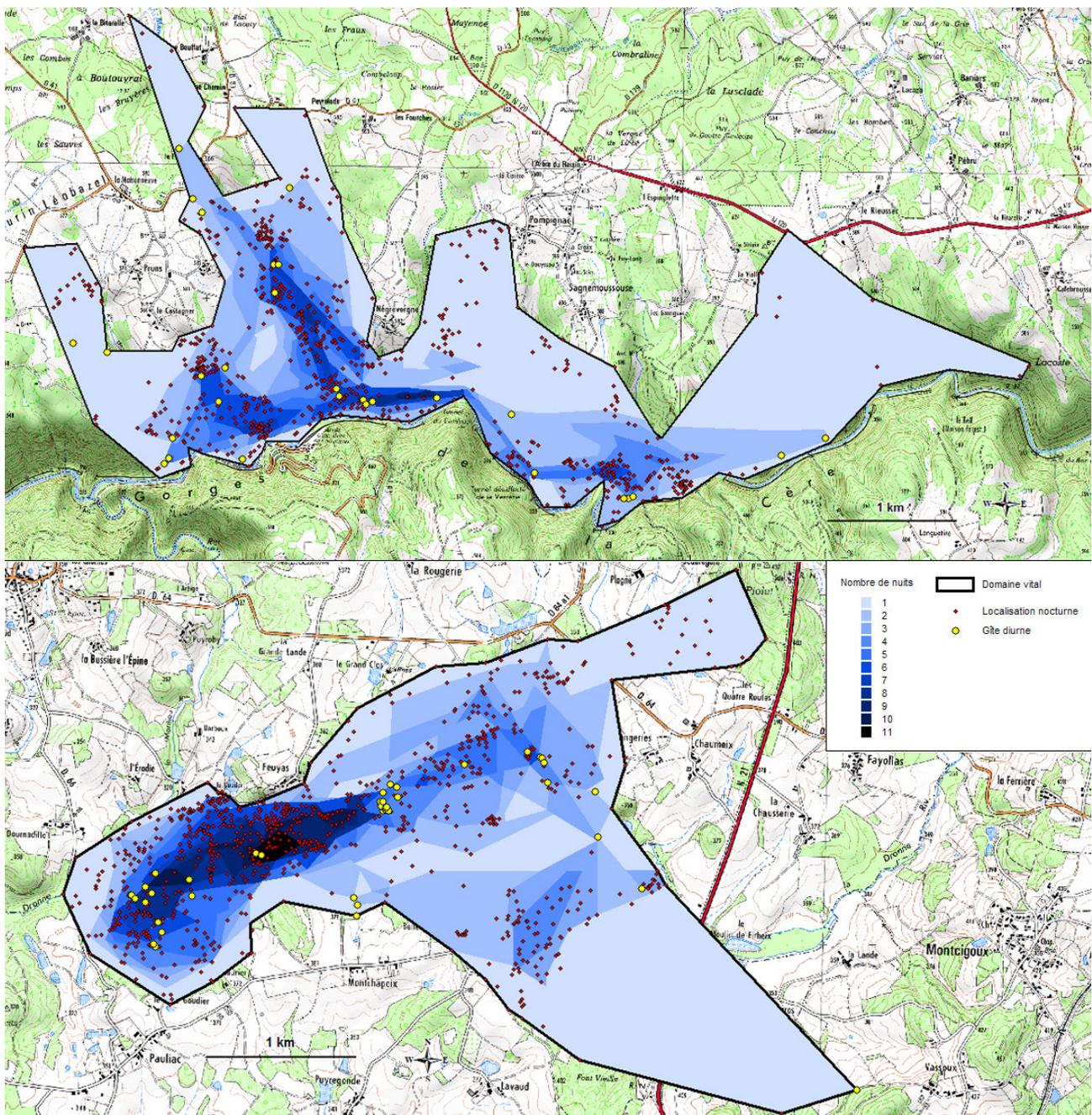


Figure 5. Fréquence d'utilisation du domaine vital chez Ginette (en haut) et Gaston (en bas). Fond cartographique : © IGN-Paris, BDTOP0®SCAN25-2008. Réalisation : GMHL 2012.

car imaginée et testée par nos soins pour cette étude, nous n'avions pas de littérature existante pour comparer précisément nos résultats. Cependant, des observations réalisées en Aquitaine (MAIZERET *et al.*, 1990) montraient que cette espèce exploiterait davantage les abords des cours d'eau en restant à distance des zones urbanisées. En Limousin, nous observions donc les mêmes comportements pour nos genettes.

Il fallait en moyenne 3,5 nuits consécutives à Ginette pour parcourir l'ensemble de son domaine vital (minimum : 2 nuits, maximum : 5 nuits) et 3 nuits pour Gaston (minimum : 2 nuits, maximum : 4 nuits). Pour deux genettes évoluant dans des milieux si différents, nous ne pouvions que saluer cette ressemblance ! La demi-nuit supplémentaire nécessaire à Ginette tiendrait de la distance supérieure à couvrir pour elle. Fait notable également, lorsque Ginette était en limite est de son domaine vital, elle avait tendance à traverser en une seule nuit la quasi-totalité de son territoire pour rejoindre sa limite nord-ouest. Nous avons aussi remarqué que les itinéraires suivis par nos deux individus changeaient entre les nuits. Aucune routine dans leurs trajets ; plus de l'opportunisme de chasse.

Sélection de l'habitat

A partir des contours des domaines vitaux estimés par notre méthode MCCP cumulé et de la cartographie des habitats réalisée à l'intérieur de ces périmètres (**figure 6**), nous avons pu mettre en évidence la disponibilité de chacun des habitats pour nos deux genettes (**figure 7**). Les résultats obtenus reflétaient assez bien le type de milieu dans lequel chaque individu évoluait.

Le domaine vital de Ginette présentait au 3/4 des milieux fermés avec une majorité de boisements de feuillus sur pente.

Peu de zones urbanisées et moins d'1/5 de son domaine vital se trouvait être des milieux ouverts. Tout cela traduisait bien le continuum de forêt de feuillus sur pente des Gorges de la Cère.

Le domaine vital de Gaston présentait lui, une moitié de milieux fermés avec une majorité de boisements de feuillus et peu de boisements de conifères. Environ 1/3 de la surface était occupée par des milieux ouverts. Cette balance entre milieux ouverts et fermés traduisait plus son secteur bocager.

Il est important d'avoir à l'esprit que le domaine vital d'un animal représente déjà son premier niveau de sélection. Nos deux exemples particuliers en Limousin excluaient les zones urbanisées et la majorité des milieux ouverts présents sur les sites d'étude. Ginette se montrait plus exclusive que Gaston dans ces exclusions. En Espagne, il avait été démontré que l'espèce peut vivre dans des zones fortement urbanisées mais elle était alors toujours contactée dans les secteurs les moins fréquentés, voire abandonnés (SAEZ & MONTIEL, 2006).

Les habitats parmi lesquels nos genettes sélectionnaient leurs gîtes diurnes ont été mis en évidence selon la saison à partir des intervalles de BONFERRONI pour un degré de significativité de 0,05 (**tableau 1**). Ainsi, nous avons pu démontrer que Ginette gîtait préférentiellement au sein de boisements de feuillus en évitant au contraire les boisements de conifères et les milieux ouverts présents au sein de son domaine vital. La raison est évidente : la disponibilité en arbres et surplombs rocheux à cavités est dans les boisements de feuillus. Elle utilisait le bâti en hiver et début de printemps (absence de feuillage pour les essences d'arbres caduques) à hauteur de sa disponibilité.

Figure 6.

Cartographies des habitats au sein des domaines vitaux de Ginette (en haut) et Gaston (en bas). Réalisation : GMHL 2012.

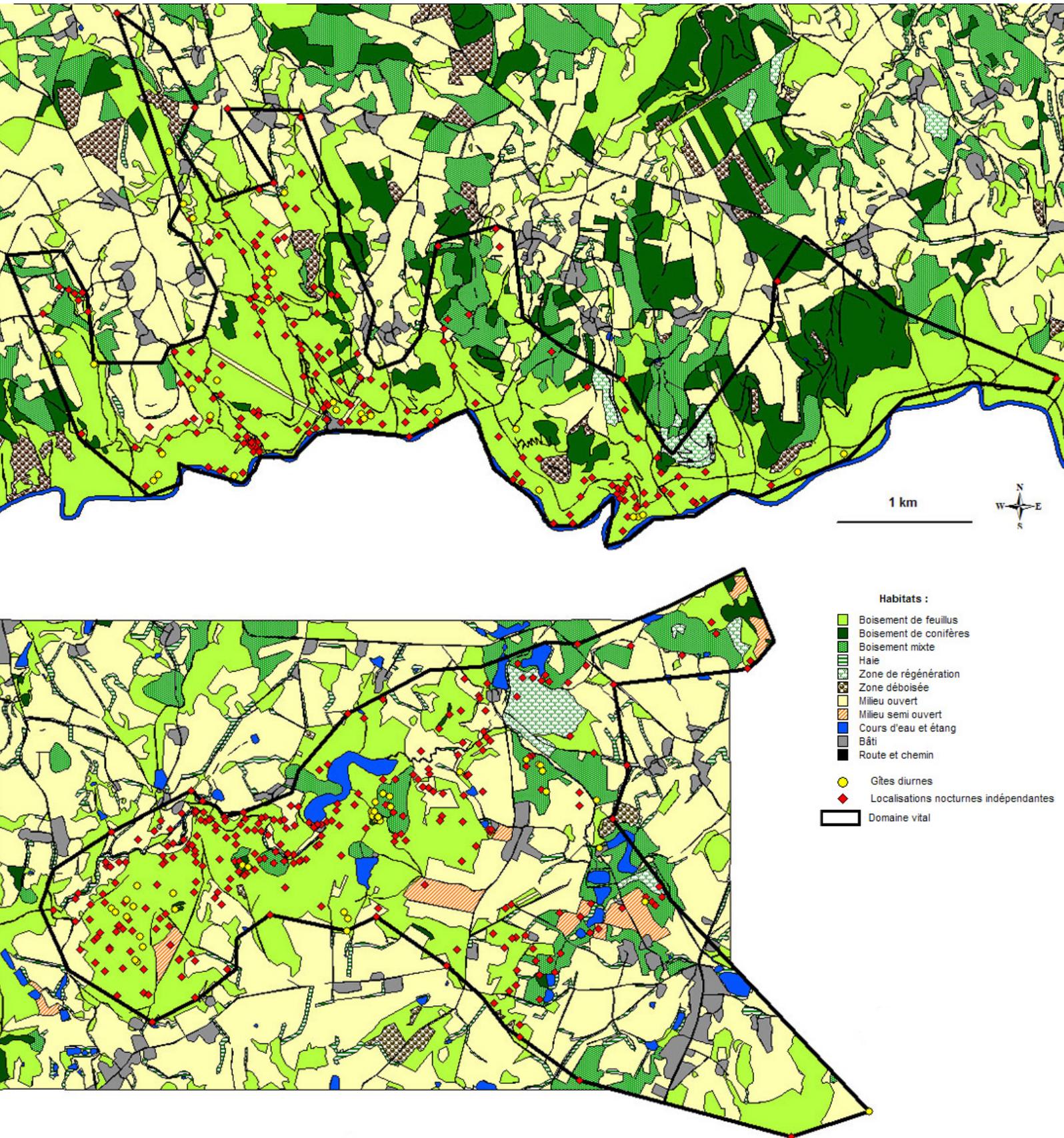


Figure 7.

Proportion des différents habitats présents au sein des domaines vitaux des 2 individus suivis.

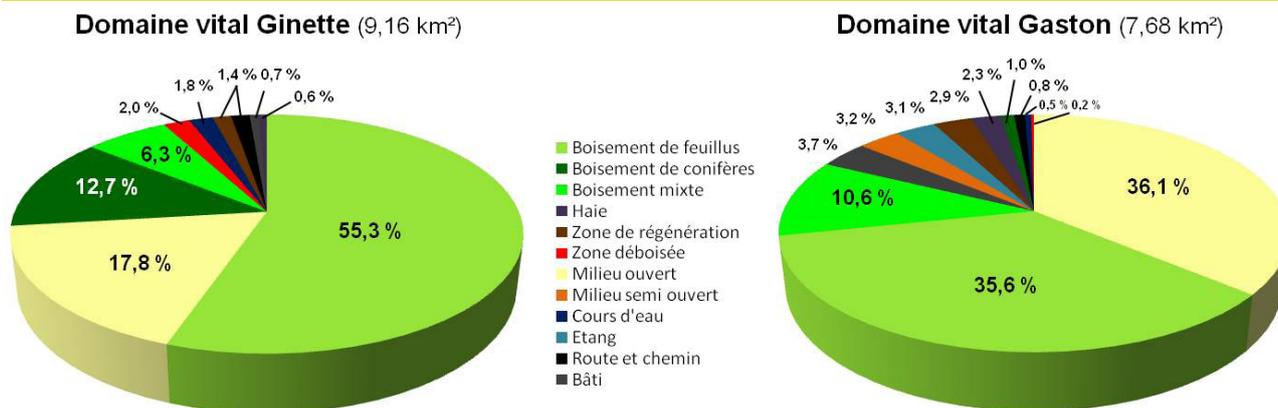


Tableau 1.

Sélection de l'habitat des gîtes diurnes de Ginette et Gaston en fonction des saisons mise en évidence par les intervalles de BONFERRONI : degré de significativité 0,05, + préférence, - évitement, (-) évitement relatif (localisations attendues < 1), 0 aucune sélection.

Type d'habitat	Toutes saisons		Printemps				Été		Automne				Hiver
	Ginette	Gaston	sans feuilles		avec feuilles		Ginette	Gaston	avec feuilles		sans feuilles		Ginette
			Ginette	Gaston	Ginette	Gaston			Ginette	Gaston	Ginette	Gaston	
<i>Gîtes diurnes</i>													
Boisement de feuillus	+	0	+	0	+	0	+	0	0	0	+	0	0
Boisement de conifères	-	+	-	+	(-)	0	-	0	(-)	0	(-)	(-)	(-)
Boisement mixte	0	0	(-)	0	(-)	0	(-)	0	0	0	(-)	(-)	(-)
Haie	(-)	-	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Zone de régénération	(-)	-	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Zone déboisée	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Milieu ouvert	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	-	(-)	-	-
Milieu semi ouvert		-		(-)		(-)		(-)		(-)		(-)	
Cours d'eau	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Etang		-		(-)		(-)		(-)		(-)		(-)	
Route et chemin	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Bâti	0	0	0	(-)	(-)	0	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	0
nombre localisations	40	48	9	9	7	12	10	18	3	5	5	4	6

Tableau 2.

Sélection de l'habitat des localisations nocturnes de Ginette et Gaston en fonction des saisons mise en évidence par les intervalles de BONFERRONI : degré de significativité 0,05, + préférence, - évitement, (-) évitement relatif (localisations attendues < 1), 0 aucune sélection.

Type d'habitat	Toutes saisons		Printemps		été		automne		hiver
	Ginette	Gaston	Ginette	Gaston	Ginette	Gaston	Ginette	Gaston	Ginette
<i>Localisations nocturnes</i>									
Boisement de feuillus	+	+	+	+	+	+	0	+	+
Boisement de conifères	-	0	-	(-)	-	0	0	0	-
Boisement mixte	0	0	-	0	0	0	0	0	-
Haie	-	0	(-)	0	(-)	0	(-)	-	(-)
Zone de régénération	-	0	-	0	(-)	0	(-)	0	(-)
Zone déboisée	-	0	-	(-)	-	(-)	(-)	0	(-)
Milieu ouvert	-	-	-	-	0	0	0	-	-
Milieu semi ouvert		0		0		-		0	
Cours d'eau	0	0	0	0	0	0	(-)	(-)	(-)
Etang		-		-		-		-	
Route et chemin	0	0	0	0	0	(-)	0	0	(-)
Bâti	0	-	0	-	(-)	0	(-)	0	(-)
nombre localisations	182	271	73	88	53	86	31	97	25

Gaston gîtait préférentiellement dans les boisements de conifères au début du printemps alors que ceux-ci ne représentaient que 4 % de son domaine vital. Cette préférence s'expliquerait au moment où les essences caduques sont encore dépourvues de feuilles. Il s'adapterait alors au manque de cavités de son milieu en se camouflant à la cime parmi les feuilles persistantes des conifères.

En toutes saisons, il évitait de gîter dans les milieux ouverts et semi-ouverts mais également dans les haies ou les zones de boisements en régénération. Pour lui également, le bâti était utilisé à hauteur de sa disponibilité mais en fin d'automne car, rappelons-le, aucun suivi n'a été réalisé pour lui en hiver.

Les mêmes calculs effectués sur leurs localisations d'activités nocturnes (**tableau 2**), ont pu démontrer que Ginette exploitait préférentiellement les boisements de feuillus en toutes saisons pour son activité de chasse alors qu'elle évitait les boisements de conifères (sauf en automne) et les milieux ouverts au printemps et en hiver. Elle évitait systématiquement les zones de coupe à blanc et de régénération forestière.

Gaston chassait également de manière préférentielle dans les boisements de feuillus en toutes saisons. Il évitait les milieux ouverts (sauf en été) et le bâti au printemps.

Ginette se montrait plus sélective que Gaston en évitant également les boisements de conifères alors qu'ils couvraient presque 13 % de son domaine vital. Les six genettes radiopistées dans les Landes de Gascogne (MAIZERET *et al.*, 1990) affichaient les mêmes comportements en évitant les pinèdes alors qu'elles chassaient préférentiellement dans les chênaies. En

Espagne et au Portugal, la préférence des genettes se reportait également sur les chênaies (GONÇALVES PEREIRA DA CRUZ, 1996 ; ZUBEROGOITIA *et al.* 2002) mais aussi sur les frênaies (PALOMARES & DELIBES, 1994). L'évitement était observé dans les plantations de pins ou d'eucalyptus, les prairies et les sols dépourvus de végétation (GONÇALVES PEREIRA DA CRUZ, 1996 ; ZUBEROGOITIA *et al.* 2002).

S'agissant d'une espèce carnivore, la Genette va bien entendu, utiliser et sélectionner ses habitats de chasse en fonction de la présence de ses proies. Sans dévoiler prématurément les résultats de l'étude du régime alimentaire (*cf.* dernière partie de cet article), nous savions que la Genette consommait en Limousin (GMHL, 2010) des petits rongeurs essentiellement forestiers de boisements de feuillus que sont les Mulots sylvestres (*Apodemus sylvaticus*), les Loirs gris (*Glis glis*) et les Campagnols roussâtres (*Clethrionomys glareolus*).

Outre la disponibilité en proies, il a été montré à Doñana en Espagne, que les Genettes privilégiaient les frênaies plutôt que les chênaies, seul habitat utilisé par le Lynx pardelle ou ibérique (*Lynx pardinus*), un prédateur connu de la Genette. Ces chênaies étaient aussi utilisées par la Mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*), une compétitrice alimentaire cette fois. La Genette pourrait donc sélectionner aussi ses habitats de chasse en fonction de la présence potentielle de ses prédateurs ou compétiteurs.

En France, ses prédateurs peuvent être le Hibou grand-duc (*Bubo bubo*), le Renard roux (*Vulpes vulpes*) et les chiens errants ou divagants (CUGNASSE & RIOLS, 1984). Ses compétiteurs alimentaires interspécifiques sont eux, plus nombreux avec la Chouette hulotte (*Strix aluco*), la Martre (*Martes*

martes), la Fouine (*Martes foina*), la Belette (*Mustela nivalis*), l'Hermine (*Mustela erminea*), le Chat forestier (*Felis sylvestris*) ou domestique et encore le Renard roux (GIL SANCHEZ, 1998 ; LOPEZ MARTIN, 2003 ; MANGAS *et al.*, 2007 ; SANTOS *et al.*, 2007). Cependant, cette compétition interspécifique serait limitée par la spécialisation de la Genette sur le Mulot sylvestre et une ségrégation des niches écologiques de ces espèces. Sur nos sites d'étude en Limousin, nous ne disposons pas d'information sur les relations syntopiques avec toutes ces espèces prédatrices ou compétitrices potentielles. Aussi, nous ne pouvions pas connaître les effets sur la sélection des habitats par Ginette et Gaston. Une étude plurispécifique aurait été nécessaire et instructive bien qu'encore plus difficile à réaliser avec nos moyens de l'époque...

Pistes sur le régime alimentaire

L'expertise de Christian RIOLS a été réalisée à partir d'une trentaine de fèces récoltées parmi le crottier principal de chaque site d'étude : une dizaine pour celui de Gaston (**photo 16**) et une vingtaine pour celui de Ginette (**photo 17**). Connaissant parfaitement le rôle de communication territoriale de ces crotties utilisés par différentes genettes, nous avons pris soin de ne pas prélever toutes les fèces et d'en laisser au moins une fraîche sur site.

Le site d'étude de Ginette, avec ses 19 fèces analysées, révélait un total de 82 proies et une moyenne de 4,8 proies par fèces. Le site de Gaston avec ses seulement 8 fèces analysées, révélait un total de 31 proies pour une moyenne de 3,9 proies par fèces. En termes de composition spécifique, la majorité des proies se composait de Mulots sylvestres (*Apodemus sylvaticus*) atteignant 41 % sur le site

de Ginette et 74 % sur celui de Gaston (**figure 8**). Puis dans un ordre décroissant, nous retrouvons le Loir gris (*Glis glis*), les Insectes et les Amphibiens dans les Gorges de la Cère alors que les fèces du site de Dournadille étaient dépourvues de restes de Loir gris, d'Insectes ou d'Amphibiens.



© GMHL 2010

Photo 16.
Toilettes sèches de Gaston
au près du pont !



© GMHL 2009

Photo 17.
Toilettes sèches de Ginette
panorama sur les gorges !

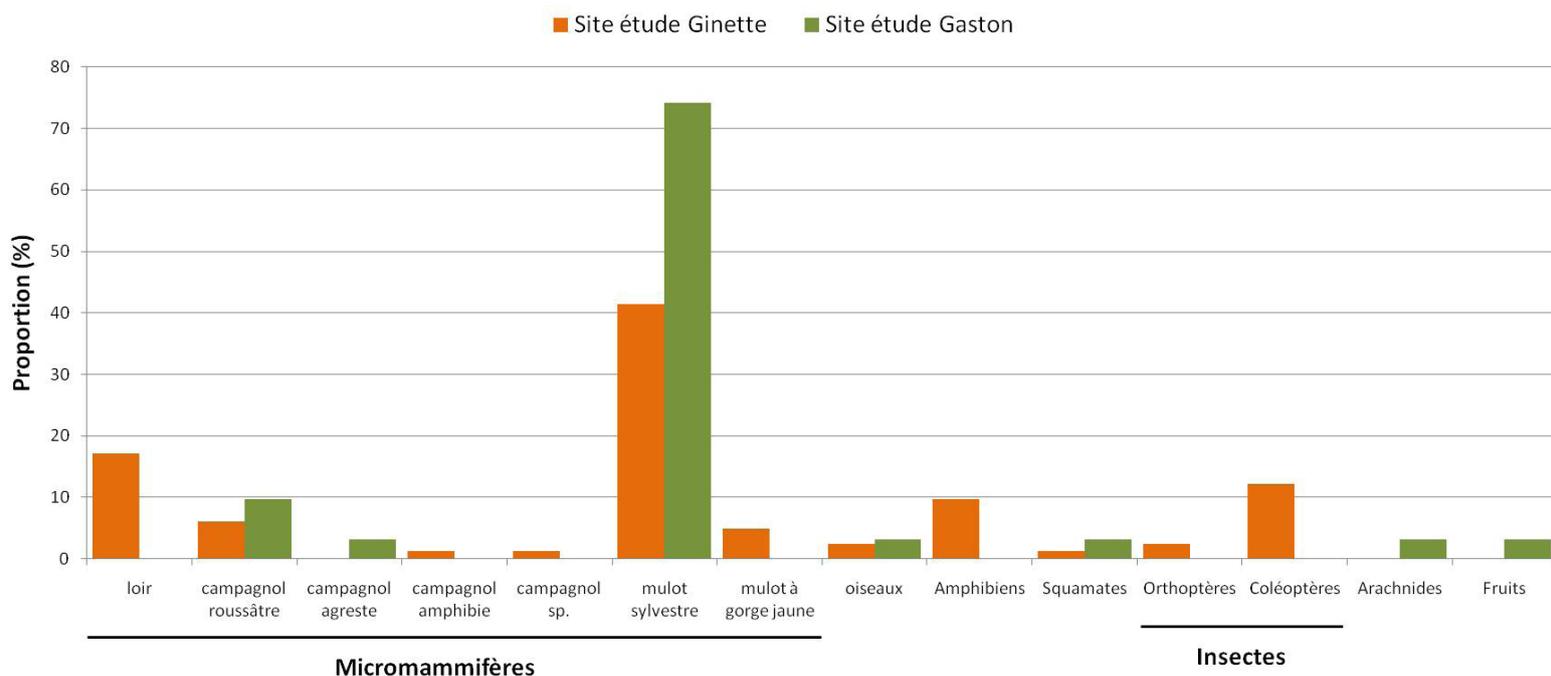


Figure 8.

Proportion des proies retrouvées dans les fèces de genettes en fonction du site d'étude. Décorticage et analyse de C. RIOLS, 2009.

D'ailleurs, l'absence de Loir, Insectes et Amphibiens pour le site d'étude de Gaston serait probablement dû à la taille minimaliste de l'échantillon (seulement huit fèces) car une observation personnelle lors du suivi par radiopistage de cet individu avait permis de valider la présence du Loir sur le site. Du fait de la faiblesse de l'échantillonnage, il ne s'agit là que de pistes de réflexion et non de généralités basées sur des statistiques fiables.

Tous les taxons, ainsi que leur proportion respectives, retrouvés dans les fèces correspondent aux études complètes déjà menées en France, au Portugal et en Algérie (CUGNASSE & RIOLS, 1984 ; LODÉ *et al.*, 1991 ; HAMDINE *et al.*, 1993 ; LE JACQUES & LODÉ, 1994 ; ROSALINO & SANTOS-REIS, 2002) sur le régime alimentaire de la Genette. Les pistes dégagées lors de notre étude

n'avaient alors rien d'atypique. La Genette commune resterait constante dans son régime alimentaire quelle que soit sa latitude de présence. Nos analyses confirmaient également un régime alimentaire accentué sur les micromammifères avec la prédominance du Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*). Cette espèce étant parmi les plus abondantes en milieu forestier avec ses déplacements surfaciques, il semble logique qu'elle soit la plus consommée par ce prédateur.

Fait notable, nous avons eu la possibilité de récolter une fèces fraîche laissée par Gaston lors d'une nuit de suivi. En effet, les dernières localisations nocturnes biangulées de cet individu ont pointé vers le pont routier (où s'étendait le crottier) et à l'aube nous avons trouvé une seule fèces fraîche. Une conclusion peu hasardeuse.

Cette fèces miraculeuse était composée uniquement de 3 Mulots sylvestres, quelle sélection pour Gaston !

Environ 10 % des fèces récoltées sur les deux sites d'étude, témoignaient de la consommation de graminées ; fait également avéré chez cette espèce et confirmé pour nos genettes.

Enfin, nous avons eu la rare observation d'une prédation sur un œuf de pigeon (**photo 18**) avec Gaston. C'est lors d'une recherche de son gîte diurne par Homing in, que nous avons trouvé au pied du Tsuga dans lequel il se reposait à la cime, cet œuf prédaté avec un écartement des canines correspondant à l'espèce. Trop de coïncidences pour ne pas conclure à cette prédation, ne trouvez-vous pas ?



Photo 18.

Oeuf de pigeon prédaté par Gaston.

Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier Kévin MARTINEZ, Florian MARCO, Franck TABOURY, Julien VITTIER, Emilie DESCHAMPS, Virginie MEZAN-MUXART, Laura DUPUIS, Margaux LAPLAGNE, Gabriel CAUCAL, Emilie GRIMBERT, Christian COUARTOU, Sandrine RUETTE, Pascal FOURNIER, Cyril LABORDE, Fabrice TAUPIN, Jacques DEVALETTE, Yolande NOHAUD, Sandrine FAURE, Rémi THALAMY, Thomas HAYON, Anne PARISOT, Thierry MONPECHIN, Laurent TILLON et les nombreux autres bénévoles que nous aurions oublié !

Merci à Christian RIOLS pour son expertise précieuse et sa rapidité à analyser les fèces que nous lui avons confiées.

Merci à l'Union européenne, la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) Limousin, le Conseil régional du Limousin et à l'Office National des Forêts pour leur confiance et leur soutien financier.

Enfin, merci à Gaëlle CAUBLOT et Michel BARATAUD pour leurs conseils et travail de relecture de cet article.

BARATAUD M., 1993. La Loutre (*Lutra lutra* L.) en Limousin. Répartition de l'espèce, évolution récente et perspectives d'avenir des populations. Période 1990-1993. *E pops* 4 : 17-43.

BOUCHARDY C., 1986. *La Loutre*. éd. Sang de la Terre, Paris. 174 pp.

BOURGEOIS A., 2009. Le suivi des loups (*Canis lupus*) par télémétrie : l'exemple du suivi hivernal des loups du Parc National du Yellowstone (Etats-Unis d'Amérique). Thèse doctorat vétérinaire. Créteil, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. 162 p.

BYERS C.R., STEINHORST R.J., 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management*. 48 (3) : 1050-1053.

CAMPS D., LLIMONA F., 2004a. La gineta en el parque de Collserola. *Quercus*. 223 : 20-26.

CAMPS D., LLIMONA F., 2004b. Space use of common genets *Genetta genetta* in a Mediterranean habitat of Northeastern Spain : differences between sexes and seasons. *Acta Theriologica*. 49 (4) : 491-502.

CHAUVIN P., 1975. La Genette (*Genetta genetta* L.) sa morphologie, son comportement et sa protection : quelques aspects en milieu Vendéen. Thèse doctorat vétérinaire. Créteil, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort (numéro 72). 89 p.

CUGNASSE J.M., RIOLS C., 1984. Contribution à la connaissance de l'écologie de la Genette (*Genetta genetta* L.) dans quelques départements du sud de la France. *Gibier Faune Sauvage*. 1 (1) : 25-55.

GETZ W.M., WILMERS C.C., 2004. A local nearest-neighbor convex-hull construction of home ranges and utilization distributions.

Ecography. 27 (4) : 489-505. [en ligne]. Disponible sur : <http://escholarship.org/content/qt2dd9c1mh/qt2dd9c1mh.pdf> (dernière consultation le 21 octobre 2017).

GIL SANCHEZ J.M., 1998. Dieta comparada del gato montés (*Felis sylvestris*) y la jineta (*Genetta genetta*) en una área de simpatria de las Sierras Subbéticas (SE España). *Miscel-lània Zoològica*. 21 (2) : 57-64.

GMHL, 2010. *Découvrir les rongeurs et insectivores du Limousin*. Clermont-Ferrand : La Source d'Or. 96 p.

GOMES P., GIRAUDOUX P., 1992. Structure du paysage et habitat de la Genette (*G. Genetta*, L.). In : XVe Colloque Franco-phonie de Mammalogie : Les Carnivores. 59-63.

GONÇALVES PEREIRA DA CRUZ M.J., 1996. Estudio da utilização espaço-temporal da Geneta (*Genetta genetta* L. 1758) e caracterização de uma comunidade de micromamíferos na reserva natural da Serra da Malcata. Relatório de Estágio de 5º ano ramo Científico-Tecnológico. Porto, Faculdade de Ciências da Universidade de Porto. 91 p.

HAMDINE W., THÉVENOT M., SELLAMI M., DE SMET K., 1993. Régime alimentaire de la Genette (*Genetta genetta* Linné, 1758) dans le Parc national du Djurdjura, Algérie. *Mammalia*. 57 (1) : 9-18.

LE JACQUES D., LODÉ T., 1994. L'alimentation de la Genette d'Europe, *Genetta genetta* L., 1758, dans un bocage de l'ouest de la France. *Mammalia*. 58 (3) : 383-389.

LIVET F., ROEDER J.-J., 1987. Encyclopédie des carnivores de France (fascicule 16) : La Genette (*Genetta genetta*, Linnaeus, 1758). SFEPM, 33p.

LODÉ T., LECHAT I., LE JACQUES D., 1991. Le régime alimentaire de la genette en limite nord-ouest de son aire de répartition. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*. 46 : 339-348.

LOPEZ MARTIN J.M., 2003. Comparación de la ecología de la marta (*Martes martes* L. 1758) y la garduña (*M. foina* Erx. 1777) en el N.E. ibérico, e interacciones con la gineta (*Genetta genetta* L. 1758). Thèse doct. Sciences Biologiques. Barcelone, Université de Barcelone. 279 p.

MAIZERET C., CAMBY A., LOZE I., PAPACOTSIA A., 1990. Les genettes de la vallée de l'Eyre : occupation de l'espace et régime alimentaire. In: Les mammifères dans le bocage. XIIème Colloque francophone de mammalogie de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères : 15 et 16 octobre 1988, Nantes. Paris : SFPEM, 52-63.

MANGAS J.G., CARROBLES M., ALCAZAR L.H., BELLON D., VIRGOS E., 2007. Aproximación al estudio de la ecología espacial de especies simpátricas : la Garduña (*Martes foina*) y la Gineta (*Genetta genetta*). *Galemys*. 19 : 61-71.

MARCHESI P., 1989. Ecologie et comportement de la martre (*Martes martes* L.) dans le Jura suisse. Thèse doct. Zoologie. Neuchâtel, Université de Neuchâtel. 185 p.

OTIS D.L., WHITE G.C., 1999. Autocorrelation of location estimates and the analysis of radiotracking data. *Journal of Wildlife Management*. 63 (3) : 1039-1044.

PALOMARES F., DELIBES M., 1994. Spatio-temporal ecology and behavior of European genets in southwestern Spain. *Journal of Mammalogy*. 75 (3) : 714-724.

PEREBOOM V., 2006. Mode d'utilisation du milieu fragmenté par une espèce forestière aux habitudes discrètes, la Martre des pins *Martes martes*. Thèse doctorat. Angers, Université d'Angers (772). 75 p.

ROSALINO L. M., SANTOS-REIS M., 2002. Feeding habits of the common genet *Genetta genetta* (Carnivora : Viverridae) in a semi-natural landscape of central Portugal. *Mammalia*. 65 (2) : 195-205.

SAEZ P., MONTIEL C., 2006. Sobre la presencia de Ginetas *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758) y letrinas en zonas humanizadas. *Galemys*. 18 (1-2) : 53-55.

SANTOS M.J., PINTO B.M., SANTOS-REIS M., 2007. Trophic niche partitioning between two native and two exotic carnivores in SW Portugal. *Web Ecology*. 7 : 53-62.

TESSIER M., TESSIER P., PAILLAT J.P., 1998. Utilisation de l'espace par la Genette commune (*Genetta genetta*) dans un bocage de l'ouest de la France. *Arvicola*. 10 (1) : 7-11.

WHITE G. C., GARROTT R. A., 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. *Academic press*. 383p.

ZUBEROGOITIA I., ZABALA J., GARIN I., AIHARTZA J., 2002. Home range size and habitat uses of common genets in the Urdaibai biosphere reserve, Northern Spain. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*. 48 : 107-113.

Pour citer cet article :

BONJEAN, C. & J. JEMIN. 2017.

Écologie comparative de deux genettes communes en Limousin : gîtes diurnes, domaine vital, sélection de l'habitat et régime alimentaire. *Plume de Naturalistes 1* : 17-42.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles de Plume de Naturalistes : www.plume-de-naturalistes.fr

Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin Bilan de la période 2014-2016

Par **Michel BARATAUD**¹ (michel.barataud1@orange.fr)
Julien BARATAUD¹ (julien.barataud@gmail.com)
Sylvie GIOSA¹ (sylviemariegiosa@gmail.com)
Julien JEMIN¹ (j.jemin@gmhl.asso.fr)
Julien VITTIER¹ (vj.bat@no-log.org)
Aurélien BESNARD² (aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr)

¹ GMHL - Pôle Nature Limousin - ZA du Moulin Cheyroux -
87700 AIXE-SUR-VIENNE

² CEFE - UMR 5175, CNRS, 1919 route de Mende - 34293
MONTPELLIER Cedex 5



GMHL
GROUPE MAMMALOGIQUE
ET HERPÉTOLOGIQUE
DU LIMOUSIN



Résumé

Le suivi des populations de chiroptères peut être un moyen indirect de surveillance de l'évolution de la qualité de leurs habitats de chasse. Or pour beaucoup d'espèces, essentiellement forestières, les individus ne peuvent être comptés dans leurs gîtes diurnes à cause de l'inaccessibilité et la fugacité d'occupation de ces derniers. La forêt est un type de milieu bien représenté en Limousin mais jugé perturbé à cause du mode de gestion sylvicole actuellement dominant ; aussi il est nécessaire d'évaluer l'impact de ces perturbations en choisissant un bon indicateur, ce que sont les chiroptères forestiers pour ce qui concerne la qualité de leur habitat de chasse.

Un programme de suivi temporel de l'activité de chasse de 13 espèces forestières est expérimenté en Limousin. L'objectif est de recueillir, dans des conditions standardisées, un indice d'activité annuel pour chaque espèce, et de juger si la tendance de cet indice sur une période de 10 ans répond aux exigences statistiques nécessaires à une transposition des valeurs d'activité de chasse en valeurs de niveaux de populations.

Une phase de test du protocole et de sélection des sites a été réalisée en 2013. Entre 2014 et 2016, les relevés acoustiques (méthode naturaliste d'écologie acoustique) ont été réalisés sur 14 sites. Des tests statistiques portant sur la période 2014-2016 montrent une variabilité très élevée de l'activité d'un soir à l'autre sur une même station d'écoute,

et d'une année à l'autre pour chaque espèce sur l'ensemble des sites. Les indices annuels comparés sur 10 ans s'avérant peu significatifs, il semble préférable de retenir, pour chaque espèce, un indice unique pour la période 2014-2016 et de le comparer à celui d'une future période de trois ans, reproduisant le même protocole entre 2022 et 2024, pour estomper les variabilités et mieux prendre en compte le caractère longévif des chiroptères.

Abstract

The monitoring of bat populations can reveal the evolution of the quality of their hunting habitat. Counting individuals in their roosts is impossible for many forest species, as they occupy cryptic diurnal roosts in trees. In Limousin (Massif Central, France), forests are under disturbance because of intense timber harvesting and the response of specialized bat species remains unknown. We measured bat hunting activity using bat detectors in 14 forest sites each year in Spring. Results of the three first years of data are presented here. Bat activity shows a wide variability for each species between following nights on a same site, so it appears preferable to consider this three-year period as one measure and repeat it in the future, hoping that comparison between the two periods will be statistically more reliable.

Introduction

Les chiroptères forment un groupe riche en espèces, dont le régime insectivore est diversifié avec des spécialisations parfois marquées. Des adaptations diverses les conduisent à se répartir les différentes strates aériennes et structures d'habitats au sein d'un paysage. Etant situés à un niveau élevé dans leur pyramide alimentaire, ils constituent de bons indicateurs de la diversité biologique (entomofaune, avec plantes-hôtes et prédateurs associés). Par exemple au Royaume-Uni, le National Bat Monitoring Programme (WALSH *et al.*, 2001 ; 2003) a montré une corrélation positive significative entre l'activité de chasse de *Myotis daubentonii* et la biodiversité de l'entomofaune, elle-même étant révélatrice de la qualité des eaux (CATTO *et al.*, 2003). La difficulté d'étudier l'activité nocturne des chiroptères (espèces petites, nocturnes, volantes et inaudibles) est aujourd'hui atténuée par la mise au point d'une technique (détection des ultrasons émis par les individus en vol) et d'une méthode associée (identification acoustique des espèces et de leur type d'activité). Il est donc désormais possible, moyennant un protocole adapté, de mettre en évidence le niveau d'activité des différentes espèces durant la saison de chasse dans tous types d'habitats fréquentés.

Parmi les 43 espèces de chiroptères présentes en Europe, 38 utilisent la forêt pour tout ou partie de leur cycle vital (MESCHÉDE & KELLER, 2003). Plusieurs de ces espèces forestières occupent des gîtes arboricoles nombreux, souvent inaccessibles à l'observateur humain, et occupés sur des cycles courts ; ces caractéristiques rendent impossible un suivi des populations par comptages d'individus dans leurs gîtes diurnes.

Or il existe actuellement une forte demande de suivi sur le long terme des po-

pulations de chiroptères (BATTERSBY, 2010 ; GODINEAU & PAIN, 2007) et de leurs habitats (réseau Natura 2000, changement climatique, impact de l'historique des gestions...) ; le but est d'évaluer l'état de santé des espèces et de leurs milieux de vie.

Les relevés acoustiques réalisés sur les territoires de chasse concernent les signaux sonar, qui sont utilisés en permanence par tout individu pour appréhender son environnement de vol. Cette constance d'émission est toutefois nuancée par le caractère parfois inconstant de la présence d'un individu à un endroit donné d'une soirée voire d'un moment à l'autre, en réponse notamment aux variations d'abondance des proies (BARATAUD, 2012). Cependant, si certaines espèces de chiroptères évoluent sur de grands domaines vitaux, d'autres, souvent forestières, sont très fidèles à de plus petits territoires et la probabilité est théoriquement plus forte de les contacter en un point donné de leur aire de chasse (MESCHÉDE & KELLER, 2003). Ainsi des relevés effectués selon un protocole précis, sur un nombre suffisant de sites bien répartis dans une région donnée, sont sensés permettre le suivi de l'évolution de l'activité de chasse de ces espèces forestières sur une durée pluriannuelle. Si cette activité affiche, au terme de la période de suivi, une courbe de tendance significative, l'objectif est de tester la robustesse de la transposition d'une tendance de l'activité de chasse en une tendance de populations.

Le Limousin est situé au nord-est de la région Nouvelle Aquitaine, sur les contreforts nord-ouest du Massif Central de la France. La forêt représente actuellement 34 % de la surface totale (qui est de 16942 km²) ; elle ne couvrait que 11 % vers 1850 : elle est majoritairement issue d'accrus naturels sur d'anciennes terres agricoles abandonnées. Depuis 1950,

une vaste entreprise de reboisements artificiels avec des conifères introduits (d'abord de l'épicéa *Picea abies* puis du Douglas *Pseudotsuga menziesii*) a d'abord été menée sur d'anciennes landes à callune pour ensuite venir remplacer les boisements feuillus subnaturels, pour atteindre aujourd'hui plus de 192000 ha de monoculture résineuse (33,4 % de la superficie boisée - source IFN, inventaire 2003). Ainsi la superficie boisée limousine,

sous l'aspect quantitatif trompeur, masque une disparité forte entre forêt et sylviculture intensive ; en dehors de quelques rares îlots de forêt ancienne, elle est avant tout jeune et perturbée. La question se pose donc de l'état actuel des populations d'espèces spécialistes des forêts matures subnaturelles, et de leur évolution actuelle face à ces perturbations généralisées et permanentes.

Tableau 1.

Liste des espèces de chiroptères présentes en Limousin, avec leur statut communautaire et les possibilités de suivi de leurs populations (colonne « Programme suivi temporel » : X = espèces cibles ; (X) = espèces témoins ; [X] = espèce test).

Nom latin	Nom français	Annexe II Directive Habitats	Populations suivies en gîte diurne	Programme suivi temporel acoustique
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand rhinolophe	X	X	
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Petit rhinolophe	X	X	
<i>Rhinolophus euryale</i>	Rhinolophe euryale	X	X	
<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton			X
<i>Myotis brandtii</i>	Murin de Brandt			X
<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches			X
<i>Myotis alcathoe</i>	Murin d'Alcathoe			X
<i>Myotis emarginatus</i>	Murin à oreilles échancrées	X	X	[X]
<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer			X
<i>Myotis bechsteinii</i>	Murin de Bechstein	X		X
<i>Myotis myotis</i>	Grand murin	X	X	
<i>Myotis oxygnathus</i>	Petit murin	X	X	
<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune			
<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler			
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Grande noctule			
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune			(X)
<i>Vespertilio murinus</i>	Sérotine bicolore			
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune			(X)
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius			
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl			(X)
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle pygmée			
<i>Hypsugo savii</i>	Vespère de Savi			
<i>Plecotus auritus</i>	Oreillard roux			X
<i>Plecotus austriacus</i>	Oreillard gris			X
<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe	X		X
<i>Miniopterus schreibersii</i>	Minioptère de Schreibers	X	X	
TOTAL (sur 26)		9	7	13

Le Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin (GMHL) a débuté en 2014 un programme d'étude visant à mesurer chaque année, sur un échantillon de stations forestières, l'activité de chasse de 13 espèces (**Tableau 1**) se répartissant comme suit :

- neuf espèces « cibles », considérées comme spécialistes d'un habitat ou d'un type de proies, par conséquent écologiquement sensibles : *B. barbastellus*, *M. alcahoe*, *M. bechsteinii*, *M. brandtii*, *M. mystacinus*, *M. nattereri*, *P. auritus*, *P. austriacus* ; *M. daubentonii*, spécialiste des interfaces aquatiques, est pris en compte grâce à l'intégration de stations en bord de rivières et d'étangs forestiers ;
- trois espèces « témoins », considérées comme ubiquistes et adaptables, par conséquent moins sensibles aux perturbations d'origine anthropique : *P. pipistrellus*, *P. kuhlij*, *E. serotinus* ; l'évolution de leur activité sera comparée à celle des espèces spécialisées afin de juger d'une éventuelle compétition écologique ;

- une espèce test (*M. emarginatus*) dont les populations comptées en gîte sont significativement croissantes depuis 30 ans, ce qui permettra par comparaison de vérifier la validité du suivi acoustique.

La canopée de la forêt étant un habitat fréquenté par les chiroptères en chasse (GRANDJEAN, 2011), et où ils ne sont pas toujours audibles par un observateur situé au sol, une technique d'équipement des arbres avec un dispositif d'écoute en canopée a été mise en œuvre sur près de la moitié des stations inventoriées.

Méthode et matériel

1) Phase de sélection des sites et des stations

- **Sélection des sites** : les sites testés en 2013 devaient correspondre aux conditions optimales (BARATAUD et al., 2016b) pour les espèces cibles : a) stabilité structurelle (ni coupe rase ni éclaircie forte pen-

Fig. 1.

Répartition des sites de suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers en Limousin, sur fond de taux de boisement par découpage communal.

Légende :

- ★ Sites validés
- boisement >60%
- boisement 45-60%
- boisement 30-45%

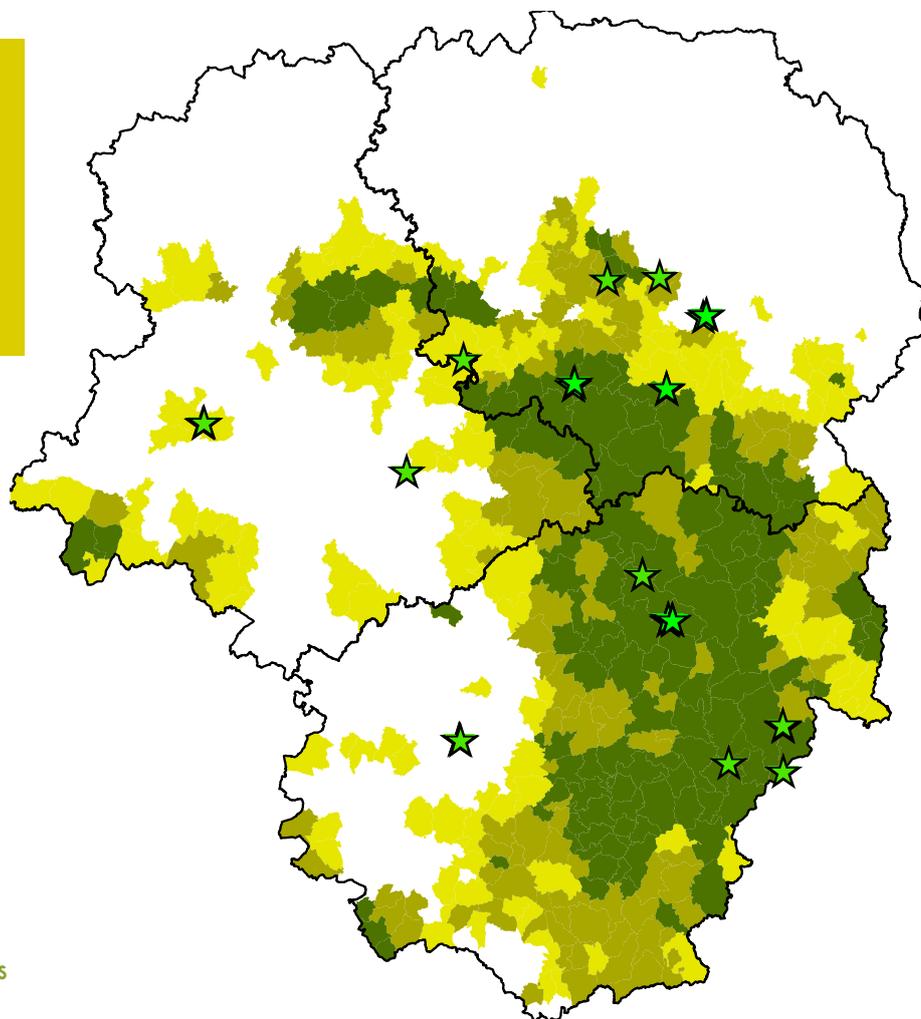


Tableau 2.

Liste des sites de suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers en Limousin.

Dépt	commune	site	gestionnaire	propriétaire	Observateur
87	St-Paul	Les Ribières	technicien forestier, futaie irrégulière	privé	J. Vittier
87	Saint-Priest-sous-Aixe	Les Loges	ONF	commune	J. Vittier
87	Sauviat-sur-Vige	Forêt d'Espagne	propriétaires & CRPF	privé (GF)	M. Barataud & S. Giosa
19	Ambrugeat	Forêt de La Cubesse	propriétaires & CRPF	privé & commune	J. Barataud
19	Lagrauliere	Forêt de Blanchefort	(CEN)	privé	J. Barataud
19	Neuvic	Barrage de la Triouzoune	aucun	privé & domaines	J. Barataud
19	Neuvic	Les Ajustants	CEN	CEN Limousin	J. Barataud
19	Pérols-sur-Vézère	Montagne de Bay	propriétaire & CRPF	privé	J. Vittier
19	St-Pantaléon-de-Lapleau	La Vieille Eglise	CEN	CEN Limousin	M. Barataud & S. Giosa
23	St-Pardoux-Morterolles	Augerolles	ONF	ComCom Bourg-Roy	J. Vittier
23	Chamberaud	Les Grands Bois	technicien forestier, futaie irrégulière	privé	M. Barataud & S. Giosa
23	Maisonnisses	Mazeimard	propriétaires	privé	M. Barataud & S. Giosa
23	Vallières	Sourliavou	technicien forestier, futaie irrégulière	privé	M. Barataud & S. Giosa
23	Blessac	Tranloup	technicien forestier, futaie irrégulière ; CEN	privé	M. Barataud & S. Giosa

dant la durée du programme) ; b) essences feuillues indigènes ; en cas de peuplement mixte, la proportion de résineux exogènes est inférieure à 50 % ; c) peuplements matures à âgés sur sol frais (versants nord-ouest à sud-est). Sur les 29 sites testés en 2013 (BARATAUD *et al.*, 2016a), quatorze sites ont été sélectionnés (**Tableau 2** ; **Figure 1**) sur la base des critères suivants : présence d'un maximum d'espèces cibles avec une activité significative.

Ces sites peuvent être classés selon leur contexte biogéographique : trois grands ensembles forestiers [gorges de la Dordogne et affluents (Ajustants, Triouzoune, Vieille Eglise), Plateau de Millevaches (Augerolles, Bay, La Cubesse, Sourliavou),

secteur Guéret-Bourganeuf-Aubusson (Grands Bois, Mazeimard, Tranloup)] ; deux chênaies de plaine (Les Loges, Les Ribières) ; deux massifs sur substrat basique particulier - gabbro et éclogite (Blanchefort, Espagne). Le site du Mas inventorié en 2014, détruit partiellement par une coupe rase l'hiver suivant, a été remplacé par le site de Mazeimard aux caractéristiques proches.

- **Sélection des stations** : trois à quatre stations au sol sont identifiées sur chaque site. Sur six des quatorze sites, à chaque station au sol correspond une station en canopée à l'aplomb de la première. Ces stations restent les mêmes durant toute la

durée du programme ; en cas d'obligation de déplacement d'une station (modification structurelle – chablis par ex. – risquant de fausser les résultats), la station de remplacement est la plus proche possible autant spatialement que structurellement. Le choix des stations est fonction des microhabitats présents et des exigences des espèces visées. Une variabilité des écotones intra forestiers est souhaitable entre stations sur un même site, en privilégiant les structures favorables aux espèces cibles (sous-bois denses, clairières et tunnels sous canopée, petites trouées, ruisseaux calmes ou mares en sous-bois) ; les zones de forte éclaircie où les trouées dans la canopée sont dominantes, de même que les lisières sur milieux ouverts, sont évitées. Les stations sont éloignées les unes des autres d'au moins 50 m, en retrait de 25 m des limites de la parcelle mise en réserve (pour éviter de se retrouver en lisière en cas de coupe rase d'une parcelle mi-toyenne au cours des années à venir). Les points d'écoute précis sont géoréférencés en UTM et repérés au moyen d'une rubalise ou de tout autre repère à préciser sur la fiche descriptive. La position des stations est communiquée aux gestionnaires et propriétaires pour valider le principe de mise en réserve de la station durant la durée du programme. Les stations sont décrites en fonction de 25 variables sur la nature et la structure du peuplement pour alimenter la base de données du GMHL sur l'écologie des chiroptères forestiers (BARATAUD *et al.*, 2016b).

2) Matériel utilisé

- **Écoutes au sol** : les détecteurs utilisés sont des D1000X de Pettersson Elektronik AB (Suède), équipés de l'hétérodyne et de la division de fréquence (couplés pour l'écoute en direct), de l'expansion tempo-

relle x 10 (analyses auditives et informatique ultérieures) et d'une carte mémoire intégrée pour les enregistrements ;

- **Écoutes en canopée** : elles sont réalisées grâce à un câble rallonge de 30 m pour microphone de D1000X et un dispositif permanent d'équipement de l'arbre (grâce à un lance-pierre, une olive en plomb de 40 g, une canne avec moulinet de lancer et tresse de 28 100e mm) pour le hissage du microphone en canopée (ficelle nylon noir 4 mm restant en place à l'année) ;

- **Analyse informatique des sons** : réalisée grâce au logiciel BatSound (Pettersson Elektronik AB).

3) Relevés acoustiques qualitatifs et quantitatifs

La méthode pratiquée est la détection active (réalisée par un observateur muni d'un détecteur manuel). Elle permet, grâce à l'analyse auditive et informatique des signaux sonar émis en vol par les chiroptères, d'identifier les espèces et de quantifier leur activité dans un but de bioévaluation des habitats fréquentés (BARATAUD, 2012).

- **Période des relevés** : la saison de terrain s'étend du 20 mai au 15 juillet ; cette période correspond à la présence des femelles sur les zones de reproduction (gestation, mise-bas, allaitement), ceci avant l'envol des juvéniles pour éviter que l'activité nocturne des cohortes de l'année vienne biaiser les résultats quantitatifs. Les relevés débutent après le crépuscule (environ 30' après le coucher du soleil) pour ne pas sous-estimer la proportion d'activité des espèces à émergence souvent plus tardive (Murins, Barbastelle et Oreillard) par rapport aux espèces à sortie précoce (Pipistrelles et Sérotine) ;

- **Relevés sur les sites** : chaque site (n = 14) est inventorié à raison de deux (sites inventoriés en binôme pour relevés sol et canopée) ou trois (autres sites) soirées par an, par météo favorable ($T^{\circ} > 10$ degrés Celsius, vent nul à faible, pas de pluie juste avant ou pendant l'écoute). Au cours de la durée pluriannuelle du programme, les relevés pour chaque site sont réalisés selon deux modes : 1) série de soirées consécutives (évaluation de la variabilité inter soirées au sein d'une courte période) ; 2) soirées dispersées avec intervalles de quelques jours à quelques semaines (évaluation de la variabilité inter périodes au sein de la saison) ;

- **Relevés sur les stations** : trois (60' d'écoute par soirée) ou quatre (45' d'écoute par soirée) stations au sol sont identifiées pour chacun des 14 sites. Ordre de visite des stations au cours d'une même soirée : l'année 2014, avec ses ordres inversés d'une soirée à l'autre, sert de test pour juger de l'ordre optimal (maximum d'activité des espèces visées selon l'heure) qui est ensuite conservé les années suivantes. Cas particulier des stations en binômes : sur six sites, à chaque station au sol (n = 18 pour les six sites) correspond une station en canopée, les deux étant quasi alignées verticalement (l'écart de distance entre les deux microphones est de 22 m en moyenne ; min. 18, max. 25) ; ainsi deux observateurs travaillent côte à côte en binôme sur chaque point d'écoute, l'un écoutant au sol et l'autre en canopée grâce à un micro déporté au bout d'un câble ; la redondance des contacts entre les deux stations décalées verticalement est évaluée grâce au référencement horaire précis des enregistrements et à une communication orale en direct entre les deux observateurs ;

- **Pression d'écoute** : le total de temps d'écoute par site et par soir est de 3 h (sites sans écoute en canopée) ou 6 h

(sites avec écoute en canopée) ; chaque site cumule donc 9 ou 12 heures par an ; le temps d'écoute annuel est de 144 h/an pour l'ensemble des sites ;

- **Identification des taxons** : elle est réalisée selon la méthode naturaliste d'écologie acoustique (BARATAUD, 2012) ; les espèces dont l'identification est facile en hétérodyne sont nommées en direct par l'observateur ; pour les cas d'identification plus complexes, les séquences sont enregistrées pour analyse ultérieure ; elles sont identifiées (analyse auditive et informatique) par chaque collecteur, puis toutes sont validées par une même personne avant d'être intégrées dans la base de données ;

- **Quantification de l'activité** : un contact correspond à l'occurrence de signaux d'une espèce de chiroptère captés en hétérodyne, par tranches de cinq secondes. Un train de signaux (même très court, de quelques signaux) constitue un contact ; si un deuxième (de la même espèce) le suit immédiatement avec un court silence entre les deux, mais que l'ensemble ne dépasse pas cinq secondes, on comptera un contact. Si un individu reste audible plus de cinq secondes, on comptabilisera autant de contacts que de tranches de cinq secondes occupées ; ainsi une séquence durant huit secondes sera notée comme deux contacts, une séquence durant une minute et deux secondes sera comptée comme treize contacts, etc. Si les signaux de plusieurs individus d'une même espèce sont perçus simultanément, on comptabilisera et additionnera les contacts pour chacun. Cas particulier : *M. daubentonii* et *P. pipistrellus* en bord de cours d'eau : face à la difficulté de comptabilité lors de forte activité, la solution adoptée est de réaliser un enregistrement en continu, par séquences de 1 minute de durée ; la comptabilité se fait ensuite sur le logiciel BatSound ;

- **Signaux sonar et cris sociaux** : le type d'activité est précisé : chasse (présence de phase de capture ou d'un rythme typique de recherche de proies), transit (rythmes témoignant d'une recherche passive d'obstacles), social (signaux de communication intraspécifique). Les contacts comptabilisés concernent les signaux sonar (chasse ou transit) ; les cris sociaux sans signaux sonar simultanés d'une même espèce sont pris en compte uniquement lorsqu'il s'agit d'émissions ponctuelles (cris agonistiques liés à la densité de proies disponibles) ; les émissions de cris sociaux continues (chants de mâles concernant l'activité territoriale et sexuelle) ne sont pas comptabilisées. Lorsque seuls les cris sociaux sont perçus (sans signaux sonar), ou pour les signaux sonar d'Oreillard en milieu ouvert, le coefficient de détectabilité est modifié en conséquence : *Pipistrellus* = 0,83 ; *Plecotus* = 1,25 ;

- **Paramétrage du D1000X** : L'horloge du D1000X est mise à l'heure précisément en début de chaque soirée. Le profil d'enregistrement comprend impérativement les éléments suivants : fréquence d'échantillonnage de 384 kHz ; expansion par 10 ; mémoire tampon de deux ou trois secondes ; clôture manuelle de l'enregistrement ; stockage immédiat sur carte CF ; lecture manuelle de la séquence ;

- **Enregistrement des séquences** : toutes les séquences non identifiées de manière certaine en direct, et notamment toutes les séquences en fréquence modulée (FM), correspondant majoritairement aux genres *Myotis* et *Plecotus*, sont stockées pour vérification ultérieure. Les séquences sont enregistrées dans la totalité de leur durée (pour une comptabilité précise du nombre de contacts et pour optimiser l'identification grâce à d'éventuelles variations comportementales) ;

- **Archivage des séquences** : chaque séquence enregistrée est renommée avant son analyse sur BatSound avec la date et l'heure précise d'enregistrement, le nom du site suivi du n° de station (grâce au D1000X Utility). Toutes les séquences FM (*Myotis*, *Plecotus*) ou les séquences litigieuses sont archivées ; chaque observateur conserve son propre jeu de données sonores et une sonothèque complète est centralisée au GMHL ;

- **Traitement des données** : L'intensité des émissions sonar est différente selon les espèces, ce qui empêche la comparaison de leurs indices d'activité respectifs. Afin de pondérer cette disparité, nous utilisons un coefficient de détectabilité (BARATAUD, 2012), corrélé à la distance de perception de chaque espèce évoluant en milieu forestier (**Tableau 3**) pour un observateur équipé d'un détecteur type Pettersson D1000X. *Pipistrellus pipistrellus* a été choisie comme espèce « étalon » (coefficient = 1) en raison de sa grande ubiquité et de sa forte abondance d'activité, qui en font une excellente référence comparative. Ce coefficient est appliqué aux indices spécifiques pour permettre une comparaison des espèces ou des groupes d'espèces entre eux.

4) Analyses statistiques

Des analyses statistiques ont été réalisées sur les résultats des trois premières années de relevés, en prenant en compte les contacts bruts pour avoir des nombres sans décimales et utiliser des lois de distribution connues (loi de Poisson ou Négative Binomiale) dans le but de : a) déterminer la précision des estimateurs et ainsi d'explorer la puissance statistique du protocole ; b) détecter des changements d'activité des différentes espèces au cours des années.

sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	Distance détection	Coefficient détectabilité
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Plecotus spp</i>	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,10
	<i>Myotis nattereri</i>	8	3,10
	<i>Rhinolophus ferr/eur</i>	10	3,10
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,70
	<i>Myotis oxygnathus</i>	15	1,70
<i>Myotis myotis</i>	15	1,70	
Moyenne	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,20
	<i>Miniopterus schreibersii</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>Hypsugo savii</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</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

Tableau 3.

Liste des espèces françaises de chiroptères classées par ordre croissant d'intensité d'émissions sonar, avec leur distance de détection (en mètres) et le coefficient de détectabilité qui en découle. Valeurs valables en contexte forestier (d'après BARATAUD, 2012).

La base de données d'origine regroupe les contacts acoustiques par tranche temporelle de cinq minutes. Face à la forte hétérogénéité de l'activité à tous les niveaux, avec de nombreuses tranches de cinq minutes ayant une valeur égale à zéro, l'unité statistique finalement retenue est la station-nuit, afin d'éviter au mieux les convergences de modèles. Les tests, pour chaque espèce, ont donc porté sur

les nombres totaux de contacts par station et par nuit mais aussi sur leur probabilité de présence (au moins un contact dans la nuit versus aucun contact) à cette même échelle spatiotemporelle.

Les données de chaque espèce pour l'ensemble des stations et des nuits sont analysées à l'aide de modèles linéaires généralisés à effets aléatoires (GLMM, Generalized linear mixed models ; Zuur et al.

2009). Ces modèles estiment le nombre de contacts moyens par nuit ou la probabilité de détecter l'espèce au moins une fois dans la nuit et fournissent la précision de ces estimations. L'unité statistique est la nuit, les variables réponses sont le nombre de contacts total sur les nuits ou la détection d'au moins un contact sur les nuits. Un effet aléatoire « station » a été ajouté pour gérer le fait que les mêmes stations sont échantillonnées plusieurs nuits (au sein de la même année mais aussi chaque année) afin de gérer l'autocorrélation probable des données issues de chaque station (on parle de « mesures répétées »). Cet effet aléatoire permet notamment de gérer la potentielle forte hétérogénéité spatiale de l'activité en autorisant une abondance moyenne globale différente pour chaque station. En variable explicative nous avons testé un effet de l'année linéaire (tendance linéaire des abondances ou des probabilités de présence au cours des trois années) et un effet de l'année catégoriel (variabilité inter annuelle des abondances et des probabilités de présence).

Pour le nombre de contacts au cours de la nuit, le GLMM repose sur une distribution de Poisson avec un lien log lorsque les données sont peu dispersées, ou sur une distribution Negative Binomiale et un lien log lorsqu'elles présentaient une forte sur-dispersion (coefficient de sur-dispersion supérieur à 1.5). Les données de présence/absence sont modélisées avec une distribution binomiale et un lien logit.

La puissance statistique n'est pas calculée au sens strict (ce qui est relativement complexe dans le cas de GLMM), elle est cependant approchée par l'examen de la précision des estimations sur la moyenne globale (toutes les nuits). En effet, pour détecter des changements significatifs (au sens statistique et au seuil de 5 %) au cours des années, il est nécessaire que l'estimation des dernières années ne soit

pas incluse dans l'intervalle de confiance à 95 % des estimations de premières années. Nous avons donc calculé le pourcentage de baisse nécessaire pour cela. Les analyses ont été réalisées sous l'environnement R (R CORE TEAM 2016) et plus spécifiquement avec le lme4 (BATES et al. 2015).

Résultats et commentaires

1) Sites

Les valeurs d'activité pondérée des espèces cibles, témoins et test pour les 14 sites étudiés sont présentées dans le **Tableau 4**. L'espèce test (*M. emarginatus*) est notée sur 11 sites mais de manière inconstante avec des valeurs parfois très disparates comme en forêt de la Cubesse. Les groupes d'espèces cibles et témoins sont toujours présents ; on note également des valeurs fluctuantes d'une année à l'autre qui laissent présager que chaque espèce au sein de son groupe subit de fortes variations d'activité de chasse.

La variabilité temporelle de l'activité de chasse s'exprime souvent d'une soirée à l'autre sur un même site. L'influence de la période est sans doute minoritaire : entre fin mai et mi-juillet, aucune décade ne semble favoriser ou défavoriser l'activité. Les conditions météorologiques n'expliquent pas non plus à elles seules ces fortes variations, puisqu'elles peuvent s'exprimer sur deux soirées consécutives à météo équivalente : selon un facteur de 6,8 ou 7,6 comme sur les sites des Loges ou de Bay par exemple. Cette variabilité s'explique par le comportement des chiroptères en chasse tel que les études de marquage temporaire l'ont révélé : chaque individu parcourt chaque nuit une

Tableau 4.

Liste des sites, avec, par année, l'indice d'activité pondéré des espèces cibles, témoins, et de l'espèce test.

Années	2014			2015			2016		
	Sites / Espèces	cibles	témoins	test	cibles	témoins	test	cibles	témoins
Blanchefort	357,3	274,1	0,0	181,4	243,3	0,0	183,4	458,6	0,0
Bay	58,2	6,1	0,0	23,3	5,6	0,0	10,6	18,9	0,3
Augerolles	50,2	63,5	0,0	93,2	50,8	0,0	68,3	157,9	0,0
Tranloup	46,8	22,1	2,1	19,5	117,5	0,5	17,4	53,7	0,3
Epagne	44,5	51,7	0,0	115,5	113,6	0,5	81,1	107,7	0,0
Cubesse	42,3	1,3	18,9	143,8	4,4	0,7	25,3	18,0	0,0
Mazeimard	42,0	145,3	0,0	30,2	39,8	0,0	13,0	27,4	0,0
Grands Bois	33,6	52,0	1,8	42,5	13,6	0,3	18,7	23,4	0,0
Triouzoune	27,1	11,8	1,4	58,9	9,8	0,0	170,5	102,9	0,0
Ribières	25,5	6,5	2,0	20,5	9,2	0,3	11,4	7,8	0,7
Sourliavoux	23,2	16,7	3,6	14,5	35,7	4,4	21,5	11,7	0,3
Loges	9,6	17,8	0,0	8,8	14,1	0,3	6,0	6,8	0,3
Vieille Eglise	5,7	123,0	0,5	9,1	67,8	3,1	4,5	112,1	0,0
Ajustants	4,0	46,4	1,4	1,9	26,2	1,4	1,1	52,1	2,4

partie de son territoire de chasse, en s'attardant plus ou moins à un endroit précis (parfois plusieurs heures d'affilée) selon la densité (fluctuante dans l'espace et dans le temps) des proies rencontrées. Beaucoup d'espèces glaneuses (*Plecotus* spp., *M. bechsteinii*, *M. emarginatus*, *M. nattereri*) d'arthropodes posés sur un substrat peuvent tour à tour concentrer leur activité dans un seul arbre durant près d'une heure, ou au contraire circuler sur plusieurs hectares sans s'attarder à aucun endroit précis (BARATAUD, 1992). Le cas est similaire pour les autres espèces qui chassent en poursuite des insectes volants : une forte abondance ponctuelle de proies amène souvent plusieurs individus à chasser en un même endroit, alors que par faible abondance de proies les chiroptères parcourent de plus grandes distances en quête d'une manne alimentaire plus rare et plus dispersée.

Or la probabilité de détection acoustique d'un chiroptère donné, si elle dépend de son intensité d'émission (Tableau 3), dépend aussi de son comportement. Un Oreillard chassant pendant une heure dans un volume de feuillage de 500 m³ ne sera audible qu'à une distance de cinq mètres maximum ; cette activité intense mais très localisée peut, de manière aléatoire, se situer à l'extérieur ou à l'intérieur de la station d'écoute, passant respectivement d'un minimum de zéro à un maximum de 3600 contacts pondérés par heure. Et si l'indice pondéré uniformise au mieux le volume d'écoute (10000 à 15000 m³ environ en forêt selon le modèle de détecteur et la densité du feuillage), pour toutes les espèces quelle que soit leur intensité d'émission, aucun coefficient ne peut lisser la variation imprédictible liée aux différents schémas d'occupation spatio-temporelle de l'espace par les chiroptères

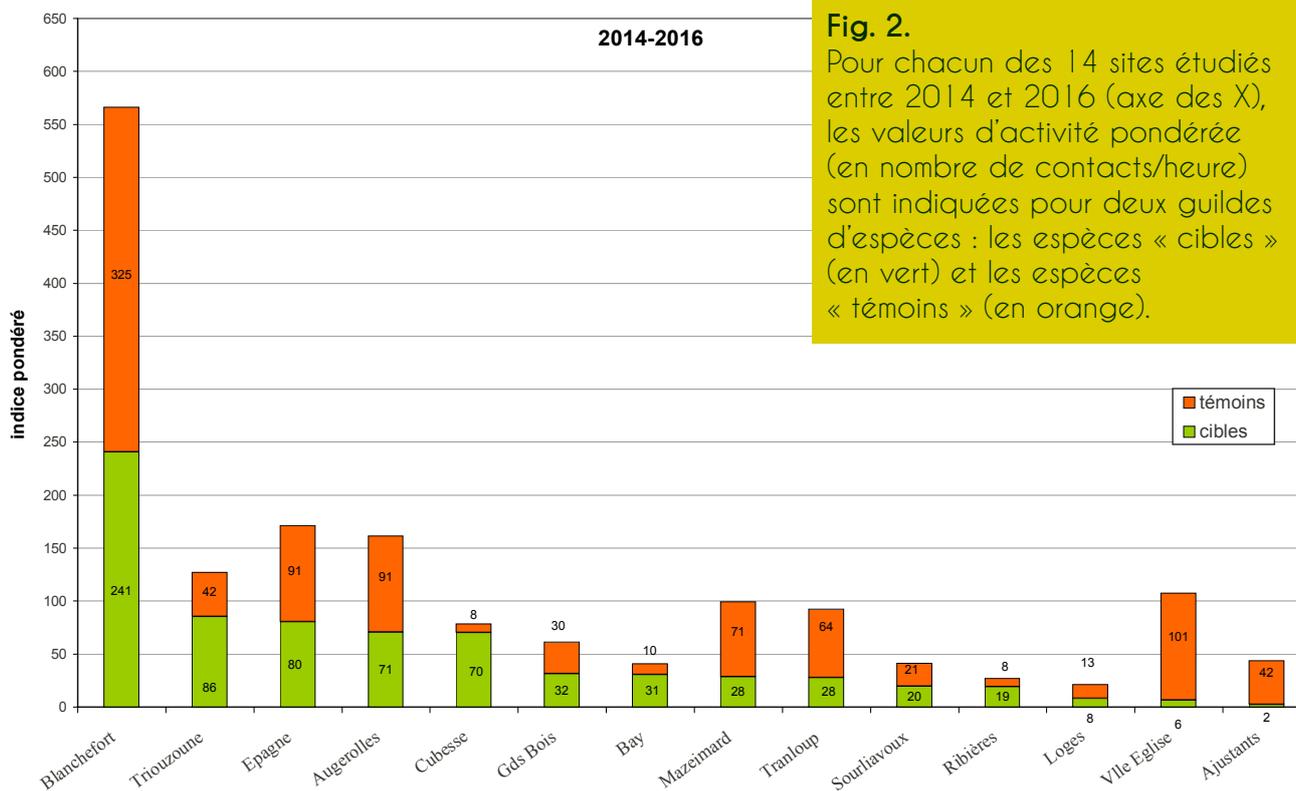


Fig. 2. Pour chacun des 14 sites étudiés entre 2014 et 2016 (axe des X), les valeurs d'activité pondérée (en nombre de contacts/heure) sont indiquées pour deux guildes d'espèces : les espèces « cibles » (en vert) et les espèces « témoins » (en orange).

en chasse. Seule une importante pression d'observation – ici le temps d'écoute cumulé – pourrait estomper ce biais.

La **Figure 2** classe les sites de gauche à droite par ordre décroissant d'activité de la guildes des espèces cibles, tout en permettant de comparer leurs indices à ceux des espèces témoins.

Les proportions sont tantôt relativement équilibrées entre les deux guildes (Blanchefort, Epagne, Augerolles, Grands Bois, Sourliavoux), tantôt déséquilibrées : soit en faveur des espèces cibles (Triouzoune, Cubesse, Bay, Ribières), soit en faveur des espèces témoins (Mazeimard, Tranloup, Loges, Vieille Eglise, Ajustants) ; ce dernier cas ne représente donc que 5 sites sur 14, ce qui pourrait témoigner de la qualité écologique globale des contextes forestiers étudiés : bonne diversité (11,4 espèces en moyenne sur les 13 étudiées) et peu de dominance des espèces ubiquistes et adaptables.

Le site de Blanchefort affiche des valeurs très élevées principalement dues à

M. daubentonii (cible) et *P. pipistrellus* (témoin). Ces deux espèces sont fortement attirées par les milieux riverains, notamment *M. daubentonii* qui est un spécialiste de la chasse aux insectes au ras des eaux calmes ; toutes deux peuvent, soit par la constance de leur activité sur un point précis, soit par le nombre d'individus chassant ensemble, générer des indices très élevés. D'une manière générale, on constate que les sites où les espèces cibles (au minimum) sont les plus actives comprennent au moins une station en fond de vallon où coule un cours d'eau forestier ; c'est le cas pour Blanchefort, Triouzoune, Epagne, Augerolles, Cubesse. Ce contexte génère, notamment durant la période printanière où les relevés ont lieu, de fortes densités d'insectes dont le cycle larvaire est aquatique.

Trois sites (Ajustants, Vieille Eglise, Loges) affichent des valeurs faibles, avec des indices entre deux et huit contacts/heure. Le contexte est identique pour Ajustants et Vieille Eglise : ils sont inclus dans le

grand ensemble de plusieurs dizaines de milliers d'hectares de bois sur pentes en majorité feuillus des gorges de la Dordogne, une zone où le taux de boisement communal est supérieur à 60 %. Il est possible que dans un tel environnement *a priori* favorable, les individus, moins limités en surface de terrains de chasse donc moins sous contrainte de la compétition intraspécifique, utilisent des territoires plus vastes que dans le reste du Limousin où les boisements feuillus sont souvent réduits à des îlots entourés de zones défavorables (agricoles ou enrésinées), obligeant les chiroptères spécialistes forestiers à se regrouper dans les zones favorables résiduelles. Selon cette hypothèse (étayée par d'autres relevés antérieurs), l'indice d'activité serait inverse à la densité réelle des individus à l'échelle d'une unité paysagère.

Le site des Loges correspond cependant peu à ce contexte ; il appartient à un ensemble de quatre communes au taux de boisement de 30 à 45 %, isolées au sein de la partie centre-ouest de la Haute-Vienne dont le taux est inférieur à 30 % voire inférieur à 15 %. Il paraît donc difficile de formuler une explication unique pour ces trois sites.

2) Espèces

Parmi les espèces cibles (**Tableau 5**), l'espèce la plus contactée (22,9 c/h) est *M. daubentonii* : son activité de chasse principalement concentrée sur les plages d'eau calme des ruisseaux forestiers entraîne une optimisation de la probabilité de détection sur les quelques stations riveraines. La présence de cette espèce sur 12 des 14 sites est trompeuse : le site de Blanchefort à lui seul représente 69,3 % de l'activité totale ; si l'on ajoute les sites de Triouzoune et Cubesse, ces trois sites totalisent 96,1 %. Le site de Vieille Eglise,

dont la station 2 s'était avérée prometteuse pour cette espèce lors de la phase test en 2013, a finalement été pauvre en contacts sans doute à cause d'un fasciès trop rapide de la rivière pour retenir une activité constante de *M. daubentonii*. La station 3 du site d'Espagne, située en bord de la Vige, correspond également à ces caractéristiques défavorables à *M. daubentonii*, mais s'avère par contre très riche en activité pour *M. bechsteinii* et *M. alcahoë*. Les autres sites n'ont pas de station riveraine : lorsque *M. daubentonii* est présent cela concerne une activité de chasse souvent faible en sous-bois.

Lors d'une étude antérieure réalisée en 2011 et 2012 par le GMHL (BARATAUD *et al.*, 2016b) et portant sur l'ensemble des types de boisements en Limousin (des formations feuillues subnaturelles aux plantations équiennes de résineux exogènes), *M. daubentonii* avait été très peu contac-

Tableau 5.

Valeurs de l'activité pondérée (en nombre de contacts/heure) pour les neuf espèces cibles, les trois espèces témoins et l'espèce test.

Espèces	2014	2015	2016
<i>M. daubentonii</i>	23,0	11,8	17,1
<i>M. bechsteinii</i>	4,9	9,4	6,7
<i>M. alcahoë</i>	4,8	9,5	6,4
<i>M. mystacinus</i>	2,9	5,8	4,8
<i>M. nattereri</i>	5,5	2,5	2,7
<i>B. barbastellus</i>	3,2	4,4	2,6
<i>P. auritus</i>	3,9	2,6	2,1
<i>M. brandtii</i>	1,4	4,6	0,6
<i>P. austriacus</i>	3,0	1,4	0,2
<i>P. pipistrellus</i>	61,8	49,8	76,5
<i>P. kuhlii</i>	1,5	4,3	1,0
<i>E. serotinus</i>	0,8	1,2	2,0
<i>M. emarginatus</i>	2,2	0,9	0,3

té car les stations alors sélectionnées évitaient volontairement les bords de points d'eau et cours d'eau.

Le fait que *M. alcatheo* et *M. bechsteinii* affichent dans la présente étude des valeurs moyennes à fortes est sans doute révélateur de la qualité des boisements présents sur les sites, ces deux espèces étant décrites comme des spécialistes des forêts fraîches, anciennes et bien structurées (FÜHRMANN *et al.*, 2002 ; KERTH *et al.*, 2001, 2002 ; LUCAN *et al.*, 2009 ; LÜTTMAN *et al.*, 2003 ; MESCHEDE & KELLER, 2003 ; SCHO-

FIELD & MORRIS, 2000 ; WOLZ, 1992, 1993a, 1993b). Lors de l'étude de 2011-2012 sur tous les types forestiers (BARATAUD *et al.*, 2016b), *M. alcatheo* et *M. bechsteinii* ne totalisaient respectivement que 0,49 et 0,74 c/h, contre 6,9 et 6,7 c/h dans la présente étude (Figure 3) ; il semble donc bien que la naturalité des peuplements soit un facteur clé.

Cette configuration se retrouve pour la plupart des espèces cibles (Figure 3), à l'exception notable de *B. barbastellus* et *M. brandtii*.

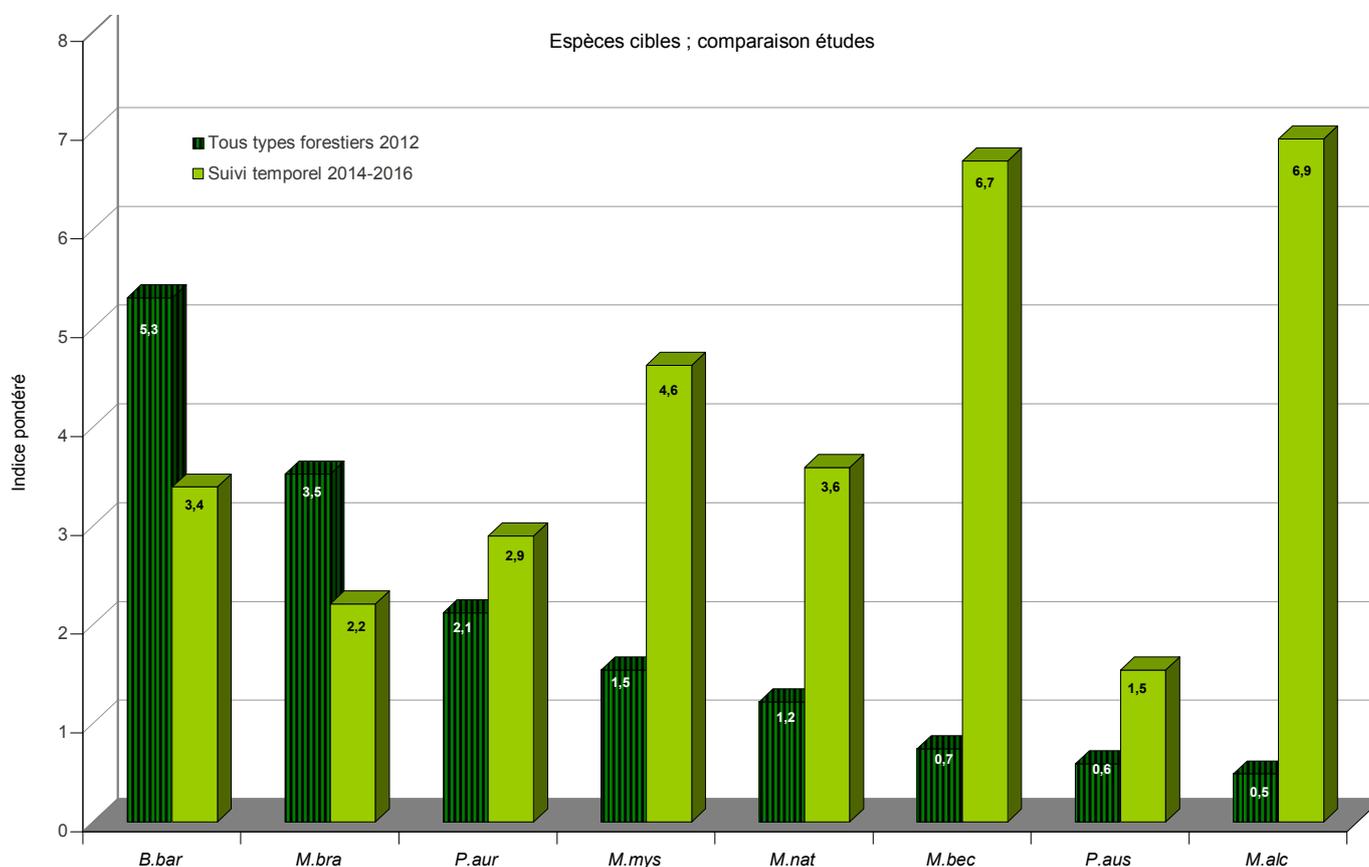


Fig.3.

Activité pondérée (en nombre de contacts/heure) des espèces cibles comparant les valeurs obtenues durant la présente étude de suivi temporel (2014-2016) et l'étude sur l'ensemble des types forestiers du Limousin en 2011-2012 (BARATAUD *et al.*, 2016b).

B. bar : *Barbastella barbastellus* ; *M. bra* : *Myotis brandtii* ; *P. aur* : *Plecotus auritus* ; *M. mys* : *M. mystacinus* ; *M. nat* : *M. nattereri* ; *M. bec* : *M. bechsteinii* ; *P. aus* : *P. austriacus* ; *M. alc* : *Myotis alcatheo*.

L'étude de 2011-2012 n'avait pas recueilli de résultats exploitables pour *M. daubentonii* car les relevés n'avaient pas concerné les abords de cours d'eau ou les plans d'eau en forêt.

B. barbastellus est contactée dans les forêts feuillues matures de la présente étude à raison de 3,4 c/h, alors que son activité globale sur l'ensemble des types forestiers est de 5,3 c/h. Cela semble conforter à première vue sa réputation grandissante de plasticité concernant le type d'habitat de chasse, pourvu que les petits lépidoptères (source quasi unique de son régime alimentaire) soient présents. Une analyse plus fine de nos relevés régionaux montre cependant un résultat plus nuancé : bien que parfois notée en chasse dans les plantations de résineux matures, cette espèce sélectionne positivement les peuplements feuillus riches en végétation arbustive et en bois mort ; elle semble particulièrement liée aux couloirs de vol (tunnels sous-bois, sous-bois clairs, lisières en bocage bien structuré) ; or les stations sélectionnées dans la présente étude de suivi temporel sont majoritairement en coeur de parcelle, sans couloir de vol défini.

Le cas de *M. brandtii* semble similaire : 2,2 c/h dans cette étude contre 3,5 c/h lors de l'étude 2011-2012. S'il est vrai que cette espèce a fréquemment été contactée dans des contextes forestiers très perturbés, au coeur du Plateau de Millevaches notamment, cela pourrait être en lien avec l'historique de ses populations qui semblent en phase de colonisation d'est en ouest (le Murin de Brandt n'était pas noté en dehors de la bordure est de la France il y a seulement 20 ans) ; ainsi il est possible que cette espèce occupe actuellement des habitats de chasse suboptimaux sous la contrainte de la compétition interspécifique des espèces en place depuis longtemps dans les zones les plus favorables. L'intensification récente des méthodes de gestion des peuplements forestiers limousins après une phase d'un siècle environ de recolonisation et de vieillissement naturels, implique certainement des bouleversements dans les populations d'espèces

forestières, avec des phases pionnières, de recul progressif, de déplacements ou de disparition brutale.

Les espèces témoins sont notées sur tous les sites, ce qui confirme leur ubiquité. Par contre leurs indices d'activité sont très différents (**Tableau 5**). *P. pipistrellus* domine très largement, notamment grâce à la présence de stations riveraines de cours d'eau. La Pipistrelle commune est en effet attirée par cet écotone, cinq sites comprenant une ou plusieurs stations en fond de vallon totalisant 70 % de l'activité totale pour cette espèce.

Par contre *P. kuhlii* et *E. serotinus* ont de faibles valeurs, inférieures même à celles relevées dans tous les types forestiers. Ces deux espèces s'avèrent peu actives en coeur de parcelle, leur activité forestière étant surtout concentrée en canopée ou le long des lisières verticales sur milieux ouverts ; or dans la présente étude les écoutes en canopée ne concernent que six sites sur quatorze, et les lisières extérieures ne sont pas intégrées dans le protocole.

L'espèce test (*M. emarginatus*) est notée sur onze sites avec des indices assez faibles. Les valeurs d'activité interannuelles (**Tableau 5**) laissent supposer une tendance à la baisse, alors que les effectifs comptabilisés dans les gîtes montrent au contraire dans l'ensemble de la région une hausse constante significative (GMHL, données non publiées).

3) Bilan statistique

On observe une très forte hétérogénéité temporelle de l'activité de chasse, que ce soit entre années ou entre soirées, pour une même espèce ou pour les groupes d'espèces. A cela s'ajoute une forte hétérogénéité spatiale entre stations et entre sites (cette variation est gérée dans les modèles utilisés ici : modèles mixtes avec

un effet aléatoire « station » pour compenser le fait que les stations puissent présenter des abondances « de base » assez différentes). Toutes ces sources d'hétérogénéité conduisent à des estimations très peu précises et donc à une puissance statistique attendue faible. D'une manière générale il ne faut pas s'attendre à détecter « significativement » au seuil de 5 % des variations de moins de 40 à 50 % en abondance (nombre de contacts) et de 30 à 40 % en probabilité de présence sauf pour quelques espèces (**Tableau 6**). Il semble plus pertinent de travailler en probabilité de présence par nuit car cela tempère la variabilité très forte du nombre de contacts et rend les analyses statistiques un peu plus parlantes, même si en théorie cela occasionne une perte importante de sensibilité dans l'appréciation des variations de l'activité. Il pourrait être intéressant de tester une formule intermédiaire qui serait le nombre de tranche de cinq

minutes positives (avec présence d'une espèce) ; cela serait plus hétérogène que les probabilités de présence à l'échelle de la nuit et plus homogène que le nombre de contacts. Cependant cela ne changerait pas globalement, *a priori*, l'ordre de grandeur des puissances statistiques. Cette faible puissance semble venir de la très grande variabilité entre nuits. Le nombre de nuits d'écoute étant assez faible, cette variabilité induit une variation interannuelle très forte (par pur hasard) qui risque de masquer les tendances à moyen/long terme. Une solution pour gagner en puissance serait d'augmenter la pression d'écoute annuelle pour avoir une estimation plus précise à l'échelle de l'année. Mais il est aussi possible que l'on ait des difficultés à détecter des baisses ou des hausses autres que très fortes sur ces espèces longévives (jusqu'à 41 ans ; PODLUTSKY *et al.*, 2005). Un protocole

Espèces	% de variation détectable	
	Abondance (n. contacts/nuit)	Probabilité de présence par nuit
<i>M.daubentonii</i>	-	0,39
<i>M.bechsteinii</i>	0,51	0,35
<i>M.alcathoe</i>	0,47	0,28
<i>M.mystacinus</i>	0,55	0,33
<i>M.nattereri</i>	0,45	0,30
<i>B.barbastellus</i>	0,33	0,20
<i>P.auritus</i>	0,34	0,25
<i>M.brandtii</i>	0,56	0,37
<i>P.austriacus</i>	0,73	0,36
<i>P.pipistrellus</i>	0,31	0,04
<i>P.kuhlii</i>	0,44	0,29
<i>E.serotinus</i>	0,32	0,19
<i>M.emarginatus</i>	0,45	0,29

Tableau 6.

Résultats des tests statistiques réalisés à partir des valeurs d'abondance (nombre de contacts par nuit) et de probabilité de présence par nuit (valeur binaire : 1 = présence ; 0 = absence) relevées entre 2014 et 2016 pour les neuf espèces cibles, les trois espèces témoins et l'espèce test. Une valeur en abondance de 0,51 pour *M. bechsteinii* par exemple, indique que les relevés effectués sur trois années, permettraient de mettre en évidence de manière significative une variation (baisse ou hausse) de l'activité sur une période plus longue (10 ans par exemple) uniquement si cette dernière est supérieure ou égale à 51 %. Le raisonnement est le même en probabilité de présence par nuit.



© Michel BARATAUD

Hêtraie ancienne avec sous-étage de houx, particulièrement riche en espèces forestières spécialisées (Mazeimard ; Maisonnisses – 23).

adapté doit prendre en compte à la fois la variabilité temporelle de l'activité, et les pas de temps importants nécessaires à la mise en évidence de variations d'abondance des populations chez les chiroptères.

Une piste intéressante serait de répéter le protocole réalisé entre 2014 et 2016 après une pause de quelques années. Chaque période de trois ans sera considérée comme une seule entité temporelle, les trois années successives permettant

d'estomper la variabilité interannuelle. Les cycles de répétition pourraient être de cinq à dix ans : après la période 2014-2016, la prochaine pourrait être de 2022-2024. Ce type de dispositif est peu pratiqué dans les suivis biologiques, alors qu'il permet à effort constant d'obtenir une meilleure précision sur au moins deux périodes, et par suite d'espérer pouvoir détecter des changements notables.

Conclusion

Cette première période de trois années (2014-2016) a permis de tester un protocole de suivi temporel avec un effort d'échantillonnage (14 sites, 144 heures par an) réalisable moyennant un coût raisonnable par quatre observateurs. Les analyses statistiques montrent qu'une telle pression d'observation en continu sur dix ans ne permettrait de détecter qu'une forte variation de l'activité (plus ou moins 50 %), peu compatible avec la stratégie démographique des espèces concernées. Ainsi, plutôt qu'une série unique de relevés annuels étalée sur dix ans, il paraît préférable de réaliser au moins deux séries de trois années consécutives (chacune comptant comme un seul relevé) espacées de quelques années. Ainsi la prochaine période triennale aura lieu entre 2022 et 2024, avec le même effort d'échantillonnage. Une comparaison de ces deux périodes sera donc réalisée en 2025, afin de voir s'il est utile de réaliser une troisième période (2030-2032).

Entre 2017 et 2021, le volet annexe à ce programme, concernant l'écologie des chiroptères forestiers et notamment la stratification verticale de leur activité de chasse, devra être intensifié pour conforter des premiers résultats novateurs. Par ailleurs, les relevés de variables environnementales sur les stations d'écoute permettront, grâce à la continuité des relevés acoustiques sur un nombre plus important de sites, des requêtes plus précises sur la nature et la structure des microhabitats forestiers utilisés par les différentes espèces de chiroptères.

Remerciements

Ce programme est soutenu financièrement par la DREAL Nouvelle Aquitaine, l'Europe (FEDER Limousin) et le Conseil régional de Nouvelle Aquitaine.

Nous remercions aussi chaleureusement :

- les professionnels de la forêt qui ont communiqué ou relayé des informations sur les parcelles et/ou leurs propriétaires : Hans Kreuzler (technicien forestier indépendant, référent « futaie irrégulière » du CRPF, gestion des sites de Grands Bois, des Ribières, de Sourliavoux, de Tranloup) ; Jean-Luc Lacorre (agent ONF, gestion du site des Loges) ; Jérôme Vany (agent ONF, gestion du site d'Augerolles) ; Yann Bourguignon (technicien forestier, animateur au CRPF du Plan de Développement de Massif "Chouette de Tengmalm" ; site de Bay).
- Les propriétaires des parcelles étudiées : Catherine Bardinon (site de Sourliavoux) ; CEN Limousin (sites des Ajustants et de Vieille Eglise) ; commune de St-Priest-sous-Aixe (Philippe Barry, maire & Dominique Mérigaud, conseiller municipal ; site de la Forêt des Loges) ; Mme Dusquesnoy (site de Blanchefort) ; Alain et Marie-Jeanne Freytet, Philippe et Pierrette Bidon (site de Mazeimard) ; Groupement forestier des Bruges (Christine de Reynal ; site de Tranloup) ; Groupement forestier EPAGOU (Anne-Catherine Fressinaud Marie ; site d'Épagne) ; Michel Mazaud (site de Bay) ; Cathy Mignon-Linet (site de la Cubesse) ; Béatrix d'Ussel (site de la Triouzoune).

BARATAUD, M. 1992. L'activité crépusculaire et nocturne de 18 espèces de chiroptères, révélée par marquage luminescent et suivi acoustique. *Le Rhinolophe* 9 : 23-58.

BARATAUD, M. 2012. Ecologie 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. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD, J., M. BARATAUD, S. GIOISA & J. VITTIER. 2016a. Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin. Elaboration du protocole, validation des sites. *Symbioses* 34 : 19-24.

BARATAUD, M., S. GIOISA, J. GRANDADAM & J. JEMIN. 2016b. Diversité des chiroptères dans les peuplements forestiers du Limousin (France). *Le Vespère* 6: 397-429. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BATES, D., MAECHLER, M., BOLKER, B., WALKER, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.<doi:10.18637/jss.v067.i01>.

BATTERSBY, J. 2010. Guidelines for surveillance and monitoring of European Bats. Publication series n° 5. UNEP/EUROBATS secretariat, Bonn, Germany. 95 pp. http://www.eurobats.org/publications/eurobats_publication_series

CATTO, C., A. COYTE, J. AGATE & S. LANGTON. 2003. Bats as indicators of environment quality. The Environment Agency, Bristol.

FÜHRMANN, M., C. SCHREIBER & J. TAUCHERT. 2002. Telemétrische Untersuchungen an Bechsteinfledermäusen (*Myotis bechsteinii*) und Kleinen Abendseglern (*Nyctalus leisleri*) im Oberurseler Stadtwald und Umgebung (Hochtaunuskreis). In : *Ökologie, Wander-*

rungen und Genetik von Fledermäusen in Waldern – Untersuchungen als Grundlage für den Fledermausschutz, Schriftenreihe Landschaftspflege Naturschutz, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, p. 131-140.

GODINEAU, F. & D. PAIN. 2007. Plan de restauration des chiroptères en France métropolitaine, 2008 – 2012. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères / Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables. 79 pp + 18 pp annexes. <http://www.plan-actions-chiropteres.fr/Presentation>

GRANDJEAN, N. 2011. Acoustic detection of bat activity in forest habitat: importance of vertical distribution and forest type. Maîtrise universitaire ès Sciences en comportement, évolution et Conservation. Département d'Écologie et d'Évolution, Université de Lausanne. Rapport 35 pp.

KERTH, G., M. WAGNER & B. KÖNIG. 2001. Roosting together, foraging apart : information transfer about food is unlikely to explain sociality in female Bechstein's bats (*Myotis bechsteinii*). *Behavioral Ecology Sociobiology* 50 : 283-291.

KERTH, G., M. WAGNER, K. WEISSMAN & B. KÖNIG. 2002. Habitat und Quartiernutzung bei der Bechsteinfledermaus: Hinweise für den Artenschutz. In : *Abschlussbericht des Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (F+E) " Untersuchungen zur Ökologie von Fledermäusen in Wäldern unter besonderer Berücksichtigung wandernder Arten und Formulierung von Empfehlungen für ihren Schutz "*. Schriftenreihe des Deutschen Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

LUCAN, R.K., M. ANDREAS, P. BENDA , T. BARTONICKA, T. BREZINOVA, A. HOFFMANNOVA, S. HULOVA, P. HULVA, J. NECKAROVA, A. REITER,

T. SVACINA, M. SALEK & I. HORACEK. 2009. Alcatheo Bat (*Myotis alcatheo*) in the Czech Republic: Distributional Status, Roosting and Feeding Ecology. *Acta Chiropterologica* 11(1): 61-69.

LÜTTMANN, J., M. WEISHAAR & B. GESSNER, unter Mitarbeit von M. FUHRMANN und J. TAUCHERT (Gelände 2001). 2003. Nächtliche Aufenthaltsgebiete und Jagdverhalten von Kolonien der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) im Gutland. *Dendrocopos* 30 : 17-27.

MESCHEDÉ, A. & K.-G. KELLER. 2003. Ecologie et protection des chauves-souris en milieu forestier. *Le Rhinolophe* 16. 248 pp.

MOTTE, G. 2011. Etude comparée de l'écologie de deux espèces jumelles de Chiroptères (Mammalia : Chiroptera) en Belgique : l'oreillard roux (*Plecotus auritus*) (Linn., 1758) et l'oreillard gris (*Plecotus austriacus*) (Fischer, 1829). Thèse. doct. Université de Liège. 123p.

PODLUTSKY, A.J., A.M. KHRITANKOV, N.D. OVODOV & S.N. AUSTAD. 2005. A New Field Record for Bat Longevity. *Journal of Gerontology: Biological Sciences* 60A(11): 1366-1368.

R CORE TEAM (2016). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SCHOFIELD, H.W. & C.J. MORRIS. 2000. Ranging behaviour and habitat preferences of females Bechstein's bat, *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818), in summer. The Vincent Wildlife Trust. Report 26 pp.

WALSH, A., C.M.C. CATTO, A.M. HUTSON, P.A. RACEY, P. RICHARDSON, & S. LANGTON. 2001. The United Kingdom National Bat Monitoring Programme. Final Report. DETR Contract n° CRO18. Crown copyright, HMSO Norwich.

WALSH, A., C.M.C. CATTO, A.M. HUTSON, P.A. RACEY, P. RICHARDSON, & S. LANGTON. 2001. The United Kingdom National Bat Monitoring Programme: Turning conservation goals into tangible results. In: O'SHEA, T.J. & M.A. BOGAN (eds). *Workshop on monitoring trends in bat populations of the United States* Department of Interior, Geological Survey, Fort Collins, Colorado. 103-117.

WOLZ, I. 1992. Zür Ökologie des Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818). Erlangung des Doktorgrades. Naturwissenschaftlichen Fakultäten des Friedrich-Alexander-Universität. 136 pp.

WOLZ, I. 1993a. Untersuchungen zur Nachweisbarkeit von Beutetierfragmenten im Kot von *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818). *Myotis* 31: 5-25.

WOLZ, I. 1993b. Das Beutespektrum der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818), Ermittelt aus Kotanalysen. *Myotis* 31: 27-68.

ZUUR, A. F., E. N. IENO, N. J. WALKER, A. A. SAVELIEV, & G. M. SMITH. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York, New York, USA.

Pour citer cet article :

BARATAUD, M., J. BARATAUD, S. GIOSA, J. JEMIN, J. VITTIER & A. BESNARD. 2017.

Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin : bilan de la période 2014-2016. *Plume de Naturalistes* 1 : 43-66.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles de Plume de Naturalistes : www.plume-de-naturalistes.fr

Annexe 1

Résultats qualitatifs et quantitatifs par sites et par année

Les valeurs en face de chaque espèce indiquent le nombre de contacts pondérés.

2014

Espèces	Sites														Total
	Ajustants	Augerolles	Bay	Blanchefort	Cubesse	Epagne	Grands Bois	Mas	Loges	Ribières	Sourilavoux	Tranloup	Triouzoune	Ville Eglise	
<i>B.barbastellus</i>	5,1	47,9	3,4	44,2	27,2	17	35,7	102	34	32,3	47,6	13,6	18,7	28,9	457,6
<i>M.alcathoe</i>	5	117,5		10		130	47,5	5		2,5	22,5	347,5	10		697,5
<i>M.bechsteinii</i>	2,5			35	5	140	142,5	95		42,5	7,5	27,5	5	35	537,5
<i>M.brandtii</i>	12,5				42,5	7,5	2,5	20		37,5	72,5				195
<i>M.daubentonii</i>	5			2695	302,5		77,5		2,5	7,5	15	15	190	5	3315
<i>M.mystacinus</i>		275				55	7,5			2,5		12,5	7,5		360
<i>M.nattereri</i>	6,2	2,5	384,4	21,7	3,1	9,3	31	282,1	8,7	5	18,6	15,5	3,1		791,2
<i>P.auritus</i>		8,75	165	30		10	58,75		40	100	95	80	10		597,5
<i>P.austriacus</i>				380					1,25			50			431,25
<i>M.emarginatus</i>	12,4				170,5		21,7			18	43,4	24,8	12,4	6,2	309,4
<i>E.serotinus</i>	26,56	10,79	4,15	5,81	0,83	9,13	7,47	9,13	6,64	10,79	4,15		16,6	6,64	118,69
<i>P.kuhlii</i>	4	7		108			57	1	12	17	4	10	1	1	222
<i>P.pipistrellus</i>	387	553,7	51	2353	11	611	560	1735	142	31	641	255	89	1468	8887,7
Total	466,26	1023,14	607,95	5682,71	562,63	988,93	1049,12	2249,23	247,09	306,59	971,25	851,4	363,3	1550,74	16920,34

2015

Espèces	Sites														Total
	Ajustants	Augerolles	Bay	Blanchefort	Cubesse	Epagne	Grands Bois	Mazimard	Loges	Ribières	Sourilavoux	Tranloup	Triouzoune	Ville Eglise	
<i>B.barbastellus</i>	13,6	105,4	3,4	172,6	39,1	23,8	6,8	139,4	52,7	8,5	13,6		25,5	34	638,4
<i>M.alcathoe</i>				40	57,5	895	80		2,5	7,5	7,5	152,5	20	5	1267,5
<i>M.bechsteinii</i>		102,5			932,5	65	155	132,5		27,5		12,5		27,5	1455
<i>M.brandtii</i>		77,5			47,5	385	62,5	27,5		27,5	25	10	2,5		665
<i>M.daubentonii</i>				1195		2,5	7,5		5	27,5			425	35	1697,5
<i>M.mystacinus</i>		450		25	125		47,5	50	12,5	37,5	25	32,5	32,5		837,5
<i>M.nattereri</i>	3,1	80,6	52,7	24,8	52,7		86,8	3,1	6,2	18,6	9,3	3,1	9,3		350,3
<i>P.auritus</i>		22,5	153,75	5	40		11,25	10		15	93,75	10	15		376,25
<i>P.austriacus</i>				170						15		12,5		7,5	205
<i>M.emarginatus</i>	12,4				6,2	6,2	3,1		3,1	3,1	52,7			37,2	124
<i>E.serotinus</i>	28,22	4,15		14,94	3,32	4,98		9,13	14,11	4,98	20,75	4,98	34,86	23,24	167,66
<i>P.kuhlii</i>	1	1		31	1		1	26	4	11	2	531	4		613
<i>P.pipistrellus</i>	229	452	50	2144	35,7	1360	162	442	109	67	406	874	51	790	7171,7
Total	287,32	1295,65	259,85	3822,34	1340,52	2742,48	623,45	839,63	209,11	270,68	655,6	1643,08	619,66	959,44	15568,81

2016

Espèces	Sites														Total
	Ajustants	Augerolles	Bay	Blanchefort	Cubesse	Epagne	Grands Bois	Mazimard	Loges	Ribières	Sourilavoux	Tranloup	Triouzoune	Ville Eglise	
<i>B.barbastellus</i>	5,1	37,4	3,4	158,1		3,4	10,2	28,9	28,9	20,4	44,2	6,8	5,1	17	368,9
<i>M.alcathoe</i>		145	7,5	17,5	2,5	345	45	5		2,5	7,5	7,5	300	12,5	897,5
<i>M.bechsteinii</i>					172,5	572,5	60	117,5	2,5	10			15	17,5	967,5
<i>M.brandtii</i>		10			17,5	12,5	7,5						35	5	87,5
<i>M.daubentonii</i>			5	1337,5						7,5			332,5	2,5	1685
<i>M.mystacinus</i>		402,5	2,5	22,5	30	40	50			37,5	87,5	15			687,5
<i>M.nattereri</i>			58,9	114,7			21,7	3,1	21,7		130,2	9,3	24,8		384,4
<i>P.auritus</i>	5	15			5		30	10		5	60	167,5			297,5
<i>P.austriacus</i>		5							1,25	20		2,5			28,75
<i>M.emarginatus</i>	21,7								3,1	6,2	3,1	3,1			37,2
<i>E.serotinus</i>	181,77	17,43		14,94	5,81			3,32	9,13	2,49	4,98	25,73	4,98	4,98	275,56
<i>P.kuhlii</i>	1	5	3	11		2	17	6	5	4	3	80		1	138
<i>P.pipistrellus</i>	286	1408	163	4102	156	1290	264	320	47	65	132	539	448	1339	10559
Total	500,57	2045,33	243,3	5778,24	389,31	2265,4	505,4	493,82	118,58	180,59	472,48	856,43	1165,38	1399,48	16414,31

Annexe 2

Résultats des abondances et probabilité de présence estimées

	ABONDANCE			% de baisse détectable	PROBABILITÉ DE PRÉSENCE			% de baisse détectable
<i>B.barbastellus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,67	0,45	1,00	0,33	0,36	0,29	0,44	0,20
estim-2014	0,77	0,49	1,21		0,34	0,25	0,44	
estim-2015	0,79	0,50	1,24		0,43	0,33	0,54	
estim-2016	0,44	0,27	0,70		0,30	0,22	0,41	
<i>E.serotinus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,51	0,34	0,74	0,32	0,27	0,22	0,32	0,19
estim-2014	0,47	0,29	0,75		0,25	0,18	0,34	
estim-2015	0,53	0,33	0,85		0,31	0,24	0,40	
estim-2016	0,53	0,33	0,85		0,23	0,17	0,32	
<i>M.alcathoe</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,19	0,10	0,36	0,47	0,17	0,12	0,23	0,28
estim-2014	0,13	0,06	0,26		0,12	0,08	0,19	
estim-2015	0,25	0,13	0,51		0,21	0,14	0,30	
estim-2016	0,22	0,11	0,45		0,19	0,12	0,27	
<i>M.bechsteinii</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,18	0,09	0,37	0,51	0,17	0,11	0,25	0,35
estim-2014	0,36	0,17	0,76		0,24	0,15	0,37	
estim-2015	0,08	0,04	0,18		0,11	0,06	0,19	
estim-2016	0,09	0,04	0,21		0,14	0,08	0,24	
<i>M.brandtii</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,04	0,02	0,09	0,56	0,08	0,05	0,12	0,37
estim-2014	0,02	0,01	0,04		0,07	0,04	0,12	
estim-2015	0,10	0,04	0,23		0,12	0,07	0,20	
estim-2016	0,01	0,01	0,03		0,04	0,02	0,08	
<i>M.daubentonii</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale					0,07	0,04	0,11	0,39
estim-2014	problème de convergence				0,11	0,06	0,19	
estim-2015					0,06	0,03	0,11	
estim-2016					0,01	0,01	0,03	
<i>M.emarginatus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,04	0,02	0,07	0,45	0,08	0,06	0,11	0,29
estim-2014	0,06	0,03	0,12		0,10	0,06	0,15	
estim-2015	0,05	0,02	0,10		0,09	0,06	0,14	
estim-2016	0,01	0,01	0,03		0,04	0,02	0,07	

	ABONDANCE			% de baisse détectable	PROBABILITÉ DE PRÉSENCE			% de baisse détectable
<i>M.myotis</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,20	0,13	0,32	0,37	0,18	0,14	0,24	0,25
estim-2014	0,17	0,10	0,29		0,13	0,08	0,20	
estim-2015	0,18	0,10	0,30		0,16	0,10	0,23	
estim-2016	0,28	0,16	0,47		0,27	0,20	0,37	
<i>M.mystacinus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,09	0,04	0,20	0,55	0,13	0,09	0,19	0,33
estim-2014	0,02	0,01	0,05		0,04	0,02	0,07	
estim-2015	0,17	0,07	0,40		0,20	0,13	0,30	
estim-2016	0,11	0,04	0,26		0,15	0,09	0,24	
<i>M.nattereri</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,16	0,09	0,28	0,45	0,15	0,11	0,21	0,30
estim-2014	0,20	0,10	0,38		0,19	0,12	0,27	
estim-2015	0,14	0,07	0,28		0,14	0,09	0,22	
estim-2016	0,13	0,06	0,26		0,12	0,08	0,19	
<i>P.auritus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,20	0,13	0,31	0,34	0,16	0,12	0,21	0,25
estim-2014	0,28	0,17	0,47		0,19	0,13	0,27	
estim-2015	0,21	0,13	0,36		0,17	0,11	0,24	
estim-2016	0,10	0,06	0,18		0,11	0,07	0,17	
<i>P.austriacus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,00	0,00	0,01	0,73	0,03	0,02	0,05	0,36
estim-2014	0,00	0,00	0,01		0,04	0,02	0,07	
estim-2015	0,00	0,00	0,01		0,02	0,01	0,05	
estim-2016	0,00	0,00	0,00		0,01	0,00	0,02	
<i>P.kuhlii</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	0,20	0,11	0,36	0,44	0,20	0,14	0,27	0,29
estim-2014	0,27	0,14	0,52		0,22	0,14	0,32	
estim-2015	0,15	0,08	0,29		0,19	0,12	0,28	
estim-2016	0,16	0,08	0,31		0,18	0,11	0,27	
<i>P.pipistrellus</i>	estimation	low IC	up IC		estimation	low IC	up IC	
moyenne globale	22,62	15,61	32,79	0,31	0,92	0,88	0,95	0,04
estim-2014	21,53	14,42	32,15		0,91	0,86	0,95	
estim-2015	18,67	12,48	27,93		0,91	0,86	0,95	
estim-2016	28,59	19,07	42,87		0,94	0,89	0,96	

Étude des microchiroptères de Mayotte Inventaire des espèces, identification acoustique et utilisation de l'habitat

Par **Michel BARATAUD**¹ (michel.barataud1@orange.fr)
Grégory BEUNEUX¹ (chauves.souris.corse@free.fr)
Marion CHALBOS¹ (marion.chalbos@yahoo.fr)
Jean-François DESMET¹ (jfdesmet@wanadoo.fr)
Sylvie GIOSA¹ (sylviemariegiossa@gmail.com)

Avec la collaboration de :

Stéphane AUGROS² (stephane_augros@hotmail.com)
Sarah FOURASTE¹ (sarah.fouraste@wanadoo.fr)
Gildas MONNIER¹ (g.monnier29@gmail.com)

¹ SFPEM

² ECOMED Océan Indien

Résumé

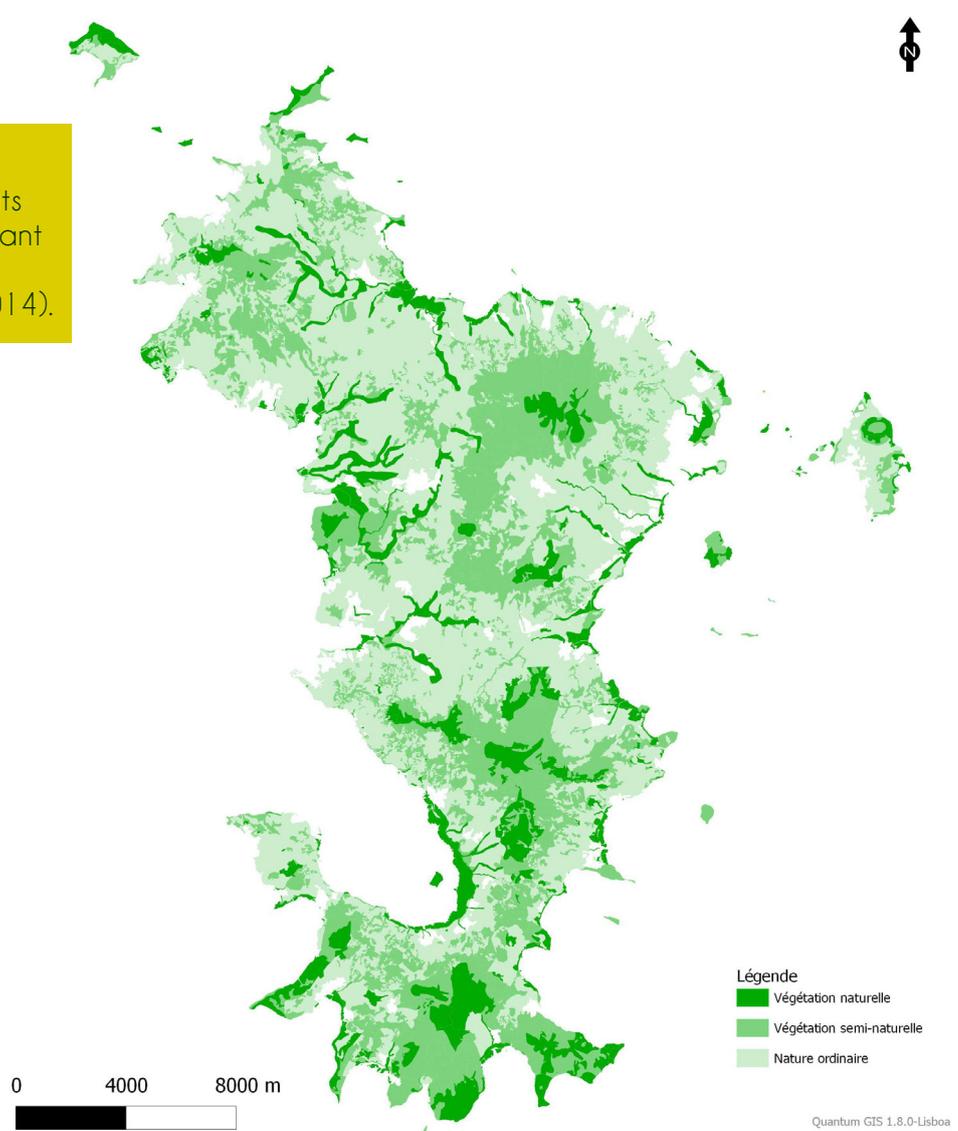
Les microchiroptères de l'île de Mayotte (archipel des Comores) ont fait l'objet d'inventaires principalement basés sur la collecte d'individus capturés au gîte et au filet, avec une description taxinomique basée sur la morphologie (caractères externes et crâniens) et la génétique (ADN mitochondrial). Aucune information n'a été collectée sur leurs émissions acoustiques et leurs comportements et habitats de chasse. Une mission d'études, incluant recherche de gîtes, capture au filet et 157 heures d'écoutes sur 26 sites, s'est déroulée entre le 29 octobre et le 18 novembre 2015, afin de tenter de pallier ces lacunes. *Taphozous mauritanus* a été contacté acoustiquement sur quatre sites ; un gîte a été trouvé. *Chaerephon pusillus* a été contacté acoustiquement sur 26 sites ; 15 gîtes ont été contrôlés ou découverts ; 480 individus ont été capturés (puis relâchés sur place) pour études biométrique, génétique et enregistrement des émissions sonar dans des conditions naturelles de vol. Parmi les individus de





Figure 1.

Cartographie des habitats sur l'île de Mayotte, montrant le caractère relictuel des milieux naturels (CBNM 2014).



Chaerephon capturés, 44 présentait une tache blanche ventrale d'étendue variable, l'un deux se rapprochant du morphotype de *Chaerephon leucogaster* ; des biopsies alaires pratiquées sur 83 individus pour des analyses génétiques permettront de préciser leur taxonomie. Un type acoustique sur 20-23 kHz accompagné de signaux multiharmoniques très particuliers, démarqué de celui des deux *Chaerephon*, reste à identifier ; il pourrait correspondre aux émissions d'un Molossidé, peut-être *Mops leucostigma*, non encore noté sur Mayotte mais présent dans les îles voisines. Aucun contact acoustique n'a pu être rapproché de taxons appartenant aux genres *Myotis* ou *Miniopterus*, pourtant présents sur l'île d'Anjouan proche de 70 km.

Mots clés : *Chaerephon* spp. ; écologie acoustique ; type acoustique inconnu ; signaux multiharmoniques.

1. Introduction

L'île de Mayotte est située à l'est de l'archipel des Comores, à environ 320 km au nord-ouest de Madagascar. Elle est caractérisée par une faible superficie (314 km²), un relief peu accentué (culminant à 660 m au Mont Bénara), et une présence humaine forte (les chiffres officiels donnent plus de 350000 habitants) à l'origine de perturbations dans les habitats originels (Fig. 1). Les milieux forestiers naturels couvrent environ 3 % de la superficie terrestre de Mayotte en 2013 : fortes pentes, crêtes, sommets, mangroves (UICN FRANCE 2013).

Sa faune chiroptérologique (seuls mammifères indigènes) comprend une espèce de mégachiroptère (*Pteropus seychellensis* ssp. *comorensis* Nicoll, 1908) présent dans tous les types d'habitats.

Les microchiroptères connus sur l'île avant cette mission sont :

- *Taphozous mauritanus* E. Geoffroy, 1818 ; famille des Emballonuridés ; présent en Afrique australe, aux Seychelles et aux Mascareignes ; dans les Comores il est noté uniquement à Mayotte sous forme d'un crâne trouvé dans une pelote d'Effraie des clochers *Tyto alba* (LOUETTE, 2004) ; plus récemment en 2014, un individu vivant a été capturé à Cavani par Erwan Lagadec (com. pers.) et des signaux sonar ont été récoltés par Stéphane Augros (com. pers.) sur plusieurs sites : l'Abattoir, Pamandzi, M'Tsapéré et Hajangua ;
- *Chaerephon pusillus* Miller, 1902 ; famille des Molossidés ; proche de *Chaerephon pumilus* présent en Afrique australe (JACOBS et al. 2004) et à Madagascar (TAYLOR et al. 2009), il est décrit comme endémique des quatre îles des Comores et de deux îles des Seychelles occidentales (Aldabra et Amirantes) sur la base d'études génétiques sur l'ADN mitochondrial (GOODMAN & RATRIMOMANARIVO 2007 ; GOODMAN et al. 2010) ;
- *Chaerephon leucogaster* A. Grandidier, 1869, est niché dans un complexe paraphylétique d'espèces se rapportant à *C. pumilus* ; il occupe une partie de l'Afrique sub Saharienne, il est présent à Madagascar et noté sur Mayotte (huit femelles et deux mâles capturés en février-mars 2007 à Poroani et Coconi par Steve Goodman) à l'exclusion de toute autre île des Comores et des Seychelles. On note chez les individus de cette espèce des variations morphologiques entre des localités différant notamment par leur climat, sans différences génétiques (ADNmt) significatives (RATRIMOMANARIVO et al. 2009 ; GOODMAN et al. 2010).

Les microchiroptères présents dans les Comores sont issus de pionniers partis de Madagascar (GOODMAN et al. 2010).

Mayotte étant la plus proche de cette source de colonisation, on pourrait s'attendre à ce que la diversité spécifique diminue avec la distance. Si La Grande Comore et Mohéli, avec seulement deux espèces, sont en effet plus pauvres, Anjouan est plus riche que Mayotte avec cinq espèces : outre *Chaerephon pusillus*, cette île abrite un autre Molossidé, *Mops leucostigma* (G. M. Allen, 1918) présent aussi à Mohéli, un Vespertilionidé endémique *Myotis anjouanensis* Dorst, 1960 et deux Miniopteridés *Miniopterus griveaudi* Harrison, 1959 (présent aussi à La Grande Comore) et *M. aelleni* Goodman, Weyeneth, and Ruedi, 2009.

Les précédents travaux sur les microchiroptères de Mayotte sont issus de deux missions réalisées du 27 février au 01 mars 2007 (GOODMAN et al. 2010) et du 26 novembre au 11 décembre 2014 (RAMASINDRAZANA et al. 2015 ; CRVOI, non publié) ; la méthodologie utilisée (capture au filet ou à la main d'individus principalement en gîtes anthropiques) a permis la récolte de spécimens ou de biopsies alaires, et de mesures biométriques crâniennes et externes.

A l'initiative de la DEAL de Mayotte, en partenariat avec la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, une mission d'étude a été menée entre le 29 octobre et le 18 novembre 2015. Les objectifs de cette mission étaient les suivants :

1. réaliser des enregistrements des espèces connues dans toutes les situations naturelles de vol pour établir une clé acoustique fonctionnelle. Les moyens pour y parvenir impliquent l'identification préalable certaine des individus enregistrés (capture au filet sur terrains de chasse ou en sortie de gîte, puis relâcher sur place après prises de mesures, de

biopsies alaires et marquage temporaire luminescent) ; un effort particulier est porté sur les deux espèces jumelles du genre *Chaerephon*, afin de vérifier l'hypothèse d'une différenciation de niche acoustique en lien avec une différenciation de niche écologique (évitement de la compétition entre deux espèces proches sympatriques) ;

2. initier une phase d'inventaires grâce aux éléments de diagnose acoustique ressortant des premières analyses des enregistrements, visant à :

a. préciser, pour les trois espèces connues (*Chaerephon pusillus*, *C. leucogaster*, *Taphozous mauritanus*), leur répartition et leurs niveaux d'activité de chasse dans les différents habitats ;

b. vérifier si d'autres taxons nouveaux pour l'île sont présents (en lien notamment avec la présence sur Anjouan, éloignée de 70 km, de quatre autres espèces : *Mops leucostigma*, *Myotis anjouanensis*, *Miniopterus aelleni* et *Miniopterus griveaudi*) ;

3. proposer des séances de formation (théorique et pratique) pour les agents gestionnaires de milieux naturels aux techniques acoustiques et de capture au filet.

2. Matériel et méthode

Les microchiroptères de Mayotte bénéficiant d'un statut de protection réglementaire, les quatre personnes de la mission réalisant les opérations de capture en gîte ou au filet ont obtenu une autorisation délivrée par la préfecture de Mayotte (arrêté n° 2/09DEAL/SEPR/2015 du 22 octobre 2015).

2.1. Recherche de gîtes

Une liste de quelques gîtes déjà répertoriés grâce à des prospections réalisées en 2014 par le CRVOI (Lagadec, com. pers.) a été mise à profit les trois premières soirées, afin de récupérer rapidement une première série d'enregistrements au relâcher d'individus formellement identifiés. Puis, suite à nos propres enquêtes sur le terrain, d'autres gîtes nous ont été signalés et ont été visités (Tableau 1). Leur répartition couvre une bonne part de Grande Terre (Fig. 2).

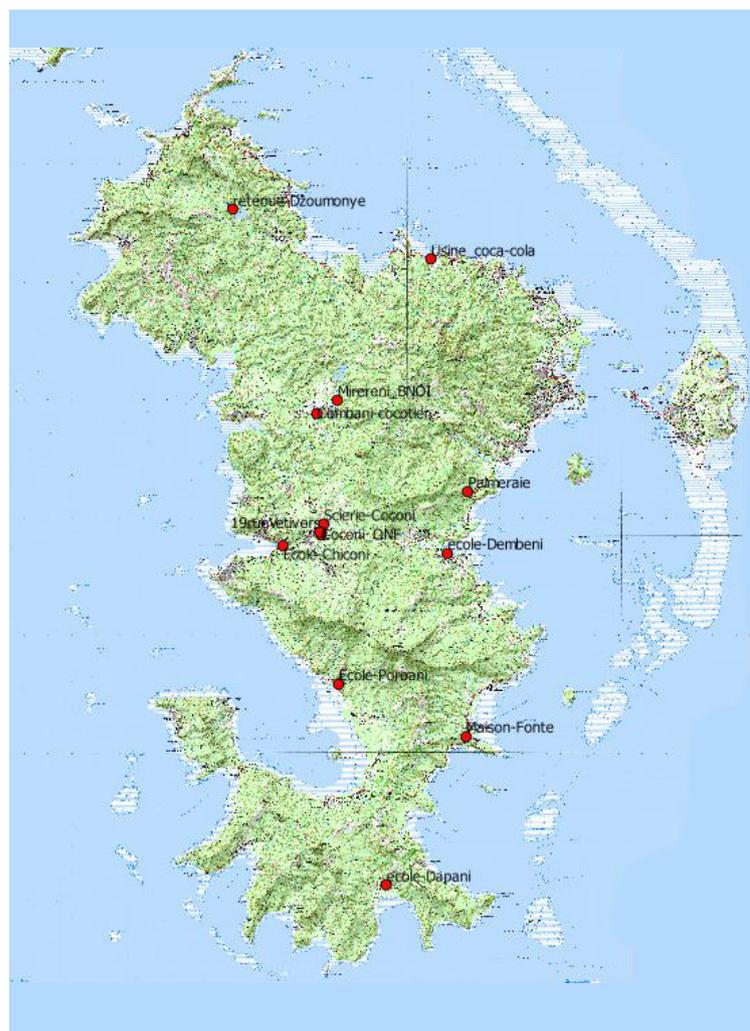


Figure 2.

Localisation des gîtes visités entre le 29 octobre et le 11 novembre 2015, sur fond cartographique 1/25000e de l'IGN.

Tableau 1.

Caliendrier des prospections de gîtes à microchiroptères durant la mission 2015 ; les espèces en orange n'ont pas été retrouvées lors de la mission.

Date	Commune	Site	Type gîte	Descriptif	Espèces	Source
29/10/2015	Mamoudzou	La Palmeraie (Tsoundzou 2)	Bâtiment	avant-dernier immeuble Le Giroflier II ; accès bouchés, colonie absente	<i>C. pusillus</i>	Erwan Lagadec (com. pers.)
30/10/2015 02/11/2015	Ouangani	Coconi ; SRF	Bâtiment	locaux du Service des Ressources Forestières du Conseil départemental ; faux plafond cuisine	<i>C. pusillus</i> ; <i>C.leucogaster</i>	Erwan Lagadec (com. pers.)
31/10/2015	Sada	école (ancienne) du carrefour de Chiconi	Bâtiment	Ancienne école carrefour de Chiconi, bâtiment au fond à droite	<i>C. pusillus</i>	Erwan Lagadec (com. pers.)
01/11/2015	Tsingoni	cocotier Com-bani	Arbre	centre Combani ; cocotier derrière le Kebab, à l'intersection de deux rues	<i>T. mauritanus</i>	SFEPM 2015
04/11/2015	Koungou	usine Longoni	Bâtiment	Zone industrielle de Longoni ; petits entrepôts de l'usine d'embouteillage (eau et Coca-Cola)	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
04/11/2015	Dembeni	école de Dembeni	Bâtiment	Ecole primaire ; salle 1 ; bardage bois à l'intérieur de la classe	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
04/11/2015	Bandraboua	retenue collinaire de Dzoumonyé	Arbre	tronc cocotier cassé sur talus en bord de talweg	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
05/11/2015	Ouangani	Coconi ; ONF	Bâtiment	pignon et toitures terrasse des locaux de l'ONF	<i>C. pusillus</i> ; <i>C.cf leucogaster</i>	SFEPM 2015
05/11/2015	Tsingoni	Miréréni ; BNOI	Bâtiment	locaux de la BNOI de Mayotte	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
05/11/2015	Chirongui	école de Poroani	Bâtiment	Ecole primaire ; accès bouchés, colonie absente	<i>C. pusillus</i> ; <i>C.leucogaster</i>	Steve Goodman (2010)
07/11/2015	Ouangani	Coconi ; 19 rue des Vetyvers	Bâtiment	bardage pignon	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
07/11/2015	Ouangani	Coconi ; 22 rue des Vetyvers	Bâtiment	bardage pignon	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
10/11/2015	Bandrele	Baobab de la plage Musicale	Arbre	caries dans branches maîtresses	<i>C. pusillus</i>	G. Monnier (com. pers.)
10/11/2015	Bandrele	école de Dapani	Bâtiment	école élémentaire ; bardages et arasements salles de classes	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015
11/11/2015	Bandrele	maison de M. Fonté ; Bandrele	Bâtiment	maison rouge sortie sud face pharmacie ; sous toiture	<i>C. pusillus</i>	SFEPM 2015

2.2. Capture au filet

Lors de chacune des 20 soirées/nuits de la mission 2015, des dispositifs de capture au filet ont été mis en œuvre par une à trois équipes de chercheurs sur 25 sites au total. (Tableau 2, Fig. 3).

Après un repérage préalable sur le terrain durant la journée et la sélection des localités *a priori* favorables à l'installation des filets et à la capture d'animaux, les filets (mono ou pluri-filaments) étaient tendus entre des perches télescopiques.

Tableau 2.

Calendrier des soirées de captures réalisées au cours de la mission 2015 : pression de capture et nombre d'individus du genre *Chaerephon* capturés par sexe.

Date	Site	Habitat	Surface filets (m ²)	N. mâles	N. femelles	N. total individus
28/10/2015	Bandrélé ; Musicale Plage	littoral	117	11	16	27
29/10/2015	Tsoundzou II ; Giroflier	synanthropique	174	0	0	0
30/10/2015	Coconi ; locaux SRF	synanthropique	259	11	0	11
31/10/2015	Carrefour Chiconi ; ancienne école	synanthropique	96	6	12	18
31/10/2015	Carrefour Chiconi ; embouchure MRO Ouâ Coconi	rivière urbaine	90	0	0	0
01/11/2015	Combani ; rivière Orovéni	rivière boisée	74	0	0	0
02/11/2015	Coconi ; locaux SRF	synanthropique	205	3	9	12
03/11/2015	Forêt du Mt Bénara versant nord ; clairière	forêt subnaturelle	96	0	0	0
03/11/2015	Forêt du Mt Bénara versant nord ; fin piste	forêt subnaturelle	148	0	0	0
04/11/2015	Retenue Dzoumonié ; embouchure de Massoulaha	plan d'eau	127	0	0	0
04/11/2015	Retenue Dzoumonié ; radier point coté 60 Bandram	plan d'eau	96	0	0	0
04/11/2015	Retenue Dzoumonié ; Gué Mroo Ouâ Tanabé	rivière	60	0	0	0
05/11/2015	Combani ; retenue	plan d'eau	105	5	6	11
05/11/2015	Miréréni ; Brigade Nature	synanthropique	32	3	12	15
05/11/2015	Coconi ; locaux ONF	synanthropique	125	9	22	31
06/11/2015	Forêt de Sohoa	forêt subnaturelle	252	0	0	0
07/11/2015	Coconi ; rue Vetyvers	synanthropique	119	7	8	15
08/11/2015	Baie de Bouéni ; canal mangrove	littoral	120	0	0	0
08/11/2015	Baie de Bouéni ; arrière-mangrove	littoral	209	0	0	0
09/11/2015	Riviere-kwale-1	rivière boisée	222	0	0	0
10/11/2015	Mont Choungui ; sommet	fourré sommital	135	4	0	4
11/11/2015	Bandrélé ; maison Fonté	synanthropique	120	29	28	57
12/11/2015	Dapani ; école primaire	synanthropique	120	24	57	81
13/11/2015	Mont Combani ; sommet	forêt sommitale	176	0	0	0
14/11/2015	Sohoa ; plage	littoral	187	0	0	0
15/11/2015	Coconi ; locaux ONF	synanthropique	262	60	138	198
16/11/2015	Moya ; crête	fourré sommital	240	0	0	0
TOTAL	25		3966	172	308	480

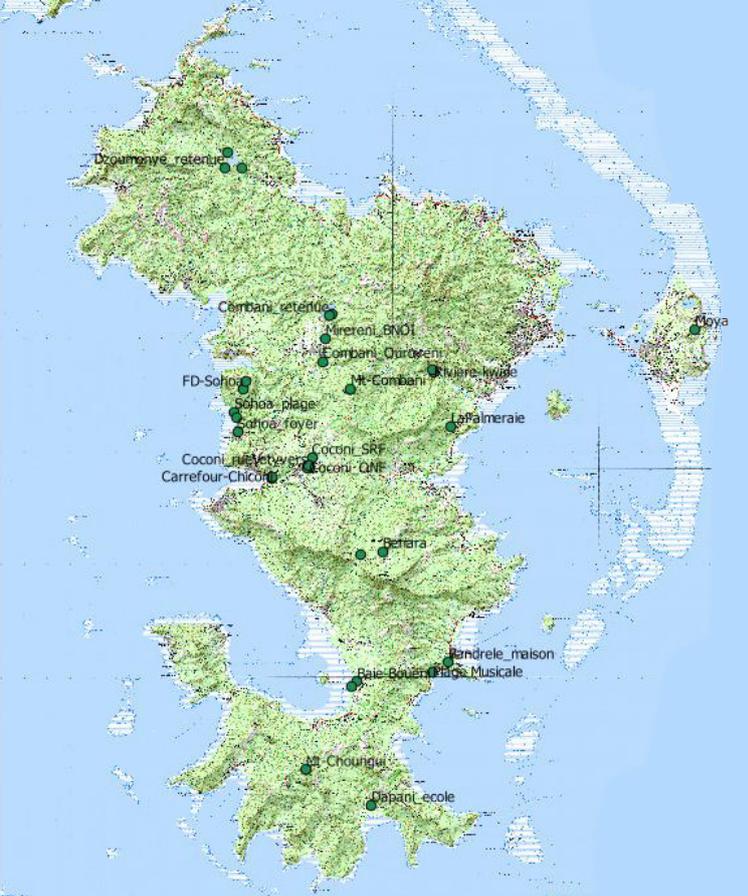


Figure 3.

Localisation des sites de capture entre le 29 octobre et le 16 novembre 2015, sur fond cartographique 1/25000e de l'IGN.

Les localités retenues sur le terrain correspondaient à des lisières, pistes ou allées forestières, clairières, étendues ou cours d'eau, gués, plages en bordures de boisements, mangroves, crêtes d'altitude, proximités de bâtiments occupés par des chauves-souris ou susceptibles de l'être... Selon la configuration du site, les filets étaient tendus en simple ou double hauteur, c'est-à-dire sur 2,5 m à 5 m de hauteur.

Les nappes de filets déployées ont totalisé des surfaces allant de 74 à 329 m² par soirée/nuit (total de 3966 m² pour l'ensemble de la mission).

Les dispositifs devaient être en place vers 18h00-18h15 afin d'être activés, le plus souvent, du crépuscule jusqu'à 3 heures après le coucher du soleil.

Une veille permanente était assurée au pied des filets afin de procéder au démailage rapide des animaux capturés. Ceux-

ci étaient ensuite conditionnés dans des poches de tissus avant de procéder sur place à leur examen consistant à la détermination fine de l'espèce, leur sexage, leur état physiologique, leur biométrie et éventuellement à leur marquage léger et/ou à une biopsie.

Les animaux étaient ensuite libérés rapidement sur le site de capture.

Remarque quant à l'efficacité de la technique de capture aux filets lors de l'étude chiroptères de Mayotte en 2015 :

Cette technique, qui est très classiquement employée pour l'étude des peuplements de chiroptères, compte parmi les méthodes efficaces de capture lorsqu'un minimum de préconisations est respecté.

La pression de capture exercée durant toute la mission a été relativement importante ; l'exhaustivité des types d'habitats étudiés (Fig. 4) ainsi que la diversité altitudinale des milieux prospectés (Fig. 5) permettent d'apprécier l'intérêt chiroptérologique de l'île.

Or, comme le montre le **Tableau 2**, les soirées/nuits de captures tentées « en milieu naturel » se sont assez souvent soldées par des bredouilles malgré les efforts consentis, le nombre de filets, l'attention portée à leur mise en place...

Ce sont essentiellement les captures tentées en sortie de gîtes (bâtiments ou cavités d'arbre), à proximité de colonies découvertes ou connues auparavant, qui se sont avérées efficaces.

Concernant la plupart des autres milieux naturels supposés hautement favorables à l'activité des microchiroptères (rivière, allée forestière, sous-bois, clairière, crête, plan d'eau...), le succès de capture à l'aide de filets est demeuré nul durant toute la mission.

La raison tient probablement au fait que les espèces principalement représentées à Mayotte, telles que les *Chaerephon* sp. ou

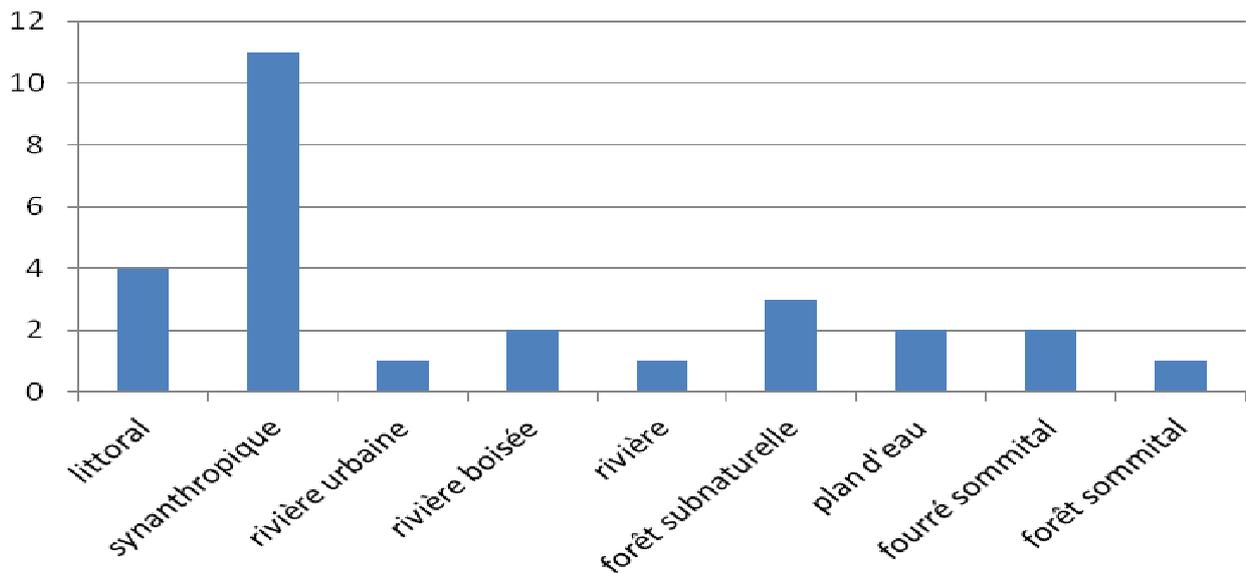


Figure 4.
Nombre de sites de capture par type de milieu.

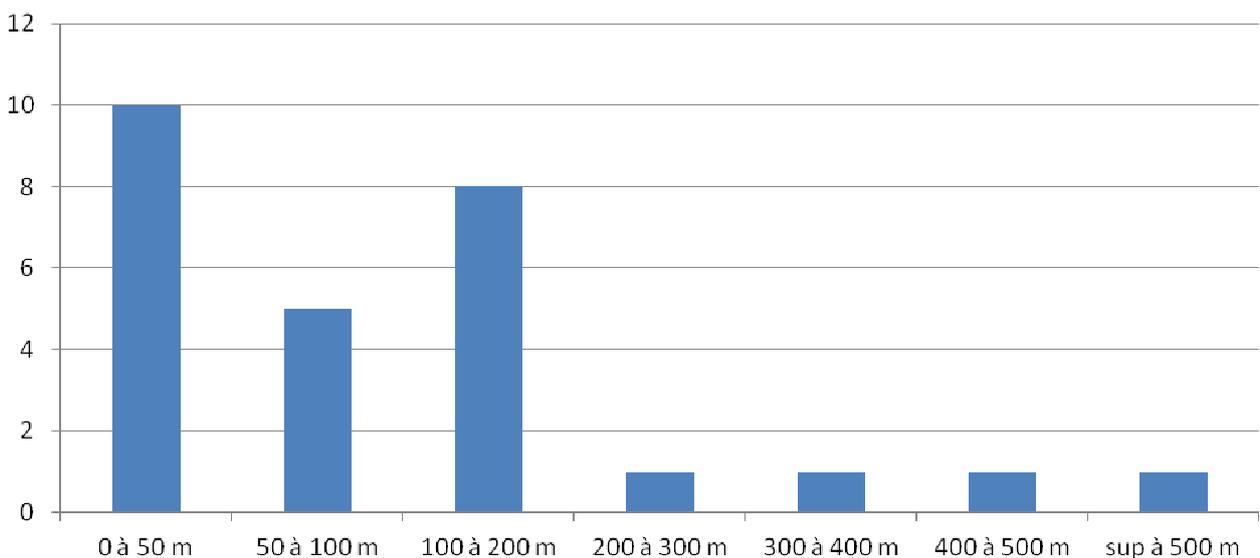


Figure 5.
Nombre de sites de capture par tranche altitudinale.

le Taphien, sont des espèces de haut vol, donc se déplaçant dans l'espace aérien dégagé, suffisamment haut au-dessus de la végétation arborescente, et donc peu concernées par des dispositifs de capture installés à moins de six mètres au-dessus du sol.

D'autres genres, dont la présence pouvait être suspectée, et donc potentiellement visés par cette étude (*Myotis*, *Miniop-terus*), étaient susceptibles d'être captu-

rés en diverses localités de poses de filets dans des milieux fermés ou semi-ouverts. L'absence de ces taxons au sein des tableaux synthétiques des captures réalisées est probablement à relier à leur absence, sinon leur grande rareté, à Mayotte. Cette hypothèse est en accord avec les résultats obtenus dans le cadre de cette mission par la méthode acoustique mise en œuvre sur les mêmes secteurs.

Des captures au filet de *C. pusillus* en

« zones semi-naturelles » ont toutefois été réalisées, d'une part en bordure de la retenue d'eau de Combani (en profitant d'un ponton avançant vers le large à quelques mètres au-dessus de l'eau) ainsi que sur la crête sommitale relativement dégagée du Mont Choungui. La réalisation de ces quelques captures de ce molossidé a certainement été favorisée en partie grâce à la présence opportune d'insectes-proies évoluant à relative faible hauteur dans l'espace dégagé au voisinage des filets tendus. On remarquera également la très grande attractivité exercée sur les individus proches par un animal capturé et émettant des cris audibles lors de la phase de démailage ; ce phénomène connu chez d'autres espèces engendre très souvent une forte augmentation de l'efficacité des captures.

Récolte d'information sur les individus capturés :

Pour chaque individu capturé, nous avons procédé à un diagnostic biométrique consistant à différentes prises de mesures : avant-bras, tibia (à l'aide d'un pied à coulisse) ; 3e et 5e doigt (au réglet à butée) ; poids (aux pesons dynamométrique et électronique). Un examen de l'état physiologique est venu compléter le diagnostic (présence d'ectoparasites, état sexuel...). Une attention particulière a été portée sur la forme de l'antitragus à la base de l'oreille et sur la présence de taches blanches sur la face ventrale des animaux (critères de diagnose morphologique entre *C. pusillus* et *C. leucogaster* signalés par GOODMAN *et al.* 2010). Une biopsie (diamètre 2 mm) sur chaque aile était effectuée sur un échantillon d'individus ; les biopsies étaient stockées individuellement dans des tubes Ependorf identifiés par un code et remplis de billes de silica-gel.

Les relevés biométriques de l'avant-bras (AB), du 3e doigt (D3), du 5e doigt (D5) et du poids (P) effectués (LEBOULENGER *et al.*, 1990) ont permis des calculs de mor-

phologie alaire (BLOOD & Mc FARLANE, 1988) pour une comparaison avec d'autres espèces dont l'écologie est connue ; les formules de calculs sont les suivantes : indice alaire $[(AB+D3)/D5]$; surface alaire en mm^2 $[(AB \times D5) + (D3 \times D5)/2] \times 2$; charge alaire en kg/m^2 $[(poids/surface\ alaire) \times 1000]$.

2.3. Détection et analyses acoustiques

La méthode utilisée dans cette étude s'inspire d'un programme sur l'identification acoustique des chiroptères, mené depuis 1988 en Europe (BARATAUD 1996, 2002a, 2012) et appliqué depuis 2006 en Guyane (BARATAUD *et al.* 2013), aux Antilles françaises (BARATAUD & GIOSA 2013a, 2014 ; BARATAUD *et al.* 2014b, 2015) et à La Réunion (BARATAUD & GIOSA 2013b ; BARATAUD *et al.* 2012, 2014a).

Trois modes opératoires acoustiques ont été appliqués :

1. le mode de veille : les observateurs, en écoute active permanente sur toute la bande de fréquences, notent les types acoustiques présents et effectuent « en aveugle » des enregistrements des séquences atypiques ou représentatives d'un taxon et/ou d'un comportement ; par ailleurs, des enregistreurs automatiques (écoute passive) ont été disposés sur deux sites (retenues collinaires de Combani et Dzoumonyé) ;

2. le mode d'enregistrement après relâcher : les individus sont capturés pour une identification certaine (critères morphologiques, analyses ADN), équipés le cas échéant de capsules luminescentes (BARATAUD 1992) si les conditions sont favorables (bon état de l'individu, absence de lumières artificielles parasites), puis sont relâchés sur le site de capture ou à proximité immédiate (pour privilégier un environnement de vol adéquat à

des enregistrements optimaux) ; leurs émissions sonar sont enregistrées le plus longtemps possible par plusieurs observateurs placés à différents endroits ;

3. le mode de relevés quantitatifs de l'activité : les contacts acoustiques (unité = occurrence de signaux d'un individu par tranches de 5 secondes) sont comptabilisés pour chaque taxon, avec un certain nombre de variables sur l'habitat et le comportement (chasse, transit, social) ; les indices d'activité (exprimés en nombre de contacts par heure) sont ensuite comparés entre habitats et/ou taxons.

L'ensemble de ces activités d'écoute lors de la présente étude (**Tableau 3, Fig. 6**) couvre 160 h d'écoute réparties sur 26 sites contenant 64 stations pour l'écoute active (détecteurs manuels) et 3 h pour l'écoute passive (enregistreurs automatiques).



Figure 6.
Localisation des points d'écoute au détecteur réalisés entre le 29 octobre et le 16 novembre 2015, sur fond cartographique 1/250000e de l'IGN.



Vue du littoral depuis Sohoa.

Tableau 3.

Calendrier des soirées d'écoute au détecteur d'ultrasons sur les 26 sites inventoriés.

Date	Sites	N. observateurs acoustiques	Temps d'écoute cumulé (h)	Type de détection	Taxons contactés
29/10/2015	Immeuble Girofler II, La palmeraie, Tsoundzou II	4	8	veille	<i>Chaerephon</i> sp. ; type QFC 20-23
30/10/2015	Coconi, locaux scierie SRF du Conseil Départemental	4	12	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i>
31/10/2015	Mangajou, carrefour de Chiconi, ancienne école primaire	5	2	veille	<i>Chaerephon pusillus</i>
	Mangajou, carrefour de Chiconi, bord rivière	2	2	veille	<i>Chaerephon</i> sp.
01/11/2015	retenue collinaire de Combani	2	2	veille	<i>Chaerephon</i> sp. ; type QFC 20-23
	palmier et stade de Combani	4	2	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon</i> sp. ; <i>Taphozous mauritanus</i>
	rivière Orovéni au sud de Combani	3	3	veille, relevés d'activité	
02/11/2015	Coconi, locaux scierie SRF du Conseil Départemental	5	15	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i>
03/11/2015	FD Mont Bénara, versant nord	5	17	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
04/11/2015	FD des Crêtes du Nord	2	3	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
	retenue collinaire de Dzoumonyé	6	5	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
05/11/2015	retenue collinaire de Combani	3	9	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i> ; type QFC 20-23
	Miréréni, locaux BNOI	1	1	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i>
	Coconi, locaux ONF	3	3	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i> , <i>C. cf. leucogaster</i>
06/11/2015	FD de Sohoa	4	8	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
07/11/2015	Coconi, 14, 19 & 22 rue des Vetyvers	3	12	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i>
08/11/2015	Mangrove de la baie de Boueni	3	6	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
09/11/2015	carrière de Doujani	3	2	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp. ; type QFC 20-23
	stade de Kwalé	3	1	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp. ; <i>Taphozous mauritanus</i>
	rivière Kwalé	4	3	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
10/11/2015	Mont Choungui	4	13	veille, enregistrements au relâcher, relevés d'activité	<i>Chaerephon pusillus</i>
11/11/2015	maison M. Fonté, Bandrélé	4	7	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i>
	stade de Bandrélé	1	0,3	veille	<i>Chaerephon</i> sp. ; <i>Taphozous mauritanus</i>
12/11/2015	école de Dapani	3	6	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i>
	stade de Mtsamoudou	1	0,2	veille	<i>Chaerephon</i> sp. ; <i>Taphozous mauritanus</i>
13/11/2015	FD de Combani	4	4,5	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
14/11/2015	MJC et plage de Sohoa	4	4	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
15/11/2015	retenue collinaire de Combani	2	2	veille	<i>Chaerephon pusillus</i> ; type QFC 20-23
	Coconi, locaux ONF	3	1	veille, enregistrements au relâcher	<i>Chaerephon pusillus</i> ; <i>C. cf. leucogaster</i> ; type QFC 20-23
16/11/2015	Petite Terre, Moya (plage & crête)	3	6	veille, relevés d'activité	<i>Chaerephon</i> sp.
19 soirées	26 sites	5 obs.	160 h	3 types de détection	4 taxons ou types acoustiques

Chaque espèce a été enregistrée dans des conditions correspondant à une activité de vol naturel. Le comportement de l'animal, son environnement et sa position par rapport aux obstacles les plus proches, ont été notés au moment précis de l'enregistrement des séquences sonores.

La collecte des données a été réalisée grâce à des détecteurs d'ultrasons hétérodyne/expansion de temps : D1000X ou D240X (Pettersson Elektronik AB) couplé avec un enregistreur numérique Edirol ; le logiciel Sound Chaser (Cyberio) fonctionnant sur tablette informatique munie d'un microphone Dodotronic ; l'enregistreur automatique SM2BAT de Wildlife Acoustics.

Pour chaque taxon, le maximum de séquences a été recueilli dans plusieurs circonstances de vol. Tous les signaux collectés (expansion x 10) ont fait l'objet de deux types d'analyse :

Analyse auditive

1) Pour chaque signal, les critères pris en compte sont : la structure (caractéristiques de l'évolution de la fréquence en fonction du temps), la sonorité, et la répartition de l'énergie au sein du signal (présence et emplacement d'un éventuel pic d'énergie audible).

2) Pour la séquence complète, une éventuelle variation de rythme (régularité et récurrence) a été mise en relation avec une éventuelle variation de structure audible des signaux, et avec le comportement de l'individu (distance aux obstacles, ...).

Analyse informatique (logiciel BatSound, Pettersson Elektronik ABTM)

1) Pour chaque signal, les critères pris en compte sont : la durée totale du signal (fondamental et harmoniques), la durée d'une éventuelle partie en fréquence constante (FC) ou Quasi FC (QFC), la fréquence de cette partie FC, la fréquence de début (FI) de l'harmonique (H) contenant le plus

d'énergie, la fréquence terminale (FT) de l'harmonique contenant le plus d'énergie, la largeur de bande de fréquences (LB) de l'harmonique contenant le plus d'énergie, la fréquence du maximum d'énergie (FME) du fondamental et des trois premiers harmoniques. Pour les signaux en fréquence modulée (FM), la durée, la LB et la FT sont mesurées sur spectrogramme (fenêtre FFT de 512 points, type Hanning). La FME est définie comme la fréquence concentrant le plus d'énergie d'après l'analyse de densité spectrale (fenêtre FFT de 512 points). Pour les parties de signaux QFC, les mesures sont réalisées grâce à la densité spectrale avec une fenêtre FFT de densité spectrale de 256 points. L'atténuation atmosphérique agissant surtout sur les hautes fréquences, nous avons sélectionné les signaux les plus intenses possibles, afin d'obtenir des mesures précises de largeur de bande et de durée.

2) Pour la séquence complète, les variations de rythme (régularité et récurrence) ont été précisées par la mesure de la durée de chaque intervalle (signal compris, en ms). Des séquences hétérodynes de longue durée ont été utilisées pour des analyses statistiques de rythme.

Les conditions environnementales (notées sur le terrain) se rapportant à chaque type de signal (structure et gamme de fréquences) ont été examinées, et ont fait l'objet d'une comparaison entre taxons pour évaluer le recouvrement des couples « comportement acoustique / comportement de vol ».

Afin de tenter une corrélation standardisée entre le critère de récurrence des signaux au sein d'une séquence et le comportement de l'animal (distance aux obstacles et/ou intérêt de l'individu pour son environnement), les mesures d'intervalles de temps entre signaux ont été mises en relation avec les types de comportements notés sur le terrain. L'objectif était d'asso-

cier des classes de distance aux obstacles à des classes d'intervalles entre signaux, afin de pouvoir corrélérer ces dernières aux types de structures acoustiques.

2.4. Analyses génétiques

Lors de la mission 2015, 83 des 480 individus capturés ont fait l'objet de micro prélèvements de membrane alaire pour analyse des ADN mitochondriaux et nucléaires. A ce chiffre s'ajoutent des prélèvements réalisés à Mayotte par le CRVOI en novembre et décembre 2014. C'est ainsi que

160 biopsies alaires ont été récoltées au cours de deux phases de terrain (**Tableau 4**). Elles devraient – si les fonds nécessaires sont trouvés - faire l'objet d'un prochain travail d'analyses (développement et validation de 25 marqueurs microsatellites ; génotypage des échantillons) réalisées par Dominique Pontier de l'université C. Bernard Lyon 1 (UMR CNRS 5558 « Biométrie et Biologie Evolutive ») et le laboratoire Antagène. Les résultats de ces analyses devraient permettre de répondre au statut de *C. leucogaster* sur l'île de Mayotte (voir chapitre « Conclusion » p. 101).

Tableau 4.

Informations sur les biopsies alaires prélevées sur des individus du genre *Chaerephon*.

Date	Mission	Lieu	N. mâles	N. femelles	N. total individus
26/11/2014	CRVOI	Coconi ; SRF	4	6	10
26/11/2014	CRVOI	Passamainty	2		2
27/11/2014	CRVOI	Bandrélé ; maison Fonté	6	15	21
28/11/2014	CRVOI	Tsoundzou II ; Girofler	4	14	18
29/11/2014	CRVOI	Kwalé ; Légion	1	1	2
02/12/2014	CRVOI	Sohoa ; plage	1		1
04/12/2014	CRVOI	Carrefour Chiconi ; anc. école	1	22	23
Sous-total	CRVOI	7	19	58	77
28/10/2015	SFEPM	Bandrélé ; Musicale Plage	6	1	7
30/10/2015	SFEPM	Coconi ; SRF	11		11
31/10/2015	SFEPM	Carrefour Chiconi ; anc. école	1	4	5
02/11/2015	SFEPM	Coconi ; SRF	3	1	4
05/11/2015	SFEPM	Combani ; retenue	3	3	6
05/11/2015	SFEPM	Miréréni ; BN	3	3	6
05/11/2015	SFEPM	Coconi ; ONF	2	8	10
07/11/2015	SFEPM	Coconi ; rue Vetyvers	2	6	8
10/11/2015	SFEPM	Mont Choungui	4		4
11/11/2015	SFEPM	Bandrélé ; maison M. Fonté	4	5	9
12/11/2015	SFEPM	Dapani ; école	6		6
15/11/2015	SFEPM	Coconi ; ONF	1	6	7
Sous-total	SFEPM	10	46	37	83
TOTAL	2	14	65	95	160

2.5. Outils cartographiques

Les documents cartographiques (Scan25 et BDOrtho) utilisés pour la préparation de la mission, la phase de terrain et les illustrations du rapport proviennent de l'IGN (acte d'engagement du 16 septembre 2015 passé avec la DEAL Mayotte). Le logiciel SIG utilisé est QGIS 2.0.1. Les fonds Scan25 ont été utilisés également sur le terrain grâce à un GPS sur PAD Asus MyPal équipé du logiciel OziExplorer.



3. Résultats et commentaires

3.1. *Taphozous mauritanus*

Caractéristiques acoustiques

Le Taphien, comme la plupart des Emballonidés, émet des signaux multiharmoniques (FENTON *et al.* 1980) ; il filtre négativement l'intensité du fondamental (14,2 kHz en moyenne) au profit de l'harmonique 1 (27,1 kHz en moyenne).

Ainsi la FME mesurée en hétérodyne sur le terrain ou sur un spectrogramme (Fig. 7) correspond toujours à H1, et se situe entre 25,2 et 27,8 kHz en vol de transit ou de chasse en milieu ouvert ; les valeurs mesurées sur les signaux sont présentées dans le Tableau 5.

A l'écoute en expansion de temps, la sonorité est bitonale au lieu d'être sifflée pour les autres taxons présents sur l'île. Ce critère est valable uniquement lorsque le fondamental est suffisamment intense, ce qui n'est pas toujours le cas en vol de croisière élevé ; un fondamental invisible

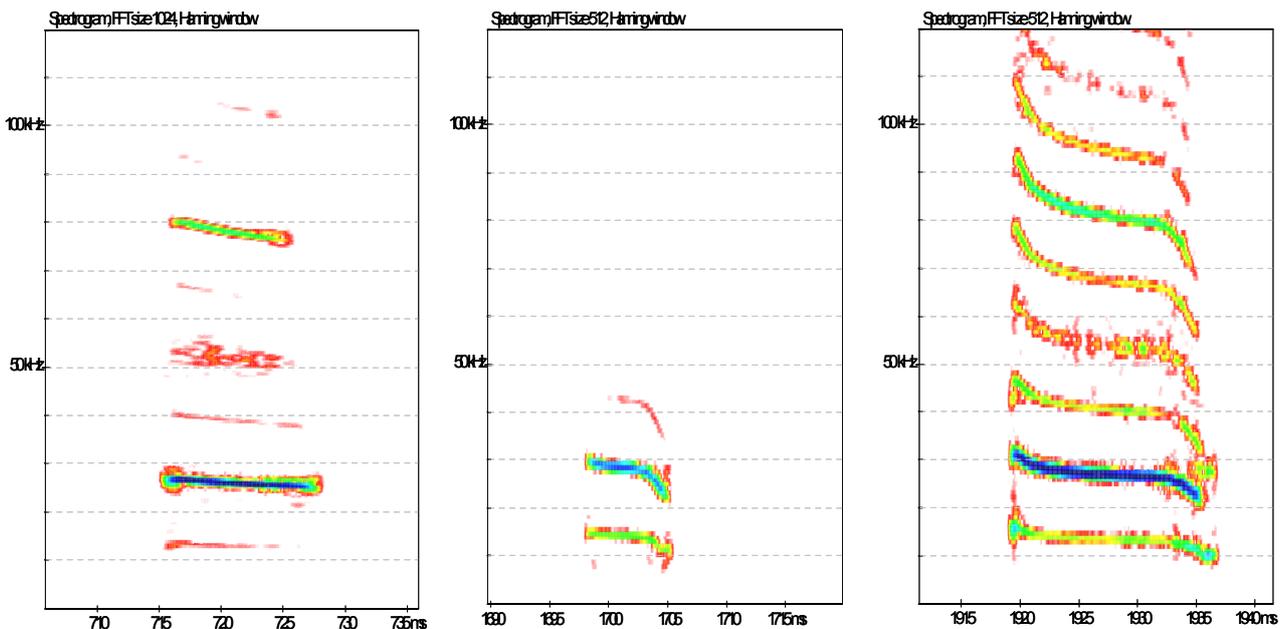


Figure 7.

Spectrogrammes de signaux de *T. mauritanus* de différentes structures ; de gauche à droite : QFC : vol de croisière en milieu ouvert (noter la présence du fondamental à peine marqué - trait rougeâtre fin - sous l'harmonique 1 qui lui est très intense) ; QFC/FM : phase d'approche d'obstacles ; FM/QFC/FM : phase de croisière non loin d'obstacles.

Tableau 5.

Valeurs des mesures effectuées sur les signaux de *T. mauritanus* classés par types de structure.
Légende : FI = fréquence initiale ; FT = fréquence terminale ; LB = largeur de bande ;
FME = fréquence du maximum d'énergie ; FMd = FM descendante ; H1 = harmonique 1 ;
fond. = fondamental.

<i>T. mauritanus</i>	N. séquences analysées	N. signaux analysés	Durée intervalles (ms)	Durée signaux (ms)	FI H1 (kHz)	FT H1 (kHz)	LB (kHz)	FME fond. (kHz)	FME H1 (kHz)	Sonorité
QFC	8	39	317,3 ± 231,6	14,2 ± 3,2	26,2 ± 5,1	24,4 ± 5,0	1,8 ± 1,1	14,2 ± 0,6	27,1 ± 1,0	bitonale ou sifflée
QFC-FMd	3	18	44,1 ± 15,8	10,4 ± 3,3	25,7 ± 7,2	16,3 ± 6,0	9,5 ± 1,1	13,8 ± 1,4	27,0 ± 2,6	bitonale

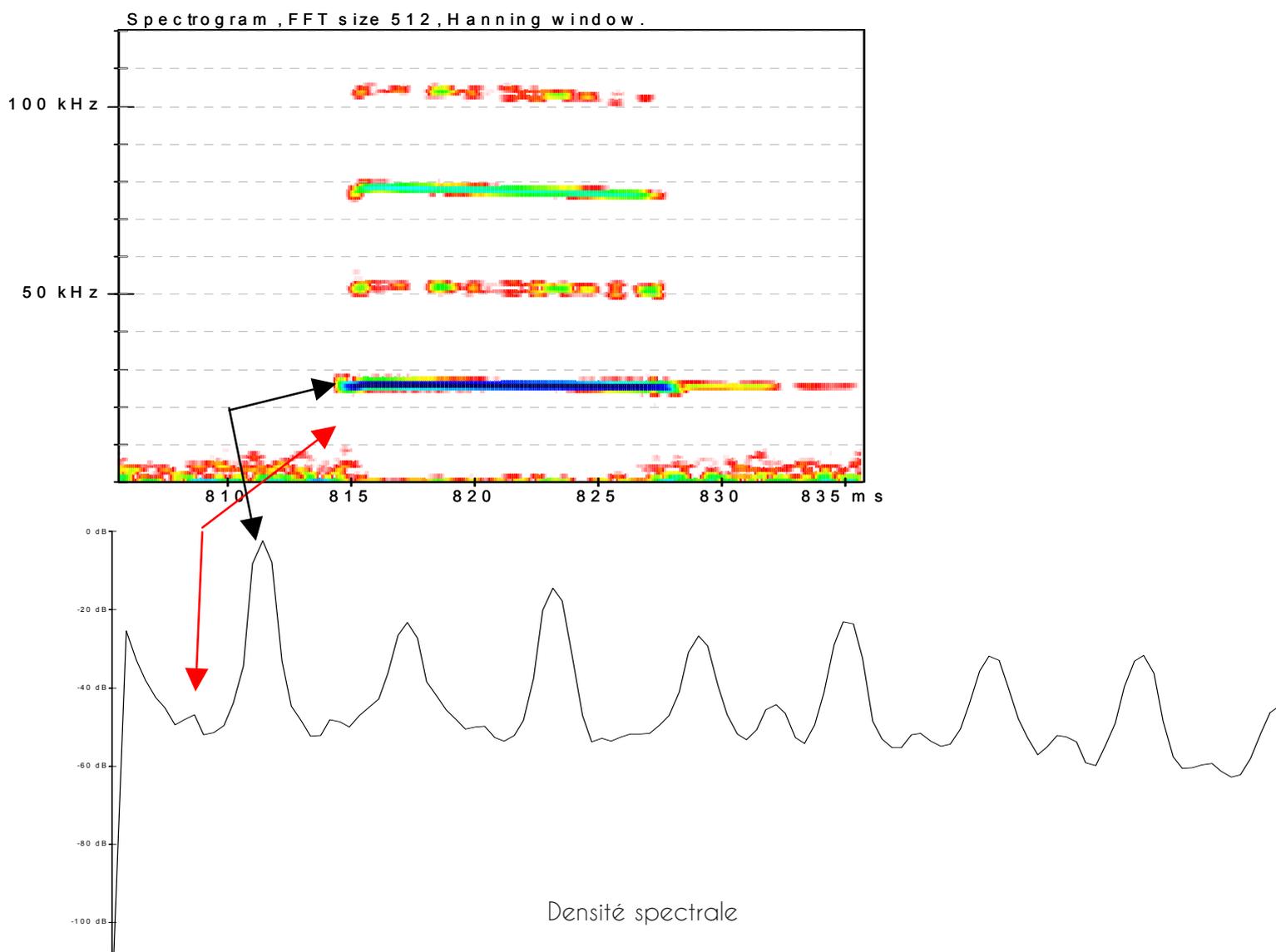


Figure 8.

Spectrogramme (en haut) d'un signal de *T. mauritanus*. L'harmonique 1 est bien visible y compris sur densité spectrale en bas (flèches noires). Le fondamental, trop peu intense pour apparaître sur le spectrogramme, est par contre visible sur la densité spectrale (flèches rouges).

sur spectrogramme peut cependant être révélé sur une densité spectrale (Fig. 8).

Lors des phases d'approche d'un obstacle ou d'une proie, la FME augmente jusqu'à atteindre voire dépasser 30 kHz ; la sonorité bitonale est alors très nette et la structure des signaux devient QFC / FM descendante. Ainsi, aussi bien sur le terrain que lors de l'analyse informatique, cette espèce ne pose pas de problème de diagnose acoustique.

Le filtrage des composants fréquentiels chez cette espèce, différencié entre phases de croisière, d'approche et de capture, semble correspondre à une stratégie de discrétion vis-à-vis des proies tympanées (lépidoptères, neuroptères) ; le Taphien pourrait donc être un prédateur spécialisé (BARATAUD & GIOSSA 2013b).

Variabilité des gîtes

Le seul gîte connu sur Mayotte semble être celui découvert lors de la mission 2015 : quatre individus observés le 1er novembre s'échelonnaient contre la partie supérieure du tronc d'un cocotier au centre du village de Combani. Le Taphien semble coutumier des gîtes peu protégés ; à La Réunion il se pose aussi sur les troncs dégagés, contre des piles de ponts ou des façades de bâtiments élevés, restant dans des recoins en pénombre mais sans pénétrer dans des fissures.

Variabilité des habitats de chasse

Nos 157 heures d'écoute sur 26 sites dans de nombreux types d'habitats n'ont révélé que quatre sites de chasse du Taphien sur Mayotte. Tous étaient des stades sportifs éclairés par de hauts projecteurs à lumière blanche (riche en ultraviolets attirant les insectes, notamment les lépidoptères). Cette spécialisation est connue également sur l'île de La Réunion, où le Taphien fréquente aussi d'autres types d'habitats (BARATAUD & GIOSSA 2013b). Avec jusqu'à quatre individus chassant simultanément, l'indice d'activité du Taphien

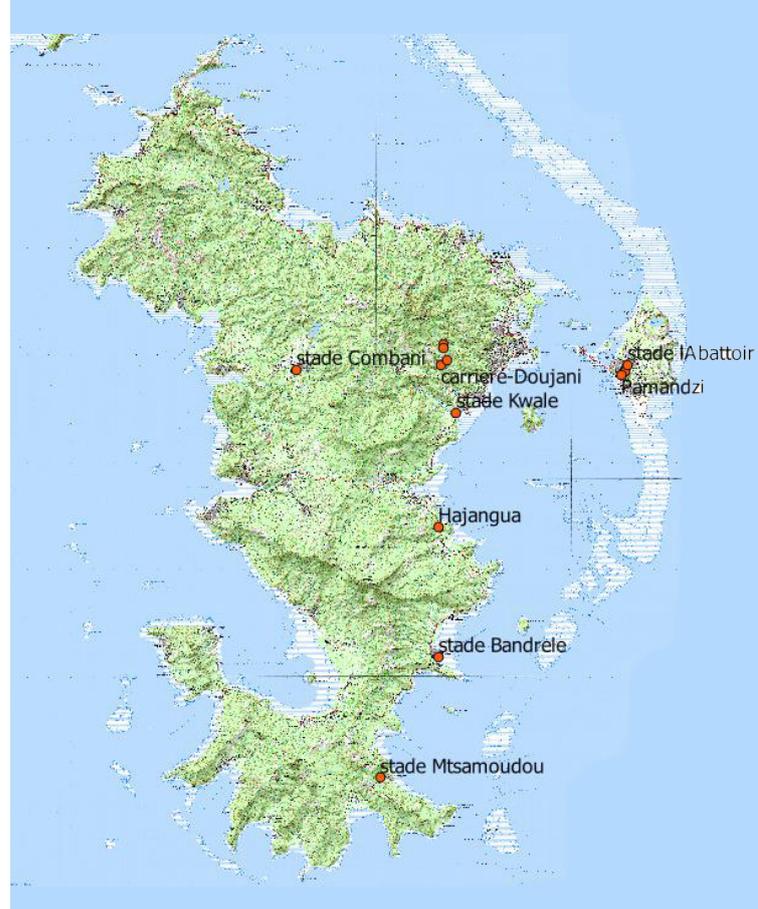


Figure 9.

Localisation des sites de chasse de *T. mauritanus* ; données acoustiques 2014-2015.

au-dessus des stades éclairés est très élevée (2340 contacts/heure en moyenne) ; le genre *Chaerephon* est également présent aux abords des stades, avec une activité moyenne de 630 c/h. Des contacts acoustiques récoltés par S. Augros en 2014 (données ECO-MED Océan Indien) confirment l'attraction de l'espèce pour les stades (Labattoir), mais montrent qu'il fréquente aussi les anciennes carrières (Hajangua, Doujani, Pamandzi) et les forêts secondarisées (sud FD Majimbini). Ainsi le Taphien est assez bien réparti sur la façade est de Mayotte (Fig. 9) ; la pression d'observation dans le nord et sur le littoral ouest, plus faible, ne permet pas de déduire sa rareté ou son absence. Il semble globalement être en faible abondance sur l'île malgré ses excellentes capacités de vol ; sa spécialisation alimentaire, voire une compétition avec *Chaerephon pusillus*, pourraient expliquer ce statut.

3.2. Genre *Chaerephon*

Variabilité phénotypique

Au cours de la session d'étude 2015, l'ensemble des individus capturés et examinés provient de 9 sites géographiques différents (Musical Plage à Bandrélé, locaux SRF de Coconi, ancienne école de Chiconi, retenue de Combani, locaux BNOI de Miréréni, locaux ONF de Coconi, sommet du Choungui, maison de M. Fonté à Bandrélé et école de Dapani). Par ailleurs deux gîtes (école de Dembeni, usine de Longoni) ont permis d'observer, sans capture, le morphotype d'une vingtaine d'individus, correspondant tous à *C. pusillus*.

Les observations morphologiques reposent sur 480 individus capturés et les mesures morphométriques ont concerné 289 individus dont un seul individu pouvant correspondre au morphotype de *C. leucogaster* (Tableau 6).

Nos observations morphologiques n'ont pas permis d'établir de différences notables entre les individus capturés hormis la présence, sur certains animaux, de tâches blanches sur le ventre ou le cou,

plus ou moins distinctes et étendues (Fig. 10).

Sur 480 individus capturés, 44 présentaient ce morphe « tâche blanche » ; tous ont fait l'objet d'un prélèvement génétique. Seul un individu présentait une tâche couvrant l'ensemble du ventre, se rapprochant ainsi de la description de *C. leucogaster* fournie par GOODMAN et al. (2010).

La forme de l'antitragus, citée par ces derniers auteurs comme différente entre les deux espèces de *Chaerephon*, s'est révélée difficile à vérifier en l'absence de références illustrées claires et précises. Nos essais de prises de vues photographiques standardisées, difficiles à réaliser sur des animaux vivants, montrent cependant une grande variabilité de forme, y compris entre les deux antitragus d'un même individu ; ce critère semble donc délicat à utiliser (Fig. 11).



Tableau 6.
Valeurs des mesures externes réalisées sur le genre *Chaerephon*.
Légende : AB : longueur de l'avant bras ; D3 : longueur du 3^{ème} doigt ; D5 : longueur du 5^{ème} doigt ; L pouce : longueur du pouce (sans l'ongle) ; L tibia : longueur du tibia.

Taxon	Sexe	N		AB	D3	D5	L pouce	L tibia	Poids
<i>Chaerephon pusillus</i>	Femelle	175	moy	36,9	72,4	37,5	5,5	12,5	10,4
			min	34,6	68,0	34,0	5,1	11,7	7,8
			max	38,4	78,5	40,0	6,5	13,2	13,7
	Mâle	113	moy	37,0	72,5	37,6	5,1	13,0	8,7
			min	35,1	67,0	35,0	4,3	11,2	7,0
			max	38,8	76,0	40,0	6,1	15,5	12,9
TOTAL	288	moy	36,9	72,4	37,5	5,2	12,8	9,7	
<i>Chaerephon cf leucogaster</i>	Femelle	1		37,1	75,0	38,0		12,5	10,8



Figure 10.

Variabilité morphologique chez le genre *Chaerephon* : variations de position, de distinction et d'étendue de la tache claire sur la face ventrale ; l'individu en bas à droite, avec sa tache blanche couvrant une bonne partie du ventre (et les aisselles comme le montre l'encadré à gauche de la photo), se rapproche du morphotype de *C. leucogaster*.

Figure 11.
Variabilité
morphologique
chez le genre
Chaerephon :
variations de
forme de
l'antitragus.

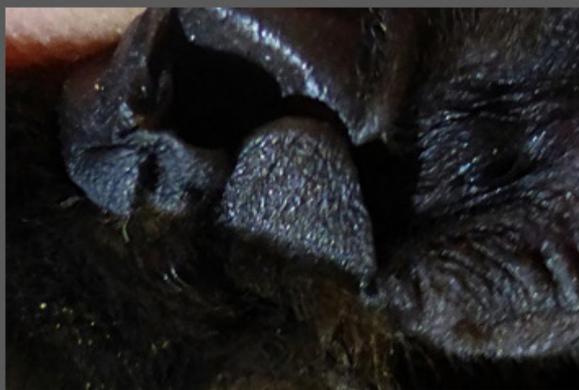




Figure 11.
(suite)



Chaerephon cf leucogaster
(2 clichés du même individu)

D'autres indices ont été inspectés comme la forme de la crête chez les mâles, la forme de la mâchoire inférieure, la pilosité de l'uropatagium ou la couleur du pelage mais aucune différence notable n'a été relevée.

Les relevés biométriques laissent apparaître une faible variabilité entre les mâles

et les femelles de *Chaerephon pusillus* ; le poids moyen inférieur des mâles pourrait être attribué à l'état physiologique particulier des femelles lors de la période d'étude puisque la quasi-totalité des femelles capturées était en fin de gestation et donc d'un poids largement supérieur aux valeurs habituelles.

Variabilité des gîtes

Chaerephon pusillus semble essentiellement fissuricole. Il est polyvalent dans le choix de ses gîtes pour peu qu'ils soient pourvus d'interstices larges de 1,5 cm minimum à 4 ou 5 cm maximum. L'accès semble devoir être situé à une hauteur minimale de deux mètres environ, avec un espace dégagé pour faciliter l'envol (même si nous avons constaté que cette espèce pouvait décoller sans difficulté depuis le sol). Les substrats varient de la pierre au bois et du naturel à l'anthropique : bardages en bois, soupentes de toiture (souvent entre arasement et couverture), cavités d'arbres (cocotier, baobab), fissures de falaises (observation visuelle d'individus lors de leur émergence crépusculaire, sans possibilité de capture)...

Chaerephon pusillus s'avère particulièrement grégaire et l'on compte des colonies de plusieurs centaines d'individus. Le plus gros rassemblement observé au cours de notre mission était de 280 individus minimum (locaux de l'ONF à Coconi). La fréquence avec laquelle cette espèce occupe les habitations l'expose à des interventions de la part d'entreprises privées, spécialisées dans la pose de dispositifs anti-chiroptères (répulsifs, grillages, filets

protecteurs) sur demande des particuliers se plaignant du bruit et des salissures.

Grâce aux individus présentant des taches blanches particulières, nous avons pu noter durant la mission des transferts entre colonies proches (locaux SRF et locaux ONF à Coconi, distants de 460 m en ligne droite) ; il est possible que cette espèce aux facultés sociales apparemment développées, ait un fonctionnement non cloisonné entre groupes de parturition, selon un schéma en métapopulations.

Variabilité acoustique

Chez tous les Molossidés, les signaux sonar (dont l'énergie maximale porte sur le fondamental) ont en phase de croisière une structure quasi fréquence constante (QFC) ou quasi fréquence constante-fréquence modulée (QFC-FM).

Chaerephon pusillus a fait l'objet dans cette étude de 404 enregistrements après relâcher totalisant 10,3 Go de données, certaines séquences durant plusieurs minutes, offrant de bonnes informations sur le comportement acoustiques d'un individu donné ; une sélection de signaux a été faite afin de réaliser différentes mesures (**Tableau 7**). En phase de croisière sur les terrains de chasse, on constate une domi-

Tableau 7.

Valeurs des mesures effectuées sur les signaux de *C. pusillus* classés par types de structure.
Légende : FI = fréquence initiale ; FT = fréquence terminale ; LB = largeur de bande ; FME = fréquence du maximum d'énergie ; fond. = fondamental.

Espèce	Structure	N, signaux (séqu.)	Durée intervalles (ms)	Durée signaux (ms)	FI (kHz)	FT (kHz)	LB (kHz)	FME fond. (kHz)
<i>Chaerephon pusillus</i>	QFC	90 (51)	387,1 ± 180,9 (89 - 825)	12,9 ± 1,5 (8,3 - 16,7)	27,6 ± 2,7 (23 - 34,5)	26,4 ± 2,3 (23 - 34,1)	1,2 ± 0,9 (0,0 - 3,8)	26,9 ± 2,5 (23 - 34,3)
	QFC-FM	91 (49)	328,4 ± 137,7 (118 - 779)	13,0 ± 1,5 (9,7 - 17)	30,2 ± 2,8 (24,1 - 36)	21,5 ± 2,4 (15,5 - 27,0)	8,7 ± 2,5 (3,7 - 15,7)	29,0 ± 2,5 (23,2 - 33,5)
	FM	64 (11)	153,6 ± 116,8 (23 - 589)	9,5 ± 2,5 (5,3 - 20,4)	49,4 ± 7,8 (30,4 - 63,5)	19,3 ± 4,0 (12,8 - 38,0)	30,1 ± 10,4 (3,0 47,8)	32,9 ± 3,5 (25,7 - 43,5)

nance forte des QFC-FM, les QFC étant réservées aux vols de transit en milieu très ouvert. En comportement de recherche active, les individus pratiquent une alternance plus ou moins régulière de signaux QFC-FM décalés (d'environ 1,5 à 2,5 kHz) en fréquence du maximum d'énergie (FME) ; si le degré de curiosité augmente, l'alternance porte aussi sur la structure, le

premier signal étant QFC-FM et le second étant une FM sigmoïde (**Fig. 12**).

En phase d'approche d'obstacle ou de proie, la structure devient logiquement de la FM, mais la variabilité des valeurs fréquentielles et des courbures est forte, en lien avec les comportements individuels et les environnements de vol (**Fig. 13**).

Figure 12.

Spectrogrammes de signaux de croisière de *Chaerephon pusillus* ; à gauche : alternance de signaux QFC-FM décalés en FME ; à droite : alternance d'un signal QFC-FM et d'un signal FM sigmoïde, tous deux décalés en FME. Remarque : la durée réelle des intervalles entre signaux n'est pas respectée sur cette représentation graphique.

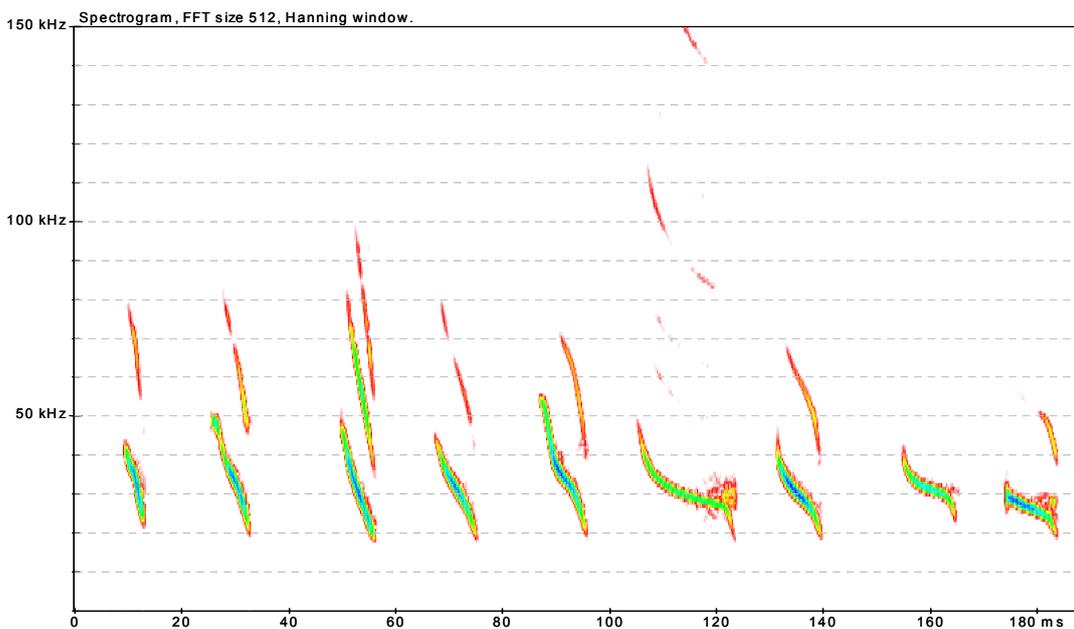
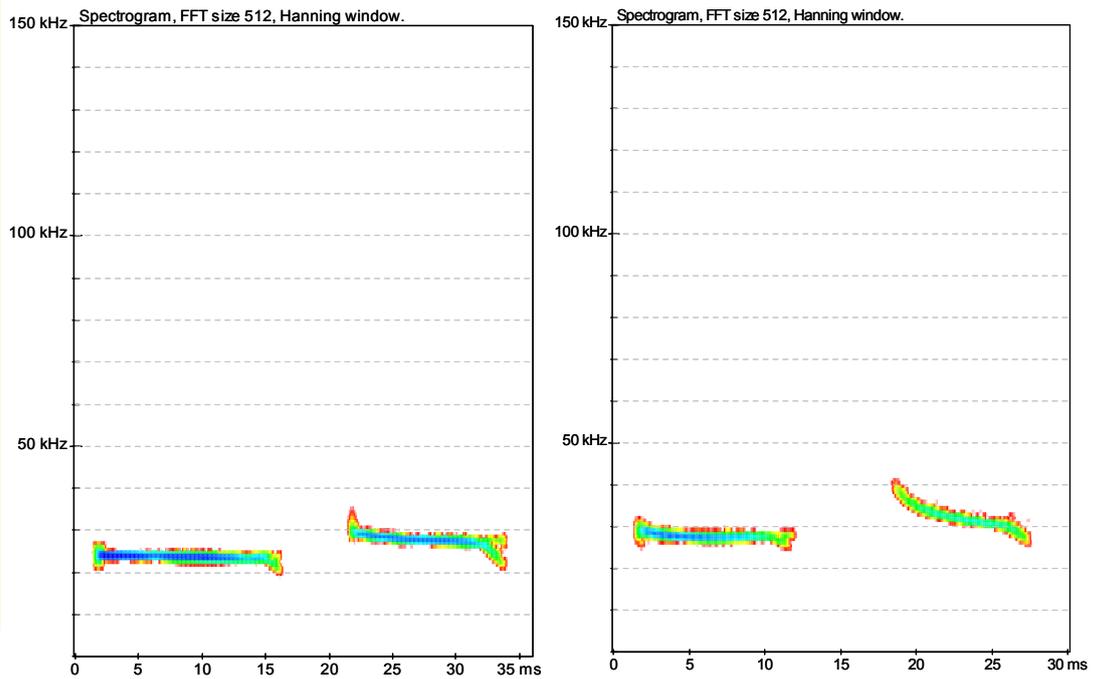


Figure 13.

Spectrogrammes de signaux FM d'approche de *Chaerephon pusillus* ; les courbures et les valeurs fréquentielles sont d'une grande variabilité selon les individus et les comportements ; l'ordre de gauche à droite indique une progression du milieu le plus encombré au plus ouvert. Remarque : chaque signal illustré est isolé de son contexte séquentiel.

La courbure peut être absente (FM linéaire) convexe, concave ou sigmoïde, avec parfois une partie initiale en forme de crose (signal 2, entre 20 et 40 ms sur la **Figure 12**).

L'étalement des valeurs fréquentielles (**Fig. 14**) est presque aussi important que celui découvert chez *Mormopterus francoismoutoui* sur l'île de La Réunion (BARATAUD & GIOSSA 2013b).

Les signaux QFC, dont par définition la largeur de bande (LB) est inférieure à 5 kHz (BARATAUD 2012), sont pratiqués en milieu ouvert. Selon les individus et sans doute aussi les circonstances de vol, l'amplitude de FME va de 23 à 34,3 kHz. Cet étalement semble typique des milieux insulaires petits et isolés ou une seule espèce monopolise une large niche acoustique en

l'absence de forte concurrence d'autres espèces du même groupe acoustique (QFC). En contexte continental, une telle amplitude de FME contiendrait un minimum de cinq espèces (BARATAUD 2012).

Les signaux QFC-FM ont à peu près la même gamme de FME ; cette dernière est positivement corrélée à la LB, tendance conforme dans les études sonar à la théorie de localisation en distance (SCHNITZLER & KALKO, 2001). L'augmentation de la LB pour un signal donné peut s'effectuer de deux manières : par l'allongement de la partie FM terminale (recherche active en milieu ouvert) ou par une pente donnée à la partie QFC (intéressement ponctuel à un objet détecté).

En phase d'approche d'obstacle ou de proie, ou en comportement de curiosité permanente (nombreux obstacles

***Chaerephon pusillus* ; QFC, QFC/FM (type A) & FM (type B)**

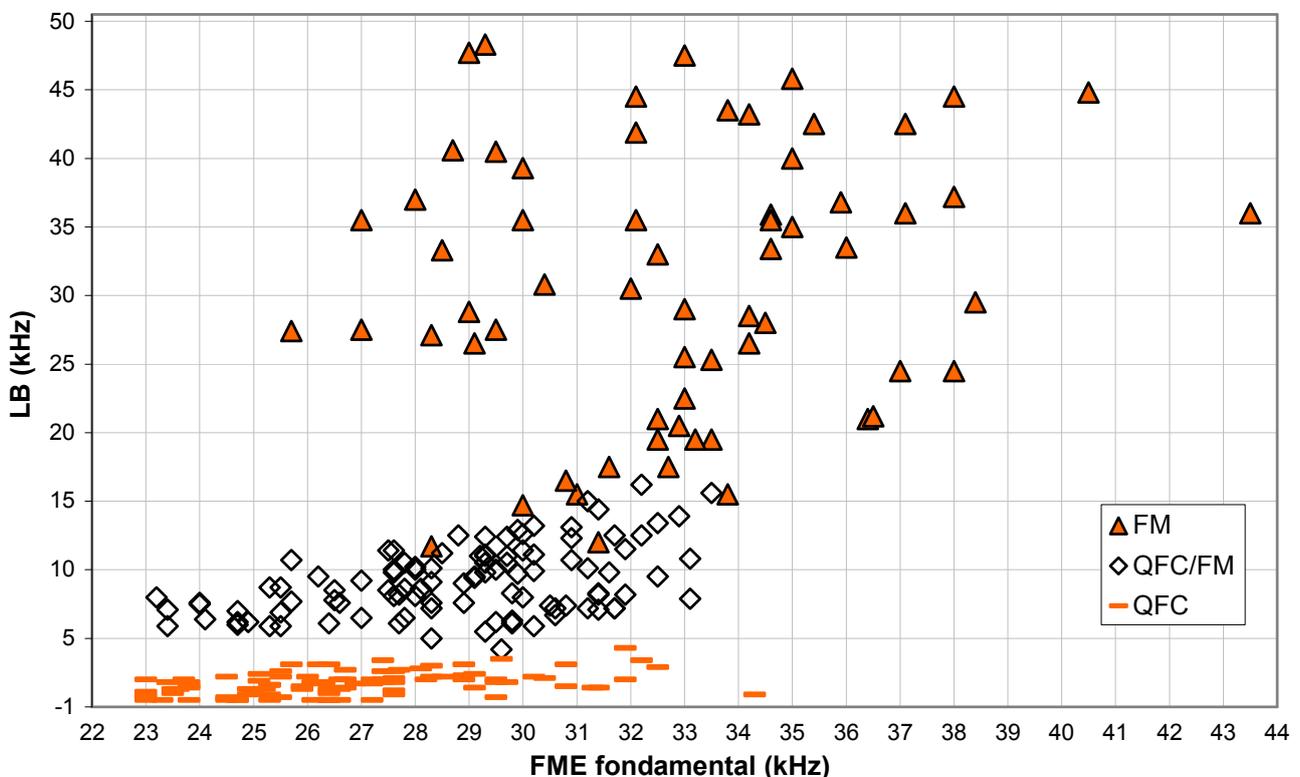
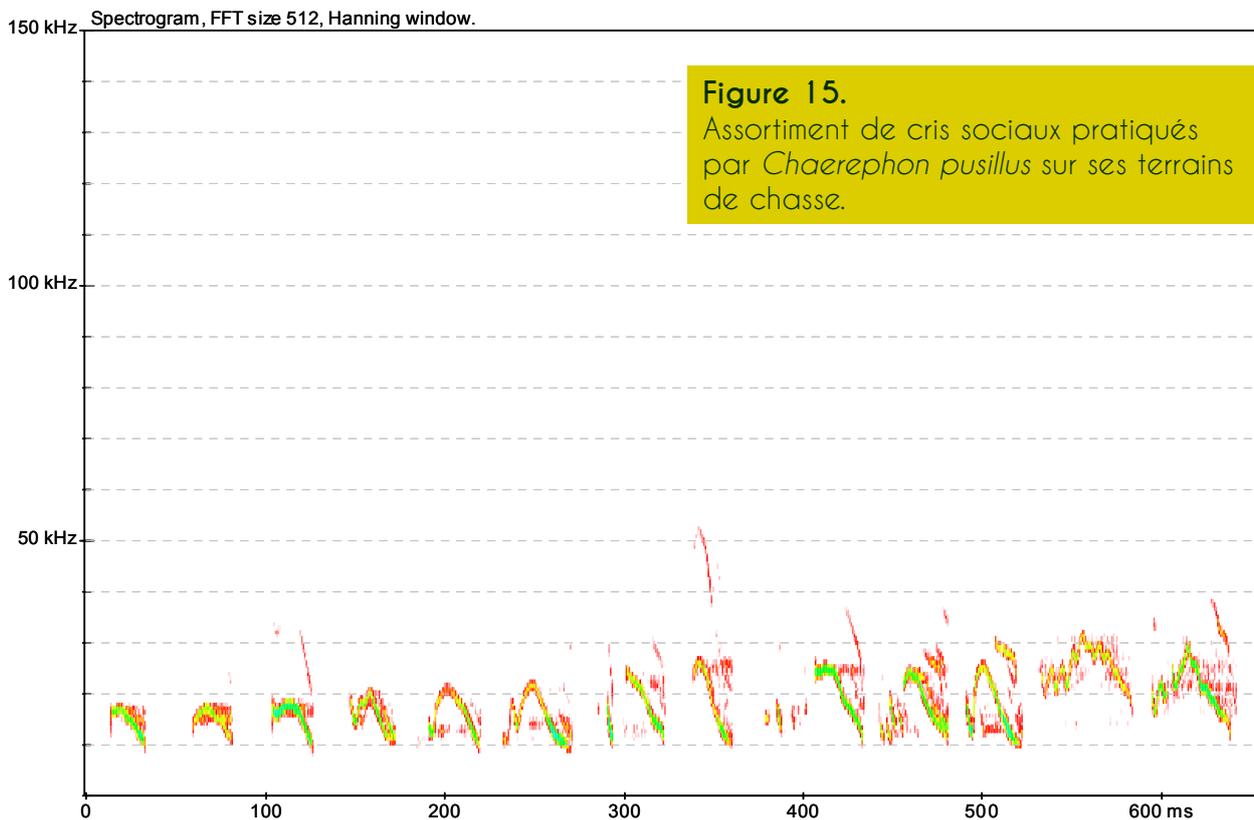


Figure 14. Graphique bivarié (X = Fréquence du Maximum d'Énergie ; Y = Largeur de Bande) montrant la distribution des valeurs mesurées sur les signaux de *Chaerephon pusillus* dans différents comportements de vol naturels ; les trois types de structures pratiqués sont indiqués par des symboles différents.



ou congénères à proximité), les signaux perdent leur partie QFC et deviennent de la FM. La gamme des LB mesurées est normale pour une espèce « type QFC » comme *C. pusillus*, mais la gamme des FME est inhabituellement étalée. La distribution des FME en dessous de 31 kHz est originale, puisqu'elle déporte la distribution classique de pente orientée à droite, et forme un hiatus avec les QFC-FM situées dans la même gamme de FME ; cette partie atypique de la distribution pourrait être liée à un comportement particulier : les quatre séquences concernées correspondent à des individus se rapprochant plus près du sol dégagé, peut-être pour chasser ou, pour deux d'entre elles, dans ce qui semble être des phases de « joutes sociales » entre individus (mangrove de la Baie de Boueni, lotissement de la Palmeraie).

La communication sociale acoustique semble être très riche chez *C. pusillus* ; elle s'exprimait en tous cas très fréquemment sur les terrains de chasse à la période de

nos relevés (période de mise-bas et d'allaitement). Passée la première heure après le crépuscule durant laquelle la chasse est très active, le plus souvent en groupes de quelques unités à quelques dizaines d'individus, de nombreux cris sociaux sont émis lors de phases de vol où la chasse ne semble plus être l'objectif prioritaire, tant les phases de capture de proies se font rares. La diversité de ces cris sociaux est grande, avec des structures variées souvent riches en ondulations (Fig. 15).

Diagnose acoustique entre *C. pusillus* et *C. leucogaster*

Dans l'attente des résultats des analyses moléculaires, l'identité spécifique de l'individu à ventre blanc capturé à deux reprises dans les locaux de l'ONF à Coconi, reste en suspens.

Les séquences enregistrées montrent cependant un recouvrement total des valeurs mesurées sur les signaux de cet individu de *C. cf leucogaster* avec celles mesurées sur les signaux de *C. pusillus* (Fig. 16).

Si les analyses confirmaient l'appartenance de cet individu à l'espèce *C. leucogaster*, il en résulterait un recouvrement total des niches acoustiques entre les deux espèces. Hormis le fait qu'il annulerait les chances de diagnose acoustique, ce recouvrement poserait le problème de séparation entre niches trophiques et écologiques, le sonar évoluant chez une espèce en lien avec ses habitats de vol et ses ressources alimentaires. Ces deux taxons pourraient ainsi se trouver en compétition.

Nature et structure des habitats de chasse

Les résultats présentés ici proviennent de quelques soirées tests de mesure quantitative de l'activité acoustique, dont l'objectif était d'obtenir un aperçu des potentialités d'accueil des différents habitats de Mayotte pour les microchiroptères en

chasse. Le temps d'écoute cumulé étant faible et très disparate d'un type d'habitat à l'autre (**Tableau 8**), ces résultats ne sauraient être interprétés autrement que comme une esquisse.

Le genre *Chaerephon* chasse très activement au crépuscule dans les milieux littoraux. Les plans d'eau douce, habitat très rare sur Mayotte, sont très fréquentés ; sur les quatre existants, trois ont été inventoriés (le lac de Karihani, seul plan d'eau douce naturel de l'île, était à sec en cette fin de saison sèche). Les deux retenues collinaires de Dzoumonyé et Combani, et la carrière inondée de Doujani ont fourni les indices les plus élevés (1730 c/h). La mangrove (sites de Baie de Boueni et de Moya) arrive en seconde position avec 805 c/h (**Fig. 17**). Les fourrés montagnards (sommet du Mont Choungui, 593 m d'altitude), avec 707 c/h sont un peu plus fré-

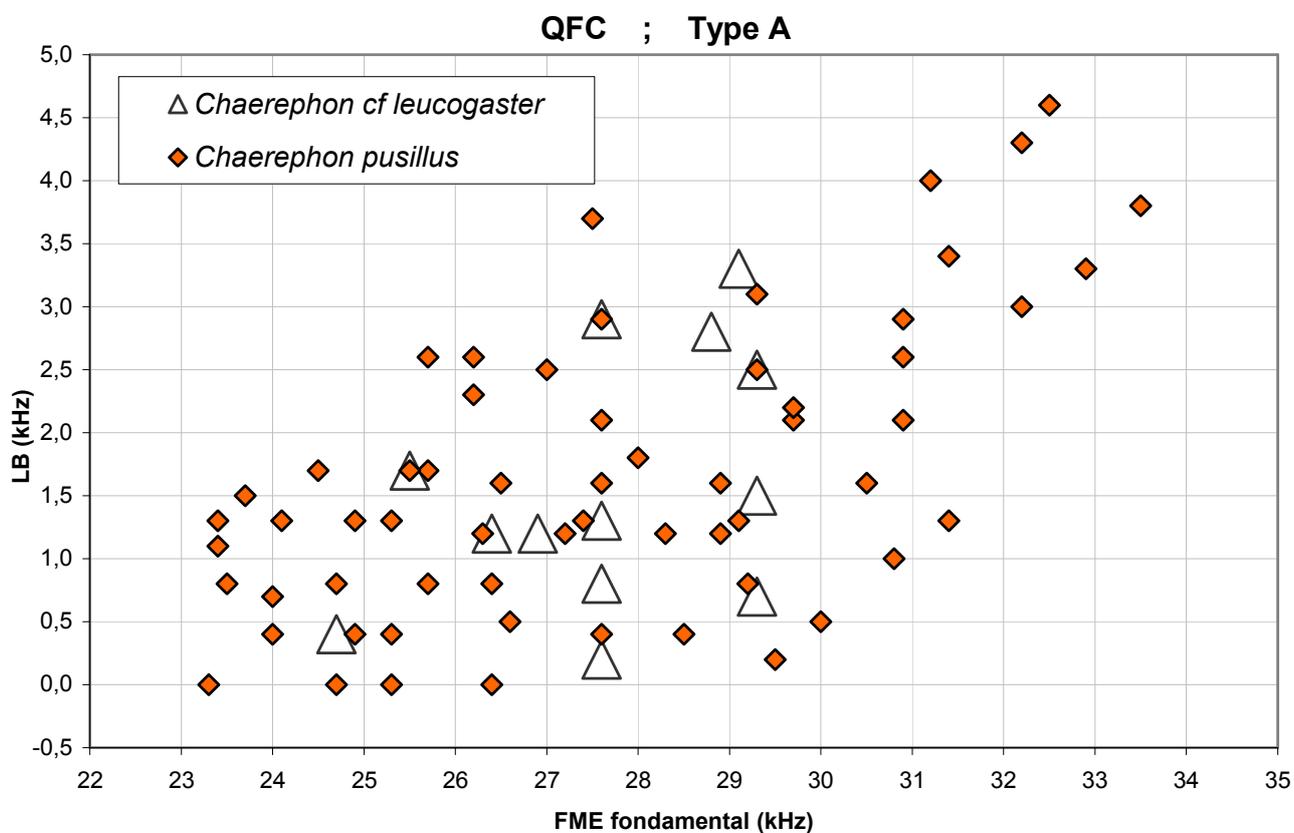


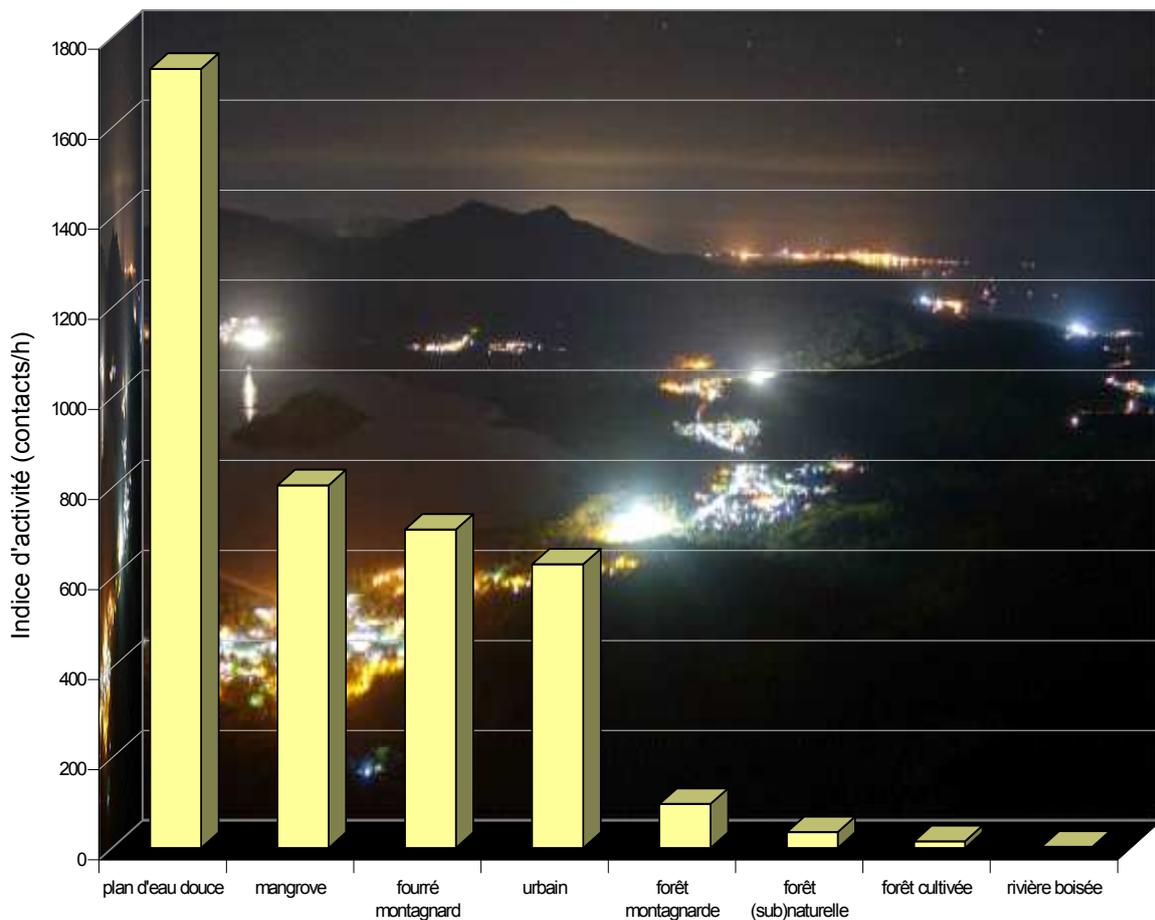
Figure 16.

Graphique bivariable (X = Fréquence du Maximum d'Énergie ; Y = Largeur de Bande) montrant la distribution des valeurs mesurées sur des signaux de *Chaerephon pusillus* (individus au pelage entièrement sombre) et sur des signaux de *Chaerephon cf leucogaster* (individu au ventre blanc).

Tableau 8.

Indices d'activité du genre *Chaerephon* par types d'habitats, avec les temps d'écoute (mode actif) respectifs.

Habitat	N. sites	Temps d'écoute (h)	N. contacts	Indice d'activité (c/h)
plan d'eau douce	3	2 h 15'	3893	1730,2
mangrove	2	2 h 35'	2268	877,9
fourré montagnard	1	3 h 25'	2416	707,1
urbain	4	1 h 05'	420	630,0
arrière-mangrove	1	0 h 30'	215	430,0
littoral	1	2 h	502	251,0
forêt montagnarde	1	0 h 30'	49	98,0
forêt (sub)naturelle	5	16 h 10'	571	35,3
lande arbustive	1	2 h	36	18,0
forêt cultivée	4	1 h	15	15,0
rivière boisée	2	1 h 05'	3	2,8
Total	18	32 h 35'	12488	383,3

**Figure 17.**

Variations de l'activité acoustique du genre *Chaerephon* (en nombre de contacts par heure) dans les différents types d'habitats inventoriés.

quentés que les zones urbaines en périphérie des stades éclairés (630 c/h). Enfin les différents milieux forestiers inventoriés, quelle que soit l'altitude, avec ou non présence d'une rivière, qu'ils soient subnatu- raux ou très cultivés, recueillent entre 98 c/h (forêt montagnarde du Choungui à 560 m d'altitude) et 2,8 c/h (rivières boisées : Orovéni et Kwalé).

Le Mont Choungui, avec son amplitude altitudinale forte et ses pentes abruptes, se prête bien au test effectué le 10 novembre. Nous avons réalisé, durant les 3h 30 qui suivent le crépuscule, six points

d'écoute quasi simultanés sur la pente boisée, pendant qu'un observateur restait au sommet. Les résultats sont édifiants : l'activité est restée forte et constante au sommet (590 m d'altitude) alors qu'elle décroissait très rapidement dès 30 m en dessous pour devenir nulle à partir de 350 m d'altitude (Fig. 18). Nous avons retrouvé le même phénomène lors de nos relevés sur les Monts Bénara et Combani.

La hiérarchisation des indices d'activité du genre *Chaerephon* par types d'écotone (Fig. 19) renforce l'interprétation des résultats. Trois types d'écotone dominant

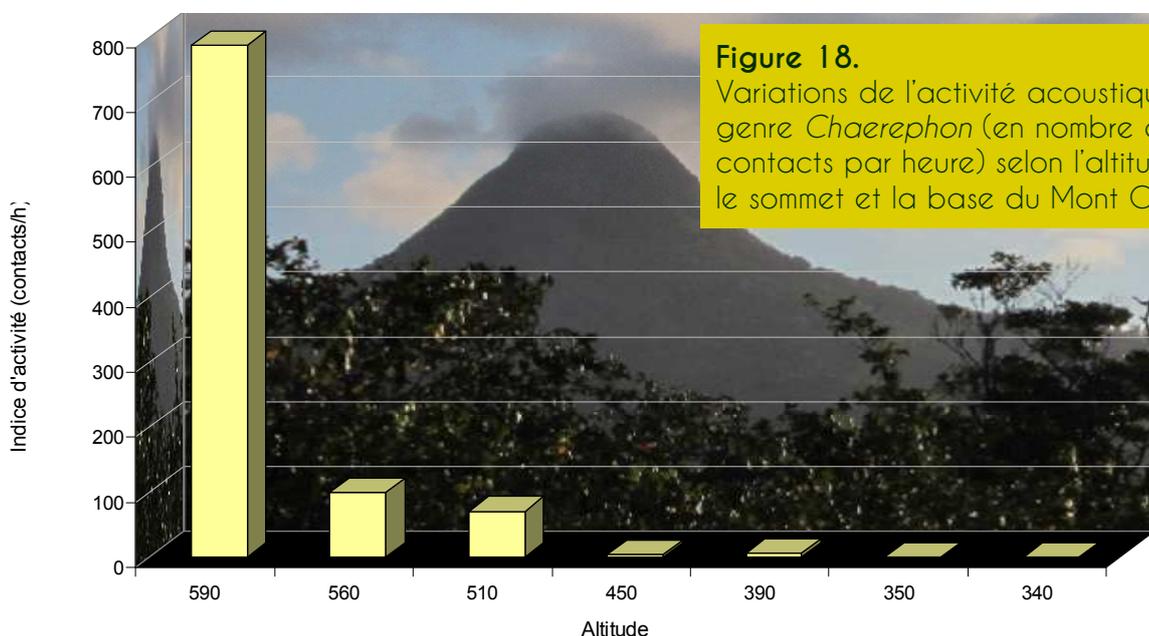


Figure 18.

Variations de l'activité acoustique du genre *Chaerephon* (en nombre de contacts par heure) selon l'altitude, entre le sommet et la base du Mont Choungui.

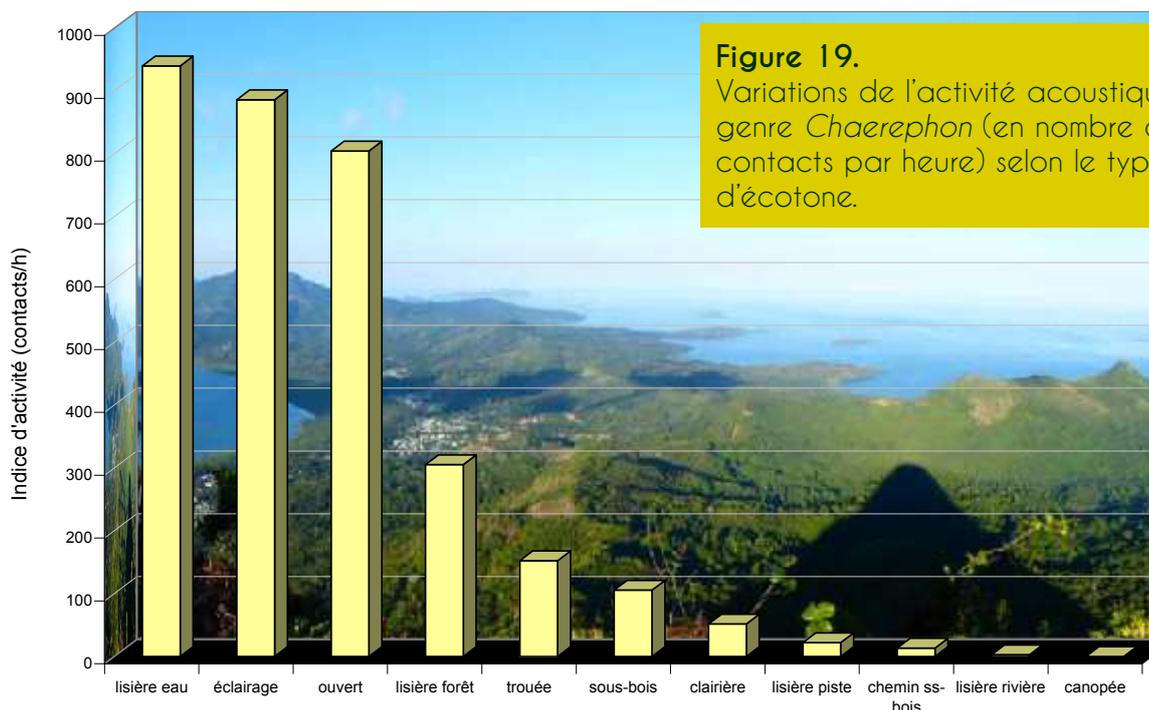


Figure 19.

Variations de l'activité acoustique du genre *Chaerephon* (en nombre de contacts par heure) selon le type d'écotone.

largement : les lisières arborées littorales (plan d'eau douce ou rivage marin), les zones éclairées et les milieux ouverts (avec ou sans présence d'eau). Les lisières arborées non littorales sont moins attractives, mais constituent l'écotone forestier le mieux fréquenté. La moyenne de 105 c/h obtenue en sous-bois est trompeuse : elle concerne des individus volant au-dessus de la canopée de l'arrière mangrove de la Baie de Bouéni (deuxième habitat le plus attractif, voir **Fig. 16**). Les autres écoutes en sous-bois de forêts non littorales ont donné des résultats très faibles à nul, telles les 1 h 10' d'écoute en canopée (grâce à un microphone déporté) en forêt de Sohoa le 6 novembre, n'ayant fourni aucun contact. Cette absence d'utilisation de l'interface horizontale de la canopée est étonnante, alors que les lisières verticales (clairières, trouées, pistes à ciel ouvert) recueillent quelques contacts ; à cet égard il convient de noter que les lisières (notamment la trouée, située au sommet

du Mont Combani) où l'activité de chasse était correcte étaient situées en altitude ou sur le littoral.

Ainsi nos résultats semblent montrer que le genre *Chaerephon* exploite préférentiellement deux types de strates : les milieux de basse altitude littoraux et urbains et les hautes strates supérieures à 500 m d'altitude.

La forme de l'aile et la masse d'une chauve-souris sont des éléments déterminants dans ses aptitudes de vol (BAAGØE, 1987 ; NORBERG, 1981 ; VAUGHAN, 1970). L'indice et la charge alaires sont tous deux inversement corrélés à la manoeuvrabilité, qui définit l'aptitude à circuler en milieu encombré.

La **Figure 20** positionne les valeurs médianes de charge et d'indice alaires calculées pour une sélection de 11 espèces de différentes provenances géographiques (Europe, Antilles, ouest Océan Indien) et aux stratégies de vol très diverses ; plus

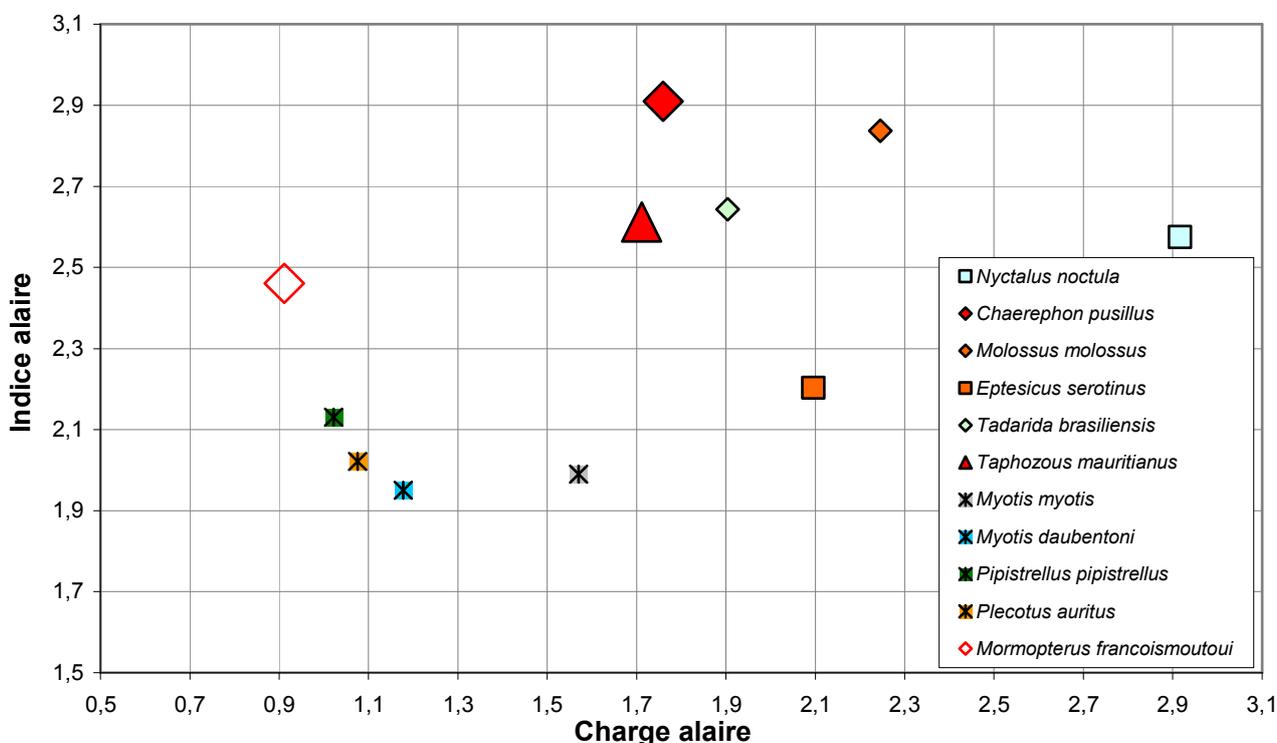


Figure 20.

Caractéristiques de morphologie alaire de *Chaerephon pusillus* en comparaison avec d'autres espèces, selon une tendance allant du vol le plus manoeuvrable (coin inférieur gauche) à celui le plus agile (coin supérieur droit).

une espèce se retrouve vers le coin en bas à gauche, plus elle est manoeuvrable (capable de vol sur place ou lent dans toutes les directions et dans un faible volume) ; plus une espèce se retrouve vers le coin en haut à droite, plus elle est agile (contrainte à un vol rapide pour ne pas décrocher, capable de brusques crochets latéraux ou vers le bas mais dans un grand volume).

Plusieurs petites espèces spécialistes du vol manoeuvrable au sein du feuillage ou en lisière présentent une charge < 1,3 et un indice < 2,2. *Myotis myotis* a un indice faible mais sa charge forte limite ses capacités dans le feuillage : c'est un chasseur de proies glanées sur le sol dégagé (ARLETTAZ, 1996). *Nyctalus noctula*, lourd chasseur de haut vol, affiche la charge la plus élevée. *Taphozous mauritanus* avec ses longues ailes a un indice supérieur mais son poids plus faible lui permet certainement de poursuivre ses proies avec une plus grande manoeuvrabilité. Quatre espèces de Molossidés sont représentées sur la **Figure 20**. *Tadarida brasiliensis* et *Molossus molossus*, deux espèces d'Amérique centrale dont le poids moyen est compris entre 11 et 14 g, ont toutes deux le profil-type de chasseurs aériens rapides caractéristique de la famille. *Chaerephon pusillus* a une charge alaire légèrement plus faible mais un indice alaire record : ses ailes sont taillées pour le haut vol rapide. *Mormopterus francoismoutoui* de l'île de La Réunion, se démarque au contraire par son poids faible ce qui lui confère la charge alaire la plus basse, expliquant sa capacité à chasser aussi en sous-bois dense (BARATAUD & GIOSA 2013b).

Ainsi, les types d'habitats et d'écotones fréquentés par *C. pusillus* en chasse sont conformes à ses aptitudes de vol : l'inoccupation du sous-bois n'est pas en lien avec un manque de disponibilité en proies, mais avec leur inaccessibilité pour cette espèce au vol agile. En outre, il est

possible que les deux strates concentrant l'activité de chasse de cette espèce soient celles les plus riches en proies recherchées. Les milieux littoraux et humides sont par définition riches en insectes dont le cycle larvaire est aquatique. Les hautes strates sont riches en petits arthropodes soumis à des dérives aériennes ou opérant des phases de haut vol nuptiaux ou migratoires contrôlés qui s'organisent en couches horizontales entre 200 et 500 m au-dessus du sol (CHAPMAN et al. 2008 ; MAC CRACKEN & WESTBROOK 2002 ; REYNOLDS et al. 2010 ; WOOD 2007).

Nos relevés ont été réalisés en fin de saison sèche. Il est possible que le mode d'utilisation des habitats soit différent à d'autres périodes de l'année, l'abondance et la distribution dans l'espace des arthropodes, en forêt notamment, variant de manière saisonnière (ERWIN 1982 ; LOWMAN 1982 ; LUBIN 1978 ; NOVOTNY & BASSET 1998).

3.3. Type acoustique QFC 20-23 kHz

Sur quatre sites (retenue collinaire de Combani, ancienne carrière de Doujani, lotissement de Coconi, lotissement de La Palmeraie), nos écoutes en mode de veille acoustique ont permis de distinguer des signaux plus bas en fréquence que la limite constatée chez le genre *Chaerephon*. Après analyse des 23 séquences recueillies, les différences avec les signaux de *C. pusillus* sont de quatre ordres :

- 1) une FME inférieure à 23 kHz quelle que soit la largeur de bande (**Fig. 21**) ;
- 2) une structure QFC concave fréquemment pratiquée (en plus de la QFC plane ou QFC-FM classiques), alors qu'elle n'a pas été notée sur les milliers de signaux de *Chaerephon* enregistrés dans de nombreuses circonstances de vol ; certains signaux affichent même une remontée terminale donnant une forme en « coupe ouverte » très atypique (**Fig. 22**) ;

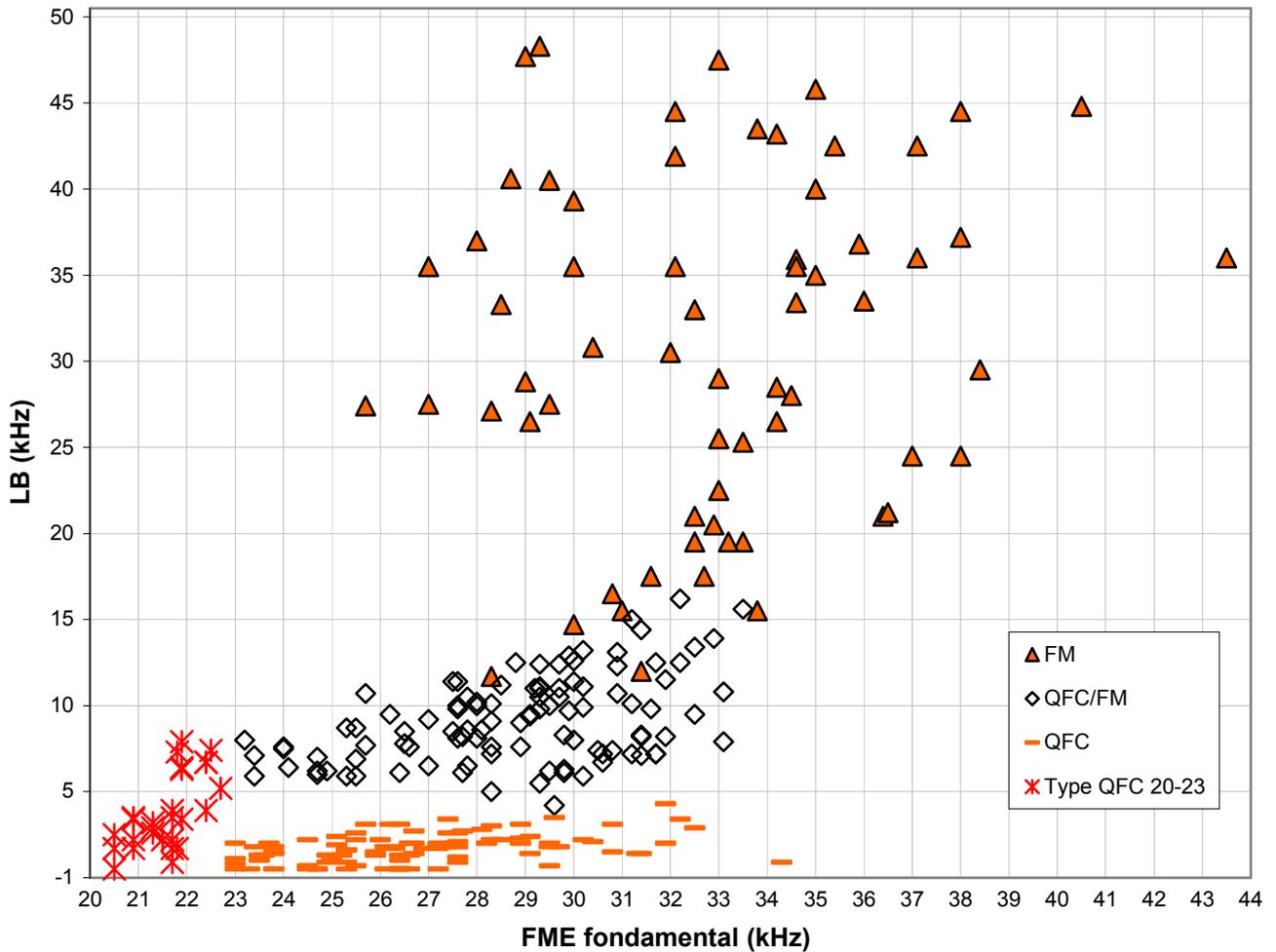


Figure 21.

Graphique bivarié (X = Fréquence du Maximum d'Énergie ; Y = Largeur de Bande) montrant la distribution des valeurs mesurées sur les signaux de *Chaerephon pusillus* dans différents comportements de vol naturels ; les trois types de structures pratiqués sont indiqués par des symboles différents. Un type acoustique non identifié, compris entre 20 et 23 kHz de FME, se distingue de la distribution constatée chez le genre *Chaerephon*.

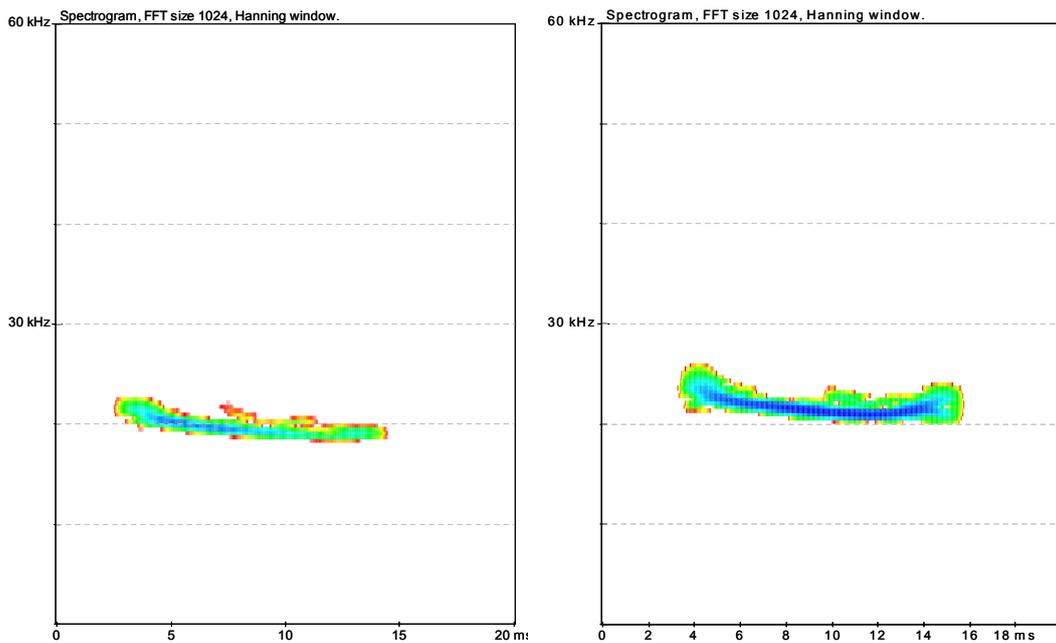


Figure 22.

Spectrogrammes de signaux de croisière d'un taxon inconnu ; à gauche : QFC en courbe concave descendante ; à droite : QFC en courbe concave avec remontée terminale.

3) une alternance de signaux QFC(-FM) et FM aplanie ou QFC concaves décalées en FME, au lieu des QFC-FM et FM sigmoïdes ou QFC-FM décalées en FME pratiquées par le genre *Chaerephon* ;

4) la présence (sur cinq séquences enregistrées les 1^{er} et 15 novembre 2015 sur le site de Combani) de signaux très particuliers ; ils proviennent avec certitude d'un chiroptère, et semblent être émis

par le ou les individus auteurs des QFC sur 20-23 kHz (bonne synchronisation de ces signaux avec les signaux sonar de ce taxon). Ces signaux sont constitués d'un empilement de composants très rapprochés (environ tous les 3 kHz) ; six à huit composants au moins sont visibles (FME sur 16 ; 18,9 ; 21,9 ; 24,7 ; 27,8 ; 31 kHz), ceux sur 24,7 et 27,8 kHz contenant plus d'énergie que les autres (Fig. 23). Les

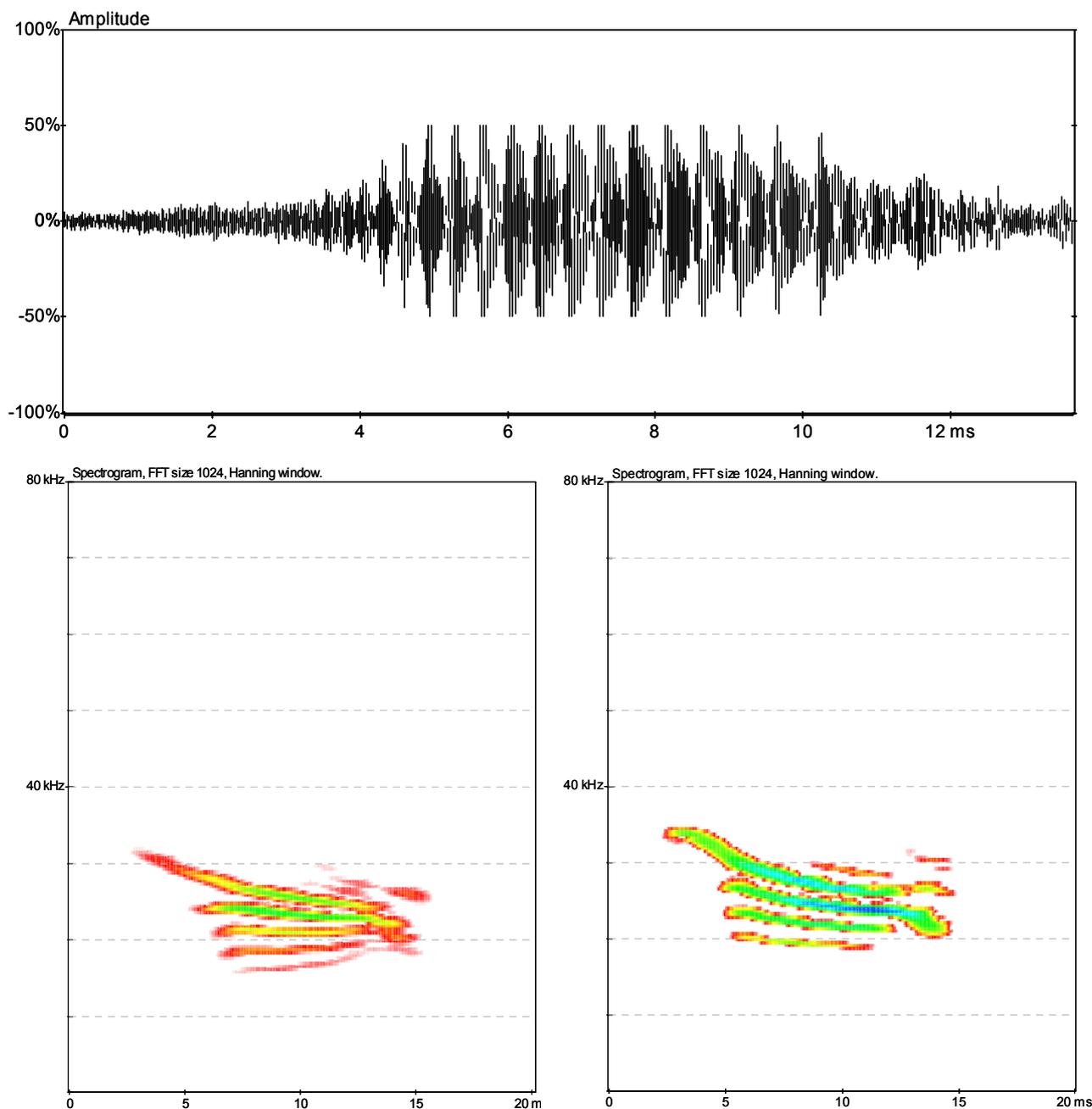


Figure 23.

En bas : spectrogrammes de cris sociaux probables d'un taxon inconnu ; les deux exemples montrent un empilement de composants, l'intensité étant concentrée sur deux d'entre eux. En haut : oscillogramme de l'un de ces signaux, montrant une modulation d'amplitude.

harmoniques de ces empilements sont visibles sur les signaux les plus intenses ; ils apparaissent dans les zones fréquentielles correspondant aux multiples de 22-23 kHz qui confirme cette FME comme étant celle du fondamental. Ces caractéristiques (conférant aux signaux, lors de l'écoute en expansion de temps, une sonorité multitonale « grinçante ») sont en elles-mêmes très singulières ; parmi les 135 espèces que nous avons étudiées en Europe, en Amérique Centrale et dans l'ouest de l'Océan Indien depuis 1990 à raison de plusieurs milliers de séquences par an, nous n'avons jamais rencontré auparavant un tel phénomène. Une enquête auprès de quelques collègues (Yves Bas, Thierry Disca, Ludovic Jouve, Jean-François Julien, Gilles Sentenac, comm. pers.) analysant également de très nombreuses séquences de provenances très diverses, n'a révélé que quatre cas similaires en France (Hérault, Bourgogne) sur *Pipistrellus kuhlii*. Les signaux récoltés à Mayotte présentent quelques originalités : a) les composants n'ont pas la même distribution d'énergie tout au long de leurs durées respectives, souvent l'intensité est concentrée sur le début du composant 27,8 kHz et sur la fin du 24,7 kHz (**Fig. 23, droite**) ; ceci est souvent constaté chez le genre *Plecotus* (BARATAUD 2012) ou au sein de la famille des Phyllostomidés (BARATAUD et al. 2013), et résulte d'un filtrage différentiel des signaux dans le résonateur ; b) la structure (évolution de la fréquence tout au long de la durée) des composants n'est pas identique, étant parfois inversée : l'un peut être en FM montante alors qu'au même point temporel l'autre sera en FM descendante ; c) ces signaux à composants multiples sont dispersés dans une séquence de signaux sonar normaux émis par le même individu. Ces signaux atypiques peuvent-ils ré-

sulter d'un artefact post émission ? Plusieurs causes peuvent être envisagées :

- a) un effet dû à la saturation ; c'est très peu probable, puisque beaucoup de ces signaux sont faibles, émis lorsque l'individu est éloigné ; ils s'insèrent juste avant ou après des signaux sonar « normaux » souvent plus intenses mais non saturés, provenant de la même source ;
- b) un « recyclage » par le micro du détecteur de signaux hétérodyne sortant d'un détecteur voisin ; cette hypothèse est exclue car les observateurs étaient éloignés de plus de 100 mètres et portaient des écouteurs réduisant considérablement la portée du son sortant ;
- c) un facteur inconnu (environnemental ou interne au détecteur) ; la probabilité est très faible que son effet se limite aux moments précis et rares où le type QFC 20-23 est présent, sur quelques signaux seulement au milieu d'autres normaux dans une même séquence.

Il semble ainsi plus probable que les caractéristiques de ces signaux relèvent d'une production à la source, en lien avec une configuration physiologique particulière au niveau de l'espèce (forme du larynx, filtrage dans le résonateur, vibration d'un organe créant un décalage de phases... ?) ; une cause due à l'individu (immaturité vocale d'un juvénile, malformation d'un adulte...) est à exclure dans ce cas grâce à la présence de signaux normaux émis par le même animal. Dans cette hypothèse, ces signaux à composants multiples pourraient avoir une vocation sociale car : a) ils sont émis de manière ponctuelle et aléatoire ; b) ils sont dispersés isolément ou par deux dans une séquence parmi les signaux sonar habituels ; c) ils n'apparaissent que lorsque deux individus de ce même taxon sont en présence.

Ces quatre différences avec les émissions du genre *Chaerephon* permettent d'avancer l'hypothèse d'un taxon non encore répertorié sur Mayotte. Nous n'avons contacté ce type acoustique qu'à quatre endroits ; cependant, sur le site de la retenue de Combani où nous sommes venus à trois reprises (1er, 5 et 15 novembre), ce taxon a été contacté à chaque fois. Sur chacune des 21 séquences récoltées, un seul individu est audible sauf sur les séquences avec présence de signaux multi harmoniques où deux individus sont présents ; ils transitent ou chassent de manière fugace (< 40 secondes) et souvent lointaine (vol élevé) parmi de nombreux *Chaerephon*. Les contacts ont souvent lieu au crépuscule : entre 18 h 17 et 18 h 35 à Combani, entre 18 h 25 et 18 h 55 à Doujani, entre 18 h 15 et 18 h 34 à La Palmeraie, et à 20 h 45 à Coconi (contact furtif, vol élevé avec rythme sonar de recherche passive).

L'utilisation de la QFC sur une FME basse et le comportement de chasse de haut vol déductible des séquences recueillies, sont typiques d'une espèce de taille moyenne à forte, dont la longueur de l'avant-bras, si la loi de l'allométrie est respectée, pourrait être de 40 à 45 mm.

Les seules espèces de Vespertilionidés présentes sur Madagascar, capables de haut vol, avec un avant-bras supérieur à 40 mm appartiennent au genre *Scotophilus* (*S. cf. borbonicus*, *S. marovaza*, *S. robustus*, *S. tendrefana*). Par ailleurs plusieurs espèces de Molossidés (*Mops midas*, *M. leucostigma*, *Tadarida fulminans*, *Otomops madagascariensis*, *Chaerephon jobimena*) ont une longueur moyenne d'avant-bras comprise entre 44 et 63 mm (GOODMAN 2011). Toutes ces espèces sont notées comme émettant à des fréquences différentes de la gamme 20-23 kHz.

Parmi ces espèces potentiellement candidates, *Mops leucostigma* est la seule à être connue à la fois sur Madagascar et dans les Comores (Anjouan et Mohéli) ; elle est représentée sur l'ensemble de sa distribution par des populations génétiquement homogènes (RATRIMOMANARIVO et al. 2008) et phylogénétiquement très proches des *Chaerephon* des Comores (AMMERMAN et al. 2013). Ses signaux sonar enregistrés par BENNETT & RUSS (2001) ont une FME de 31 kHz mais avec une largeur de bande de 16 kHz indicatrice d'un milieu encombré ; des conditions non naturelles d'enregistrements peuvent expliquer cette valeur de LB élevée, qui a pour conséquence de surestimer la FME réelle en QFC.

La validation de notre hypothèse nécessite l'identification formelle du taxon auteur de ce type acoustique sur Mayotte, l'hypothèse d'un comportement très atypique de *Chaerephon pusillus* n'étant pas à exclure étant donnée la plasticité acoustique de cette espèce. Si une espèce non encore répertoriée sur Mayotte existe, la recherche intensive de gîtes diurnes de toutes natures, et la pose régulière de filets sur des sites « naturels » stratégiques (par exemple le ponton de la retenue de Combani, qui a donné de bons résultats pour *C. pusillus* et près duquel évoluait le type QFC 20-23) pourraient permettre à terme la capture d'un individu.

3.4. Clé d'identification acoustique des signaux sonar des chiroptères de Mayotte

(voir **Figures 7 & 8, 12 & 13, 22 & 23** pour les spectrogrammes des différentes structures, et **Figure 24** pour nuages de points entre *T. mauritanus*, *Chaerephon* sp. et type acoustique QFC 20-23).

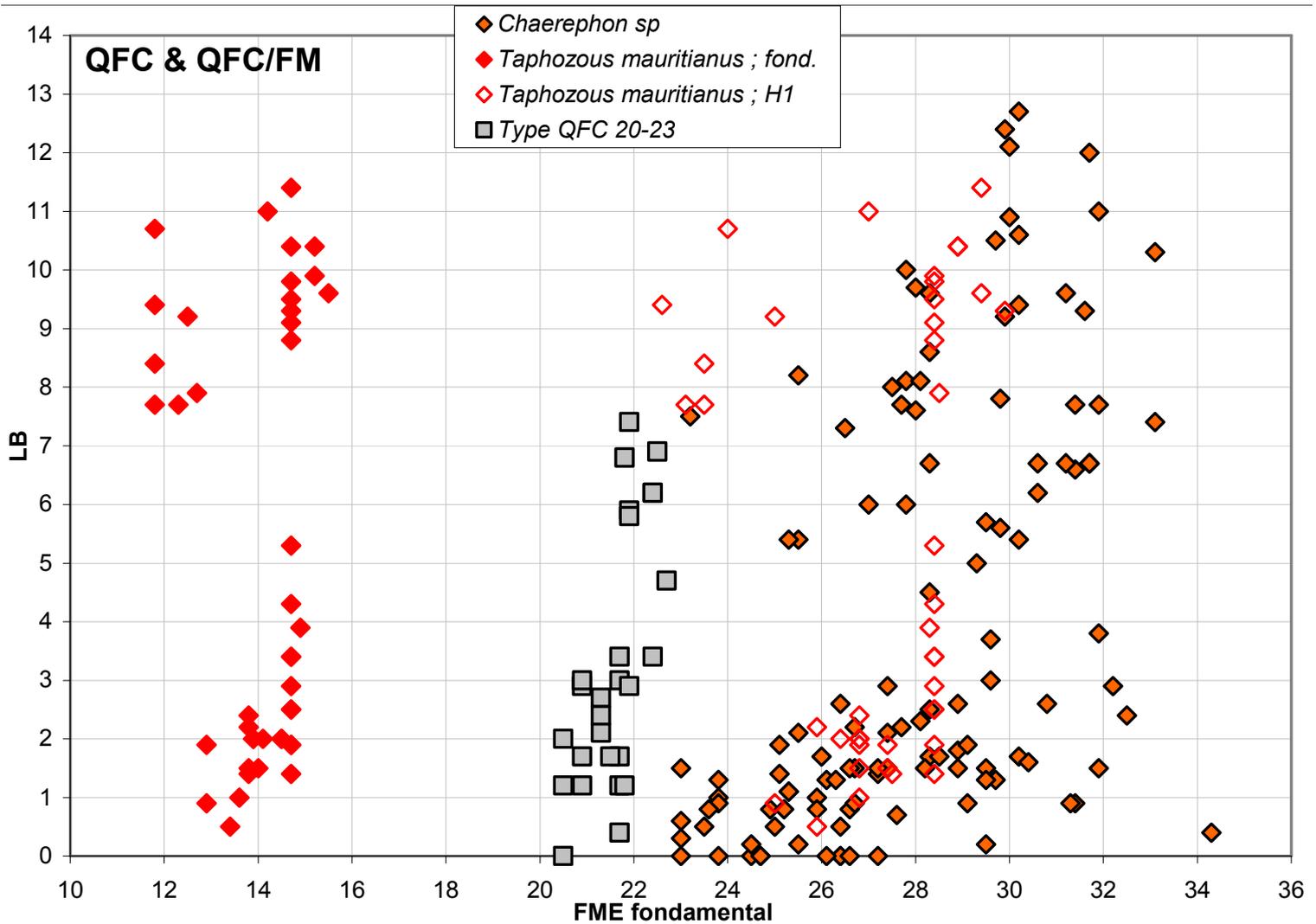


Figure 24.

Graphique bivarié (X = Fréquence du Maximum d'Énergie ; Y = Largeur de Bande) montrant la distribution des valeurs mesurées sur les signaux de *Chaerephon pusillus/leucogaster*, de *Taphozous mauritianus* et du type acoustique QFC 20-23 kHz, dans différents comportements de vol naturels.

Légende : fond. = FME sur fondamental ; H1 = FME sur harmonique 1.

1. Signaux à **sonorité sifflée** 3
2. Signaux à **sonorité bitonale** *Taphozous mauritianus*
3. Signaux avec partie **QFC** (largeur de bande < 5 kHz) 5
4. Signaux **FM** : *Chiroptera* sp.
5. FME fond. < 16 kHz (voir **Fig. 8 & 24**) : *Taphozous mauritianus*
6. FME fond. 20 à 23 kHz (voir **Fig. 8 & 24**) : type acoustique QFC 20-23
7. FME fond. 23 à 35 kHz (voir **Fig. 8 & 24**) : *Chaerephon* spp.

Légendes :

- FMd : fréquence modulée descendante
- FME : fréquence du maximum d'énergie
- fond. : fondamental
- H1 : harmonique 1
- LB : largeur de bande
- QFC : quasi fréquence constante

4. Conclusion : perspectives de suivis et recherches sur les chiroptères de Mayotte

Cette session d'études apporte de nombreuses informations mais soulève aussi des questions essentielles à la bonne compréhension de la guilda des chiroptères insectivores dans le contexte insulaire exiguë et perturbé qu'est Mayotte. Des efforts devraient être consentis dans les prochaines années aux problématiques suivantes :

- *T. mauritanus* : meilleure connaissance des effectifs de cette espèce, de ses habitats de chasse et d'une éventuelle compétition alimentaire avec *C. pusillus* (dont la chasse en milieu urbain éclairé

lui permet d'accéder aux lépidoptères nocturnes sur lesquels le Taphien pourrait être spécialisé) ;

- *C. pusillus* : meilleure connaissance de l'utilisation des habitats de chasse ; développer les solutions de cohabitation en gîtes anthropiques ; diffuser régulièrement des informations à destination des entreprises d'intervention sur les colonies, afin de les conseiller sur les modalités d'intervention à respecter : périodes sensibles (gestation et mise bas) et substances à éviter, pose de gîtes de substitution, etc. Une information plus large auprès du public pourrait permettre d'augmenter le niveau de tolérance et de révéler l'existence de nombreuses colonies ;

- *C. leucogaster* : recherche active de gîtes occupés par le genre *Chaerephon*, afin d'apprécier le réel statut de cette



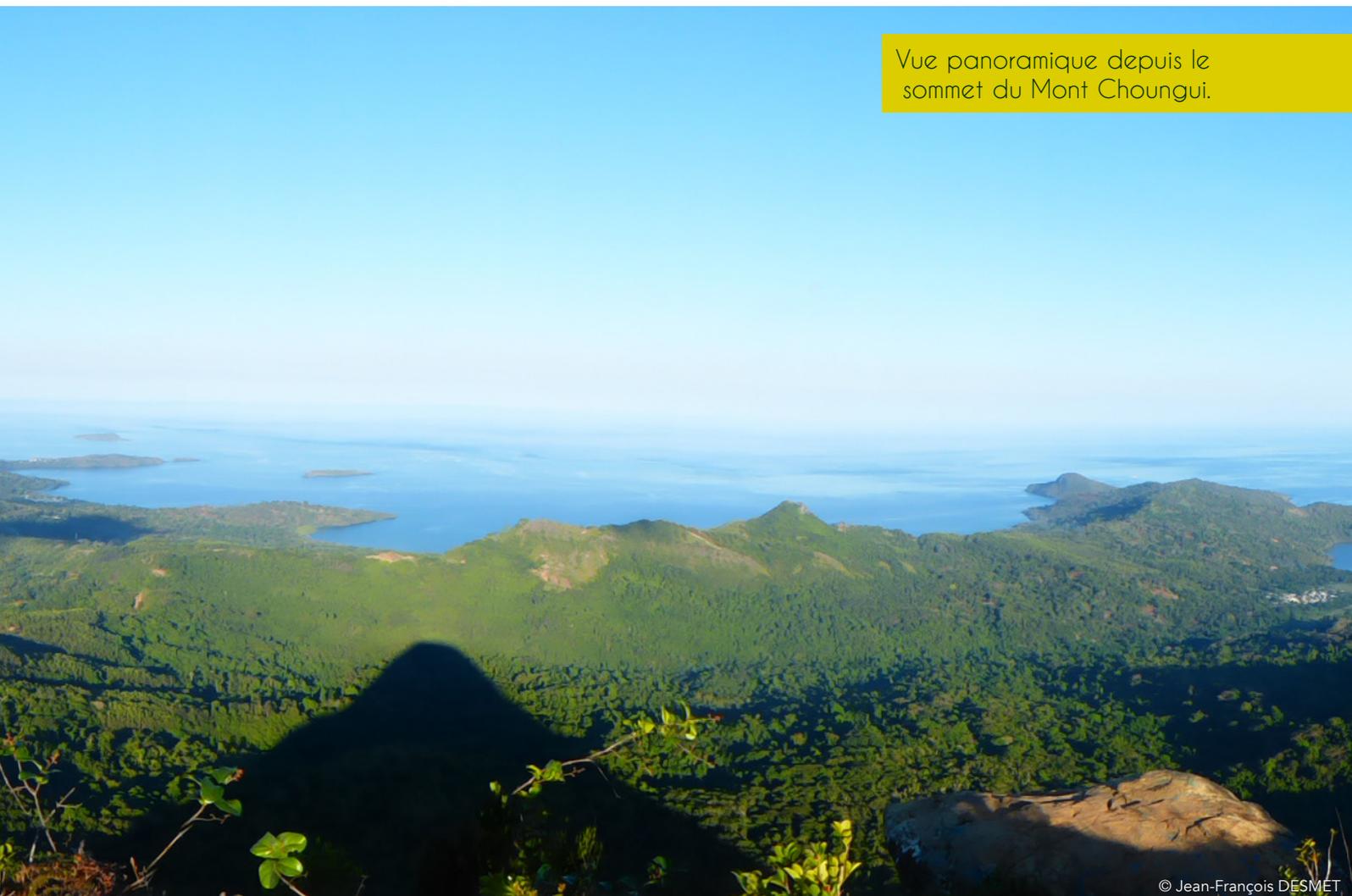
espèce apparemment rare sur Mayotte : petites populations disséminées, en danger d'extinction et concurrencées par *C. pusillus* ? Individus isolés, égarés de Madagascar et se mêlant par défaut aux colonies de *C. pusillus* en générant éventuellement des hybrides ? Individus pionniers récents constituant progressivement une population locale ?

- *M. anjouanensis* : poursuivre les écoutes au détecteur dans les milieux forestiers de tous types sur Mayotte, afin de confirmer ou infirmer son absence ; étudier l'espèce sur Anjouan pour cerner ses éventuelles mœurs cavernicoles (qui seraient un facteur limitant sur Mayotte), et décrire ses émissions sonar ;
- type 20-23 kHz : recherche active de gîtes de toutes natures dans l'espoir de rencontrer un taxon non répertorié encore

sur Mayotte, dont les émissions acoustiques correspondraient au type décrit dans cette étude ; tentatives de pose régulière de filets sur des mâts de grande taille (10-11 m) sur le site du plan d'eau de Combani avec relevés acoustiques en parallèle pour augmenter à la fois les chances de capture et la quantité d'informations sur les émissions de ce taxon ; récolte d'enregistrements de *M. leucostigma* en vol de chasse sur Madagascar, Anjouan ou Mohéli afin de les comparer à ceux du type acoustique 20-23 kHz ;

- promouvoir la conservation des vieux arbres à fissures et cavités en milieux anthropisés.

Vue panoramique depuis le sommet du Mont Choungui.



© Jean-François DESMET

Remerciements

Cette mission est le résultat d'un partenariat entre la DEAL de Mayotte et la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM). Elle n'aurait pu avoir lieu sans la motivation d'Hélène Decat, responsable Milieux Naturels et Espaces Protégés, Unité biodiversité, Service Environnement et Prévention des Risques de la DEAL.

Nous devons aussi beaucoup à l'accueil chaleureux et la participation active des services en charge de la forêt sur Mayotte :

- l'Office National des Forêts : Alex Laizé et Miguel Lamalfa-Díaz que nous ne remercierons jamais assez pour leur dévouement quasi paternel ; Jean-Luc Leclerc et Houbiate Atoumane nous ont accompagnés sur le terrain ; Laurent Mercy, chef de la section de Mayotte, nous a accueilli dans ses locaux professionnels, haut lieu de notre étude sur le genre *Chaerephon* !
- le Service de Ressources Forestières du Conseil Départemental ; Jeannette Lartigue a coordonné avec beaucoup de gentillesse et de patience notre emploi du temps changeant avec celui des agents forestiers ; merci à Mchami Sammy et ses agents dévoués : Sanda Daoudou, Abdallah Mouhamiadi, Abdul-Hakim Ramadani, Issoufi Maoulida, Houssamoudine Amissi, Moussa Chamissi-

dine, Ali Hamada, Ahamadi Sinani, Alhadhurina Saïndou, Quittabi Abdullatif, Mouridi Ousseni.

Plusieurs personnes des structures locales nous ont accompagnés sur le terrain : Hélène Decat, Guillaume Decalf, Yan Sauvalle et Brigitte Mortier (DEAL, SEPR) ; François Jeanne (GEPOMAY) ; Tanguy Nicolas (UICN) ; Antoine Rouillé (Naturalistes de Mayotte) ; Marjolaine Mure, Camille Milot et Lola Bayol (stagiaires à Oulanga Na Nyamba) ; Benoît Duperron et Abassi Dimassi (CBN de Mayotte). Merci à Hubert Mignot, géomaticien à la DEAL, pour ces services et conseils sur l'utilisation des outils cartographiques.

Steve Goodman nous a aimablement communiqué des informations précises sur le gîte à *C. leucogaster* de l'école de Poroani, des éléments bibliographiques et des échantillons de *Molossidés* des Comores et de Madagascar pour les futures analyses génétiques.. Merci à Yves Bas, Thierry Disca et Jean-François Julien pour leur apport d'informations sur les signaux multi harmoniques.

Toutes ces personnes ont contribué à faire de cette mission un excellent moment de partage scientifique et de convivialité humaine. Nous les remercions toutes chaleureusement.



Membres des équipes SFEPM et DEAL après le travail de terrain à Rivière Kwalé.

Bibliographie

AMMERMAN, L.K., W.A. BRASHEAR & S.N. BARTLETT 2013. Further evidence for the basal divergence of *Cheiromeles* (Chiroptera: Molossidae). *Acta Chiropterologica* 15(2): 307–312.

ARLETTAZ, R. 1996. Feeding behaviour and foraging strategy of free-living mouse-eared bats, *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Animal Behaviour* 51: 1–11.

BAAGØE, H.J. 1987. The Scandinavian bat fauna: adaptative wing morphology and free flight in the field. In: Fenton, M.B., P. Racey & J.M.V. Rayner. (ed.). *Recent advances in the study of bats*. Cambridge University Press: 57-74.

BARATAUD, M. 1992. L'activité crépusculaire et nocturne de 18 espèces de chiroptères, révélée par marquage luminescent et suivi acoustique. *Le Rhinolophe* 9: 23-58.

BARATAUD, M. 1996. *Ballades dans l'inouï ; identification acoustique des chiroptères de France*. 2 CD + livret 47 p. Ed. Sittelle, Mens.

BARATAUD, M. 2002. *Méthode d'identification acoustique des chiroptères de France*. CD + livret 14 p. Ed. Sittelle, Mens.

BARATAUD, M. 2012. *Ecologie 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.

BARATAUD, M., G. BEUNEUX, J.F. DESMET, P. FAVRE & S. GIOSA 2012. Etude des chiroptères de La Réunion. Rapport d'étude Pn-Réunion & SFEPM. 26 pp.

BARATAUD, M. & S. GIOSA 2013a. *Eptesicus guadeloupensis* : une espèce insulaire endémique en danger ? *Le Rhinolophe* 19 : 177 - 187. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD, M. & S. GIOSA 2013b. Identification et écologie acoustique des chiroptères de La Réunion. *Le Rhinolophe* 19 : 147 - 175. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD M., G. BEUNEUX, J.F. DESMET, P. FAVRE, S. GIOSA & S.G. ROUÉ 2014a. Découverte de signaux sonar d'un chiroptère inconnu sur l'île de La Réunion. *Le Vespère* 3 : 231-240. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD M., G. BEUNEUX, J.F. DESMET, P. FAVRE, S. GIOSA & S.G. ROUÉ 2014a. Découverte de signaux sonar d'un chiroptère inconnu sur l'île de La Réunion. *Le Vespère* 3 : 231-240. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD, M. & S. GIOSA 2014. Etude acoustique des chiroptères de Guadeloupe : activité nocturne et utilisation de l'habitat. *Le Vespère* 4 : 241-252. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD, M., S. GIOSA, G. ISSARTEL & J. JEMIN 2014b. Bio évaluation des forêts de Martinique par l'étude de l'activité des guildes de chiroptères. Rapport final, SFEPM, Paris. 68 pp. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD, M., S. GIOSA, F. LEBLANC, P. FAVRE & J.F. DESMET 2015. Identification et écologie acoustique des chiroptères de la Guadeloupe et de la Martinique (Antilles Françaises). *Le Vespère* 5 : 297-332. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BARATAUD, M., S. GIOSA, F. LEBLANC, V. RUFFRAY, T. DISCA, L. TILLON, M. DELAVAL, A. HAQUART & M. DEWYNTER 2013. Identification et écologie acoustique des chiroptères de Guyane Française. *Le Rhinolophe* 19 : 103 - 145. http://ecologieacoustique.fr/?page_id=11

BENNETT, D. & J. RUSS 2001. The bats of Madagascar. *A field guide with descriptions of echolocation calls*. Viper Press, U.K. 96 pp.

BLOOD, D.R. & D.A. Mc FARLANE 1988. A new method for calculating the wing area of bats. *Mammalia* 52 (4) : 600-603.

CHAPMAN, J.W., D.R. REYNOLDS, H. MOURITSEN, J.K. HILL, J.R. RILEY, D. SIVELL, A.D. SMITH, & I.P. WOIWOD 2008. Wind Selection and Drift Compensation Optimize Migratory Pathways in a High-Flying Moth. *Current Biology* 18, 514–518.

CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DE MAYOTTE 2014. Cartographie des milieux naturels et semi-naturels de Mayotte. Note Technique DEAL Mayotte. 7 pp.

ERWIN, L.E. 1982. Tropical forests: their richness in coleopteran and other arthropod species. *The Coleopterists Bulletin* 36(1): 74-75.

FENTON, M.B., G.P. BELL & D.W. THOMAS 1980. Echolocation and feeding behaviour of *Taphozous mauritanus* (Chiroptera: Emballonuridae). *Canadian Journal of Zoology* 58: 1774-1777.

GOODMAN, S.M. 2011. *Les chauves-souris de Madagascar. Guide de leur distribution, biologie et identification*. Association Vahatra. 129 pp.

GOODMAN, S.M. & F.H. RATRIMOMANARIVO 2007. The taxonomic status of *Chaerephon pumilus* from the western Seychelles: re-

surrection of the name *C. pusillus* for an endemic species. *Acta Chiropterologica* 9: 391–399.

GOODMAN, S.M., N. WEYENETH, Y. IBRAHIM, I. SAID, & M. RUEDI 2010. A review of the bat fauna of the Comoro Archipelago. *Acta Chiropterologica* 12(1): 117–141.

JACOBS, D.S., G.N. EICK, E.J. RICHARDSON & P.J. TAYLOR 2004. Genetic similarity amongst phenotypically diverse little free-tailed bats, *Chaerephon pumilus*. *Acta Chiropterologica* 6(1): 13–21.

LEBOULENGER, F., F. LEUGE & D. MASSON 1990. Existe-t-il une bonne méthode pour mesurer les doigts des chauves-souris ? *Le Rhinolophe* 7 : 11-18.

LOUETTE, M. 2004. Mammifères. Pp. 65–87, in *La faune terrestre de l'archipel des Comores*. (M. Louette, D. Meitre, and R. Locque, eds.). Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, 456 pp.

LOWMAN, M.D. 1982. Seasonal variation in insect abundance among three Australian rain forests, with particular reference to phytofagous types. *Australian Journal of Ecology* 7: 353-361.

LUBIN, Y.D. 1978. Seasonal abundance and diversity of web-building spiders in relation to habitat structure on Barro Colorado island, Panama. *Journal of Arachnology* 6: 31-51.

MAC CRACKEN, G.F. & J.K. WESTBROOK 2002. Chasse de nuit. *National Géographique*. 6.6(33) : 100-109.

NORBERG, U.M. 1981. Flight, morphology in the ecological niche of some birds and bats. In: DAY, M.H. (ed.). *Vertebrate Locomotion*. London Academic Press. Symposia of the Zoological Society of London 48: 173-197.

NOVOTNY, V. & Y. BASSET 1998. Seasonality of sap-sucking insects (Auchenorrhyncha, Hemiptera) feeding on *Ficus* (Moraceae) in a lowland rain forest in New Guinea. *Oecologia* 115: 514-522.

**RAMASINDRAZANA, B., G. LE MINTER & E. LA-
GADEC 2015.** Documented occurrence of *Taphozous mauritanus* (E. Geoffroy, 1818) in Mayotte (Comoros Archipelago). *Malagasy Nature* 9: 109-110.

**RATRIMOMANARIVO, F.H., S.M. GOODMAN,
N. HOOSSEN, P.J. TAYLOR & J. LAMB 2008.** Morphological and molecular variation in *Mops leucostigma* (Chiroptera: Molossidae) of Madagascar and the Comoros: phylogeny, phylogeography, and geographic variation. *Mitt. hamb. zoological Museum Institute* 105 : 57-101.

**RATRIMOMANARIVO, F.H., S.M. GOODMAN,
W.T. STANLEY, T. NAIDOO, P.J. TAYLOR & J.
LAMB 2009.** Geographic and phylogeographic variation in *Chaerephon leucogaster* (Chiroptera: Molossidae) of Madagascar and the western Indian Ocean islands of Mayotte and Pemba. *Acta Chiropterologica* 11(1): 25-52.

**REYNOLDS, A.M., D.R. REYNOLDS, A.D. SMITH
& J.W. CHAPMAN 2010.** Orientation Cues for High-Flying Nocturnal Insect Migrants: Do Turbulence-Induced Temperature and Velocity Fluctuations Indicate the Mean Wind Flow? *PLoS ONE* 5(12): e15758. doi:10.1371/journal.pone.0015758.

SCHNITZLER, H.U. & E.K.V. KALKO 2001. Echolocation by insect-eating bats. *BioScience* 51(7) : 557-569.

**TAYLOR, P.J., J. LAMB, D. REDDY, T. NAI-
DOO, F. RATRIMOMANARIVO & S.M. GOODMAN
2009.** Cryptic lineages of little free-tailed bats, *Chaerephon pumilus* (Chiroptera:

Molossidae) from southern Africa and the western Indian Ocean islands. *African Zoology* 44(1): 55-70.

VAUGHAN, T.A. 1970. Flight patterns and aerodynamics. In: WINSATT, W.A. (ed.). *Biology of bats*. Academic Press, New-York: 1: 195-216.

UICN FRANCE 2013. Propositions pour une Stratégie biodiversité pour un développement durable de Mayotte. Diagnostic et enjeux. Mayotte, France. 120 pages. ISBN : 978-2-918105-28-2

WOOD, C.R. 2007. The biometeorology of high-altitude insects layers. PhD Thesis. 232 pp.

Pour citer cet article :

**BARATAUD, M., G. BEUNEUX, M. CHALBOS,
J.-F. DESMET & S. GIOSA. 2017.**
Étude des microchiroptères de
Mayotte : inventaire des espèces,
identification acoustique
et utilisation de l'habitat.
Plume de Naturalistes 1 : 67-106.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles
de Plume de Naturalistes :
www.plume-de-naturalistes.fr

Réponse comportementale de Grands Rhinolophes à la création - involontaire - d'un gîte favorable

Par **Matthieu BERNARD**
m.bernardchiro@gmail.com



Résumé

Dans le Pays des Couzes, et en particulier dans la vallée de la Couze Chambon dans le sud du département du Puy-de-Dôme (région Auvergne-Rhône-Alpes, France), une importante population de Grands Rhinolophes (*Rhinolophus ferrumequinum*) est connue et étudiée depuis une vingtaine d'années par les bénévoles de Chauve-Souris Auvergne. Le bâtiment des Fontaines pétrifiantes sur la commune de Saint-Nectaire fut un des premiers gîtes découverts à la fin des années 1990 où l'espèce se reproduisait alors et hibernait en effectif restreint. L'évolution de la fréquentation de ce bâtiment est bien connue (grâce aux suivis) et il est tenté ici de mettre en corrélation les phases de travaux effectués sur le bâtiment et la présence/absence des chauves-souris. Cette analyse permet de confirmer un ressenti

de terrain sur une augmentation de la présence en période d'hibernation des Grands Rhinolophes. Une explication est formulée, en lien avec les aménagements du bâtiment, et en particulier la mise en place d'un système de géothermie rendant favorable un espace nouvellement créé.

Summary

In the Pays des Couzes, and in particular in the Couze Chambon valley in the south of the Puy-de-Dôme department (Auvergne-Rhône-Alpes region, France), a large population of Greater Horseshoe Bats (*Rhinolophus ferrumequinum*) is known and studied for twenty years by the volunteers of Chauve-Souris Auvergne.

The Petrifying Fountains building on the commune of Saint-Nectaire was one of the first deposits discovered in the late 1990s when the species was breeding and hibernating in limited numbers. The evolution of the use of this building is well known (thanks to monitoring) and there is an attempt here to correlate the phases of work on the building and the presence / absence of bats. This analysis confirms a feeling on the ground about an increase in the presence during the hibernation period of the Grands Rhinolophes. An explanation is formulated, in connection with the development of the building, and in particular the establishment of a geothermal system favoring a newly created space.

Rappel sur l'espèce et contexte local

Le Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) est le plus grand représentant des Rhinolophidés en Europe, en France et en Auvergne. Dans cette (ex-)région, l'espèce est connue dans les quatre départements (Allier, Cantal, Haute-Loire et Puy-de-Dôme) avec une population en période hivernale estimée à environ 600 individus (suivi sur 16 années) et en période estivale entre 1500 et 2000 individus (BERNARD, 2015). L'espèce est classée « En danger » sur la Liste Rouge Régionale des Mammifères d'Auvergne de 2015, et elle est considérée comme prioritaire en termes d'effort de conservation.

Le secteur dit du Pays des Couzes, au sud du département du Puy-de-Dôme, est une zone de transition entre les massifs montagneux du Sancy et du Cézallier à l'Ouest et les plaines de Limagne à l'Est. Les couzes, nom donné localement aux rivières de type torrentielles descendant de ces massifs et se jetant dans l'Allier, s'écoulent d'Ouest en Est, et ont fortement marqué le paysage avec de profondes vallées entaillant suivant les secteurs les roches volcaniques ou les roches granitiques. Par ailleurs, à l'abri des massifs plus élevés, ce secteur bénéficie également d'un phénomène d'effet de foehn qui induit une pluviométrie plus faible, de l'ordre de 550-600 mm d'eau par an contre 1000-1200 mm à quelques kilomètres plus à l'ouest. Enfin, ce secteur est fortement marqué par la présence humaine, en particulier l'agriculture (polyculture élevage actuellement mais aussi vignes et vergers par le passé) mais également des activités de thermalisme et tourisme, ou encore d'artisanat, qui expliquent en particulier la multiplicité



Fig. 1
Évolution du bâtiment, dans les années 1980/1990 (à gauche) et dans les années 2000 (à droite).

et l'extrême diversité des gîtes utilisés par les Grands Rhinolophes localement (bâtiments historiques, galeries de mine, galeries thermales, caves, habitats troglodytiques...).

Dans le Pays des Couzes, en moyenne, 250 Grands Rhinolophes sont comptabilisés en hiver et la population en été est estimée aux alentours de 600-700 femelles avant naissance, réparties en 4 colonies actuellement connues.

Le site des Fontaines pétrifiantes

Le site des Fontaines pétrifiantes de Saint-Nectaire est exploité depuis 1821. Deux sources d'eau chaude sont captées pour effectuer le lent processus de pétrification. Le site ouvre au public dans les années 1920 avec l'essor du thermalisme. C'est aujourd'hui encore la même famille, la famille Papon, qui assure la gestion de ce site à la fois pour la production d'œuvres et l'accueil touristique. Environ 60 000 visiteurs découvrent cet artisanat chaque année.

La première partie du bâtiment actuel a été construite au cours des 1980 et le vide-sanitaire en dessous avec un accès vers l'extérieur a rapidement été colonisé par les Grands Rhinolophes d'après les propriétaires (appelée vide-sanitaire n°1 dans la suite de l'article).

Le bâtiment dans sa configuration en 2017 a été agrandi au début des années 2000. La création d'un espace d'accueil supplémentaire a là-aussi créé un vide supplémentaire (vide-sanitaire n°2) entre le garage et la paroi rocheuse.

Ce vide est couvert par une dalle avec des plaques isolantes en dessous (donc au contact des pieds des animaux) et avec un système de géothermie. C'est sur la colonisation de cet espace nouveau que nous allons en particulier nous attarder (**Fig. 1**).

Signalons également que le site accueille dans la partie ouverte au public (cavité de captage des sources et galerie d'épuration), une colonie de Petits Rhinolophes (*Rhinolophus hipposideros*).

Présence du Grand Rhinolophe aux Fontaines pétrifiantes

Sur ce site, le Grand Rhinolophe a été observé uniquement dans les vides-sanitaires et sous-sol du bâtiment et quasi-jamais dans la partie cavité ouverte au public (une seule observation en 20 ans), et réciproquement le Petit Rhinolophe n'a jamais été noté dans les parties basses. Il semble donc y avoir une ségrégation nette entre les deux gîtes au sein du même site et les deux espèces.

Jusqu'aux années 2010, le vide sanitaire n°1 accueillait l'espèce essentiellement en période de mise-bas avec une colonie importante autour de 200 femelles avant naissance. L'hibernation y était un phénomène ponctuel et les effectifs étaient

globalement faibles voire très faibles, avec de fortes variations interannuelles. Globalement, les effectifs étaient souvent moindres lors du deuxième contrôle de l'hiver en février, le site étant soumis à des variations de températures marquées.

Lors des travaux d'agrandissement, qui se sont étalés sur plusieurs années, la colonie a déserté ce premier vide sanitaire pour s'installer à proximité dans une galerie thermique (en mixité avec du Grand Murin – *Myotis myotis*). L'hibernation a continué à être très limitée en termes d'effectif.

A partir de l'hiver 2013/2014, et alors que les travaux sont terminés depuis plusieurs années, et que la colonie n'est pas revenue dans le vide sanitaire n°1, une fréquentation hivernale plus régulière du bâtiment a été relevée comme le montre le graphique (Fig. 2).

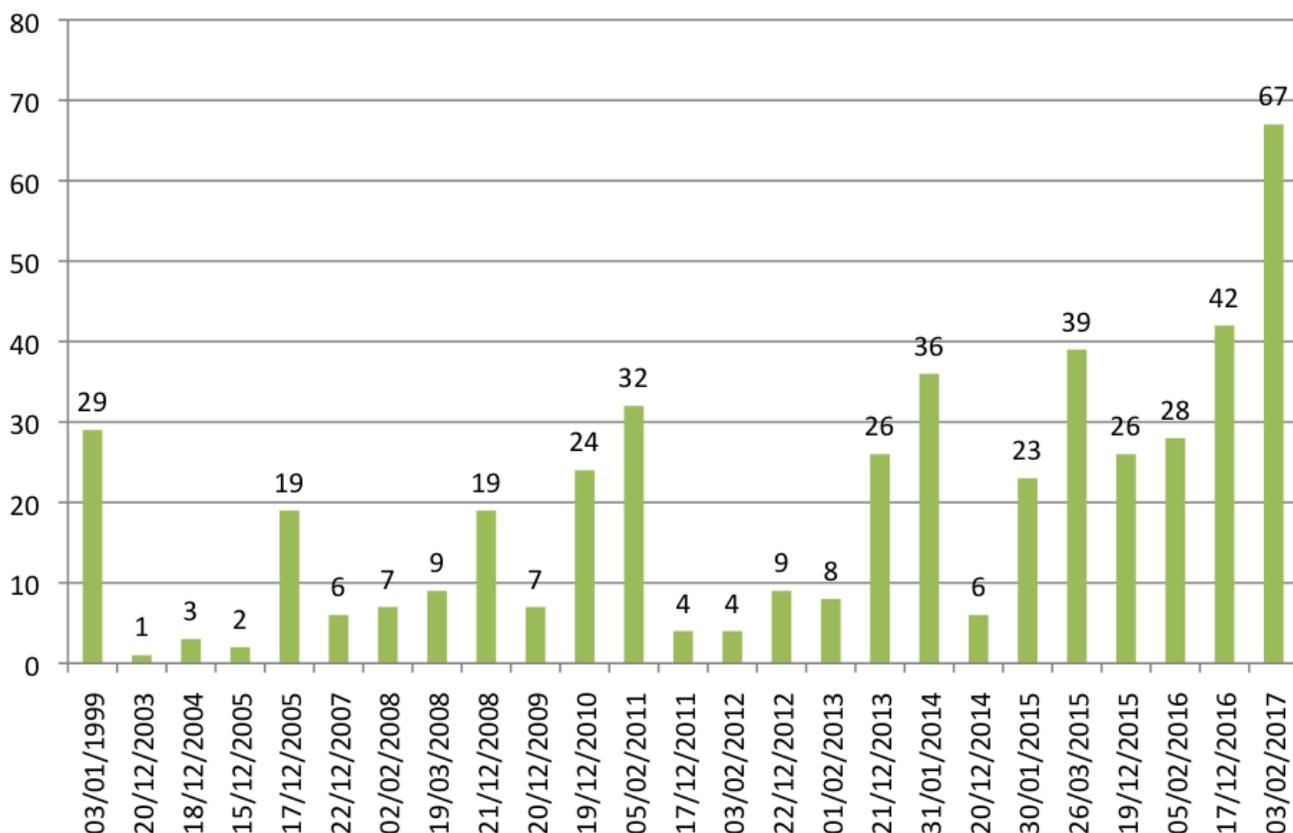


Fig.2

Évolution des effectifs de Grand Rhinolophe en hibernation aux Fontaines pétrifiantes de Saint-Nectaire.



Fig.3

Grappes de Grands Rhinolophes en hibernation en 2017 aux Fontaines pétrifiantes de Saint-Nectaire.

© Thomas BERNARD

Comportements observés

Outre une fréquentation hivernale qui semble plus régulière, il faut noter également trois points qui se sont développés depuis l'hiver 2013/2014 :

1) Des effectifs en hausse

Alors qu'avant 2013, les effectifs en hiver sur le site atteignaient péniblement et très ponctuellement la trentaine d'individus, depuis les effectifs augmentent doucement mais régulièrement...

2) Une répartition dans le temps qui semble s'être inversée

Alors qu'avant 2013, l'effectif noté en février était en général plus bas qu'en décembre, cette tendance semble s'être inversée depuis l'hiver 2013/2014 où systématiquement l'effectif noté en février est supérieur à celui noté en décembre.

3) Un changement de point d'accroche

A partir de l'été 2013/2014, les animaux se sont nettement installés dans le vide-sanitaire n°2 créé par l'agrandissement. Cet espace, pourtant relativement ouvert, est aussi très calme et semble particulièrement attractif pour les animaux.

Discussion

Au final, il apparaît clairement que le phénomène d'hibernation sur ce site, jusqu'alors ponctuel, se développe à la faveur de la création d'un espace favorable aux animaux. Bien que relativement ouvert, ce vide-sanitaire n°2 présente plusieurs intérêts pour les animaux :

1) Il est sombre et calme car non utilisé à ce jour dans le cadre de l'activité de pétrification ;

2) Il offre de l'accroche en raison du revêtement d'isolation utilisé qui est rugueux (Fig. 3) ;

3) Il est tempéré et grâce à la présence du système de géothermie dans le plancher des pièces au-dessus (donc dans le plafond auquel s'accroche les animaux), les conditions de températures semblent favorable à l'hibernation des Grands Rhinolophes (Fig. 3).

On peut aussi légitimement se questionner sur l'impact éventuel de changements climatiques qui localement semblent se traduire par des hivers moins rigoureux et/ou des périodes de froid moins intenses et moins longues, qui pourraient favoriser l'utilisation de ce type de gîte.

Enfin, il convient de signaler qu'il n'a pas été noté de reports d'effectifs depuis d'autres gîtes connus vers celui-ci et qui pourraient donner un départ d'explication sur cette augmentation assez rapide. Il est toutefois probable que d'autres gîtes fréquentés soient, à ce jour, inconnus des chiroptérologues.

Conclusion

Ces quelques observations réalisées dans le cadre des suivis hivernaux coordonnés par Chauve-Souris Auvergne démontrent, au-delà du suivi à long terme, l'intérêt de cette méthode, simple et récurrente mais qui permet de cerner quelques éléments d'évolution des populations et de comportement des espèces. Il conviendra donc de poursuivre ce travail, et en particulier sur ce site pour voir si ce phénomène se pérennise ou pas.

Plus globalement, ceci démontre un certain opportunisme et une certaine réactivité des Grands Rhinolophes (et globalement des chauves-souris) à découvrir et s'approprier des gîtes « nouveaux » ou (re) devenus favorables. Il convient de signaler

que le vide-sanitaire n°1 est toujours resté accessible pendant la période de travaux, ce qui a permis de maintenir une attractivité du site permanente. Par ailleurs, la colonie ne s'est jamais beaucoup éloignée et l'attractivité des habitats autour a été maintenue.

Ceci démontre également l'importance de l'accompagnement des travaux sur des sites déjà connus pour accueillir des chauves-souris aussi sensibles que le Grand Rhinolophe mais également de maintenir voire de créer une attractivité dans des bâtiments non fréquentés ou nouvellement bâtis.

Bibliographie

BERNARD M. (2015). Le Grand Rhinolophe. In: Chauve-Souris Auvergne, Groupe Mammalogique d'Auvergne, 2015. *Atlas des mammifères d'Auvergne. Répartition, biologie et écologie*. Catiche Productions, p. 98 à 103.

Base de données de Chauve-Souris Auvergne.

Remerciements

Merci à M. et Mme Papon de nous permettre d'accéder aux Fontaines pétrifiantes depuis des années et de comptabiliser « leurs » chauves-souris !
Merci à Lilian Girard pour son aide et à Michel Barataud, Thomas Bernard, et Lilian Girard pour leur relecture, correction de ce manuscrit et photographies.

Pour citer cet article :

BERNARD, M. 2017.

Réponse comportementale de Grands Rhinolophes à la création – involontaire – d'un gîte favorable. *Plume de Naturalistes 1* : 107-112.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles de Plume de Naturalistes :
www.plume-de-naturalistes.fr

La publication scientifique est-elle encore à la portée des naturalistes ?

Réflexions sur l'importance accordée aux analyses statistiques informatiques

Par **Michel BARATAUD**
(michel.barataud1@orange.fr)

*Devant la science rationaliste
comme devant l'industrie,
la vie se retire, insaisissable.
L'homme d'action sans sympathie
ne connaît qu'en lui la vie, la
spontanéité, le désir. Rien ne lui
répond et la réalité, passive, est
pour lui une grande prostituée.
[...] Que (la science) prenne un
phénomène naturel, un être
vivant, c'est pour le découper,
idéalement, en pièces inertes.
Force, mouvement, volonté,
conscience, ce qui est la réalité
même, recule d'autant. [...]
Et si pourtant j'avais raison ?
Car lorsqu'on veut douter de soi,
il faut aussi douter de son doute.
Raison contre presque tous,
cela ne présente pas
grande probabilité mais enfin
il n'y a pas que la statistique.*

Robert HAINARD
Nature et mécanisme ; 1946.

*L'histoire naturelle est l'une des
seules sinon la seule matière
dont l'étude tend à affiner la
perception du concret, et surtout
à développer le sentiment, si
nécessaire, de la complexité des
choses. Ces souples contours
du vivant qui narguent toute
réduction à la géométrie, cette
complication indescriptible de la
structure qui fait de chaque être
organisé un petit univers [...], tout
cela fait de l'objet vital une source
irremplaçable d'enseignements,
propres à dissiper certaine illusion
mathématicienne qui est de
croire que les réalités se laissent
rigoureusement définir et qu'on
en épuise le contenu par les outils
de la pure logique.*

Jean ROSTAND
Le droit d'être naturaliste ; 1963.

La publication scientifique est actuellement un exercice très codifié, aux exigences d'autant plus fortes que la revue a un facteur d'impact élevé. Parmi les fondamentaux imposés, le traitement statistique des données concentre une part grandissante de l'attention des comités de relecture. Le succès de cette discipline est justifié car il améliore souvent la compréhension de la causalité des phénomènes ou des limites de leurs interprétations. Bien sûr, comme dans tout sujet, des excès apparaissent, comme pour les biologistes dont la culture les rend plus à l'aise en statistique qu'en recherche de terrain, générant parfois une inversion de logique : les données brutes, matière première d'une étude, sont parfois considérées comme un prétexte à valoriser un type d'analyse statistique innovant. Mais l'intention ici n'est pas de remettre en cause l'utilité des analyses statistiques fréquentielles assistées par ordinateur. Leur puissance de traitement de volumes colossaux de données brutes justifie l'intérêt qui leur est accordé. Le but de cet essai est plutôt d'amener à une réflexion sur la façon dont leur pouvoir s'est imposé sous cette forme exclusive.

Les travaux à caractère scientifique en biologie ou en écologie de type « naturaliste amateur » (couramment accepté comme étant en opposition avec le type « recherche scientifique », majoritairement universitaire), ne peuvent accéder à de nombreux supports de publication lorsque la vérification statistique de leurs résultats selon une méthode *reconnue* est jugée faible ou absente.

¹ Cette étape n'est réalisable sous cette forme que pour les thématiques compatibles avec un processus expérimental ; dans de nombreux domaines de l'écologie ou en biologie de l'évolution par exemple, les méthodes expérimentales sont remplacées par des méthodes déductives.

² Francis Bacon (1561-1626), philosophe et scientifique anglais est l'un des pionniers de la pensée scientifique moderne ; il développe dans « *De dignitate et augmentis scientiarum* » une théorie empiriste de la connaissance, et précise dans *Novum Organum* les règles de la méthode expérimentale.

Ce dogmatisme résulte-t-il d'un processus lent et logique aboutissant à une sélection objective, ou correspond-t-il à un changement assez soudain et récent de paradigme dans notre perception et notre conception du monde ?

Une approche plus tolérante aux capacités d'analyse du cerveau humain pourrait-elle trouver ou retrouver une place dans la ligne éditoriale des revues scientifiques ?

Le raisonnement scientifique : à la recherche de l'objectivité

La difficulté d'accorder au terme « scientifique » une définition consensuelle, tient notamment à trois causes : le caractère diachronique de la pensée scientifique et des méthodes qui lui sont rattachées, le nombre de disciplines qui prétendent inclure un raisonnement scientifique dans leurs pratiques, et la variabilité des domaines dans lesquels ces disciplines ont été classées.

Les sciences naturelles, rangées dans la catégorie des sciences expérimentales, appliquent la méthodologie scientifique classique (observation, interrogation, hypothèse, vérification par l'expérimentation¹, analyse des résultats, publication) déjà décrite dans les grandes lignes par Bacon² au début du XVII^e siècle, qui peut être correctement réalisée quel que soit le cadre des travaux : naturalistes ou universitaires, bénévoles ou professionnels.

Mais le raisonnement scientifique prêle le flanc à un « paradoxe circulaire » : comment isoler une connaissance du monde (en nous et autour de nous), de la subjectivité liée aux sens de l'Humain qui est à la fois auteur du sujet et de la méthode, percepteur des données, acteur de leur collecte et de leur analyse, puis enfin unique censeur des résultats ?

Au cours de l'Histoire, ce paradoxe a été assumé et traité de façons diverses, plus ou moins rationnelles, mais il semble bien que la suprématie des chiffres se soit affirmée pour des raisons d'objectivité.

La puissance des nombres, la fragilité des mots ?

« Au commencement était le verbe » est-il écrit dans la traduction par CRAMPON (1864) du Prologue de l'évangile selon Jean. Cela est vrai sans doute aux débuts de la communication sociale entre individus par langage articulé (VERNIER 2005). Mais la communication entre sociétés par langage écrit a sans doute débuté avec des chiffres, pour des besoins de transactions commerciales (DIAMOND 1997, p. 327). Ainsi le pouvoir des nombres ne date pas d'hier.

Pourtant la communication scientifique en sciences naturelles a longtemps été pratiquée par des personnes lettrées soucieuses de la forme, qui s'exprimaient encore récemment sous forme d'essais narratifs, des récits d'observations et d'expérimentations. Charles Darwin, dans son ouvrage sur l'origine des espèces publié en 1859, a méthodiquement compilé des observations et

des expérimentations durant une bonne partie de sa vie, avant d'avancer sa théorie qui n'a pu être étayée ni par des analyses statistiques informatiques ni par une technologie capable de lui faire appréhender les mécanismes génétiques ; son travail a révolutionné notre vision de la vie alors qu'il n'avait aucune disposition pour les mathématiques (ROSTAND 1963).

Grâce aux nouveautés technologiques (notamment l'informatique et sa puissance de calcul), à un accès facilité aux études supérieures et à une démocratisation des supports de vulgarisation scientifique, ces dernières décennies ont connu une recrudescence du nombre de travaux scientifiques. Publier ses travaux est devenu souvent un indicateur quantitatif vital pour la carrière d'un chercheur. Le nombre de publications augmente de manière exponentielle [passant de 466 419 publications scientifiques toutes disciplines confondues en 1988 selon la National Science Foundation, à 986 099 en 2008 selon le rapport sur la science de l'Institut de statistique de l'UNESCO (2010)]. La plupart des revues impose désormais une codification plus stricte, une norme de plus en plus élitiste.

On retrouve ici une image du schéma reconstitué pour l'évolution historique des petits clans humains vers les grandes sociétés structurées (DIAMOND 1997). Ce changement de paradigme ne serait-il pas lié majoritairement à une question d'échelle quantitative ? Au-delà d'un certain seuil, la quantité entraîne une multiplication des règles standard imposées. Cela s'accompagne d'un accroissement des enjeux de pouvoir ; ce dernier devient de plus en plus centralisé, hiérarchisé et déconnecté de la variabilité des aspirations individuelles. On

observe une standardisation plus stricte des comportements, avec une perte de valorisation des savoirs non codifiés.

Ce processus s'est déroulé en médecine par exemple, avec à l'origine une organisation en clans de petite taille où les chamans (dont la pensée holistique en faisait des précurseurs de l'écologie appliquée) avaient entre autres compétences une maîtrise des soins parfaitement fonctionnelle qui résultait d'un cumul d'expérimentations sur plusieurs générations (la transmission orale était sans doute ici un facteur favorisant car elle permettait de faire passer des subtilités non transcriptibles). L'augmentation des populations, entraînant une structuration forte des sociétés humaines, a imposé un dogme généralisé (en France, principalement religieux pendant l'inquisition³ puis politico industriel en 1941 sous le régime de Vichy⁴) qui a fait disparaître ces savoirs locaux multiples. D'autres acteurs (institutionnels) et d'autres pratiques (industrielles) les ont remplacés, qui se distinguent par leur volonté d'exclusivité en Occident.

On retrouve ici une tendance générale du fonctionnement humain, qui rappelle, à une autre échelle avec d'autres causalités, celle des équilibres ponctués par des extinctions de masse (GOULD 2006) : les innovations majeures ne s'imposent souvent qu'au prix de l'écrasement de nombreux acquis antérieurs.

Serait-ce possible que le raisonnement scientifique, qui par définition tente d'échapper aux pulsions instinctives

en ne retenant que l'analyse objective, n'échappe pas à cette tendance comportementale des sociétés humaines ?

Sciences « dures » et sciences « molles »

Un des exemples fameux de ségrégation en sciences est celui de l'opposition entre sciences exactes et sciences humaines, aussi dénommées sciences dures et sciences molles (on suppose que ce sont les tenants des premières qui ont baptisées ainsi les secondes et non l'inverse : ici les termes semblent significatifs d'un état d'esprit).

Les prémices connues de la pensée scientifique en Occident, dans la Grèce Antique principalement, n'établissent pas de cloisonnement entre les disciplines, la philosophie (en rupture avec les mythologies) se voulant rassembleuse des formes de pensée conceptuelle sur l'esprit et la matière. Une première transition, légère, s'opère entre le VI^e siècle av. J.C. (Héraclite, Démocrite, Pythagore) et le IV^e siècle av. J.C. (Platon, Euclide, Aristote) avec une sécularisation et une rationalisation de la pensée scientifique, qui reste cependant ouverte avec de nombreuses passerelles entre disciplines et un goût pour les échanges (l'art du discours, de la dialectique). Cette perméabilité va continuer à imprégner l'approche des sciences durant toute la période médiévale en Europe avec notamment Augustin d'Hippone (354 - 430) et Thomas d'Aquin (1224 - 1274),

³ Les sorcières brûlées par la Sainte Inquisition n'étaient souvent que de simples herboristes et rebouteuses monnayant leur savoir et leurs aptitudes à guérir auprès de la population..

⁴ La loi du 11 septembre 1941 du gouvernement de Vichy supprima le métier d'herboriste, au profit de la création d'un ordre des pharmaciens à qui furent confiés le monopole de la vente et du conseil en matière de plantes.

même si l'Église catholique impose avec force son rôle ambivalent de mécène et de censeur jusqu'au procès de Galilée en 1633 qui marque la fin progressive de la tradition scolastique, notamment sous l'influence de l'Académie des Lyncéens⁵.

Après 2000 ans de pratique, cette façon globale et perméable d'appréhender globalement les disciplines visant à la connaissance au sens plus large, s'éteint avec la Renaissance. L'importance accordée aux chiffres devient dominante à partir du XVI^e siècle. Galilée (1564 - 1642) écrit : « la nature est écrite dans un langage mathématique » ; René Descartes (1595 - 1650), chantre de la certitude mathématique, combat la rhétorique et confirme l'homme comme « maître et possesseur de la nature » ; Blaise Pascal (1623 - 1662) est à l'origine des probabilités avec son « problème des partis » ; Baruch Spinoza (1632 - 1677) écrit une philosophie « à la manière géométrique » ; Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716) est à l'origine de la machine à calculer et de l'arithmétique binaire ; Isaac Newton (1642 - 1727) fonde la mécanique classique, la théorie de la gravitation universelle et déclare : « les hypothèses n'ont pas leur place dans la philosophie expérimentale ». La plupart des penseurs de cette période condamnent l'imagination et dépouillent la philosophie de sa composante humaine au profit de la véracité des mathématiques et de la physique. Cette influence va imprégner les sociétés occidentales, malgré la réconciliation entre « raison » et « nature » durant le siècle des Lumières, la raison dynamique

de Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770 - 1831) qui lie l'Histoire à son contexte, le positivisme d'Auguste Comte (1798 - 1857) qui tente une classification non normative des sciences, la vision révolutionnaire du monde vivant issue des travaux de Charles Darwin (1809 - 1882) basés sur l'observation et la réflexion, et le naturalisme de Friedrich Nietzsche (1844 - 1900) qui « replonge l'homme dans la nature ». Encore très récemment dans les années 1990, la sociologie par exemple s'est vue contester son statut de science⁶. Pourtant certains essais récents comme celui de Jared DIAMOND (1997) montrent de manière très convaincante qu'une approche méthodologique combinant les sciences humaines et naturelles s'avère très pertinente dans la compréhension de processus diachroniques.

Aux XX^e et XXI^e siècles, le poids des sciences « dures » est tel qu'il imprègne (comme dans la psychanalyse de Jacques Lacan) certains discours de sciences humaines : il semble que pour être crédible à l'heure actuelle, les termes empruntés aux sciences mathématiques et physiques, sans parler des statistiques omniprésentes, soient un parcours obligé. En 1963, Jean Rostand, biologiste et écrivain qui, de son propre aveu, était dans sa jeunesse plus à l'aise avec les mathématiques qu'avec les matières littéraires, s'alarme pourtant de la prise de pouvoir des chiffres sur les mots dans les sciences naturelles et les exigences de réussite scolaire.

⁵ Première académie scientifique d'Europe, fondée à Rome en 1603 ; elle est à l'origine de la tradition des sociétés savantes occidentales.

⁶ Pour plus de détails sur cette synthèse historique, voir notamment BRYON-PORTET 2010 ; BRYSON 2011 et les biographies de wikipédia.

Le pouvoir des chiffres dans la perception actuelle du réel

Il semble donc bien qu'un processus historique ait favorisé la dominance de l'expression mathématique en lien étroit avec notre évolution technologique, pour accompagner la collecte exponentielle de connaissances et faciliter leur organisation. Le langage mathématique a en effet plusieurs avantages par rapport au langage littéraire : il est plus concis (combien de mots pour expliquer une équation ?), plus universel, et il subit moins de dérives (un symbole = un sens). Cette hiérarchisation cartésienne basée sur la prédominance des chiffres, entre disciplines ou entre méthodes et pratiques au sein d'une même discipline, pourrait ainsi être une caractéristique assez récente de la pensée humaine, dont la diffusion s'est accrue de manière spectaculaire ces dernières décennies grâce à la démocratisation de l'usage des ordinateurs.

Les tentatives d'expression de la biologie ou de l'écologie d'une espèce en termes d'équations mathématiques atteignent dans certains articles scientifiques un niveau qui éloigne le lecteur de la réalité observable (HIRZEL *et al.* 2002 ; MACKENZIE *et al.* 2002 ; RODHOUSE *et al.* 2011). Ces études, avec un peu de recul, peuvent être perçues comme une expression artistique, tel un tableau d'art contemporain déformant une source d'inspiration réelle jusqu'à un point tel que chacun y voit ce qu'il veut ou peut - pour les non-initiés un chaos intraduisible en termes concrets. Un nouveau code de langage réservé à une commu-

nauté restreinte... La seule question qui compte est de savoir si nous y gagnons dans notre approche explicative du réel, ou si l'outil mathématique devient peu à peu la véritable finalité intellectuelle ?

Un exemple actuel des préférences de la science pour la comptabilité, est celui de la taxonomie. Bien que de nombreux paléontologues signalent le caractère parfois fragile de la caractérisation de l'espèce dans un continuum d'évolution biologique, la classification des êtres vivants correspond à la fois à une réalité globale et à un moyen fonctionnel pour appréhender le vivant (LECOINTRE & LE GUYADER 2001). Comme le soulignait souvent Stephen Jay GOULD (1997b), l'évolution biologique est souvent confondue avec la notion trompeuse de « progrès », et l'évolution des concepts et des techniques n'échappe pas non plus à cette distorsion. Ainsi les généticiens, lorsqu'ils mettent leur discipline moderne en perspective avec des méthodes descriptives plus anciennes comme la comparaison des phénotypes, affichent souvent une certaine supériorité. Il est pourtant probable que leurs convictions actuelles seront regardées, par le jeu du recul temporel et de l'amélioration constante des connaissances, avec la même distance par leurs futurs collègues dans quelques années ou décennies. Cette façon de bénéficier des acquis antérieurs tout en les jugeant obsolètes semble inscrite dans beaucoup de nos comportements mêlant la connaissance et le pouvoir : ce qui est ancien est jugé archaïque, et doit être dénigré pour mieux asseoir le dogme actuel ; comme si une coexistence avec l'ancien empêchait l'affirmation du nouveau.

La réalité perçue à un instant donné dépend de nos capacités cognitives (KANT 2012) ; elle résulte d'une coévolution entre notre technologie et nos raisonnements intellectuels, donc d'un contexte temporel. Ce mouvement ne correspond pas à celui d'un curseur se déplaçant de l'ignorance vers un point de connaissance absolue : il paraît cohérent que ce point n'existe pas, étant lui-même en mouvement avec l'évolution du vivant et de son environnement sous dépendance de nombreuses règles mais aussi des contingences chères à Stephen Jay Gould. Ce dernier a souvent montré qu'il raisonnait comme un statisticien (voir notamment GOULD 1997b, p. 63), mais il était aussi un bibliophile, un érudit, amoureux des langues, des arts et de l'histoire des sciences, ce qui lui donnait une vision d'ensemble digne d'intérêt. Dans son ouvrage de synthèse sur l'évolution (GOULD 2006, p. 854), il aborde la théorie du gène égoïste (DAWKINS 1990), en considérant que placer le siège de la sélection naturelle au niveau des gènes plutôt qu'au niveau des organismes est une erreur de logique, une confusion entre causalité et comptabilité. Que ce soit Richard Dawkins ou Stephen Jay Gould qui ait raison sur ce sujet précis, cela importe moins que la nature de l'opposition telle que Gould l'interprète : plus globalement, un raisonnement purement comptable n'est peut-être pas le meilleur moyen - en tous cas pas le seul qui vaille - d'accéder à la causalité de faits observés.

L'empirisme cher à Francis Bacon (MILANESE 2016) a perdu ses lettres de noblesse face aux capacités de calcul des ordinateurs jugés sans faille car à l'abri de l'émotionnel, du subjectif ; pourtant les émotions du cerveau humain peuvent aussi améliorer la

qualité du raisonnement, et font partie intégrante de notre compréhension du monde (DAMASIO 1995).

La loi des probabilités : une composante influente de l'évolution biologique ?

Le Merle noir optimise la probabilité de rencontre avec des vers de terre en fouillant autour du point de capture récent (BROSSET 1982) ; le Lynx boréal établit une corrélation négative intuitive entre la distance de sa proie et ses chances de la capturer (RAYDELET 2006) ; l'enfant habitué au trafic citadin évalue la probabilité de traverser une rue sans risque, en fonction de la distance et de la vitesse des nombreuses voitures en mouvements croisés ; les cycles d'émergences des larves de cigales, en utilisant les propriétés des nombres premiers, minimisent la probabilité d'apparition de prédateurs spécialisés (GOULD 1997a) ; l'écologie du Douglas intègre la probabilité que la foudre tombe sur un tronc mort afin de permettre à ses graines de germer (OTTO 1998) ; etc.

Il est très *probable* que beaucoup d'individus dans leur comportement quotidien, et la plupart des espèces dans leurs traits de vie, utilisent les concepts de probabilité, de corrélations positives et négatives, pour améliorer leur survie. Dans tous les cas le phénomène procède par évaluations de plus en plus précises résultant d'un processus de sélection (expérimentale à l'échelle de l'apprentissage chez l'individu ; naturelle – au sens darwinien du terme – à l'échelle de l'évolution d'une espèce), aboutissant à une efficacité fonctionnelle remarquable.

Ainsi les probabilités font partie de nos vies sous forme de « calculs intuitifs », et conditionnent notre survie. Il paraît donc logique que le cerveau humain, doté de capacités cognitives au-dessus de la moyenne, ait quelques chances de ne pas être en reste dans ce domaine.

Notre propension à multiplier nos capacités grâce à la culture et la technologie s'est exprimée de manière particulièrement prégnante dans le domaine des mathématiques et des statistiques assistées par ordinateur, au point de déléguer à cette dernière discipline une part de nos capacités naturelles et qu'elle en vienne à régler nombre de nos comportements. On peut déplorer ses excès (sondages d'opinions qui inondent notre quotidien) ; on peut aussi s'alarmer des effets pervers de notre incapacité à produire par nous-mêmes certains raisonnements probabilistes (la surreprésentation des informations alarmistes dans les médias dérègle notre aptitude à relativiser et nous fait perdre la notion de potentialité des risques dans nos contextes individuels).

Qu'elle soit consciente ou non, la place prise par les probabilités dans nos vies n'a rien de nouveau. Mais elle s'exprime sous la forme de statistiques mathématiques depuis seulement quelques décennies dans nos sociétés technologiques, et ceci d'une manière quasi institutionnalisée qui imprègne nos codes comportementaux. Avons-nous intérêt à développer un esprit critique sur ce

phénomène ? La prise de conscience de son ampleur n'est-elle pas salutaire du point de vue de l'évolution de notre indépendance d'esprit collective – ce fameux libre arbitre individuel garant des libertés sociétales ?

Les statistiques informatiques : un produit humain objectif ou restant sous influence ?

Le traitement statistique informatique est un outil qui permet une lecture plus objective de faits observés, notamment en mettant en évidence leurs liens (influences positives ou négatives) avec des variables connexes. Mais l'on peut craindre qu'une focalisation exclusive sur cette discipline génère une interprétation paradoxalement distanciée de la réalité observable et vérifiée. Il est en effet une tendance récente constatée dans de nombreuses disciplines scientifiques : les chercheurs passent de moins en moins de temps sur le terrain⁷. En sciences naturelles, cette déconnexion sensorielle crée une distance avec l'objet étudié qui devient une entité de plus en plus théorique ; une régression à la fois temporelle et conceptuelle, de la logique d'observation d'Aristote vers le monde des idées de Platon.

⁷ Cette dérive actuelle a au moins un précédent dans l'Histoire : dans la Grèce Antique, la primauté accordée à l'esprit sur les tâches manuelles cantonnait les penseurs patriens à la réflexion aux dépens de l'expérimentation (GOULD 1997a p. 228) ; à ce titre Aristote (384-322 av. J.C.) a été en rupture avec ses prédécesseurs, notamment Socrate et Platon. De nos jours les raisons, si elles tiennent beaucoup à des contraintes triviales (manque de financements pour consacrer du temps au terrain), sont empreintes de la conviction d'une supériorité des modélisations et autres algorithmes informatiques et d'une méfiance vis-à-vis de l'observation directe.

En pratique cela peut être très dommageable à la qualité des données brutes ou à la puissance d'interprétation de l'observateur.

Les exemples sont à manier avec prudence car leur pouvoir de séduction sur notre compréhension risque de masquer la complexité d'un phénomène. C'est averti de cette dérive que je vais tenter d'illustrer mon propos avec précaution, en puisant dans une thématique qui m'est plus familière : le recours aux signaux sonar des chiroptères pour leur identification spécifique, l'étude du comportement des individus et celle de l'écologie des espèces.

Plusieurs études sur l'identification acoustique des chiroptères ont été réalisées en Europe ces vingt-cinq dernières années. Pour la plupart, leur propos est de privilégier une méthode de tri, de mesures et d'analyses automatiques afin de standardiser le processus et le rendre moins sensible aux variations liées à l'intervention humaine (collecte, sélection, mesure et interprétation « manuelles »). Certains de ces travaux expriment explicitement un dénigrement de l'analyse humaine au profit de l'algorithme informatique jugé moins biaisé. Or la gageure première dans ce domaine d'études me semble résider prioritairement dans la nature des données brutes : enregistrer de nombreux individus (pour couvrir la variabilité intraspécifique) dans de nombreuses conditions naturelles de vol (pour appréhender les comportements acoustiques sans biais dus aux méthodes de collecte des sons). Les applications en matière de conservation des espèces et de leurs habitats étant nombreuses, une émulation forte s'est développée dans la recherche universitaire, mais le temps disponible à consacrer au terrain étant réduit, la ma-

tière brute analysée souffre souvent de biais rédhibitoires. Certaines études se basent sur des enregistrements réalisés uniquement ou principalement dans les premiers mètres après le relâcher d'animaux capturés (donc sous effet de stress drastique) ou après leur sortie de gîte, avec dans tous les cas des signaux stéréotypés non représentatifs de l'ensemble du répertoire utilisé au cours de l'activité nocturne (RUSSO & JONES 2002 ; VAUGHAN *et al.* 1997). D'autres, grâce à l'utilisation du travail de naturalistes de terrain, évitent plus ou moins cet écueil mais ne prennent en compte dans un souci d'harmonisation statistique que quelques signaux isolés de leur contexte (MAC LEOD *et al.* 2013 ; WALTERS *et al.* 2012), sous-estimant la variabilité de l'outil sonar et occultant le lien comportemental entre les signaux. Une étude (JENNINGS *et al.* 2008) a même eu pour but de comparer les performances dans l'identification acoustique entre l'analyse automatique (traitements informatiques par réseaux de neurones artificiels) et l'analyse naturaliste (combinaison d'analyses auditive et informatique, cette dernière – sélection, traitement et mesures - étant réalisée manuellement) par des naturalistes plus ou moins expérimentés. Or ce sont les naturalistes qui ont dû se plier aux normes de l'analyse automatique et non l'inverse : ils ont dû travailler sur des courtes séquences de deux à trois signaux isolés de leur contexte, alors que la robustesse de leur méthode est au contraire basée sur la cohérence comportementale d'une série chronologique de plus de 10 signaux (correspondant aux conditions de récolte sur le terrain). Les performances de l'analyse informatique ont ainsi pu apparaître comme légèrement (mais non significativement) supérieures, alors que la méthodologie était biaisée.

Ces travaux ont tous été publiés dans des revues scientifiques à haut facteur d'impact ; l'appartenance des auteurs à des universités renommées et la caution des outils d'analyse statistique informatique doivent sans doute constituer de puissants éléments favorables pour les comités de lecture. Comme le précisent HURLBERT & LOMBARDI (2003), c'est souvent plus facile de publier en utilisant une analyse statistique erronée (38 % des publications examinées en sciences naturelles contenaient des erreurs statistiques conduisant à des conclusions erronées) qu'en n'utilisant aucune analyse statistique.

Autre exemple, celui d'une étude (CELUCH & ZAHN 2008) dont la citation est recommandée par des relecteurs de revues scientifiques. Elle compare, uniquement par le biais de modélisations informatiques, deux techniques d'étude de l'activité nocturne des chiroptères : le radio pistage et la détection acoustique. Démontrant que la seconde surestime l'activité dans des habitats de petite surface, les auteurs concluent que le détecteur d'ultrasons n'est pas un « outil magique ». Au-delà de la critique des résultats eux-mêmes, cette étude pose un problème de confusion dans les objectifs des méthodes comparées. Le radio pistage mesure le temps de présence d'un individu dans un habitat sans savoir ce qu'il y réalise (repos ? chasse ? activité sociale ?) ; la détection acoustique mesure la pression d'utilisation, ventilée par types d'activité, d'un habitat par un nombre inconnu d'individus. Ainsi un chiroptère glaneur chassant ou se reposant pendant 45 minutes dans un arbre sera analysé de la même façon par la technique du radio pistage, alors que la détection ne mettra

en évidence que l'activité de chasse, seule indicatrice de la qualité trophique de l'habitat. Ces seules différences induisent une absence de possibilité correcte de comparaison objective entre les deux techniques, puisqu'elles ne répondent pas aux mêmes questions. Par ailleurs, les auteurs font abstraction des erreurs fréquentes (par réverbération...) de triangulation entraînant une difficulté de localisation précise par radio pistage, problème qui affaiblit considérablement leur démonstration pour les habitats de petite surface. Il semblerait donc que le comité de relecture ayant validé ce travail ait été plus sensible aux aspects rationnel et novateur de la modélisation informatique, qu'aux failles méthodologiques que tout observateur de terrain aguerri ne saurait laisser passer.

Ces égarements montrent à quel point l'influence culturelle - souvent inconsciente - du chercheur scientifique, peut s'exercer à n'importe quel niveau de la conception ou de l'application d'un protocole (DE WAAL 2016, p. 246), même lorsque ce dernier se pare d'une objectivité mathématique.

Appartenir à la communauté scientifique implique d'adopter ses règles fondatrices mais aussi ses convictions du moment (par essence éphémères), qui peuvent résulter d'une volonté de se démarquer d'autres formes de pensée, parfois pour des motifs non rationnels : l'existence de domaines réservés montre l'impact des rapports sociaux humains sur l'objectivité des scientifiques comme des naturalistes (DESPRET 2012, p. 56).

Les études naturalistes : l'approche bayésienne intuitive a-t-elle sa place ?

L'évolution biologique, telle qu'on la conçoit depuis 1859 grâce à Charles DARWIN (1992), déroule un processus que l'on peut résumer de manière imagée comme un cumul d'expériences, chacune étant enrichie du patrimoine de la précédente. Les éléments de l'ensemble, des gènes aux communautés d'organismes, sont parfaitement fonctionnels [avec quelques imperfections de détail, puisque c'est du « bricolage par approches successives » (DAWKINS 1986)] à condition de rester interdépendants. Ce processus explique correctement, selon notre compréhension actuelle du vivant, la réalité observable.

Or nous pouvons malicieusement observer que ce processus cumulatif est assez similaire à la démarche d'un naturaliste de terrain qui tente d'expliquer avec méthode la réalité du vivant par des approches successives, dont chacune bénéficie des précédentes. Avec le temps il se forme progressivement une vision d'ensemble robustement étayée par cette succession d'enseignements confortés ou corrigés.

Une étude particulière, quelle que soit la qualité de son protocole et la richesse de son échantillonnage, n'offre qu'une vue ponctuelle et partielle de la réalité ; ce sont ces quelques données brutes, déconnectées de la continuité temporelle et de la variabilité spatiale, qui sont traitées dans une analyse statistique informatique (la

méthode des méta-analyses, intégrant les données de différentes études, est encore très peu pratiquée). La partie « commentaires » ou « discussion » d'une publication est certes censée, sous forme d'une comparaison narrative avec d'autres travaux, offrir une vision relative ; mais la norme des revues scientifiques sanctionne toute référence à des sources non publiées et non conformes à l'orthodoxie actuelle. D'où un parcours imposé auto-entretenu qui empêche l'intégration de nombreux acquis antérieurs venant améliorer la compréhension du système étudié ponctuellement.

Lorsqu'un chercheur, riche d'une longue expérience de terrain, interprète des résultats ponctuels, il développe – intentionnellement et/ou intuitivement – un processus d'analyse qui intègre l'ensemble de ses observations cumulées dans des contextes comparables. Dans ce processus les influences – positives ou négatives, supposées réelles ou biaisées – des variables explicatives sur les faits observés sont appréhendées à la lumière des nombreuses expériences antérieures, qu'elles relèvent d'études standardisées ou d'observations anecdotiques. Un naturaliste peut ainsi générer dans ses raisonnements une analyse intégrant et croisant une quantité importante d'observations et ne retenant au fil du temps que les hypothèses semblant les plus indépendantes des influences extérieures au système étudié. Lorsqu'il publie des résultats ponctuels sur une étude particulière, la façon dont il écrit son protocole puis interprète ses données est imprégnée de cette analyse globale cumulée avec

le temps ; il pratique ainsi une approche bayésienne⁸ plus ou moins intuitive.

L'expérience d'une personne est une propriété émergente de son équipement cognitif particulier. C'est donc un domaine réservé inaccessible au réductionnisme, dont la subjectivité ne doit pas être considérée comme un handicap mais comme un élément pertinent de la mosaïque que constitue la compréhension d'un phénomène. En écologie nous tentons de comprendre des interactions qui résultent de la nature du biotope et des traits de vie de chaque espèce, mais aussi certainement en partie des comportements individuels ; ces derniers nous sont parfois opaques au sein de notre propre espèce, et notre incompréhension ne peut que grandir vis-à-vis d'organismes plus éloignés comme un Murin de Bechstein, un Alyte accoucheur ou une Rosalie des Alpes (NAGEL 1983). La subjectivité est donc à l'origine même de nos perceptions, qu'elles se réalisent par nos sens ou à travers le filtre rassurant des calculs informatiques ; la sélection aléatoire d'un échantillonnage ou la suppression de variables parasites n'est souvent que le choix d'un nouveau biais pour en estomper d'autres. L'exclusion de telle ou telle forme de perception ou d'analyse me semble correspondre pour beaucoup à des courants historiques de la pensée humaine ; or un naturaliste imprégné en profondeur de son sujet développe un raisonnement qui est un complément utile aux autres formes d'analyses plus cartésiennes.

Des différences peuvent apparaître entre une analyse multivariée informatique (menée sur des résultats ponctuels) et une approche bayésienne intuitive (enrichie de sources multiples et variées) : par exemple une série de valeurs affichant une tendance non validée par les statistiques fréquentielles, mais soutenue comme une hypothèse robuste selon l'expérience de l'auteur. Cette contradiction n'est peut-être problématique qu'en apparence : elle constitue en elle-même une information pour mieux appréhender la globalité des questions posées : chaque source analytique, humaine *versus* informatique, est à la fois soumise à des biais et étayée par des éléments objectifs. Supprimer la première au profit de la seconde sous prétexte d'objectivité « comptable » est une perte d'informations dommageable lorsque l'auteur des travaux dispose d'une expérience suffisamment riche pour exercer ses capacités d'analyse multivariée humaine.

Le comportement actuel des revues scientifiques, se désintéressant de toute étude non étayée par l'analyse statistique informatique, correspond à une émergence culturelle récente : la science des statistiques, par sa puissance de traitement et d'interprétation des données grâce aux ordinateurs, a constitué une pression de sélection efficace sur le monde de la recherche (mais aussi celui de la communication) toujours à la recherche de l'objectivité mathématique. Il s'ensuit un dénigrement des capacités d'intégration et de réflexion humaines

⁸ Thomas Bayes, pasteur britannique, est à l'origine d'une formule simple publiée en 1763 et dénommée depuis le théorème de Bayes. Cette loi des probabilités, oubliée pendant plus de deux siècles, fait l'objet d'une redécouverte récente et fertile dans de nombreuses disciplines qui l'intègrent dans des processus statistiques souvent très complexes. L'approche bayésienne prend en compte les connaissances antérieures (expérimentales ou anecdotiques) sur un système donné, et les associe aux données de terrain qui sont acquises au cours d'une étude ponctuelle ; cette intégration informe souvent mieux et davantage la compréhension du système et peut aussi s'exercer de manière intuitive (GUNNELL 2009).

au profit de la « réflexion robotisée », jugée plus performante (à juste titre pour la précision du calcul, mais elle n'intègre pas le cumul d'expérience) et plus objective (alors qu'elle dépend aussi de composantes humaines : les choix et les capacités de leurs concepteurs et de leurs utilisateurs). Il se pourrait pourtant que la réalité soit mieux appréhendée grâce à plusieurs angles de perception distincts et complémentaires.

Lorsqu'un naturaliste publie des résultats, il présente souvent des tendances jugées pertinentes selon son approche bayésienne. Par exemple pour les chiroptères : la décroissance des effectifs d'une espèce dans un gîte de repos subissant une perturbation, ou l'augmentation de l'activité de chasse d'une espèce en lien avec la complexité structurelle d'un peuplement forestier. Et cela même si certaines sont qualifiées de « non significatives » par une analyse statistique informatique. Cette démarche étant refusée par les revues scientifiques, cela oblige les auteurs - s'ils persistent à publier - à se restreindre aux seuls résultats validés statistiquement. Cette présentation partielle des résultats entraîne une perte d'informations, alors que ces dernières pourraient être exprimées sous forme d'hypothèses à valider ou infirmer par des travaux ultérieurs. En effet, les études écologiques notamment, cumulent plusieurs niveaux de complexité (BLONDEL 2012, p. 76) : celle interne aux organismes étudiés et celle qui concerne les relations multiples au sein d'un système changeant (entre congénères, entre espèces, entre espèces et leur contexte abiotique...). Plus la complexité augmente, plus sa vérification par les mathématiques devient ardue. Richard DAWKINS (1986, p. 17) illustre cette

difficulté par la métaphore suivante : « Le comportement des objets physiques, non biologiques, est si simple qu'il est possible d'utiliser pour le décrire le langage mathématique existant - voilà pourquoi les livres de physique sont remplis de mathématiques. [...] Personne n'a encore inventé les mathématiques qui pourraient décrire en totalité la structure et le comportement d'un objet tel qu'un physicien, ou même une seule de ses cellules. ». Il est en effet particulièrement difficile, pour des études écologiques complexes, de prévoir dans les protocoles une mesure de l'influence de tous les paramètres biologiques, comportementaux, environnementaux... autant de facteurs qui peuvent être progressivement intégrés par un observateur tout au long d'un processus empirique, et dont les interprétations subjectives sont censées diminuer avec l'augmentation dans le temps des qualités d'observation et d'analyse (l'honnêteté intellectuelle étant par ailleurs considérée comme une valeur attendue constante).

Vers une meilleure tolérance envers les différents outils d'analyse ?

Bien sûr il existe quelques rares revues naturalistes qui ont pour but de publier des résultats originaux, et dont les comités de relecture restent à peu près ouverts aux approches empiriques. Mais elles ont tendance avec le temps à suivre deux processus classiques : soit elles manquent de matière de publication (malgré les nombreux et excellents travaux naturalistes réalisés chaque

année, mais beaucoup de leurs auteurs sont découragés par le formatage actuel) et finissent par disparaître, soit elles montent en renommée et versent rapidement dans les exigences dogmatiques pour se rapprocher de la « cour des grandes ».

Serait-il concevable que l'ensemble de la communauté scientifique puisse intégrer dans son concept de description de la réalité observable, le fait qu'un humain est capable dans de nombreux cas d'accéder à un niveau pertinent d'analyses de type statistique, sans pour autant avoir recours aux calculs mathématiques, à partir de ses connaissances acquises grâce à un

processus cumulatif? Ainsi le recours à des analyses informatiques fréquentielles, s'il constitue un atout indéniable (et même indispensable pour les très gros volumes de données), ne constituerait pas pour autant un passage obligé pour publier des résultats. A chaque lecteur de mettre en oeuvre son libre arbitre (élément pivot d'une démocratie, qui nécessite culture et méthode et s'atrophie lorsque la réflexion individuelle est déléguée – notamment – à la technologie) et de juger de la pertinence des travaux présentés, qu'ils aient recours ou non à l'analyse statistique informatique.



Remerciements

Merci à Philippe Grimonprez pour sa relecture avisée du manuscrit et pour son rôle permanent de transmetteur de culture.

Merci à tous ces auteurs d'essais qui excellent dans l'exercice difficile de la vulgarisation des connaissances ; Stephen Jay Gould (1941-2002), référence à la fois scientifique, humaniste et littéraire, est une source permanente d'éveil et d'enrichissement de la pensée.

Bibliographie

- BLONDEL, J. 2012.** *L'archipel de la vie. Essai sur la diversité biologique et une éthique de sa pratique.* Buchet Chastel, Paris. 256 pp.
- BROSSET, A. 1982.** La prédation. *Bulletin mensuel de l'Office National de la Chasse* 54 : 14-25.
- BRYON-PORTET, C. 2010.** Sciences humaines, sciences exactes. Antinomie ou complémentarité ? *Communication* 28(1) : 243-264.
- BRYSON, C. 2011.** *Une histoire de tout, ou presque...* Payot, Paris. 654 pp.
- CELUCH, M. & ZAHN A. 2008.** Foraging habitat preferences of bats: new question in interpretation of bat detector data. *Vespertilio* 12: 3-9.
- CRAMPON, A. 1864.** *La sainte bible.* Traduction d'après les textes originaux par l'abbé A. Crampon, Chanoine d'Amiens. Édition révisée par les Pères de la Cie de Jésus avec la collaboration de Professeurs de S. Sulpice. Société de Saint Jean l'évangéliste, 1923.
- DAMASIO, A.R. 1995.** *L'erreur de Descartes. La raison des émotions.* Odile Jacob, Paris. 386 pp.
- DARWIN, C. 1992.** *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie.* Texte établi par Daniel Becquemeont à partir de la traduction de l'anglais d'Edmond Barbier. Flammarion, Paris. 604 pp.
- DAWKINS, R. 1986.** *L'horloger aveugle.* Robert Laffont, Paris. 380 pp.
- DAWKINS, R. 1990.** *Le gène égoïste.* Odile Jacob, Paris. 459 pp.
- DESPRET, V. 2012.** *Que diraient les animaux si... on leur posait les bonnes questions ?* La Découverte, Paris. 325 pp.
- DE WAAL, F. 2016.** *Sommes-nous trop « bêtes » pour comprendre l'intelligence des animaux ?* Les Liens qui Libèrent, Paris. 408 pp.
- DIAMOND, J. 1997.** *De l'inégalité parmi les sociétés. Essai sur l'homme et l'environnement dans l'Histoire.* Gallimard, Paris. 695 pp.
- GOULD, S.J. 1997a.** *Darwin et les grandes énigmes de la vie.* Seuil, Points Sciences, Paris. 308 pp.
- GOULD, S.J. 1997b.** *L'éventail du vivant. Le mythe du progrès.* Seuil, Points Sciences, Paris. 300 pp.
- GOULD, S.J. 2006.** *La structure de la théorie de l'évolution.* Gallimard, Paris. 2033 pp.
- GUNNELL, Y. 2009.** *Ecologie et Société.* Collection U Sciences Humaines et Sociales. Armand Colin, Paris. 432 pp.
- HURLBERT, S.H., & C.M. LOMBARDI. 2003.** Design and analysis: uncertain intent, uncertain result [review of *Experimental design and data analysis for biologists* by G. Quinn and M. Keough]. *Ecology* 83: 810-812.
- HIRZEL, A.H., HAUSER J., HESSEL D. & PERRIN N. 2002.** Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* 83(7): 2027-2036.
- JENNINGS, N., PARSONS S. & POCOCK M.J.O. 2008.** Human vs. machine : identification of bat species from their echolocation calls by humans and by artificial neural network.

Canadian Journal of Zoology 86: 371-377.

KANT, E. 2012. *Critique de la raison pure*. Traduction de l'ouvrage publié en 1781. Presses Universitaires de France, Paris. 584 pp.

LECOINTRE, G. & LE GUYADER H. 2001. *Classification phylogénétique du vivant*. 2e édition. Belin, Paris. 543 pp.

MACKENZIE, D.I., NICHOLS J.D., LACHMAN B.B., DROEGE S., ROYLE J.A. & LANGTIMM C.A. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83(8): 2248-2255.

MAC LEOD, N., KRIEGER J. & JONES K. 2013. Geometric morphometric approaches to acoustic signal analysis in Mammalian biology. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 24(1): 110-125.

MILANESE, A. 2016. *Bacon et le gouvernement du savoir. Critique, invention, système: la pensée moderne comme épreuve de l'histoire*. Classiques Garnier. Coll. Constitution de la modernité. 587 pp.

NAGEL, T. 1983. Quel effet cela fait, d'être une chauve-souris ? In : *Questions mortelles*. Presses Universitaires de France, Paris. 247 pp.

OTTO, H. J. 1998. *Ecologie forestière*. Institut pour le Développement Forestier, Paris. 397 pp.

RAYDELET, P. 2006. *Le lynx boréal*. Delachaux & Niestlé, Paris. 191 pp.

RODHOUSE, T.J., VIERLING K.T. & IRVINE K.M. 2011. A practical sampling design for acoustic surveys of bats. *The Journal of Wildlife Management* 75(5): 1094-1102.

ROSTAND, J. 1963. *Le droit d'être naturaliste*. Stock, Paris. 213 pp.

RUSO, D. & JONES G. 2002. Identification of twenty-two bat species (Mamma-

lia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology of London* 258: 91-103.

UNESCO. 2010. Rapport de l'UNESCO sur la science 2010. Résumé exécutif. L'état actuel de la science dans le monde. Rapport 31 pp. <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001898/189883F.pdf>

VERNIER, P. 2005. Evolution du cerveau et émergence du langage. p. 42-63. In : *Aux origines des langues et du langage*. Sous la direction de Jean-Marie Hombert. Fayard, Paris. 505 pp.

VAUGHAN, N., JONES G. & HARRIS S. 1997. Identification of British bat species by multivariate analysis of echolocation call parameters. *Bioacoustics* 7: 189-207.

WALTERS, C.L., FREEMAN R., COLLEN A., DIETZ C., FENTON M.B., JONES G., OBRIST M.K., PUECHMAILLE S.J., SATTLER T., SIEMERS B.M., PARSONS S. & JONES K.E. 2012. A continental-scale tool for acoustic identification of European bats. *Journal of Applied Ecology* 49: 1064-1074.

Pour citer cet article :

BARATAUD, M. 2017.

La publication scientifique est-elle encore à la portée des naturalistes ? Réflexions sur l'importance accordée aux analyses statistiques informatiques. *Plume de Naturalistes* 1 : 113-128.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles de Plume de Naturalistes : www.plume-de-naturalistes.fr

Cette revue est ouverte
à vos manuscrits,
que vous pouvez envoyer
à cette adresse :

revue-plume@cpiébrenne.org

Les instructions aux auteurs
sont disponibles sur le site
de la revue

www.plume-de-naturalistes.fr

(onglet *Écrire un article*)

Cette revue est référencée
dans le catalogue de la
Bibliothèque Nationale de France :

ISSN 2607-0510



BRENNE - BERRY

Le CPIE Brenne-Berry,
association d'éducation à
l'environnement déclarée
organisme de formation
professionnelle, est la structure
d'accueil de la revue.

