



La bioacoustique : un outil d'avenir pour le suivi et la gestion des espèces animales

FRÉDÉRIC SÈBE*Équipe Communications Acoustiques,
Centre de Neurosciences Paris-Sud, UMR 8195,
CNRS – Université Paris Sud, Orsay.*

Chez les oiseaux et les mammifères, les signaux de communication acoustique (comme les cris ou les chants) jouent un rôle particulièrement important dans le transfert et l'échange d'informations telles que l'appartenance à l'espèce, à une population, l'identification d'un voisin ou d'un partenaire. De là, l'analyse et l'utilisation des signaux acoustiques peuvent rendre de nombreux services dans la détermination des espèces et l'identification des individus, l'étude des dynamiques de population et la gestion et la conservation de nombreuses espèces gibiers et/ou d'intérêt patrimonial.

En bramant, le cerf donne des informations sur sa condition physique qui pourraient être exploitées dans le cadre des études démographiques.
© B. Hamann.



L'inventaire et le suivi des espèces sont la base de tout plan de gestion et de sauvegarde de la biodiversité. L'accroissement des surfaces à couvrir et l'accélération de l'évolution des habitats et des modifications climatiques requièrent des méthodes rapides et fiables d'évaluation. Actuellement, cette évaluation est basée sur l'analyse et l'interprétation d'indices de présence tels que les traces, les fèces, les observations visuelles et les indices acoustiques. D'un point de vue biologique, on retrouve des signaux acoustiques dans la plupart des comportements des oiseaux et des mammifères : appartenance spécifique, recherche du partenaire sexuel, du jeune ou du parent, territorialité, localisation des individus et indication d'états émotionnels. L'avantage de la communication acoustique est qu'elle est rapide, ne laisse pas de trace, et que l'intégralité des informations contenues dans un signal est facile à enregistrer, à analyser et à diffuser (**encadré 1**). Ainsi, en s'immisçant dans les réseaux de communication acoustique d'une espèce, soit en tant que récepteur, soit en tant qu'émetteur, on peut obtenir des informations capitales sur l'animal mais aussi influencer son comportement.

Recensement des individus par l'utilisation des signatures vocales individuelles

Le comptage des individus constitue généralement une étape incontournable à tout plan de gestion et de conservation des espèces. L'identification des individus est souvent lourde et difficile à mettre en place (captures laborieuses et non exhaustives, observations *de visu* difficiles, doubles comptages). On fait alors de plus en plus appel à d'autres outils de discrimination, comme l'identification acoustique. En effet, chez plusieurs espèces territoriales, le contenu informatif du signal répond aux contraintes d'ordre comportemental (discrimination des voisins) imposées par la

Encadré 1

Qu'est-ce que la bioacoustique ?

On entend par bioacoustique l'étude des communications acoustiques chez les animaux. Au sens biologique, la communication peut être définie comme l'action qu'exerce un organisme sur un autre organisme en influençant ou modifiant le comportement de celui-ci (Pye & Langbauer, 1998).

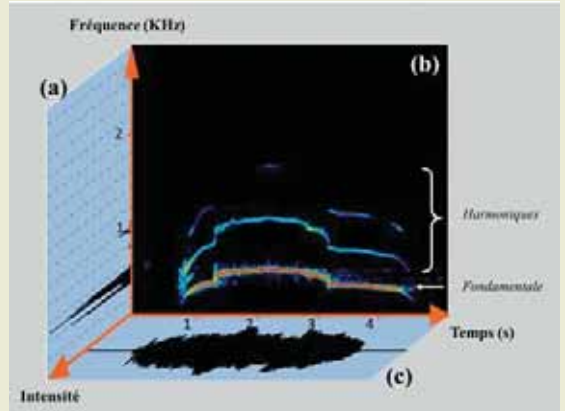
Ainsi, les communications acoustiques regroupent l'ensemble des communications faisant intervenir des signaux sonores, qui se définissent comme des variations de pression se propageant dans un milieu matériel. La vibration engendrée lors de l'émission d'un signal sonore est caractérisée par une fréquence (F), liée à la période (T) par la relation $F = 1/T$ (avec F en hertz et T en secondes), une amplitude et une durée. Tout signal acoustique peut donc être défini par ces trois paramètres complémentaires : fréquence, amplitude et temps. Plus précisément, ce sont les variations de l'un de ces paramètres par rapport aux autres, fréquence par rapport au temps, amplitude par rapport au temps et amplitude par rapport à la fréquence, qui résument les propriétés du son et qui peuvent servir au codage de l'information dans le signal (Leroy, 1979).

L'analyse des signaux acoustiques a nécessité l'utilisation d'outils empruntés à la physique et à l'analyse mathématique, afin de visualiser le son. Les méthodes usuelles de représentation permettent de mettre en évidence les différentes composantes d'un signal, à savoir le temps, la fréquence et l'amplitude. Pour lever toute ambiguïté, et afin d'identifier correctement les phénomènes mis en jeu, il est toujours préférable d'analyser un signal à travers plusieurs méthodes d'analyse (oscillogramme, spectrogramme et sonagramme), chacune présentant des avantages et des inconvénients spécifiques.

Bibliographie

- Leroy, Y. 1979. *L'univers sonore animal*. Gauthier-Villars, Paris.
- Pye, J.-D. & Langbauer, J.W.R. 1998. *Animal Acoustic Communication*. Springer, Berlin.

Représentation graphique d'une vocalisation de loup.



(a) Spectrogramme : fréquence en fonction du temps.
(b) Oscillogramme : amplitude en fonction du temps.
(c) Spectre fréquentiel : amplitude en fonction des fréquences.

territorialité et contient donc toutes les informations nécessaires à l'identification individuelle. Compte tenu du développement des moyens informatiques, l'automatisation d'un certain nombre de tâches peut être envisagée. Cette méthode acoustique permet en outre d'éliminer certaines sources d'erreurs, comme l'effet observateur. Il est ainsi possible d'alléger, automatiser et améliorer la précision des résultats des recensements (encadré 2).



© DR.

Encadré 2

Le cri du faisan : de la signature acoustique individuelle au recensement « automatique » des populations

Actuellement, l'estimation précise de la taille des populations de faisans communs pour les plans de chasse est souvent difficile à obtenir sur de grandes surfaces. Face à ce constat, la FDC du Loir-et-Cher et la FRC du Centre ont sollicité le CNERA Petite faune sédentaire de plaine de l'ONCFS et l'équipe Communications acoustiques du CNRS de l'Université Paris-Sud pour tester la possibilité de compter les faisans présents sur un site de manière acoustique et semi-automatique.

Cette étude visait d'abord à évaluer la signature individuelle acoustique dans les cris du faisan, puis à tester la fiabilité de cette information pour déterminer le nombre d'individus présents sur un site d'étude.

L'analyse des cris de 21 faisans a effectivement révélé des différences entre les individus. L'étude a ainsi montré que la durée de deux notes et la valeur de la fréquence fondamentale sont des paramètres très stéréotypés qui constituent une véritable signature individuelle. Une fois cette signature individuelle établie, les individus présents sur une zone contrôlée ont été discriminés de manière automatique. Les résultats préliminaires sur l'estimation de la densité de population montrent une bonne correspondance entre le nombre d'individus estimé et le nombre d'individus réellement présents (en moyenne 83 % des cris des oiseaux sont correctement classifiés dans une zone de 300 mètres de diamètre).

Ces travaux montrent que la bioacoustique, et plus particulièrement les informations individuelles contenues dans le chant des oiseaux, peuvent être appliquées avec succès pour le recensement automatique des individus ; ce qui ouvre des perspectives nouvelles pour le suivi et la conservation des espèces gibiers et/ou d'intérêt patrimonial.

Bibliographie

- Sèbe, F., Arzel, C., Aubin, T., Baert, S., Godard, A., Mayot, P., Pindon, G., Reitz, R. & Bro, E. 2011. Individual vocal signature as a tool for monitoring the Ring-Necked Pheasant *6th Ecology and Behavior Meeting*, 12-16 April 2010, Tours, France.

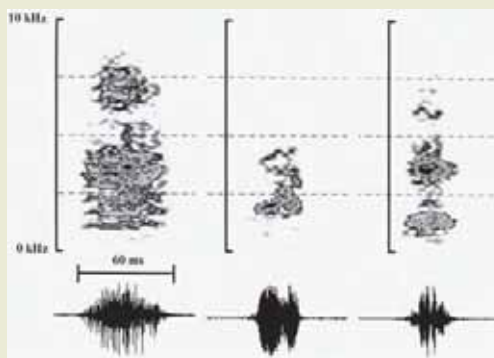
Encadré 3

Différenciation des perdrix du genre *Alectoris* par leurs cris

Dans les Alpes du Sud, il existe une hybridation naturelle produisant des hybrides fertiles entre les perdrix rouges (*Alectoris rufa*) et bartavelles (*Alectoris graeca*). Afin de comprendre les mécanismes d'isolement spécifique de chacune des deux espèces, l'équipe Communications acoustiques du CNRS de l'Université Paris-Sud, en collaboration avec l'ONCFS (CNERA Faune de montagne), a étudié les systèmes de codage-décodage des cris d'appel des deux espèces de perdrix et de leurs hybrides (Ceugniet & Aubin, 2001 ; Ceugniet *et al.*, 1999).

L'analyse acoustique des cris des mâles a mis en évidence de nombreuses différences entre les deux espèces, à la fois sur les paramètres temporels (cris courts et cris longs chez les perdrix rouges mais courts seulement chez les bartavelles) et sur les paramètres fréquentiels (structure spectrale). L'hybride de première génération (provenant du croisement perdrix rouge x perdrix bartavelle) présente certaines caractéristiques acoustiques propres aux perdrix rouges, aux perdrix bartavelles et d'autres différentes de celles des deux espèces parentales. Dans la mesure où le chant joue un rôle important dans le comportement sexuel et le choix du partenaire, ces découvertes apportent des éléments importants dans la compréhension des mécanismes de spéciation (différenciation des espèces). De tels travaux sur les galliformes de montagne permettraient à terme de comprendre les ressorts et les mécanismes des déplacements des populations dans un paysage de plus en plus fragmenté par la déprise agricole.

Représentation graphique d'une vocalisation de perdrix rouge (gauche), bartavelle (milieu) et hybride (droite).



Bibliographie

- Ceugniet, M., Aubin, T., Bernard-Laurent, A. & Soyeux D. 1999. Vocal signatures of the rally call of the red-legged and the rock partridges and of their hybrids. *Cr. Acad. Sci.* 322 : 887-895.
- Ceugniet, M. & Aubin, T. 2001. The rally call recognition in males of two hybridizing partridge species, red-legged (*Alectoris rufa*) and rock (*A. graeca*) partridges. *Behav. Process* 55: 1-12.

Perdrix bartavelle.
© B. Belon.



La signature individuelle étant relativement stable dans le temps chez de nombreuses espèces, ses caractéristiques acoustiques individuelles sont également susceptibles de fournir des données de capture-recapture en quantité et qualité inégales sur des matériels réputés difficiles ; et tout ceci sans capture physique de l'animal. L'utilisation d'une telle méthode semble ainsi très prometteuse sur des galliformes de montagne tels que la gélinotte des bois, le grand tétras ou le lagopède alpin. De plus, liée à des méthodes de localisation acoustique (actuellement développées par le laboratoire de T. Aubin), l'identification individuelle permettrait de déterminer également le territoire, le domaine vital et les mouvements géographiques de chaque individu.

Détermination de l'espèce et des sous-populations par l'utilisation des signatures vocales spécifiques ou des dialectes

L'utilisation de signaux acoustiques pour déceler la présence et estimer l'abondance relative d'une espèce a fait ses preuves chez de nombreuses espèces d'oiseaux ou de mammifères (encadrés 2, 3, 4). La signature vocale spécifique est relativement facile à extraire et à analyser car cette information est basée sur des paramètres acoustiques stables dont la variabilité interindividuelle est faible. L'utilisation des caractéristiques acoustiques permettrait à aussi de fiabiliser et standardiser la détermination d'espèces présentes ou en migration. Il est ainsi possible d'accéder facilement et objectivement à l'estimation de la biodiversité locale et par conséquent d'obtenir une meilleure connaissance de l'habitat.

Le problème de la notion d'espèce se pose lorsqu'on parle d'hybridation. L'étude de l'hybridation s'effectue souvent par la recherche de différences génétiques mais peut également s'effectuer par la recherche de facteurs acoustiques intervenant dans le choix du partenaire sexuel lors de la reproduction. L'analyse des caractéristiques spécifiques du chant ou des dialectes permet ainsi de quantifier plus rapidement et plus facilement l'appartenance spécifique à une sous-population et/ou les phénomènes de spéciation, comme le montrent par exemple les études réalisées sur les perdrix bartavelle, rouge et rochassière (encadré 3).

Conclusion et perspectives : la bioacoustique, un nouvel outil

Une analyse fine des vocalisations permet de rechercher d'autres informations que la signature individuelle ou spécifique. L'animal transmet vocalement des informations telles que son sexe, son âge, son poids,

Encadré 4

son état émotionnel, son état parasitaire ou même son succès reproducteur. Ainsi, outre un apport purement quantitatif (nombre d'espèces, nombre d'individus), l'analyse des vocalisations permettrait d'obtenir des données qualitatives sur l'animal, qui pourraient être utilisées comme bio-indicateur de son état physiologique, et ceci sans qu'il soit nécessaire de le voir ou de le capturer. L'étude des vocalisations peut par exemple être utile pour déterminer de manière fiable la présence de jeunes dans une meute de loups (**encadré 4**), mais également le poids et l'âge des cerfs durant le brame (**encadré 5**). La connaissance et la compréhension de ces informations acoustiques permettraient ainsi d'améliorer et d'enrichir les modèles de suivi et de dynamique des populations.

Bien que l'utilisation des signaux acoustiques comporte quelques limites induites par le canal de transmission (forte dépendance de la météorologie et du milieu) ou par le fait que seuls les individus qui chantent sont pris en compte, elle peut rendre de multiples services dans la gestion et la conservation de nombreuses espèces. Ainsi, le développement des techniques acoustiques (enregistrement, analyse, synthèse et diffusion) et des moyens informatiques permettra en premier lieu d'automatiser et de fiabiliser un grand nombre de tâches avec une approche concrète d'outils de monitoring à vaste échelle. De plus, les technologies d'étude des sons génèrent des approches entièrement nouvelles : CMR acoustique, localisation acoustique, indicateur de l'état physiologique, qui viendront améliorer la pertinence et la robustesse des analyses démographiques. De tels outils permettront non seulement de répondre à des questions biologiques précises, mais contribueront également au suivi des populations. Ainsi, le développement de nouvelles applications pratiques et innovantes intégrant les principes de la bioacoustique s'avère très prometteur dans la gestion et la conservation de nombreuses espèces gibiers et/ou d'intérêt patrimonial.

Remerciements

Je souhaiterais adresser ici tous mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de cet article, ainsi qu'à la réussite de mes différents travaux : Thierry Aubin du CNRS, Ariane Bernard-Laurent, Christophe Duchamp, Patrick Léonard et Marc Montadert de l'ONCFS, David Reby de l'Université de Sussex. J'adresse également un remerciement plus particulier à Elisabeth Bro, de l'ONCFS, qui a accompagné l'élaboration de cet article, pour sa disponibilité, ses conseils et ses suggestions. Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont accompagné sur le terrain au cours de mes différentes études. ■

Le hurlement comme outil de suivi des populations de loup

Le hurlement est un extraordinaire moyen de communication pour le loup et, bien qu'il soit encore plein de mystères, il apporte des informations capitales pour sa conservation et sa réhabilitation. L'objectif des travaux menés en partenariat entre l'Université de Paris-Sud et l'ONCFS (CNERA Prédateurs - animaux déprédateurs) a consisté à obtenir des informations relatives à la présence de meutes et au nombre d'individus et de jeunes qui les composent.

Les expériences de diffusion de hurlements permettent de détecter la présence et d'estimer l'abondance relative de canidés sauvages, comme les lycaons, les coyotes, et bien sûr les loups. Le *wolf howling*, ou repasse, consiste ainsi à diffuser des hurlements de loups pour stimuler des réponses vocales. Ces premiers travaux ont permis de mettre en évidence l'intérêt mais également les limites du *wolf howling* dans le suivi et le recensement des individus. L'utilisation des hurlements pour la conservation du loup est un procédé adapté et intéressant qui a encore de nombreuses informations à nous apporter.

Loups adultes et jeunes (Hautes-Alpes, automne 2010).

© R. Roy.



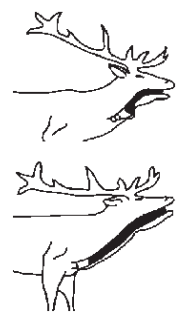
Bibliographie

- Longis, S., Leonard, Y., Sèbe, F. & Duchamp, C. 2004. Test de la méthode de hurlement provoqué - Compte rendu du suivi estival pour la reproduction du loup. *Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup* n° 12. ONCFS.
- Sèbe, F., Heitz, N., Latini, R. & Aubin, T. 2005. Wolf howling, a tool for the conservation of wolves: possibilities and limits. *Recherche naturaliste en région Centre* 14 : 53-60

Encadré 5

Le brame du cerf comme bio-indicateur de l'état physiologique

Les signaux acoustiques sont supposés fournir des informations fiables sur le phénotype d'un individu, en particulier sur son âge et sa taille. Des chercheurs du laboratoire *Mammal Vocal Communication and Cognition Research*, de l'Université de Sussex (Brighton), ont travaillé sur la capacité des indices acoustiques à fournir des informations sur la condition physique du cerf. En effectuant une analyse détaillée du brame de plusieurs cerfs vivant en liberté dans une population connue, ces chercheurs ont pu mettre en évidence des paramètres acoustiques susceptibles de fournir des informations fiables sur l'âge, le poids et le succès reproducteur de l'individu (Reby & McComb, 2003). Ils ont ainsi montré que la fréquence des formants les plus graves, obtenus lorsque le larynx est le plus rentré vers le sternum, montre une forte corrélation avec le poids, l'âge et le succès reproducteur. Ces chercheurs ont ainsi mis en évidence des indices acoustiques des caractéristiques physiologiques de l'animal (Fitch & Reby, 2001). De tels indices peuvent fournir aux récepteurs des informations précises sur l'individu émetteur. Ces informations pourraient être utilisées pour l'évaluation des rivaux potentiels et dans le choix du partenaire sexuel. La connaissance et la compréhension de ces informations acoustiques permettraient également d'améliorer la pertinence et la robustesse des analyses démographiques.



Bibliographie

- Reby, D. & McComb, K. 2003. Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags. *Animal Behaviour* 65: 519-530.
- Fitch, W.T. & Reby, D. 2001. The descended larynx is not uniquely human. *Proceedings of the Royal Society, London*, 268: 1669-1675.