

Analyse acoustique des hurlements provoqués étudiés dans les Apennins avec différentes couvertures de végétation

Ethology Ecology & Evolution, 2020
Vol. 32, No. 5, 433–444, <https://doi.org/10.1080/03949370.2020.1746403>



Acoustic analysis of wolf howls recorded in Apennine areas with different vegetation covers

CLAUDIA RUSSO ^{1,2,*}, FRANCESCA CECCHI ¹, MARCO ZACCARONI ³,
CLAUDIA FACCHINI ⁴ and PAOLO BONGI ⁵

INTRODUCTION

La communication animale au moyen de signaux acoustiques est utilisée pour plusieurs fonctions, comme pour indiquer un comportement agressif, défendre des territoires, attirer des partenaires ou maintenir des contacts avec les membres d'un même groupe social (Blumstein et al. 2011). Les technologies bioacoustiques de plus en plus avancées fournissent de nouvelles techniques pour étudier l'écologie et le comportement des animaux. Par exemple, la bioacoustique est utilisée dans les projets de gestion et de conservation de la faune, pour reconnaître les espèces, ainsi que pour compter le nombre d'animaux ou étudier les relations entre les individus (Marques et coll. 2013; Teixeira et coll. 2019).

Identifier une signature vocale d'un seul individu ou d'un groupe d'animaux est utile en matière de gestion et de conservation (McGregor 2005). Le loup (*Canis lupus*) est une espèce protégée insaisissable, et la bioacoustique peut être particulièrement adaptée pour l'étude de cette espèce (Terry et al. 2005). Leur principal système de communication sur de longues distances sont les hurlements, qui peuvent être détectés par d'autres loups jusqu'à 11 km en zones boisées (Harrington & Mech 1978) et jusqu'à 16 km dans les zones de toundra (Henshaw & Stephenson 1974). Dans le répertoire vocal d'une meute, **il y a des hurlements individuels et des hurlements en chœur.**

Des meutes de loups sont stimulées pour répondre aux hurlements pour défendre leurs territoires, et cette caractéristique est utilisée pour connaître leurs présences dans une région (Harrington et Mech 1982). En fait, les hurlements peuvent être utilisés pour connaître le taux de réponse, le succès de la reproduction, et pour enquêter sur le maintien du territoire (Gazzola et al. 2002; Nowak et al. 2007; Hall & Sharp 2014; Suter et al. 2016). Des études sur les vocalisations de loups ont également été menées en captivité (Tooze et al. 1990; Palacios et coll. 2007) mettant en évidence certaines caractéristiques et certains aspects structurels des hurlements. De plus, l'analyse bioacoustique des hurlements peut être utilisée pour reconnaître les sous-espèces dans le clade de *C. lupus* (Hennelly et al. 2017), et la fréquence fondamentale constitue la variable la plus efficace pour distinguer les individus (Root-Gutteridge et al. 2014).

En Italie, les populations de loups sont réparties dans les montagnes des Apennins et des Alpes avec des densités de population les plus élevées de la région de Toscane. Bien que la structure acoustique et la signature vocale des meutes en liberté ont déjà été décrite (Passilongo et al. 2010, 2015; Zaccaroni et al. 2012; Root-Gutteridge et al. 2014), **les loups pourraient également moduler les sons en fonction des caractéristiques de l'environnement.** De même, l'adaptation acoustique est bien connue chez les oiseaux (Hansen 1979; Morton 1986; Boncoraglio & Saino 2007), ainsi que les chansons à long terme de certaines espèces de primates structurellement adaptées à l'acoustique des habitats

locaux (Brown 1989; Brown et Gomez 1992). Richards et Wiley (1980) ont démontré l'influence du feuillage sur l'impédance acoustique entre l'air et la végétation.

Dans cette étude, nous avons analysé les hurlements extraits des réponses de hurlements de meutes de loups de sept régions différentes des Apennins Toscanes. Nous avons corrélé les réponses obtenues avec les caractéristiques de la végétation des sites, pour tester si les loups adaptent leur signature vocale à la zone occupée.

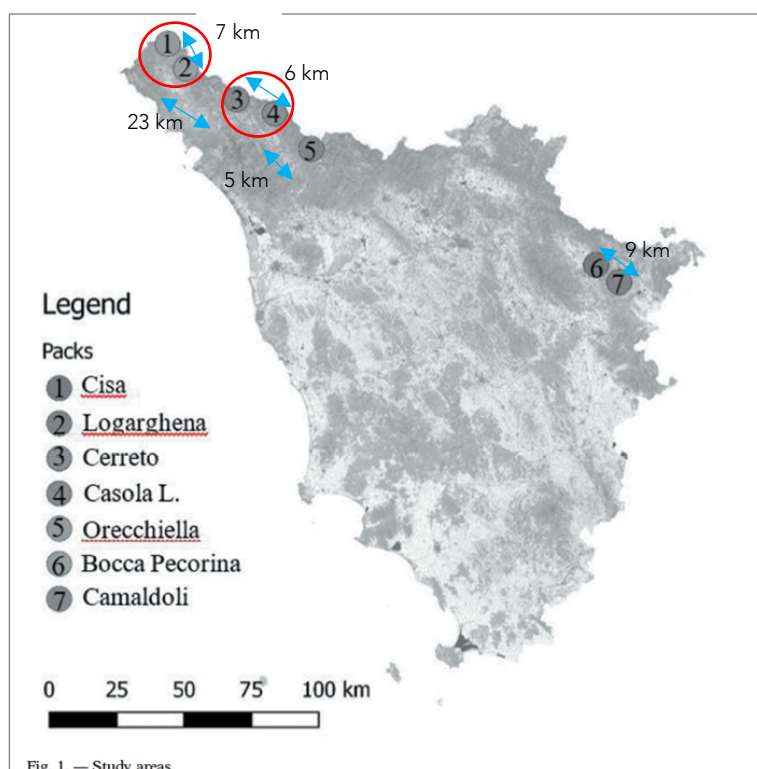
RESULTATS

De 2011 à 2012, nous avons enregistré 37 hurlements de chœur sur un total de 260 essais. L'analyse spectrographique a été adoptée pour afficher le nombre minimum d'individus dans chaque meute, qui variait de quatre à sept individus ; de plus, la présence de louveteaux a été enregistrée dans trois cas de réponse (tableau 1).

L'analyse de la variance a montré une différence significative dans la structure de vocalisations (tableau 2).

Après avoir testé les différences de vocalisation des meutes, nous avons joué un modèle prédictif pour générer des fonctions discriminantes basées sur des combinaisons linéaires de variables prédictives, pour vérifier si l'analyse des vocalisations avait une correspondance avec les meutes surveillées. Les principales fonctions discriminantes expliquaient 51,4% et 17,7% de la variance, respectivement (tableau 3).

De plus, le test du χ^2 a montré des différences significatives dans le premier groupe de fonctions, en même temps, tous les autres groupes n'ont montré aucun changement significatif (tableau 3). Le modèle a correctement discriminé 35,1% des cas analysés, en particulier, il n'a pas associé les vocalisations de la meute de Cerreto avec elle-même (tableau 4).



Les distances entre les sites d'intervention consécutifs étaient les suivantes : Cisa – Logarghena 7 km; Logarghena – Cerreto 23 km; Cerreto – Casola 6 km; Casola – Orecchiella 5 km; Camaldoli – Bocca Pecorina 9 km; nous n'avons pas considéré les distances entre sites d'intervention individuels et les meutes de loups associées dans la province d'Arezzo, car ils sont à 100 km. Par conséquent, nous avons analysé les vocalisations obtenues à partir de deux meutes adjacentes, comme si elles appartenaient à la même meute. Le meilleur modèle était celui qui a considéré la meute d'Orecchiella comme une seule meute et avons associé les meutes de Cisa et Logarghena et celles de Cerreto et Casola,

respectivement (tableau 5). De plus, les meutes considérées comme couplés ont montré un nombre minimum d'individus identique (Cisa – Logarghena, $n = 4$) ou très similaire (Casola – Cerreto, $n = 4$ et $n = 3$, respectivement). Ensuite, nous avons considéré la structure vocale par rapport aux variables environnementales, **et nous avons trouvé une corrélation significative**, sauf pour l'exposition, pour Maxf (corrélations de Pearson's - **couverture végétale**: $\rho = 0,375$, $P = 0,022$; **exposition**: $\rho = - 0,94$, $P = 0,579$; **distance de la rivière**: $\rho = - 0,439$, $P = 0,007$; **distance du village**: $\rho = - 0,396$, $P = 0,015$; **distance de route**: $\rho = - 0,334$, $P = 0,048$) et la valeur la plus élevée de Maxf était enregistré dans l'environnement le plus proche. Le même résultat a été trouvé lorsque nous avons considéré Meanf, dont la valeur la plus élevée a été enregistrée dans l'environnement le plus proche considéré (Corrélation de Pearson - **couverture végétale**: $\rho = 0,356$, $P = 0,031$), tandis qu'avec d'autres variables environnementales, aucune corrélation n'a été trouvée.

Lorsque nous avons considéré à la fois Minf et la durée comme paramètres de vocalisation, nous n'avons pas observé d'interaction significative avec les paramètres environnementaux. Rangef a montré une corrélation différente par rapport à la variable environnementale considérée (corrélations de Pearson's - **couverture végétale**: $\rho = 0,243$, $P = 0,147$; **exposition**: $\rho = - 0,91$, $P = 0,591$; **distance de la rivière**: $\rho = - 0,459$, $P = 0,004$; **distance du village**: $\rho = - 0,515$, $P = 0,515$; **distance de route**: $\rho = - 0,234$, $P = 0,163$), et la valeur la plus élevée de Rangef a été enregistrée sur le site le plus proche de la rivière.

DISCUSSION

Dans cette étude, nous avons décrit la distribution spatiale de cinq meutes de loups à travers l'analyse spectrographique des vocalisations chorales émises dans différents types d'habitats. L'analyse des échographies et de la technique du hurlement est un excellent outil pour soutenir la gestion de la faune, car elle permet de vérifier la présence de meutes, tout en évitant les erreurs de surestimation de la population. Par exemple, en utilisant cette approche, **nous avons pu reconnaître des vocalisations enregistrées dans les deux quartiers de Cerreto et Casola, comme appartenant à la même meute**. Le site de Cerreto est inclus dans Tosco-Emilian Apennine National Park, et un protocole de suivi des loups est en place depuis plusieurs années, confirmant la présence d'une meute stable dans cette zone. En outre, lors des séances de suivi dans la région de Cerreto, une meute de loups avec des petits a été enregistrée, tandis que dans la région voisine de Casola, une réponse chorale a été enregistrée sans la présence de louveteaux. Il aurait été raisonnable de supposer que les vocalisations enregistrées appartenaient à des groupes distincts, car les deux emplacements sont divisés par une zone à forte perturbations anthropiques et les caractéristiques géomorphologiques, avec des données bibliographiques estimant le domaine vital des peuplements Apennins d'environ 80 km² (Ciucci et al. 1997). Cependant, l'analyse des variables acoustiques contraste avec l'hypothèse initiale, car les signatures vocales des hurlements enregistrés dans les deux sites sont très similaires. **De plus, une analyse discriminante a renvoyé un regroupement avec un pourcentage de « match » plus élevé lorsque les enregistrements de Casola et Cerreto étaient considérés comme appartenant à une seule meute, confirmant l'importance de cette technique pour le suivi de cette espèce**. La présence de louveteaux est fortement liée à la permanence sur le site de rendez-vous (Harrington & Mech 1978; Capitani et al. 2006; Zaccaroni et al. 2012; Iliopoulos et coll. 2014; Bassi et coll. 2015) et probablement la réponse chorale enregistrée à Cerreto a été donnée sur un site de rendez-vous. Au lieu de cela, la réponse chorale dans la région de Casola pourrait avoir été effectuée lors d'un déplacement de certains individus de la meute, sans présence des louveteaux ; ceci est confirmé par l'analyse des sonogrammes qui ont mis en évidence la grande similitude de la structure vocale.

L'adaptabilité comportementale des mammifères n'est pas seulement fonction du sexe et de l'âge, mais dépend de facteurs environnementaux qui se combinent pour déterminer le domaine vital (Albon et al. 1992). Les variations du domaine vital chez les mammifères se produisent dans des environnements avec de forts changements saisonniers (Georgii & Schröder 1983; Jeppesen 1990; Tufto et al. 1996) ou en fonction de la disponibilité trophique (Boyce 1991; Carranza et al. 1991; Bertrand et coll. 1996). De même, pour le loup, la taille du territoire n'est pas statique mais peut changer de façon saisonnière, y compris les zones les mieux adaptées aux besoins biologiques de cette période particulière de l'année (Mech 1994). En présence de louveteaux, une meute doit trouver des sites sûrs et sécurisés, où ils se stabilisent jusqu'à ce que les louveteaux grandissent.

Si l'on considère ces aspects, il est possible que la meute soit stimulée de différents lieux, avec des caractéristiques environnementales différentes et qu'elle module légèrement ses vocalisations, selon le type de végétation présente, **créant une erreur dans les attributions de vocalisations**. Les propriétés acoustiques d'un environnement peuvent influencer l'évolution de la vocalisation et sa propagation dans l'air (Brown et al. 1995), et les forêts, les prairies et les zones humides supportent un large éventail de sons produits par les animaux (Marler et Slabbekoorn 2004). Ainsi, les loups pouvaient produire des vocalisations de différentes fréquences par rapport à l'environnement, pour optimiser les efforts de vocalisation. Pour cette raison, dans un premier temps, les meutes de Casola et Cerreto, ainsi que celle de Cisa et Logarghena, étaient considérées comme des noyaux séparés car ils présentaient une analyse différente significative. **Cependant, nous avons envisagé la possibilité que cette différence soit due à une modulation de fréquences**, car les sons ont été émis dans des environnements différents, et non par des meutes distinctes, l'analyse statistique fournissant un modèle plus précis.

Nos résultats ont montré que la sélection de zones plus sûres signifie une végétation plus dense et que cette sélection pourrait avoir un impact sur le type de communication. Pour améliorer la gamme de hurlement, les meutes pourraient adopter des fréquences plus élevées qui se propagent mieux en habitats fermés tout en conservant des structures saines fondamentales. Ce concept a été enregistré dans d'autres études, à savoir les macaques japonais (*Macaca fuscata*), qui utilisent des fréquences pour communiquer dans des habitats ouverts, mais chaque individu maintient un module de parole (Tanaka et al. 2006). L'utilisation des hurlements pour la surveillance du loup est de plus en plus répandue, même avec l'utilisation d'enregistreurs autonomes sans avoir recours à la stimulation directe des hurlements des meutes, en tenant compte des conditions météorologiques en tant qu'influence de propagation du son et de la détection du signal (Papin et al. 2018).

Compte tenu des résultats présentés ici, nous soutenons que les caractéristiques environnementales pourraient avoir une influence sur les fréquences utilisées par les loups lors des vocalisations et devraient donc être inclus dans des modèles d'analyse solide pour reconnaître les meutes individuelles. L'analyse spectrographique des paramètres vocaux intégrant l'analyse des caractéristiques environnementales peut être considérée comme une technique analytique valide pour soutenir les méthodes « classiques » de longue date.