

Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores

8A rue Principale

Lieu-Dit Faxé

57590 Fonteny

www.croc-asso.org

Rapport d'activité Année 2014

**Bilan des programmes scientifiques et des
activités pédagogiques conduits par le
CROC du 1^{er} janvier au 31 décembre 2014**

Destinataires du document :

Partenaires financiers et scientifiques du CROC

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

1. Introduction générale	11
2. Programmes scientifiques	12
2.1. Statuts des espèces concernées	12
2.2. Suivi de l'état de conservation du Lynx dans le massif des Vosges	13
Rappel : Retour sur la situation du Lynx dans le massif des Vosges	13
Renforcement du suivi scientifique du Lynx sur le massif : utilisation de l'outil de piégeage photographique pour l'organisation de suivis intensifs et la mise en place d'une veille	15
CROC, ONCFS & Réseau Lynx / Suivi intensif 2014 au sud de l'autoroute A4	16
CROC / Suivi intermédiaire par piégeage photographique / Résultats définitifs du premier essai conduit de novembre 2013 à mars 2014	23
CROC / Suivi ponctuel conduit en 2014 dans les Vosges du Nord	34
Développer des études sur la connectivité inter-massif (Jura-Vosges-Palatinat) / les bio-corridors / la « qualité » de l'habitat vosgien pour le Lynx.....	38
LYNX / Bilan et pistes de travail actuelles pour le CROC.....	40
Remarque : développement d'un outil de saisie des données de piégeage photographique spécifique aux programmes scientifiques du CROC	43
2.3. Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris par une méthode bioacoustique	45
Contexte de l'étude bioacoustique mis à jour	45
Volet <i>in situ</i> : utilisation de systèmes autonomes d'enregistrement pour le suivi des meutes dans le massif des Vosges	48
Volet <i>ex situ</i> : reconnaissance individuelle et dénombrement des loups dans une meute.....	63
Montage d'un projet de thèse CIFRE « Développement d'outil et de techniques de bioacoustique pour le suivi du Loup gris »	67
3. Activités pédagogiques	70
3.1. Organisation des conférences Croc'Nature	70
Conférence du mois de janvier 2014	71
Conférence du mois de Février 2014	72
Conférence du mois de mars 2014.....	73
Conférence du mois d'avril 2014	74
Conférence du mois d'octobre 2014.....	75
Conférence du mois de Novembre 2014	76
Conférence du mois de Décembre 2014	77

3.2. Elaboration d'outils pédagogiques	78
Guides de visite pour les 3 expositions du CROC	78
Jeu « Memory »	80
Jeu « A tes pinceaux ! »	80
Jeu « Mots mêlés, à toi de jouer ! »	80
Jeu de cartes « Défis Nature Carnivores »	81
Atelier de moulage d'empreintes « Sur la piste des carnivores... »	81
Jeu « Puzzles »	81
Jeu de société « La Fureur ! »	82
3.3. Diffusion des expositions sur le Chat forestier d'Europe, le Lynx boréal et le Loup gris.....	83
3.4. Conférences et animations grand public sur le Lynx boréal et le Loup gris	84
4. Communications et autres évènements.....	85
Publications scientifiques.....	85
Communications scientifiques	85
Communications à l'occasion de réunions avec nos partenaires	85
Rédaction de rapports scientifiques et techniques	85
Interviews.....	86
Colloques / Réunions de réseaux.....	86
Journée d'informations	86
Journées de formation	86
Autres travaux de recherche scientifique.....	86
Autres temps forts.....	86
5. Références bibliographiques	87
6. Annexes.....	91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Statut des carnivores concernés par les travaux scientifiques du CROC en 2014.....	12
Tableau 2 : Information sur les sites concernés par la pose de pièges photographiques dans le cadre de cette session intensive 2014 pour le suivi du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4.	19
Tableau 3 : Liste des espèces photographiées et nombre de nuits-sites réalisés au cours de cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4. A. Mammifères photographiés ; B : Oiseaux photographiés.....	21
Tableau 4 : Récapitulatif des démarches d'informations ou de demandes d'autorisations réalisées auprès des acteurs institutionnels, des gestionnaires, des communes ou des propriétaires privés pour ce suivi 2013 / 2014 (extrait de CROC, 2014).	26
Tableau 5 : Informations sur les sites concernés par la pose de pièges photographiques dans le secteur du Donon pour ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique dans le secteur du Donon (novembre 2013 / mars 2014).	28
Tableau 6 : Liste des espèces photographiées et nombre de nuits-sites (= nuits-pièges) réalisées dans le secteur du Donon pour ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique dans le secteur du Donon (novembre 2013 / mars 2014).	30
Tableau 7 : Informations sur les sites concernés par la pose de pièges photographiques dans le cadre du suivi ponctuel du Lynx conduit dans les Vosges du Nord du 7 mars au 5 décembre 2014.	35
Tableau 8 : Liste des espèces photographiées et nombre de nuits-sites réalisées dans le cadre du suivi ponctuel du Lynx par piégeage photographique conduit dans les Vosges du Nord du 7 mars au 5 décembre 2014. A. Mammifères photographiés ; B : Oiseaux photographiés.	37
Tableau 9 : Emplacement des 11 enregistreurs autonomes sur les 5 secteurs étudiés en 2013 (Brézouard, Champis, Gazon de Faïte, Rothenbach et Ventron).	51
Tableau 10 : Nombre de « nuits-pièges » réalisées par les enregistreurs et dates des sessions du protocole de "Hurlements Provoqués" de l'ONCFS (chaque point représente une nuit d'enregistrement).	56
Tableau 11 : Liste des espèces enregistrées et richesse spécifique obtenue par le dispositif mis en place du 2 août au 14 septembre 2013 entre 21:00 et 9:00 (tableau mis à jour).	60
Tableau 12 : Matrice de confusion ; A : pour l'ensemble des 12 individus appartenant aux 3 meutes étudiées ; B : pour les 3 individus de la meute du PASC ; C : pour les 7 individus de la meute du PASC ; D : pour les 2 individus de la meute du PESCH. Gradient de couleurs : couleurs claires pour les faibles pourcentages d'assignation et foncées pour les pourcentages d'assignation plus élevés (Papin 2014).	64
Tableau 13 : Prêts des expositions sur le Chat forestier d'Europe, le Loup gris et le Lynx boréal en 2014.	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Photographie de Van Gogh en 2013 (© CROC).	14
Figure 2 : Trois types de suivi conduits sur le Lynx boréal dans le massif des Vosges depuis 2013 (CROC, 2014)	15
Figure 3 : Pose d'un piège photographique de type Cuddeback Attack par un agent ONCFS lors de la session intensive de piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4 (© CROC). Des affichettes d'information ont été fixées sur les pièges photographiques afin d'informer l'ensemble des usagers de la forêt (chasseurs, promeneurs, touristes, etc.) des raisons de la présence de cet appareil. Les coordonnées du CROC y figurent également pour que les usagers puissent nous contacter si nécessaire.	16
Figure 4 : Illustration de la zone échantillonnée dans le cadre de cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4. Sont également représentées, la zone suivie au cours du suivi intensif de l'hiver 2012 / 2013, la zone prévue pour le suivi intensif de l'hiver 2014 / 2015 ainsi que la zone suivie par le CROC dans le cadre de son essai de suivi intermédiaire 2013 / 2014 à l'aide de l'outil de piégeage photographique.	17
Figure 5 : Echantillon de photographies de faune prises au cours du suivi intensif par piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4 en février – mars 2014 (session intensive 2014 ; © CROC).	20
Figure 6 : Zone d'étude choisie pour tester l'échantillonnage pour un « suivi de routine » du Lynx dans le massif des Vosges avec l'aide de l'outil de piégeage photographique. Mailles échantillonnées ou non (et motifs) sur les bandes sélectionnées dans le secteur du Donon.....	25
Figure 7 : Illustration de la hauteur (30-50 cm du sol) et de la distance à laquelle les pièges photographiques de type Cuddeback Ambush sont posés par rapport aux allées forestières. On distingue le caisson métallique sur lequel une affichette d'information est collée. Ce caisson métallique est fixé à l'arbre avec un câble Python (câble noir). Le piège photographique est enfermé dans le caisson métallique avec un cadenas à anse protégée (© CROC).	27
Figure 8 : Echantillon de photographies de faune prises au cours de ce premier essai de mise en place d'un suivi intermédiaire du Lynx par piégeage photographique (novembre 2013 – mars 2014 ; © CROC).	29
Figure 9 : Photographies de Loup gris <i>Canis lupus</i> prises dans le cadre de ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique dans le secteur du Donon (novembre 2013 / mars 2014 ; © CROC). A : Photographie prise sur la commune de Walscheid (57) ; B : Photographie prise sur la commune de Still (67).	31

Figure 10 : Propositions d'un gradient pour la prise en compte ou non de certains indices sur le terrain en fonction du statut de l'espèce étudiée. Dans le cas des espèces rares, les indices exploitables sont plus restreints et l'utilisation des données visuelles ou acoustiques, non vérifiables, n'est pas recommandée (extrait de McKelvey <i>et al.</i> 2008).....	33
Figure 11 : Modèle de piège photographique Reconyx HC600 avec flash infrarouge invisible utilisé pour le suivi ponctuel du Lynx mis en place en 2014 dans les Vosges du Nord (© CROC).....	34
Figure 12 : Échantillon de photographies de faune prises au cours du suivi ponctuel du Lynx par piégeage photographique conduit dans les Vosges du Nord de mars à décembre 2014 (© CROC).....	36
Figure 13 : Illustration de la base de données élaborée par le CROC en 2014 et dont l'usage reste à affiner.....	43
Figure 14 : Enregistreur autonome « S10c » installé sur le terrain dans le secteur du Grand Brézouard (août 2013 ; © CROC).....	47
Figure 15 : Localisation des enregistreurs autonomes au cours des travaux de terrain réalisés pendant l'été 2013 dans les Hautes-Vosges.....	50
Figure 16 : Illustration d'un enregistreur autonome (SM2) et du paramétrage des cartes mémoires avant la pose sur le terrain (© CROC).....	52
Figure 17 : Pose d'un enregistreur autonome sur le secteur « Ventron » (en haut à gauche, vérification du paramétrage du SM2+ ; en bas à gauche, appareil « S02 » prêt à enregistrer, août 2013 ; © CROC).....	54
Figure 18 : Spectrogramme de la séquence de hurlements attribuables à une meute de loups, captée par l'enregistreur S10b dans la nuit du 18 au 19/08/2013 (seule la piste gauche de l'appareil S10b est représentée). Bien qu'étant lointains, les hurlements sont repérables visuellement sur le spectrogramme et ils sont bien audibles à l'écoute (© CROC).....	57
Figure 19 : Direction estimée des hurlements de loups captés par l'enregistreur S10b dans la nuit du 18 au 19/08/2013.....	58
Figure 20 : Comparaison de deux enregistrements des mêmes hurlements émis par une équipe de hurleurs (protocole ONCFS), respectivement enregistrés à 20 m et captés simultanément à 4,4 km par l'enregistreur S07. Sur la séquence de l'enregistreur S07, les hurlements sont encore détectables visuellement sur le spectrogramme mais ils sont fortement atténués et les harmoniques supérieurs ne sont plus visibles (© CROC).....	62
Figure 21 : Meute de 9 loups présente au Parc Animalier de Sainte Croix à Rhodes (57 - © CROC / M. PAPIN)63	
Figure 22 : Entropie moyenne en fonction du nombre d'individus constituant un chorus accompagnée des écarts-types (Papin 2014).....	65
Figure 23 : Pages de couverture des guides de visite des expositions sur le Chat sauvage, le Lynx boréal et le Loup gris (© CROC).....	78
Figure 24 : Extraits du guide de visite sur Diabolo, le Chat sauvage (© CROC).....	79
Figure 25 : Extraits du guide de visite sur Spot, le Lynx boréal (© CROC).....	79
Figure 26 : Extraits du guide de visite sur Looping, le Loup gris (© CROC).....	79
Figure 27 : Memory (© CROC).....	80
Figure 28 : Coloriages du Chat sauvage, du Lynx boréal et du Loup gris (© CROC).....	80
Figure 29 : Mots mêlés des carnivores (© CROC).....	80
Figure 30 : Défis Nature Carnivores (© Bioviva).....	81
Figure 31 : Kit « Atelier moulage d'empreintes » (© CROC).....	81
Figure 32 : Puzzles en bois des carnivores de France (© CROC).....	81
Figure 33 : Puzzles de 100 pièces Chat sauvage, Lynx boréal et Loup gris (© CROC).....	82
Figure 34 : Extrait des fiches défis-réponses et plateau de jeu de la Fureur (© CROC).....	82
Figure 35 : Interview de G. Lyon et de M. Papin pour les Dernières Nouvelles d'Alsace / Article « <i>Les petits loups ont eu l'œil</i> » dans le cadre de l'animation réalisée lors de la journée du Lynx organisée le 6 juin 2014 par l'association Les Piverts à Lorentzen (partie paru le 13 juin 2014).....	84

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Rapport technique de la session intensive 2014 de suivi du Lynx par piégeage photographique au sud de l'autoroute A4 (partenariat de recherche CROC & ONCFS).....	92
ANNEXE 2 : Extrait du Bulletin du Réseau Lynx n°19 (Germain 2014).....	106
ANNEXE 3 : Fiche de poste du stage de 6 mois proposé par le CROC en 2015 sur l'étude des potentialités d'accueil du massif des Vosges pour le Lynx.....	111
ANNEXE 4 : Extrait des recommandations formulées par de Breitenmoser <i>et al.</i> (2003) pour la France dans le plan d'action pour la conservation du Lynx eurasiatique en Europe.....	113
ANNEXE 5 : Rapport de stage « Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris (<i>Canis lupus lupus</i>) grâce à une méthode bioacoustique : Essais et tests préliminaires sur des meutes captives. » (Papin 2014).....	116

REMERCIEMENTS

Les travaux présentés dans ce rapport d'activités ont été réalisés en 2014 par le CROC grâce au soutien de partenaires financiers que nous, équipe du CROC, tenons à remercier :



MASSIF DES VOSGES



(1) Le Fonds national d'aménagement et de développement du territoire (FNADT) / Commissariat à l'Aménagement du massif des Vosges, en particulier :

Anne LAYBOURNE (Commissaire à l'aménagement du Massif des Vosges), Sandrine REBECHE (Chargée de mission projets), Nadine GENGLER (Assistante administrative) et Emilie RACHENNE (Adjointe au commissaire)

(2) La DREAL Lorraine, en particulier :

Marie-Pierre LAIGRE (Chef de service, SRMN), Danny LAYBOURNE (Responsable de la division gestion et valorisation des espèces et espaces patrimoniaux), Mallorie SOURIE (Chargée de mission biodiversité-Natura 2000, SRMN), Sophie OUZET (Responsable du pôle Natura 2000, DGVEEP, SRMN) et Jean-Marie DELRUE (Chargé de mission Espace et patrimoine naturel, SRMN)

(3) La Région Lorraine, en particulier :

Nathalie SIEFERT (Directrice du secteur biodiversité, Pôle de l'Ecologie jusque fin 2014), Virginie LEDERMANN (Chargée de mission Parcs Naturels Régionaux, Massif des Vosges), Marie-Claire GOMEZ (Chargée de mission, Pôle de l'Ecologie jusque fin 2014) et Emmeline LALLEMENT (Gestionnaire Administratif et Financier, Pôle Budget)

(4) Le Zoo d'Amnéville, en particulier :

Michel LOUIS, Directeur du zoo, et les membres de la commission conservation, Hervé SANTERRE (Directeur zoologique), Renaud FULCONIS (Responsable conservation), Alexis MAILLOT (Vétérinaire) et Marion CABROL (Responsable pédagogique)

(5) Le Parc Animalier de Sainte Croix, en particulier :

Pierre SINGER, Directeur du Parc, Jean GRASSE (Président de l'association du parc animalier) et Jennifer LAHOREAU (Vétérinaire)

(6) La Fondation le PAL Nature et ses membres, en particulier :

Nicolas GELI (Responsable Zoologique) et Maude LEPLAY (Chargée de communication)

(7) La Fondation Nature et Découvertes, en particulier :

Benoît JOUENNE (Chargé des projets "Coup de main") et David SEVE (Directeur de la Fondation et du Service engagements de Nature & Découvertes) ainsi que les équipes des magasins Nature Découvertes de Metz (57) et de Nancy (54)

Nous tenons également à remercier :

- Les partenaires techniques qui nous ont témoigné leur soutien en 2014 : Ingedus, PiègePhotographique, Entre bois et rêves, Frémeaux et Associés, Bioviva ;
- Les Directions Territoriales de l'ONF de Lorraine, d'Alsace et de Franche-Comté pour les autorisations de circulation sur les routes forestières en forêts domaniales qui nous ont été accordées ;
- Les personnels et agents de l'ONCFS contactés dans le cadre des programmes « Lynx » et « Loup gris » en Lorraine et en Alsace et en particulier :

CNERA PAD de l'ONCFS : Eric MARBOUTIN (Chef de projet – Equipe « Grands carnivores : Loup – Lynx »), Alain LAURENT (Animateur du Réseau Loup Lynx dans le Nord-Est et en Franche Comté), François LEGER (Responsable petits carnivores, castor, lynx Vosges) et Sylvain GATTI (Suivi Lynx)

DIR Nord-Est de l'ONCFS : Catherine LHOTE, Déléguée interrégionale, et Marie-Laure SCHWOERER, Ingénieure des travaux

Service Départemental de la Moselle : Eric WEILAND (Chef de service), José THOMAS (Chef de brigade) et Guy BENTZ (agent)

Service Départemental de la Meurthe-et-Moselle : Daniel ADRIAN (Chef du SD 54)

Service Départemental des Vosges : Benoît CLERC (Chef de service) et Michel STOECKLIN (Chef de brigade Montagne)

Service Départemental du Bas-Rhin : Jean-Michel LUTZ (Chef de service), Eric KRAUSER (Chef de Brigade) et Mario BOTTOS, Ludovic LEIB, Aloyse MAGAR, Gilles NONNENMACHER et Vivien SIAT (agents)

Service Départemental du Haut-Rhin : Régis HEIN (Chef de service)

Erwan HORNIER (Conservateur de la RCFS du Rhin)

- Les personnels et agents de l'ONF contactés dans le cadre des programmes « Lynx » et « Loup gris » en Lorraine et en Alsace pour les informations qu'ils ont bien accepté de nous transmettre concernant les parcelles ciblées pour la pose de notre matériel de suivi (pièges photographiques et enregistreurs autonomes) :

Catherine CLUZEAU, Responsable Environnement à l'ONF Lorraine - Direction Forêt

Agence de Meurthe-et-Moselle : Marc DEROY (Directeur d'Agence), Laurent HEURTEUR (Responsable environnement au sein du service forêt), Jean-Michel HELLE (Responsable de l'Unité Territoriale des Lacs), Alexandre ALAIN, Dominique FEUGA, Régis GOUYAU, Rémi LEBLANC (agents forestiers)

Agence de Sarrebourg : Irène BEE (Responsable du Service Forêt), Hubert SCHMUCK (Responsable environnement, référent pour le massif des Vosges en Moselle), Jonathan FISCHBACH (Chef de projet Chasse-Pêche), Nicolas GERARD et Christian POCACHARD (agents forestiers)

Agence de Vosges Montagne : Jean-Michel LETZ (Service chasse-environnement, référent pour le massif des Vosges pour le département des Vosges), Stéphane ANTOINE, Etienne BARBIER, Dominique HOLVECK, Christophe MENEGALLI, Guy PARMENTIER, Bruno VAXELLAIRE, Denis WILSIUS et Arnaud ZOLNIEROWSKI (agents forestiers)

Agence de Schirmeck : Denis BIRKENSTOCK (Responsable de l'UT de Schirmeck), Thierry PELLET (Agent forestier, référent pour le secteur du Donon dans le Bas-Rhin), Rémi BATOT, Dominique BECKER, Jean-Marie BERGER, Yves BERNON, Daniel BOUCAUD, Jean-Claude CHARPENTIER, Gilbert DAHLENT, Julien DEMANGEAT, Sébastien DIEUDONNE, Didier DRETSCH, Didier EPP, Laurent FASSEL, Pierre FIEUX, Antoine GATEAU, Laurent GUERTON, David GLUCKER, Vincent HERTZ, Dominique JOST, Rémy KIMENAU, Sébastien LOUX, Jean-François MEYER, Frédéric PREISEMANN, Jean-Pierre SAINT-ANDRIEUX, Simon SCHEPPLER, Jacky SCHNEIDER, Vincent STEFFEN et Gérard STOCKY (agents forestiers)

Agence de Colmar : Isabelle ZUMSTEEG (Assistante généraliste), Florent NEAULT (Adjoint au responsable de l'UT de Ribeauvillé), Christian PHILIPPS (Responsable de l'UT de Kaysersberg au moment de l'étude), Pascal LEJAY, Xavier BARTHOD, Guy ROTH, Frédéric ENGEL, Marc COINTET (agents forestiers)

Agence de Mulhouse : Rodolphe PIERRAT (Directeur de l'Agence) et Patrick FOLTZER (Agent forestier)

- Les Directions Départementales des Territoires (coordinatrices techniques et départementales du Réseau Loup-Lynx) des départements de la Moselle, en particulier Paul-Henry DUPUY, et du Bas-Rhin, en particulier Philippe WOLFF, pour l'information qu'elles ont pu faire auprès des communes concernées par la pose de pièges photographiques dans le cadre du suivi intensif 2014 conduit par le CROC et l'ONCFS ;
- Les Directions Départementales des Territoires des départements des Vosges, en particulier Nadine MUCKENSTURM, et du Haut-Rhin, en particulier Christophe GUILLAUME, pour nous avoir indiqué les démarches à suivre et les modalités à respecter pour la réalisation de *play-back* (voir volet Etude bioacoustique / Loup gris) ;
- La Fédération Départementale des Chasseurs de la Moselle, en particulier Gilles HUMBERT, et la Fédération Départementale des Chasseurs du Bas-Rhin, en particulier Nicolas BRACONNIER, pour l'information qu'elles ont pu faire auprès de leurs adhérents concernant la pose de pièges photographiques ;
- Les chargés d'études, conservateurs, gestionnaires ou administrateurs du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges / Claude MICHEL, Alix BADRE, Laurent DOMERGUE, Arnaud FOLTZER et Yannick DESPERT, du Parc Naturel Régional des Vosges du Nord / Jean-Claude GENOT, Loïc DUCHAMP et Christophe FABING, du Conservatoire d'Espaces Naturels de Lorraine / Manuel LEMBKE, du Conservatoire des Sites Alsaciens / Luc DIETRICH, du Groupe Tétràs Vosges / Françoise PREISS et Samuel AUDINOT, pour les autorisations et avis qu'ils nous ont donnés pour la pose de pièges photographiques ou d'enregistreurs autonomes dans des « zones sensibles » (Réserves, APB, etc.) ;
- Claude KURTZ (Luchs-Projekt Pfälzerwald / Vosges du Nord ; SOS Faucon Pèlerin Lynx) pour son appui local dans le cadre de nos missions de terrain dans les Vosges du Nord notamment ;
- Olivier GIMENEZ (Directeur de recherche CNRS) et Laëtitia BLANC (Docteur) du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175, pour leur proposition de collaboration à leurs travaux de modélisation sur le Lynx dans le massif des Vosges ;

- Sylvia IDELBERGER (Gestionnaire du Projet LIFE+ de réintroduction du Lynx dans le Palatinat) et Jochen KREBUEHL (*Stiftung Natur und Umwelt Rheinland-Pfalz*) pour leur invitation à la Réunion de l'Initiative Pro Luchs ;
- Les maires des communes qui ont donné leur accord pour la mise en place de pièges photographiques dans leurs forêts ;
- Les parcs zoologiques où des enregistrements d'hurllements de loups ont été réalisés : le Parc Animalier de Sainte Croix / Jennifer LAHOREAU (Vétérinaire) et l'équipe du parc, le Parc Argonne Découvertes / Anne FREZARD (Directrice) et son équipe, le Domaine Zoologique du Peschery / M. CHARPENTIER (Directeur) et son équipe ;
- François GUEROLD (Professeur au LIEC de l'Université de Lorraine) et Julian PICHENOT (Biologiste Ecologue Consultant), pour avoir accepté de co-encadrer la thèse CIFRE en bioacoustique sur les hurlements de Loup gris ;
- Charlotte CURE (Docteur en Bioacoustique au CEREMA de Strasbourg), Guillaume DUTILLEUX (Chef de Groupe au CEREMA de Strasbourg), Frédérique SEBE (Maître de Conférences à l'Université de Saint-Etienne) et Jérôme SUEUR (Maître de Conférences au MNHN de Paris) pour avoir accepté de faire partie du comité de pilotage de la thèse CIFRE ;
- Marie-Lazarine POULLE (Ingénieur de recherche à l'URCA-CERFE) pour avoir convié le CROC à participer au comité de pilotage de la thèse de Matthieu BASTIEN sur le programme Riskojardin ;
- Fabien HEIN (Maître de conférences en sociologie à l'Université de Lorraine) pour avoir convié le CROC à participer à l'Observation Hommes-Milieus (OHM) « Pays de Bitche » ;
- L'association Les Piverts pour notre rencontre avec Norvène GALLIOT et les pistes de réflexions qui ont émergé autour d'une future collaboration pédagogique ;
- Les photographes qui ont mis à notre disposition leurs clichés pour illustrer les outils pédagogiques développés au cours de cette année 2014 autour de nos trois expositions sur le Chat forestier, le Lynx boréal et le Loup gris : Rachel BERZINS, Fabrice CAHEZ, Thomas CROUCHET, Kevin GEORGIN, François GUEROLD, Alain LAURENT, Morgane PAPIN, Audrey LE POGAM et Antoine REZER ;
- Valérie GRZYBOWSKI et Maryline GOERGEN de l'Université de Lorraine pour leur aide dans la communication réalisée autour des soirées de conférence Croc'Nature ;
- Les conférenciers des soirées Croc'Nature pour leur disponibilité et la qualité de leurs exposés : Virginie BOYAVAL, Fabrice CAHEZ, Julien DABRY, Marie-Jeanne et Alain GÉNEVÉ, Clément HENNIAUX, Michel MUNIER, René NIEDERCORN et Julian PICHENOT ;

Enfin, l'ensemble des personnes qui participent activement et bénévolement à la vie du CROC.

Nous avons une pensée toute particulière pour Alain LAURENT, notre collègue de terrain et animateur du Réseau Loup Lynx dans le Nord-est et en Franche-Comté depuis de nombreuses années, et dont le poste n'a pas été reconduit au CNERA PAD.

Les membres du Conseil d'Administration

Rachel BERZINS, Présidente
Anne FREZARD, Vice-Présidente
Delphine LEROUX, Trésorière

La responsable des programmes scientifiques et pédagogiques

Estelle GERMAIN, Directrice
estelle.germain@croc-asso.org
03.87.86.90.76

Réalisation des programmes 2014 :

Estelle GERMAIN, Directrice
Gus LYON, Chargé d'études
Morgane PAPIN, Stagiaire Master 2
Julian PICHENOT, Biologiste Ecologue Consultant

Rédaction du rapport d'activités 2014 :

Estelle GERMAIN, Directrice
Julian PICHENOT, Biologiste Ecologue Consultant
Morgane PAPIN, Chargée d'études / Doctorante CIFRE
Maxime CLASQUIN, Chargé d'études scientifiques

Avec la participation de :

Marine MARC, Stagiaire (6 mois, ENSAIA)

Citation du document :

CROC (2015) Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1^{er} janvier au 31 décembre 2014. Rédaction : Germain E., Pichenot J., Papin M. et Clasquin M., Mai 2015, 152p.

1. Introduction générale

Pour rappel, le CROC (Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores) a été créé en 2010. Son objectif principal est l'étude des mammifères carnivores vivant sur le territoire européen, de leurs habitats et de leurs proies et la conception d'outils pédagogiques sur ces thématiques. Son champ d'actions concerne la recherche scientifique et la diffusion des connaissances d'une part, la sensibilisation et l'éducation à l'environnement d'autre part. Le CROC participe également à la formation des personnes qu'il accueille dans son équipe (chargés d'études et stagiaires).

En 2014, deux programmes scientifiques ont été poursuivis :

- Le suivi de l'état de conservation du Lynx boréal *Lynx lynx* dans le massif des Vosges ; en effet, bien qu'ayant fait l'objet d'un programme de réintroduction dans le massif entre 1983 et 1993 (21 individus), l'état de conservation de cette espèce patrimoniale et emblématique des vieilles forêts de montagne suscite à l'heure actuelle de réelles inquiétudes et des interrogations ;
- Le développement d'une méthode bioacoustique pour le suivi et l'estimation de l'effectif des meutes de Loup gris *Canis lupus*, espèce qui a amorcé un retour dans le massif des Vosges depuis 2011 et en plaine en Lorraine depuis 2014.

Nos programmes sont développés dans un souci constant de neutralité et de rigueur scientifique, afin de répondre au mieux à des questions de recherche appliquée sur des thématiques en relation avec la conservation ou la gestion de ces carnivores. Dans un contexte politique et médiatique inter-régional fort gravitant autour de ces espèces, il apparaît en effet primordial d'apporter des éléments de connaissances factuels sur le statut, le mode d'utilisation de l'espace et le comportement de ces carnivores, grâce à la mise en place de suivis et d'études scientifiques sur le terrain. Il s'avère également nécessaire de communiquer sur ces espèces grâce au développement d'outils construits eux aussi sur la base d'éléments scientifiques neutres et objectifs.

Dans cette perspective, le CROC a poursuivi en 2014 ses actions de sensibilisation et d'éducation à l'environnement au travers l'organisation ou la participation à des soirées de conférences, la réalisation d'animations, le renouvellement d'une partie de son matériel d'exposition et l'élaboration de nouveaux outils pédagogiques (jeux, animations, ateliers) autour du Chat forestier d'Europe, du Lynx boréal et du Loup gris. Dans le cadre de ces actions, nous veillons à ce que le contenu de nos supports pédagogiques soit le plus neutre et objectif possible en nous appuyant sur des documents issus de la littérature scientifique ainsi que sur nos partenaires techniques et scientifiques.

Voici un récapitulatif des travaux conduits en 2014.

L'amélioration des connaissances sur les espèces est une étape indispensable pour la mise en œuvre de moyens de gestion ou de conservation appropriés. Le CROC est une structure dynamique dont les principales missions sont la recherche, la formation et la diffusion des connaissances.

2. Programmes scientifiques

2.1. Statuts des espèces concernées

Le Loup gris *Canis lupus* et le Lynx boréal *Lynx lynx* sont inscrits sur des listes internationales, européennes, nationales ou régionales justifiant la nécessité d'une protection ou la mise en place de mesures de conservation à leur égard du fait des menaces qui pèsent sur elles (voir **Tableau 1** ci-dessous). Le Lynx boréal fait également partie des taxons visés par les régions pour leurs besoins de continuités écologiques dans le cadre de la politique des trames vertes et bleues.

Tableau 1 : Statut des carnivores concernés par les travaux scientifiques du CROC en 2014.

Noms vernaculaires		Loup gris	Lynx boréal
Noms scientifiques		<i>Canis lupus</i>	<i>Lynx lynx</i>
Directive Habitats Faune-Flore modifiée (92/43/CEE)	Annexe II	X	X
	Annexe IV	X	X
	Annexe V	X France non concernée	X France non concernée
Convention relative à la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne)	Annexe II	X	
	Annexe III		X
Règlement communautaire CITES	Annexe A	X	X
	Annexe B	X	
CITES (Convention de Washington)	Annexe I	X France non concernée	
	Annexe II	X	X <i>Felidae spp.</i>
Espèce protégée en France Arrêté du 15 septembre 2012 modifiant celui du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection		X	X
Espèce protégée menacée d'extinction en France Arrêté du 27 mai 2009 modifiant celui du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition n'excède pas le territoire d'un département			X
Liste Rouge France (UICN France et al. 2009)		VU	EN
Liste Rouge européenne (INPN MNHN 2015)		LC évaluation 2007	LC évaluation 2007
Liste Rouge mondiale (UICN 2014.3)		LC évaluation 2010	LC évaluation 2008
Liste espèces déterminantes ZNIEFF Lorraine (DREAL Lorraine, février 2013)	Rang		2
Liste espèces déterminantes ZNIEFF Alsace (ODONAT, 2009)	Rang	X Potentiellement reproducteur	X
Listes rouges Alsace (ODONAT, 2014)	Liste rouge Alsace	EN	CR

2.2. Suivi de l'état de conservation du Lynx dans le massif des Vosges

Rappel : Retour sur la situation du Lynx dans le massif des Vosges

Comme dans un certain nombre de régions d'Europe centrale (Linnell *et al.* 2009), la population vosgienne de Lynx est issue d'un programme de réintroduction. Ce programme a été organisé entre 1983 et 1993. Au total, 21 individus (9 femelles et 12 mâles) ont été relâchés mais seulement 10 individus ont participé à l'établissement de la population suite à la disparition d'animaux (cause indéterminée, braconnage, malnutrition) ou à la recapture d'individus trop familiers (Vandel *et al.* 2006).

En 2011, la dernière évaluation triennale du statut du Lynx en France révélait une stagnation voire une légère diminution de l'aire de présence régulière de l'espèce sur ce massif (Marboutin *et al.* 2011 ; Laurent *et al.* 2012). Vu le peu d'indices collectés sur le terrain, ce déclin pouvait même avoir été sous-estimé, en particulier compte tenu de la méthode de traitement des données (indices de présence regroupés sur 3 ans, ici 2008 – 2010). A l'issue de ce constat, trois hypothèses, agissant de manière concomitante ou non, pouvaient expliquer le déclin observé et cette possible sous-estimation (Marboutin 2013) : (1) une méthode de caractérisation de l'aire de présence régulière insuffisamment sensible aux changements de statut, (2) un effort de prospection trop faible dans le massif et (3) une réelle baisse de l'effectif local.

Concernant la première hypothèse « méthode de caractérisation de l'aire de présence insuffisamment sensible », des travaux conduits par le CNERA PAD¹ de l'ONCFS² ont abouti à une mise à jour de la méthodologie employée jusqu'alors. Dorénavant, l'évaluation des aires de présence n'est plus réalisée tous les 3 ans (méthode triennale) mais tous les ans (méthode des biennales chevauchantes) sur la base de données collectées selon un calendrier biologique (d'avril de l'année n-1 à mars de l'année n ; voir Lyon 2012 et Marboutin 2013 pour plus de détails).

L'hypothèse d'un « moindre effort de prospection » a quant à elle d'abord été testée par l'équipe loup-lynx de l'ONCFS avec l'appui des correspondants du Réseau grâce à un intense travail de pistage hivernal organisé au cours des hivers 2011 / 2012 et 2012 / 2013. L'importante pression de prospection n'a conduit à la collecte que de quelques indices qui plus est sur une petite zone des Vosges centrales (secteur du Donon), alors que le noyau historique de l'aire de présence de l'espèce sur ce massif se situe au sud, dans les Hautes-Vosges (voir Marboutin 2013). Les indices collectés correspondaient probablement au seul Lynx identifié sur le massif depuis les investigations de terrain mises en œuvre depuis 2011. Il s'agit de Van Gogh³, un mâle, régulièrement suivi dans le secteur du Donon entre le début de l'année 2012 et l'été 2013 (**Figure 1** ; Germain 2013 ; CROC 2014).

¹ Centre National d'Etude et de Recherche Appliquée - Prédateurs-Animaux Déprédateurs

² Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

³ Nom donné au Lynx photographié dans le Donon, un mâle dont l'oreille droite est coupée.



Figure 1 : Photographie de Van Gogh en 2013 (© CROC).

Pour tester l'hypothèse d'une réelle baisse de l'effectif local, des sessions intensives de piégeage photographique du Lynx ont été organisées par le CROC et l'ONCFS avec l'appui des correspondants du Réseau à partir de l'hiver 2012 / 2013. Le protocole utilisé avait déjà été éprouvé dans le massif du Jura depuis 2011 (voir pour exemple Gatti *et al.* 2011) afin d'obtenir une estimation de la densité de Lynx dans la zone étudiée par la mise en place d'un maillage de pièges photographiques (voir Blanc *et al.* 2012, 2013). Dans le massif des Vosges, le premier suivi intensif a donc été organisé par le CROC et l'ONCFS lors de l'hiver 2012 / 2013 dans une zone d'environ 400 km² située dans les Hautes-Vosges à cheval entre le département des Vosges et celui du Haut-Rhin (voir Germain *et al.* 2013a, b). Finalement, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de ce premier suivi intensif. Ce résultat (zéro photo de Lynx) n'est probablement pas comparable, comme le souligne Marboutin (2013), avec des conditions de densité de Lynx similaires ou proches de celles rencontrées dans le massif du Jura (environ 1 individu pour 100 km² d'après Gatti *et al.* 2011). Pourtant, la zone suivie correspondait alors au cœur historique de la zone de présence régulière du félin sur le massif (voir Marboutin *et al.* 2011 ; Laurent *et al.* 2012).

Ce résultat a soulevé deux types de questions :

- **Des questions d'ordre méthodologique / statistique.** On peut en effet s'interroger sur l'efficacité d'un tel dispositif dans un secteur où la densité de Lynx serait moins importante que celle estimée dans le Jura. Afin de tenter de répondre à cette question, des travaux de modélisation sont actuellement en cours au CEFE⁴ de Montpellier dans le cadre d'une collaboration avec le CNERA PAD.
- **Des questions sur la conservation du Lynx dans le massif des Vosges.** On peut en effet sérieusement s'interroger sur l'état de conservation de la population vosgienne depuis les réintroductions organisées dans les années 80. **C'est dans ce contexte qu'une démarche de renforcement du suivi du Lynx dans le massif des Vosges a été envisagée et mise en œuvre par le CROC.**

⁴ Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive

Renforcement du suivi scientifique du Lynx dans le massif : utilisation de l'outil de piégeage photographique pour l'organisation de suivis intensifs et la mise en place d'une veille

En 2012, le suivi du Lynx dans le massif des Vosges se déclinait selon deux protocoles distincts (voir **Figure 2** ci-dessous) :

- **Suivi opportuniste / ONCFS et Réseau Lynx** : collecte d'indices de présence (crottes, empreintes, poils, proies, etc.) réalisée de manière opportuniste par les correspondants du Réseau Lynx sur l'ensemble du massif ou à l'occasion de sessions de pistage hivernal ;
- **Suivi intensif / CROC, ONCFS et Réseau Lynx** : suivi annuel réalisé à l'aide de pièges photographiques par le CROC et l'ONCFS selon un protocole bien précis sur une période de deux mois dans un secteur ciblé du massif ; l'objectif d'un tel suivi est d'obtenir une estimation de la densité / de l'abondance de l'espèce sur le secteur échantillonné.



Figure 2 : Trois types de suivis conduits sur le Lynx boréal dans le massif des Vosges depuis 2013 (CROC, 2014)

En 2013, en complément du suivi intensif et du suivi opportuniste, le CROC a commencé à tester la faisabilité technique et scientifique de la mise en place d'un 3^{ème} type de suivi dit « **suivi de routine** » ou « **intermédiaire** » avec l'outil de piégeage photographique sur l'ensemble du massif des Vosges. Contrairement au suivi de type intensif conduit en partenariat avec l'ONCFS, l'idée de ce suivi n'est pas actuellement de mettre en place un protocole permettant d'estimer la densité ou l'abondance de Lynx dans un secteur donné mais de déterminer son occurrence (présence / absence) localement sur le massif et si possible d'identifier un maximum d'individus.

Les paragraphes suivants présentent successivement :

- Le suivi intensif du Lynx par piégeage photographique conduit au cours de l'hiver 2013 / 2014 par le CROC et l'ONCFS dont le CNERA PAD ;
- Un bilan mis à jour des résultats des premiers essais conduits au cours de l'hiver 2013 / 2014 sur la mise en place d'un suivi intermédiaire à l'aide de l'outil de piégeage photographique ;
- Le suivi ponctuel conduit en 2014 dans les Vosges du Nord ;
- Un bilan mis à jour sur les travaux à conduire sur la connectivité inter-massifs et les habitats favorables pour le Lynx ;
- Les perspectives de poursuite de nos travaux sur le Lynx au regard de la situation du félin dans le massif des Vosges ;
- Une présentation d'un outil de saisie des données de piégeage photographique développé en 2014 spécifiquement pour les programmes du CROC ;

Contexte de cette seconde session intensive

A l'issue de la première session intensive de piégeage photographique 2012 / 2013 et des résultats obtenus (zéro photo de Lynx), une seconde session intensive a été planifiée au cours de l'hiver 2013 / 2014 par le CROC et l'ONCFS⁵. Une zone localisée au sud de l'autoroute A4 a été choisie pour la mise en place du dispositif de pièges photographiques. Cette zone d'étude se situait au nord du dispositif de suivi intermédiaire alors déployé par le CROC dans le secteur du Donon (voir CROC 2014 et partie suivante). Bien que les protocoles mis en œuvre soient différents, une plus grande zone a ainsi pu être échantillonnée au même moment.

Cette session intensive de suivi du Lynx par piégeage photographique a fait l'objet d'un rapport technique (Germain 2014a ; **ANNEXE 1**). Un article a également été rédigé dans le dernier bulletin n°19 du Réseau Lynx (voir Germain 2014b en **ANNEXE 2**).

Zone d'étude et plan d'échantillonnage

La seconde session intensive 2014 a couvert une zone d'environ 350 km² localisée au sud de l'autoroute A4 (voir **Figure 4** page suivante) : la zone échantillonnée a consisté en une grille composée de 25 carrés échantillons répartis à cheval entre le département de la Moselle (57) et celui du Bas-Rhin (67).

Dans chacun de ces 25 carrés échantillons de 2,7 x 2,7 km (dimension définie par Zimmermann *et al.* 2007), un site a été sélectionné pour la pose d'une paire de pièges photographiques (modèle Cuddeback Attack, voir **Figure 3**) soit un total de 50 pièges photographiques installés sur le terrain.



Figure 3 : Pose d'un piège photographique de type Cuddeback Attack par un agent ONCFS lors de la session intensive de piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4 (© CROC). Des affichettes d'information ont été fixées sur les pièges photographiques afin d'informer l'ensemble des usagers de la forêt (chasseurs, promeneurs, touristes, etc.) des raisons de la présence de cet appareil. Les coordonnées du CROC y figurent également pour que les usagers puissent nous contacter si nécessaire.

⁵ Convention de partenariat et de recherche avec l'ONCFS signée le 27 septembre 2013 pour une durée de trois ans. L'objectif de cette convention est l'amélioration des capacités de recueil et d'échanges d'informations pour une meilleure analyse de l'évolution spatiale de la zone de présence des espèces Loup et Lynx.

Le positionnement des sites à l'intérieur des carrés d'échantillonnage a été défini sur ou à proximité (selon les contraintes de terrain) des emplacements favorables déduits notamment des données historiques de présence du Lynx collectées par le Réseau. En procédant ainsi, la localisation des sites assure une répartition homogène des dispositifs de piégeage photographique sur l'ensemble de la zone échantillonnée, tout en optimisant les chances de détecter l'espèce si elle est présente (Germain *et al.* 2013). Les pièges de type Cuddeback Attack ont été programmés de manière à ce qu'une photo soit prise toutes les 5 secondes dès la détection d'un animal.

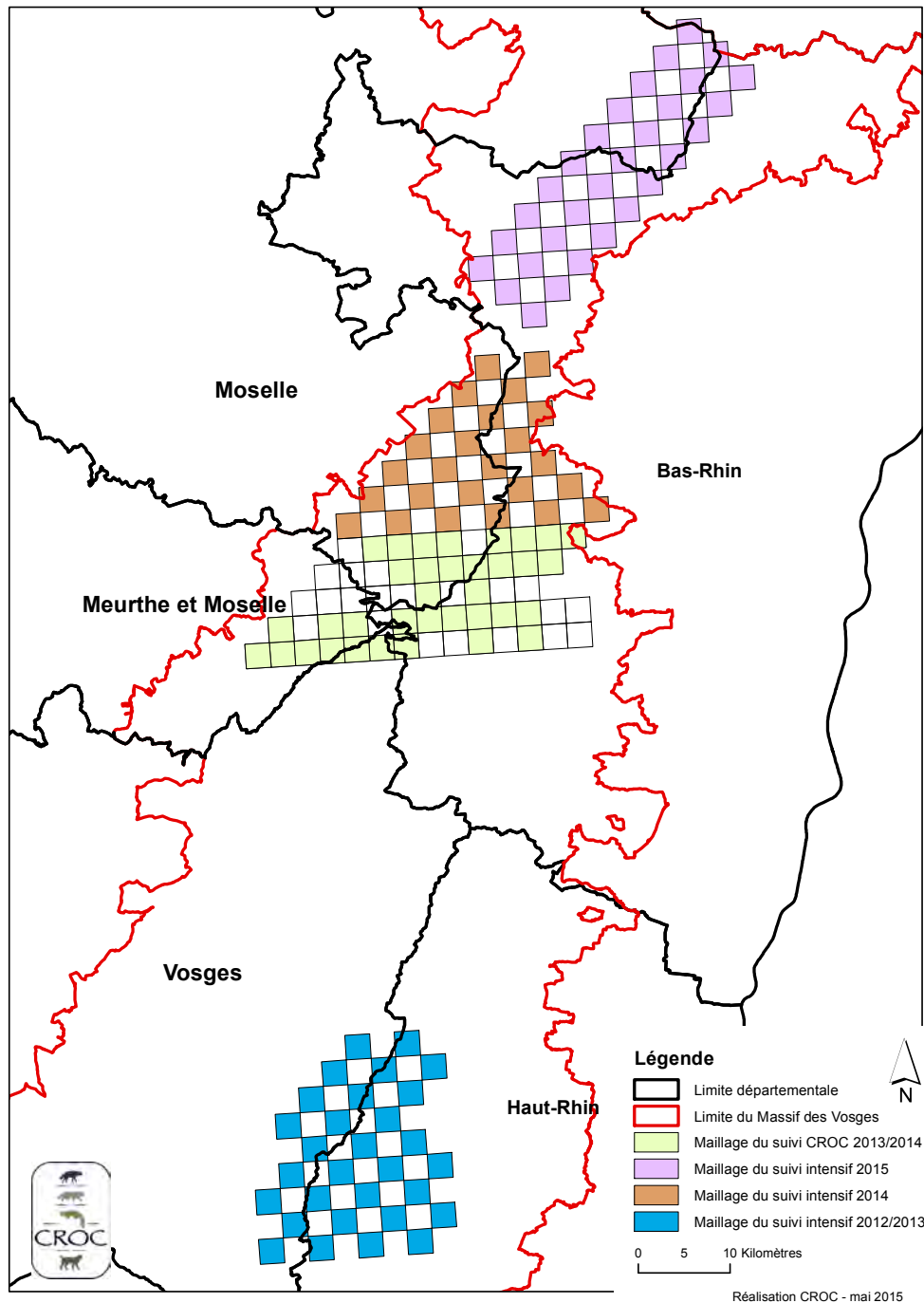


Figure 4 : Illustration de la zone échantillonnée dans le cadre de cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4 (n marron). Sont également représentées, la zone suivie au cours du suivi intensif de l'hiver 2012 / 2013, la zone prévue pour le suivi intensif de l'hiver 2014 / 2015 ainsi que celle suivie par le CROC dans le cadre de son essai de suivi intermédiaire 2013 / 2014 à l'aide de l'outil de piégeage photographique.

Les pièges ont été relevés toutes les semaines pendant toute la durée de la session intensive qui s'est tenue du 3 février (pose des appareils) au 8 avril 2014 (retrait des appareils) soit 9 semaines en tout. Sur l'ensemble de la zone échantillonnée, ces relevés ont été conduits de manière synchronisée, à ± 1 jour près, de façon à respecter au mieux les hypothèses des modèles mathématiques utilisés ensuite pour estimer l'abondance et la densité.

Le travail de terrain a été assuré par le CROC et l'équipe loup-lynx de l'ONCFS CNERA PAD, avec l'appui précieux des agents ONCFS des Services Départementaux de la Moselle (SD57) et du Bas-Rhin (SD67). La DDT du département du Bas-Rhin a assuré la liaison avec les communes concernées par la pose de pièges photographiques (voir **Tableau 2**, page suivante). Les agences ONF concernées par le plan d'échantillonnage (Agence de Schirmeck et Agence de Sarrebourg) ont été informées de ce travail de même que les Fédérations départementales des chasseurs de la Moselle et du Bas-Rhin. Aucun site ne tombait dans un espace protégé (Réserve biologique, RNN, RNR, APB, zones de quiétude pour le Grand Tétrás, etc. ; voir **Tableau 2**). Le Groupe Tétrás Vosges a été informé de la pose de deux appareils dans ou à proximité d'aires de disparition récente ou ancienne du Grand Tétrás.

Tableau 2 : Informations sur les sites concernés par la pose de pièges photographiques dans le cadre de cette session intensive 2014 pour le suivi du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4.

Maille Programme	Maille CROC	Forêt	Commune	INSEE	Département	Région	Périmètres réglementaires ou d'inventaires concernés					
							GTV Tétrés		ZNIEFF I	ZNIEFF II	ZPS	
							Aire de disparition récente : 1989 à 2005	Aire de disparition ancienne : 1975	GITES A CHIROPTERES A ABRESCHVILLER, VASPERVILLER ET SAINT-QUIRIN	VOSGES MOYENNES	FORET DOMANIALE DE LA MOSSIG	Crêtes du Donon- Schneeberg, Bas-Rhin
01	MV0229	Forêt communale de Phalsbourg	Phalsbourg	57540	Moselle	Lorraine						
02	MV0231	Forêt communale d'Ottersthal	Ottersthal	67366	Bas-Rhin	Alsace						
03	MV0237	Forêt domaniale de Phalsbourg	Lutzelbourg	57427	Moselle	Lorraine						
04	MV0239	Forêt domaniale de Saverne	Saverne	67437	Bas-Rhin	Alsace						
05	MV0246	Forêt domaniale de Phalsbourg	Saint-Louis	57618	Moselle	Lorraine						
06	MV0247	Forêt domaniale de Phalsbourg	Hultehouse	57339	Moselle	Lorraine						
07	MV0248	Forêt domaniale de Saverne	Haegen	67179	Bas-Rhin	Alsace						
08	MV0254	Forêt domaniale de Walscheid	Hommert	57334	Moselle	Lorraine						
09	MV0256	Forêt domaniale de Phalsbourg	Haselbourg	57300	Moselle	Lorraine						
10	MV0258	Forêt domaniale de Saverne	Reinhardsmunster	67391	Bas-Rhin	Alsace						
11	MV0264	Forêt communale de Voyer	Voyer	57734	Moselle	Lorraine						
12	MV0266	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57163	Moselle	Lorraine						
13	MV0268	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57163	Moselle	Lorraine						
14	MV0270	Forêt communale d'Allenwiller	Allenwiller	67004	Bas-Rhin	Alsace						
15	MV0276	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine						
16	MV0277	Forêt domaniale de Walscheid	Walscheid	57742	Moselle	Lorraine						
17 pose 1	MV0279	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57163	Moselle	Lorraine						
17 pose 2	MV0280	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57163	Moselle	Lorraine	*	(*)				
18	MV0281	Forêt domaniale de la Mossig	Wangenbourg-Engenthal	67122	Bas-Rhin	Alsace						
19	MV0283	Forêt communale de Romanswiller	Romanswiller	67408	Bas-Rhin	Alsace						
20	MV0306	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine						
21 pose 1	MV0291	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine						
21 pose 2	MV0291	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine						
22	MV0293	Forêt domaniale de Walscheid	Walscheid	57742	Moselle	Lorraine						
23	MV0295	Forêt domaniale d'Engenthal	Wangenbourg-Engenthal	67122	Bas-Rhin	Alsace						*
24	MV0297	Forêt domaniale de la Mossig	Wangenbourg-Engenthal	67122	Bas-Rhin	Alsace						*
25	MV0299	Forêt communale de Westhoffen	Westhoffen	67525	Bas-Rhin	Alsace						

* : Site localisé à l'intérieur du périmètre

(*) : Site localisé en bordure du périmètre (à moins de 100 m)

Résultats

Si l'on tient compte du temps de pose des pièges sur le terrain, l'effort d'échantillonnage s'élève à 1572 nuits-sites⁶). Ceci correspond à 98,31% de la pression de piégeage photographique maximale c'est-à-dire si tous les appareils avaient parfaitement fonctionné sur les 25 sites pendant toute la durée de l'étude et s'il n'y avait pas eu deux appareils volés (1599 nuits-sites attendues). Au total, 2389 photos d'animaux ont été prises. Les espèces photographiées sont représentatives de la faune communément observée dans le massif des Vosges (voir **Tableau 3**, page suivante). On retrouve en effet des canidés (Renard roux et Chien), des félinés (Chat sauvage et Chat domestique), des mustélinés (Blaireau européen, Martre des pins, Fouine et Putois), des ongulés (Chevreuil, Cerf et Sanglier), d'autres petits mammifères (Ecureuil roux et Lièvre d'Europe) et des oiseaux (Pic noir, Mésange bleue, Grive musicienne etc.).

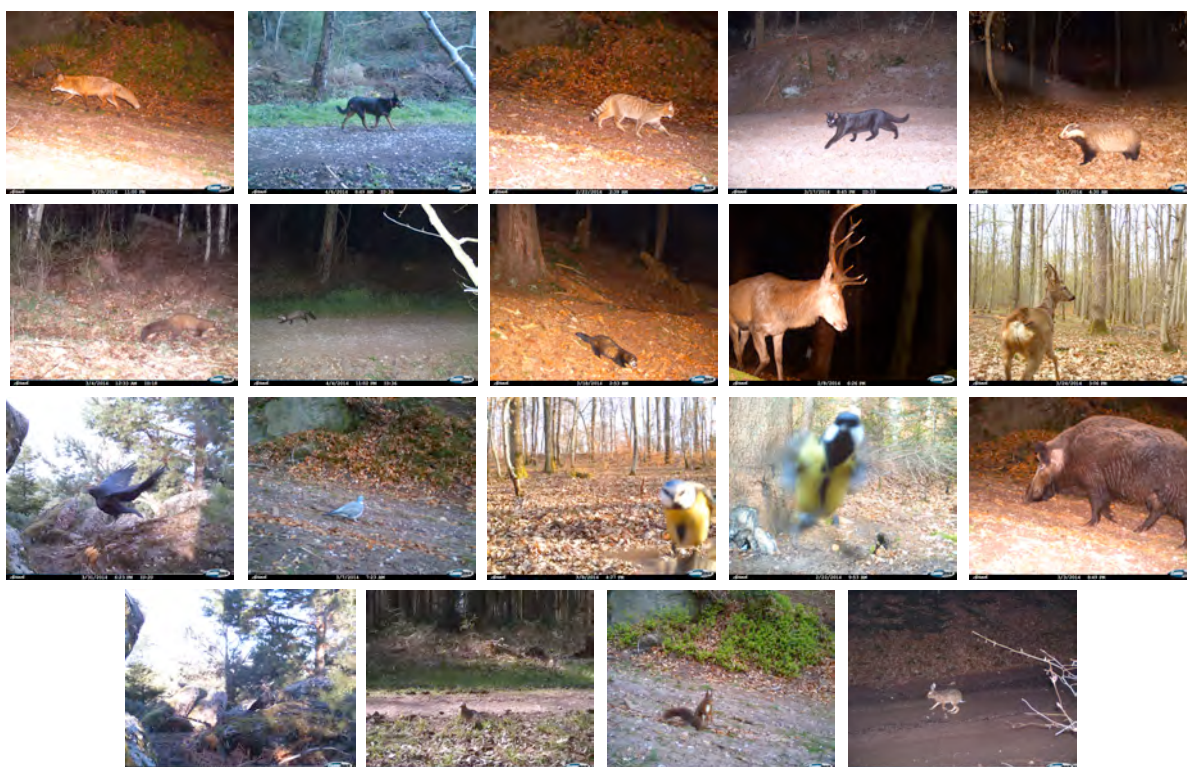


Figure 5 : Echantillon de photographies de faune prises au cours du suivi intensif par piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4 en février – mars 2014 (session intensive 2014 ; © CROC).

Cependant, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de cette session intensive de suivi par piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4.

⁶ Nuits-sites calculées comme le nombre de sites multiplié par le nombre de nuits où au moins un des deux appareils a été fonctionnel sur le terrain pendant la durée de l'étude.

Conclusion et perspectives

Malgré la mise en place d'un plan d'échantillonnage avec une pression de piégeage comparable à celle exercée ces trois dernières années désormais dans quasiment tout le massif du Jura, aucune photo de Lynx n'a été prise dans la partie étudiée du massif des Vosges au cours des deux mois de l'étude. Pourtant, plus au sud, dans le secteur du Donon, un individu (Van Gogh) était suivi entre le début de l'année 2012 et l'été 2013.

Comme dans le cas du suivi intensif conduit dans le secteur des Hautes-Vosges au cours de l'hiver 2012/ 2013, si les conditions de densité de Lynx étaient similaires ou proches à celles rencontrées dans le massif du Jura, de nombreuses photographies de différents Lynx auraient en théorie dûes être collectées. **Ces résultats renforcent les sérieux doutes concernant le bon état de conservation du Lynx dans le massif des Vosges.**

Bien qu'il soit encore impossible à l'heure actuelle d'établir un diagnostic irréfutable quant au nombre de Lynx présents sur le massif des Vosges, il apparaît clairement que le massif n'accueille pas le Lynx dans des densités comparables à celles observées dans le massif du Jura en France. La population vosgienne de Lynx est probablement dans un état critique.

Pour encore mieux préciser ce contexte, il est primordial de poursuivre les investigations de terrain et les travaux de recherche. A ce titre, le CROC et l'ONCFS prévoient d'organiser de nouveaux suivis intensifs dans le massif des Vosges (hiver 2014 / 2015 : Vosges du Nord ; hiver 2015 / 2016 : Hautes-Vosges).

Rappel du contexte

Notre programme de suivi intermédiaire du Lynx a pour objectif de détecter la présence de Lynx dans le massif des Vosges et de parvenir à identifier un maximum d'individus. Dans cette perspective, le piégeage photographique est aujourd'hui un outil d'échantillonnage généralement non invasif et communément employé pour le suivi de la faune sauvage (Kays & Slauson 2008 ; O'Connell *et al.* 2011 ; Ancrenaz *et al.* 2012 ; Kelly *et al.* 2013), les félins notamment (voir Kays & Slauson 2008 ; Karanth *et al.* 2010a, 2010b, 2011 ; Blanc *et al.* 2012, 2014). Cet outil est particulièrement intéressant pour des espèces de mammifères qui, comme les carnivores, sont difficiles à détecter ou à dénombrer du fait de leurs mœurs discrètes et nocturnes, de leur faible densité ou des grands territoires qu'elles occupent. Le Lynx se prête par ailleurs bien à l'échantillonnage par piégeage photographique car son pelage présente des marques distinctives individuelles (Sunquist & Sunquist 2002). En 2013, le seul Lynx identifié dans le massif a été photographié dans le secteur du Donon (Germain 2013). C'est pourquoi les essais conduits sur le terrain en 2013 / 2014 se sont concentrés sur ce secteur afin d'essayer de calibrer une méthode transposable par la suite sur d'autres secteurs.

Rappel du plan d'échantillonnage

Différents paramètres doivent être définis pour mettre en place un tel protocole (pour exemple d'après Karanth *et al.* 2011) :

- La saison au cours de laquelle réaliser le suivi ;
- La durée de pose des appareils avant d'être déplacés sur un autre secteur (une autre bande) ;
- L'espacement entre les pièges ;
- Le nombre de sites à échantillonner ;
- Les zones géographiques à échantillonner ;
- Le matériel disponible et les contraintes logistiques.

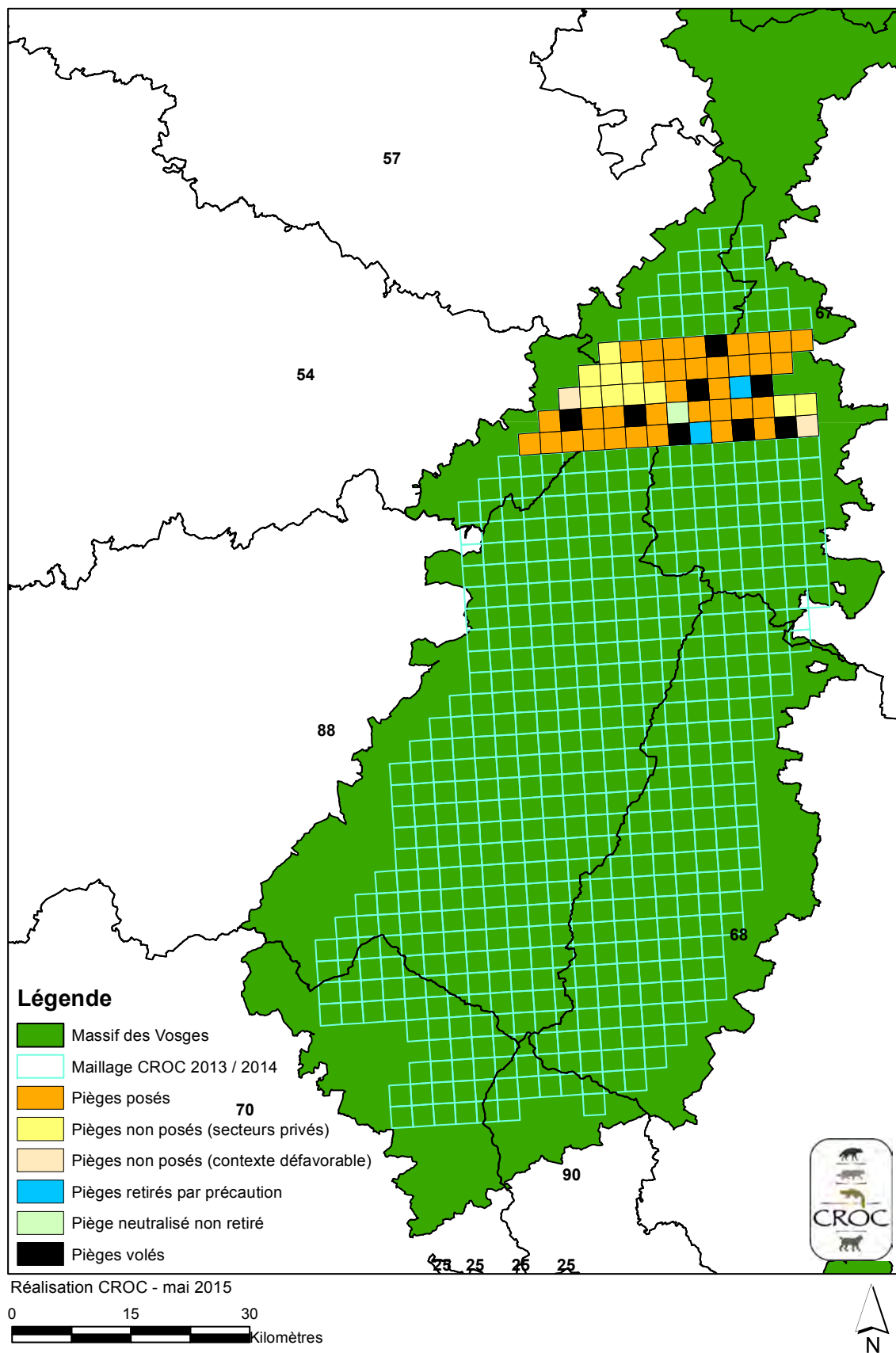
Pour ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique, le système de maillage utilisé lors des suivis intensifs conduits avec l'ONCFS, maillage également utilisé par les acteurs du suivi du Lynx dans le Jura suisse (maille de 2,7 x 2,7 km ; Zimmermann *et al.* 2007), a été conservé pour définir le plan d'échantillonnage. Cependant, ce ne sont pas deux pièges posés en vis-à-vis dans une maille sur deux qui ont été installés mais un seul piège dans chaque maille. La mise en place d'un seul piège photo dans une maille permet de couvrir un plus grand secteur en utilisant le même nombre d'appareils. D'après, Karanth *et al.* (2011), en augmentant la densité de pièges photos et en les rapprochant spatialement, on augmente le taux de capture-recapture des individus exposés aux pièges photos et donc la probabilité de capture de ces individus. A l'inverse, en réduisant la densité de pièges photos (appareils plus éloignés), cela peut potentiellement permettre d'échantillonner un nombre plus grand d'animaux et donc de photographier un plus grand nombre d'individus différents. Dans le contexte vosgien, il nous a semblé plus opportun d'augmenter la densité d'appareils afin d'optimiser nos chances de photographier un individu. Et, même si dans le cadre de protocole de Capture-Marquage-Recapture, il est plus raisonnable d'obtenir des photos des deux flans de l'animal afin de confirmer sans ambiguïté son identification (Karanth *et al.* 2010b), dans le contexte vosgien, un seul Lynx ayant été identifié, les risques de confusion entre individus restent très limités.

Pour définir la zone à échantillonner, le massif des Vosges (partie du massif située au sud du col de Saverne dans un premier temps) a été subdivisé en différentes bandes horizontales composées en moyenne d'une trentaine de mailles de 2,7 x 2,7 km (voir **Figure 6**, page suivante). En échantillonnant chacune de ces bandes successivement, il serait possible de réaliser un balayage progressif du

massif, balayage qui pourrait ensuite être reconduit une fois l'ensemble des bandes échantillonnées une première fois.

La zone d'étude choisie pour ce premier essai 2013 / 2014 concerne les bandes 2 et 3 localisées sur le secteur du Donon, secteur où un individu était suivi entre le printemps 2012 et l'été 2013. Au total, ce sont 57 mailles qui ont été ciblées pour la pose de pièges photographiques (**Figure 6**). La superficie échantillonnée avoisine les 415 km² et concerne 25 communes. Elle est à cheval sur 4 départements et 2 régions : la Moselle, la Meurthe-et-Moselle et les Vosges en Lorraine, et le Bas-Rhin en Alsace.

Figure 6 : Zone d'étude choisie pour tester l'échantillonnage pour un « suivi de routine » du Lynx dans le massif des Vosges avec l'aide de l'outil de piégeage photographique. Mailles échantillonnées ou non (et motifs) sur les bandes sélectionnées dans le secteur du Donon.



Dans chaque maille, un site a été défini pour la pose d'un piège photographique du type Cuddeback Ambush (voir **Figure 7**, page suivante). L'emplacement du site a été défini sur la base :

- des indices de présence de l'espèce dans le secteur (information relayée par l'ONCFS dans le cadre de la convention de partenariat recherche n°DR04-2013-04) ;
- de la topographie du milieu en l'absence d'indice de présence de Lynx dans la maille (route/chemin forestier, sentier, passage le long d'une rupture de pente, les coulées d'autres animaux ne sont pas forcément à privilégier) ;
- de l'accessibilité des sites pour leur relevé à venir (contraintes géographique et logistique) ; les allées forestières accessibles en véhicule ont été privilégiées ;
- des autorisations d'accès (voir **Tableau 4** pour les démarches) et d'installation des appareils sur ces sites (contraintes logistiques liées au grand nombre de pièges à relever pour une seule personne en charge des relevés).

Tableau 4 : Récapitulatif des démarches d'informations ou de demandes d'autorisations réalisées auprès des acteurs institutionnels, des gestionnaires, des communes ou des propriétaires privés pour ce suivi 2013 / 2014 (extrait de CROC, 2014)⁷.

Forêts	ONF	ONCFS	Communes	« Zones sensibles »
Forêts domaniales	- Autorisation de circulation en forêts domaniales	Information sur la mise en place d'un suivi transmise par email : Services Départementaux, DIR Est, CNERA PAD et animateur du Réseau sur le massif	<i>Courrier d'information depuis 2014</i>	<p>- Pour les espaces protégés (Réserves biologiques, régionales, nationales, APB) : avis et autorisation à demander au gestionnaire (ONF, PNR, CEN Lorraine, CSA)</p> <p>+ Zones de quiétude (ou exempt de dérangement) du Grand Tétrás⁸ :</p> <p>Pose des pièges photos sur les routes forestières et sentiers balisés</p> <p>Avis à demander au Groupe Tétrás Vosges et informer l'animateur de la ZPS, la DREAL et la DDT</p>
Forêts communales gérées par l'ONF	- Contact de l'agence ONF en amont afin soit d'avoir les coordonnées des agents forestiers soit que l'information leur soit relayée en interne - Informations transmises : numéros des parcelles voire localisation du piège - Informations demandées : coupe planifiée sur les parcelles ou à proximité, relais local		Courrier d'information <i>Demande d'autorisation pour la pose de piège et pour la circulation depuis 2014</i>	
Forêts communales gérées par la commune ou gérées par un groupement Forêts privées	Information transmise par email sur la mise en place d'un suivi		Demande d'autorisation (email ou courrier) pour la pose de piège et la circulation		(conformément aux autorisations de circulation transmise par l'ONF et à la convention n°2101230518 rédigée avec la DREAL Lorraine en 2013)

Ces pièges ont été posés au début du mois de novembre pour une durée prévue initialement de 5 mois, de manière à couvrir la période de reproduction du Lynx (février-mars, Stahl & Vandel 1998). Ils ont été programmés de telle manière à ce qu'une photo soit prise toutes les 5 secondes dès la détection d'un animal. Le calendrier de pose et de vérification des pièges photographiques a été fixé à une fois par mois à compter du mois suivant la pose des appareils. Des affichettes d'information ont été fixées sur les pièges photographiques afin d'informer l'ensemble des usagers de la forêt (chasseurs, promeneurs, touristes, etc.) des raisons de la présence de ces appareils. Les coordonnées du CROC y figurent également pour que les usagers puissent nous contacter si nécessaire.

⁷ Les démarches d'informations et de demandes d'autorisations ont évolué depuis.

⁸ Le CROC a également fait le choix de demander l'avis du GTV pour les secteurs de présence du Grand Tétrás en général et pas seulement pour les zones de quiétude (ou les zones exemptes de dérangement).



Figure 7 : Illustration de la hauteur (30-50 cm du sol) et de la distance à laquelle les pièges photographiques de type Cuddeback Ambush sont posés par rapport aux allées forestières. On distingue le caisson métallique sur lequel une affichette d'information est collée. Ce caisson métallique est fixé à l'arbre avec un câble Python (câble noir). Le piège photographique est enfermé dans le caisson métallique avec un cadenas à anse protégée (© CROC).

Résultats à la fin de ce premier essai

La totalité des pièges a été posée pendant la première quinzaine du mois de novembre 2013. Le premier relevé des pièges a été réalisé au cours de la première quinzaine du mois de janvier. Entre temps plusieurs passages sur site ont été réalisés pour vérifier le fonctionnement du matériel.

Au total, ce sont 45 pièges photographiques qui ont été posés sur un plan d'échantillonnage initial de 57 mailles à équiper (**Tableau 5**). Douze mailles n'ont pas été équipées de pièges photographiques pour les raisons suivantes :

- 10 mailles concernent des forêts privées pour lesquelles nous n'avons pas réussi à contacter les propriétaires ;
- 2 mailles n'ont pas été immédiatement équipées suite à des difficultés rencontrées sur le terrain ; puis à la suite de vols à proximité de ces mailles, elles n'ont finalement pas été équipées ;

En effet, au total, 8 appareils ont été volés au cours de ce suivi. Pour un piège photographique, l'arbre a été coupé et pour les sept autres, le câble Python a été sectionné et le caisson métallique arraché de l'arbre. Chacun de ces vols a fait l'objet d'un dépôt de plainte systématique en gendarmerie.

Parallèlement à ces vols, deux appareils ont été vandalisés ou « neutralisés » (objectif scotché empêchant ce dernier de prendre des photos pendant quelques jours ou câble Python sectionné).

Finalement, à la fin de l'étude, sur les 45 pièges initialement posés sur le terrain, 8 étaient volés et 2 ont été retirés volontairement du dispositif de suivi par souci de précaution.

Tableau 5 : Informations sur les sites concernés par la pose de pièges photographiques dans le secteur du Donon pour ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique dans le secteur du Donon (novembre 2013 / mars 2014).

Maille Programme	Maille CROC	Forêt	Commune	INSEE	Département	Région	Périmètres réglementaires ou d'inventaires concernés																		
							GTV Tétrás		Réserve Biologique			ZNIEFF I				ZNIEFF II		ZPS							
							Aire de disparition récente : 1989 à 2005	Aire de disparition ancienne : 1975	de Grossmann	de Haslach	des Hauts de Bousson	GITES A CHIROPTERES A ABRESCHVILLER, VASPERVILLER ET SAINT-QUIRIN	FORET DE BOUSSON	LA PLAINE DE LA SOURCE A LA TROUCHE (RAON-L'ETAPE)	GITES A CHIROPTERES DU COL DE LA CHAPELOTTE A ANGOMONT	VOSGES MOYENNES	CRETES ROCHER DE MUTZIG-NOLL-GROSSMANN SCHNEEBERG	des Crêtes des Vosges mosellanes	Crêtes du Donon-Schneeburg, Bas-Rhin	Hétraie-sapinière de Bousson et Grandcheneau					
M30	MV0307	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine									*										
M31	MV0308	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine									*										
M32	MV0309	Forêt domaniale d'Abreschviller	Abreschviller	57003	Moselle	Lorraine									*										
M33	MV0310	Forêt domaniale d'Abreschviller	Abreschviller	57003	Moselle	Lorraine						*			*										
M34	MV0311	Forêt domaniale de Walscheid	Walscheid	57742	Moselle	Lorraine	*								*						*				
M35	MV0312	Forêt communale de Still	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace		*							*								*		
M36	MV0313	Forêt domaniale de Haslach	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace	*								*								*		
M37	MV0314	Forêt domaniale de Haslach	Still	67480	Bas-Rhin	Alsace					*				*								*		
M38	MV0315	Forêt communale de Strasbourg Oedenwald	Cosswiller	67077	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M42	MV0325	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	*								*										
M43	MV0326	Forêt domaniale d'Abreschviller	Abreschviller	57003	Moselle	Lorraine									*										
M44	MV0327	Forêt domaniale d'Abreschviller	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	*								*										
M45	MV0328	Forêt communale d'Oberhaslach	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M46	MV0329	Forêt communale d'Heiligenberg Montagne	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M47	MV0330	Forêt domaniale de Haslach	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M48	MV0331	Forêt domaniale de Haslach	Still	67480	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M54	MV0343	Forêt domaniale d'Abreschviller	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine									*										
M55	MV0344	Forêt domaniale d'Abreschviller	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine									*									*	
M56	MV0345	Forêt communale de Lutzelhouse	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace		*							*								*		
M57	MV0346	Forêt communale d'Urmatt	Urmatt	67500	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M58	MV0347	Forêt communale de Moelsheim	Urmatt	67500	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M59	MV0355	Forêt communale de Brementil	Angomont	54017	Meurthe-et-Moselle	Lorraine									*										
M60	MV0356	Forêt communale d'Angomont	Angomont	54017	Meurthe-et-Moselle	Lorraine		*							*										
M61	MV0357	Forêt domaniale de Bousson	Saint-Sauveur	54488	Meurthe-et-Moselle	Lorraine					*				*									*	
M62	MV0358	Forêt domaniale de Bousson	Saint-Sauveur	54488	Meurthe-et-Moselle	Lorraine					*				*									*	
M63	MV0359	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	*								*								*		
M64 B31 pose 2	MV0360	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M65 B31 pose 1	MV0361	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M65	MV0361	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M66	MV0362	Forêt communale de Wisches	Wisches	67543	Bas-Rhin	Alsace		*							*								*		
M67	MV0363	Forêt domaniale de Lutzelhouse	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M68	MV0364	Forêt communale de Lutzelhouse	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M69	MV0365	Forêt communale de Muhlbach-Sur-Bruche	Muhlbach-sur-Bruche	67306	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M72	MV0376	Forêt communale de Badonviller	Badonviller	54040	Meurthe-et-Moselle	Lorraine									*								*		
M73	MV0377	Forêt domaniale des Elleux 2	Badonviller	54040	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	*								*								*		
M74	MV0378	Forêt communale d'Allarmont	Bionville	54075	Meurthe-et-Moselle	Lorraine									*								*		
M75	MV0379	Forêt communale de Vexaincourt	Bionville	54075	Meurthe-et-Moselle	Lorraine								*									*		
M76	MV0380	Forêt communale de Vexaincourt	Vexaincourt	88503	Vosges	Lorraine									*								*		
M77	MV0381	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	*								*								*		
M78	MV0382	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M79	MV0383	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M80	MV0384	Forêt communale de Schirmeck	Schirmeck	67448	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M81	MV0385	Forêt communale de Schirmeck	Schirmeck	67448	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M82	MV0386	Forêt communale de Russ	Russ	67420	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M83	MV0387	Forêt communale de Grendelbruch	Grendelbruch	67167	Bas-Rhin	Alsace									*								*		
M84	MV0388	Forêt communale de Rosheim	Rosheim	67411	Bas-Rhin	Alsace									*								*		

* : Site localisé à l'intérieur du périmètre
 (+) : Site localisé en bordure du périmètre (à moins de 100 m)

Si l'on tient compte du temps de pose des pièges sur le terrain, l'effort d'échantillonnage s'élève à 4455 nuits-sites (= nuits-pièges⁹) soit 81,10% de la pression de piégeage photographique maximale si aucun vol n'avait eu lieu ni aucune détérioration entraînant le retrait des appareils du terrain pendant ces premières semaines de suivi (5493 nuits-sites attendues).

Outre les photographies de personnes réalisées à hauteur des jambes (marcheurs, chasseurs, skieurs, randonneurs à raquettes, cyclistes), de véhicules motorisés (quads, voitures, etc.), 3430 photos d'animaux ont été prises pendant ce suivi. A l'exception de deux photographies Daim européen, de la photographie d'un Raton laveur et de deux photographies de **Loup gris**, les espèces photographiées sont représentatives de la faune communément observée dans le massif des Vosges (voir **Figure 8**). On retrouve (voir **Tableau 6** page suivante) en effet des canidés (Renard roux), des félidés (Chat sauvage), des mustélidés (Blaireau européen, Martre des pins, Fouine), des ongulés (Chevreuil, Cerf, Sanglier), d'autres petits mammifères (Ecreuil roux, Lièvre d'Europe) et des oiseaux (Pigeon ramier, Mésange charbonnière).

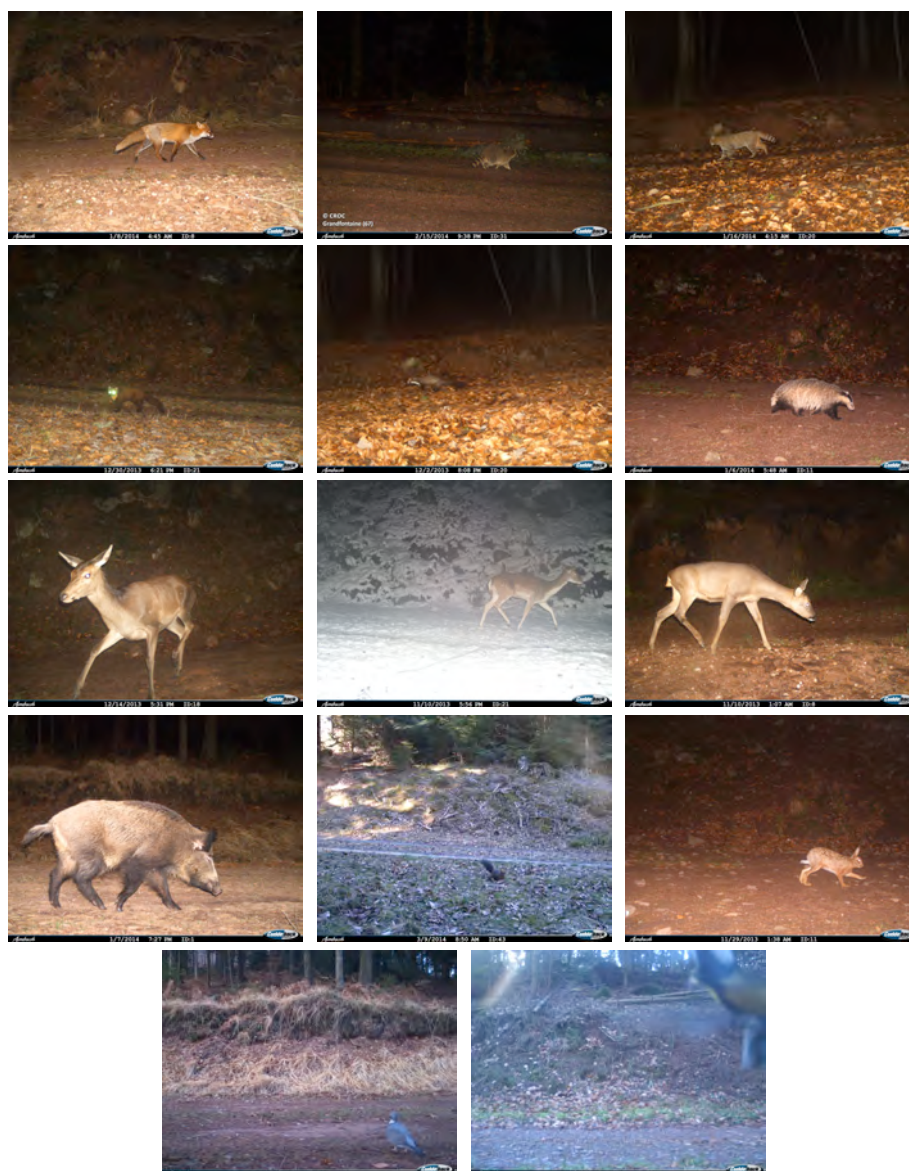


Figure 8 : Echantillon de photographies de faune prises au cours de ce premier essai de mise en place d'un suivi intermédiaire du Lynx par piégeage photographique (novembre 2013 – mars 2014 ; © CROC).

⁹ Nuits-pièges calculées comme le nombre de pièges multiplié par le nombre de nuits où les appareils de chaque site ont été fonctionnels sur le terrain pendant la durée de l'étude.

Tableau 6 : Liste des espèces photographiées et nombre de nuits-sites (= nuits-pièges) réalisées dans le secteur du Donon pour ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique dans le secteur du Donon (novembre 2013 / mars 2014).

Maille Programme	Maille CROC	Forêt	Commune	INSEE	Département	Région	Nombre de nuits-pièges réalisées (nuits-sites)	Photos d'animaux nombre brut	Espèces photographiées																Nombre d'espèces				
									Autres Animal indéterminé	Autres Raton laveur	Canidés			Félidés		Mustélidés		Oiseaux			Ongulés					Petits mammifères			
										Chien	Loup gris	Renard roux	Chat domestique	Chat sauvage	Blaireau européen	Martre des pins	Fouine	Mésange charbonnière	Oiseau indéterminé	Pigeon ramier	Cerf élaphe	Chevreuil	Daim européen	Ongulé indéterminé	Sanglier	Ecreuil roux	Lievre d'Europe		
M30	MV0307	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	108	208	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8
M31	MV0308	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	125	26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M32	MV0309	Forêt domaniale d'Abreschviller	Abreschviller	57003	Moselle	Lorraine	125	132	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8	
M33	MV0310	Forêt domaniale d'Abreschviller	Abreschviller	57003	Moselle	Lorraine	115	42	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	
M34	MV0311	Forêt domaniale de Walscheid	Walscheid	57742	Moselle	Lorraine	91	33	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M35	MV0312	Forêt communale de Still	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace	123	70	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M36	MV0313	Forêt domaniale de Haslach	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace	123	198	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	11	
M37	MV0314	Forêt domaniale de Haslach	Still	67480	Bas-Rhin	Alsace	123	19	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M38	MV0315	Forêt communale de Strasbourg Oedenwald	Cosswiller	67077	Bas-Rhin	Alsace	108	317	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	
M42	MV0325	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	125	396	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	
M43	MV0326	Forêt domaniale d'Abreschviller	Abreschviller	57003	Moselle	Lorraine	118	101	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	
M44	MV0327	Forêt domaniale d'Abreschviller	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	125	7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	
M45	MV0328	Forêt communale d'Oberhaslach	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace	123	87	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	
M46	MV0329	Forêt communale d'Heiligenberg Montagne	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace	123	27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M47	MV0330	Forêt domaniale de Haslach	Oberhaslach	67342	Bas-Rhin	Alsace	123	77	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M48	MV0331	Forêt domaniale de Haslach	Still	67480	Bas-Rhin	Alsace	123	72	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	
M54	MV0343	Forêt domaniale d'Abreschviller	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	112	95	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10	
M55	MV0344	Forêt domaniale d'Abreschviller	Saint-Quirin	57623	Moselle	Lorraine	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10	
M56	MV0345	Forêt communale de Lutzelhouse	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace	123	57	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	
M57	MV0346	Forêt communale d'Urmatt	Urmatt	67500	Bas-Rhin	Alsace	22	31	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	
M58	MV0347	Forêt communale de Molsheim	Urmatt	67500	Bas-Rhin	Alsace	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	
M59	MV0355	Forêt communale de Bremeril	Angomont	54017	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	117	11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	
M60	MV0356	Forêt communale d'Angomont	Angomont	54017	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10	
M61	MV0357	Forêt domaniale de Bousson	Saint-Sauveur	54488	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	117	206	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	
M62	MV0358	Forêt domaniale de Bousson	Saint-Sauveur	54488	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	117	81	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	
M63	MV0359	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	55	70	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9	
M64 B31 pose 2	MV0360	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	112	76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M65 B31 pose 1	MV0361	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	12	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	
M65	MV0361	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	124	38	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M66	MV0362	Forêt communale de Wisches	Wisches	67543	Bas-Rhin	Alsace	124	61	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	
M67	MV0363	Forêt domaniale de Lutzelhouse	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace	123	249	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	11	
M68	MV0364	Forêt communale de Lutzelhouse	Lutzelhouse	67276	Bas-Rhin	Alsace	123	34	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M69	MV0365	Forêt communale de Muhlbach-Sur-Bruche	Muhlbach-sur-Bruche	67306	Bas-Rhin	Alsace	123	38	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M72	MV0376	Forêt communale de Badonviller	Badonviller	54040	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	117	42	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M73	MV0377	Forêt domaniale des Elieux 2	Badonviller	54040	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	117	21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M74	MV0378	Forêt communale d'Allarmont	Bionville	54075	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	117	18	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	
M75	MV0379	Forêt communale de Vexaincourt	Bionville	54075	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	107	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	
M76	MV0380	Forêt communale de Vexaincourt	Vexaincourt	88503	Vosges	Lorraine	106	181	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	
M77	MV0381	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	103	46	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	
M78	MV0382	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	117	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	
M79	MV0383	Forêt domaniale du Donon	Grandfontaine	67165	Bas-Rhin	Alsace	97	30	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M80	MV0384	Forêt communale de Schirmeck	Schirmeck	67448	Bas-Rhin	Alsace	22	21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	
M81	MV0385	Forêt communale de Schirmeck	Schirmeck	67448	Bas-Rhin	Alsace	124	163	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M82	MV0386	Forêt communale de Russ	Russ	67420	Bas-Rhin	Alsace	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	
M83	MV0387	Forêt communale de Grendelbruch	Grendelbruch	67167	Bas-Rhin	Alsace	123	21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	
M84	MV0388	Forêt communale de Rosheim	Rosheim	67411	Bas-Rhin	Alsace	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	

■ Pièges volés
■ Piège neutralisé
■ Pièges retirés par précaution

SOMME 4455 3430 19 1 26 2 24 1 9 13 6 2 3 1 2 41 36 2 4 37 1 8

Cependant, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de ces premières semaines d'essai de mise en place d'un « suivi de routine » du Lynx sur le massif des Vosges grâce à l'outil de piégeage photographique.

Notons néanmoins que ce suivi aura permis d'obtenir les premiers indices de présence de **Loup gris en Moselle et dans le Bas-Rhin** depuis la disparition de l'espèce dans ces deux départements à la fin du 19^{ème} / début du 20^{ème} siècle (voir **Figure 9** ci-dessous).

A.



B.



Figure 9 : Photographies de Loup gris *Canis lupus* prises dans le cadre de ce premier essai de mise en place d'un suivi de routine du Lynx par piégeage photographique dans le secteur du Donon (novembre 2013 / mars 2014 ; © CROC). **A** : Photographie prise sur la commune de Walscheid (57) ; **B** : Photographie prise sur la commune de Still (67).

Conclusions et perspectives d'évolution pour ce suivi intermédiaire

Au regard des résultats obtenus au cours de l'hiver 2013 / 2014, le protocole de suivi initialement réfléchi sous forme de bandes qui seraient déplacées sur l'ensemble du massif pour la mise en place d'un « suivi de routine » / « suivi intermédiaire » du Lynx par piégeage photographique apparaît inadapté à la situation de l'espèce dans le massif mais aussi au contexte humain (vols d'appareils).

Même si l'absence de photo de Lynx au cours des 4 mois de suivi n'est pas une preuve d'absence de Lynx dans le secteur suivi, le résultat n'est pas encourageant et ce d'autant plus qu'un Lynx, Van Gogh, était suivi dans ce secteur entre le printemps 2012 et l'été 2013.

Différents scénarios / hypothèses peuvent être envisagés :

1. le dispositif de suivi sur les allées forestières pourrait ne pas être adapté ; cette hypothèse est invalidée par le fait qu'en 2012, des photos du même individu avaient été prises sur des allées forestières à nouveau suivies dans ce dispositif et sur lesquelles aucune nouvelle photo n'a été prise.
2. le Lynx actuellement suivi n'est plus présent dans le secteur ; à notre connaissance et d'après les échanges entretenus avec les membres du Réseau, l'absence d'information de présence concernant Van Gogh remonte maintenant au mois de juillet 2013. A noter également, que l'un des pièges qui permettait son suivi a également été volé au mois d'octobre 2013 après de nombreux mois sur le terrain.
3. bien que ce « suivi intermédiaire » soit finalement plus intensif du point de vue de son plan d'échantillonnage que le « suivi intensif », la même question se pose sur l'efficacité d'un tel dispositif dans un secteur où la densité de Lynx serait très faible. Des pistes de travail statistique sur cette question pourraient être envisagées avec le CEFE de Montpellier.
4. le fait de placer systématiquement les pièges en suivant une grille d'échantillonnage peut nous amener à sélectionner des sites qui ne sont pas forcément optimaux du point de vue de la probabilité d'y rencontrer l'espèce. D'après Karanth *et al.* (2011), ce type de pratique peut drastiquement réduire les probabilités de « capture » d'individus. En effet, les carnivores ne se déplacent pas de manière aléatoire mais ils se déplacent pour rechercher de la nourriture (proies), de l'eau ou des contacts sociaux (période de reproduction). Ainsi, compte tenu des contraintes rencontrées sur le terrain (accès aux forêts privées, vols et détérioration du matériel) et du contexte dans lequel se trouve la population vosgienne de lynx, l'usage d'un plan d'échantillonnage basé sur une grille semble compromis voire inapproprié.

Une autre approche intégrant ces premiers résultats et ces premières réflexions doit donc être envisagée. L'idée pourrait être de **procéder par secteurs répartis sur le massif** (Vosges du Nord, Donon, Vosges centrales, Hautes-Vosges et Vosges du sud) et suivis de manière continue tout au long de l'année. Ces secteurs seraient localisés en forêts domaniales (contraintes logistiques) dans des zones riches en indices de présence récents (collectés depuis 2010 par exemple). En complément de ces secteurs suivis en continu, **des suivis ponctuels** pourraient être mis en place selon l'actualité du moment sur le massif.

Concernant les indices récents à prendre en compte dans la préparation des suivis de terrain, **les observations visuelles pourront être exclues**. En effet, celles-ci sont souvent utilisées pour le suivi du statut de conservation des espèces rares. Cependant, ce type d'indices n'est pas vérifiable *a posteriori* sur le terrain. D'après McKelvey *et al.* (2008) l'utilisation de telles données peut ainsi conduire à des erreurs de diagnostic sur l'état de conservation des espèces rares. Ces auteurs recommandent que la nature des indices exploitables évolue en fonction du statut des espèces suivies (voir **Figure 10** ci-dessous). Pour une espèce comme le Lynx dans le massif des Vosges, les observations visuelles tout comme les observations acoustiques seraient donc à exclure.

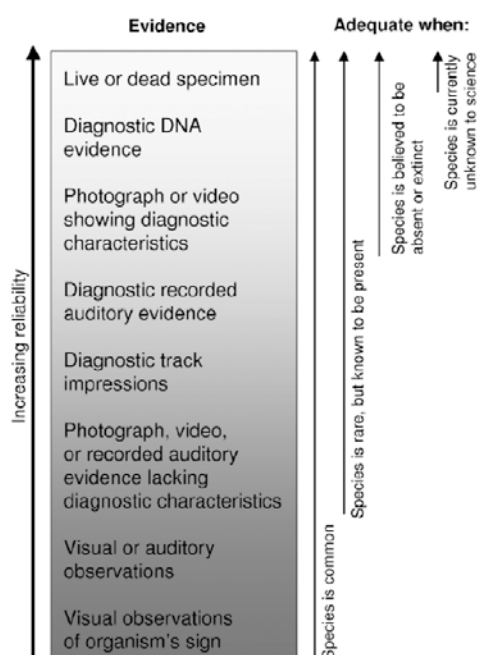


Figure 10 : Proposition d'un gradient pour la prise en compte ou non de certains indices sur le terrain en fonction du statut de l'espèce étudiée. Dans le cas des espèces rares, les indices exploitables sont plus restreints et l'utilisation des données visuelles ou acoustiques, non vérifiables, n'est pas recommandée (extrait de McKelvey *et al.* 2008)

Une attention particulière pourrait être apportée au nord et au sud du massif. En effet, le programme LIFE+ de réintroduction du Lynx dans le Palatinat en Allemagne pourrait à terme conduire à l'arrivée de nouveaux lynx dans les Vosges du Nord. Au sud, aucun indice collecté jusqu'en 2014 ne permet de penser que des échanges / déplacements de lynx sont possibles entre la population jurassienne et la population vosgienne (Marboutin *et al.* 2011). Cependant, cela n'en reste pas moins envisageable et la faisabilité d'un suivi par piégeage photographique du sud du massif où des corridors ont été identifiés (voir Zimmerman & Breitenmoser 2007 ; Assmann 2011) devra être étudiée.

Finalement, ce « suivi intermédiaire » serait « une veille par piégeage photographique » pour le suivi de l'état de conservation du Lynx dans le massif, l'objectif étant d'augmenter nos chances de déterminer l'occurrence (présence / absence) de l'espèce et, si possible, d'identifier un maximum d'individus.



Veille par piégeage photographique / Ensemble du massif
Suivi scientifique du CROC

Contexte

Des indices ponctuels ont été collectés ces dernières années dans les Vosges du Nord et validés par le Réseau Lynx. Au cours de l'année 2014, 8 pièges photographiques ont été posés dans des secteurs de présence historique du Lynx.

Zone d'étude et plan d'échantillonnage

Ce suivi ponctuel a couvert une zone d'environ 60 km² localisée dans la Réserve de Biosphère des Vosges du Nord. La zone échantillonnée a consisté en une grille composée de 8 carrés échantillons (de 2,7 x 2,7 km) répartis sur les communes de Sturzelbronn, Eguelshardt, Philippsbourg et Baerenthal en Moselle (57). Huit sites ont été sélectionnés pour la pose d'un piège photographique (modèle Reconyx HC600 au flash infrarouge invisible, voir **Figure 11**) soit un total de 8 pièges photographiques installés sur le terrain.



Figure 11 : Modèle de piège photographique Reconyx HC600 avec flash infrarouge invisible utilisé pour le suivi ponctuel du Lynx mis en place en 2014 dans les Vosges du Nord (© CROC).

Le positionnement des sites à l'intérieur des carrés d'échantillonnage a été défini sur ou à proximité (selon les contraintes de terrain) des emplacements favorables déduits notamment des données historiques de présence du Lynx collectées par le Réseau. Les pièges ont été relevés en moyenne tous les 15 jours pendant toute la durée de ce suivi qui s'est tenu du 7 mars (pose des appareils) au 5 décembre 2014 (retrait des appareils) soit 8 mois en tout.

Le travail de terrain a été animé et coordonné par le CROC. Des courriers ont été envoyés aux communes afin de les informer de la pose de pièges photographiques sur leur territoire en forêt domaniale. Le responsable environnement de l'agence de Sarrebourg a été informé de la réalisation de ce travail de suivi (Forêts domaniales de Hanau 2 et 3 et en Forêt domaniale de Sturzelbronn) et a transmis ses recommandations en fonction des exploitations éventuelles des parcelles forestières ciblées pour la pose d'appareils. L'association SOS Faucon Pèlerin Lynx a assuré localement le relais auprès des chasseurs. La Fédération départementale des chasseurs de la Moselle et l'ONCFS (SD57, DIR Est et CNERA PAD) ont également été informés des communes concernées par ce suivi. Les chargés de mission et conservateurs de réserves du Parc Naturel Régional des Vosges du Nord ont été informés de ce suivi en fonction des sites concernés par des zones sensibles (APB et RNN ; voir **Tableau 7** ci-après).

Tableau 7 : Informations sur les sites concernés par la pose de pièges photographiques dans le cadre du suivi ponctuel du Lynx conduit dans les Vosges du Nord du 7 mars au 5 décembre 2014.

Maille Programme	Maille CROC	Forêt	Commune	INSEE	Département	Région	Périmètres réglementaires ou d'inventaires concernés						
							APB	PNR	Réserve de Biosphère	RNN	ZNIEF I	ZNIEFF II	ZPS
							Forêt de Hanau	des Vosges du Nord	des Vosges du Nord	Rochers et tourbières du Pays de Bitche	FORETS DU PAYS DE BITCHE ET GITES A CHIROPTERES	PAYS DE BITCHE	des forêts, rochers et étangs du pays de Bitche
VN1	MV0040	Forêt domaniale de Sturzelbronn	Roppeviller	57594	Moselle	Lorraine		•	•		•		
VN2	MV0051	Forêt domaniale de Sturzelbronn	Sturzelbronn	57661	Moselle	Lorraine		•	•		•	•	
VN3	MV0072	Forêt domaniale de Hanau 3	Eguelshardt	57188	Moselle	Lorraine		•	•		•	•	
VN4	MV0096	Forêt domaniale de Hanau 3	Philippsbourg	57541	Moselle	Lorraine		•	•	(•)	•	•	
VN5	MV0071	Forêt domaniale de Hanau 3	Eguelshardt	57188	Moselle	Lorraine		•	•		•	•	
VN6	MV0095	Forêt domaniale de Hanau 3	Philippsbourg	57541	Moselle	Lorraine	•	•	•		•	•	
VN7	MV0121	Forêt domaniale de Hanau 2	Baerenthal	57046	Moselle	Lorraine		•	•		•	•	
VN8	MV0121	Forêt domaniale de Hanau 2	Baerenthal	57046	Moselle	Lorraine		•	•		•	•	

• : Site localisé à l'intérieur du périmètre

(•) : Site localisé en bordure du périmètre (à moins de 100 m)

Résultats et conclusions

Si l'on tient compte du temps de pose des pièges sur le terrain, l'effort d'échantillonnage s'élève à 2024 nuits-sites (=nuits-pièges¹⁰). Ceci correspond à 92,67% de la pression de piégeage photographique maximale c'est-à-dire si tous les appareils avaient parfaitement fonctionné sur les 8 sites pendant toute la durée de l'étude (2184 nuits-sites attendues). Aucun vol ni aucune détérioration du matériel n'ont été constatées. Au total, ce sont plus de 14000 photos d'animaux qui ont été prises. À noter que cette grande quantité de photographies comparativement aux autres suivis (suivi intensif et suivi intermédiaire) est due à la programmation des appareils (avec les appareils Reconyx plusieurs photographies sont déclenchées automatiquement lorsqu'un animal est détecté, sur les appareils Cuddeback une seule photographie est déclenchée par détection).



Figure 12 : Échantillon de photographies de faune prises au cours du suivi ponctuel du Lynx par piégeage photographique conduit dans les Vosges du Nord de mars à décembre 2014 (© CROC).

A l'exception d'une photographie de Daim européen, les espèces photographiées sont représentatives de la faune communément observée dans le massif des Vosges (voir **Figure 12** ci-dessus et **Tableau 8**, page suivante). On retrouve en effet des félinidés (Chat domestique, Chat sauvage), des canidés (Renard roux, Chien), des mustélinidés (Blaireau européen, Fouine), des ongulés (Sanglier, Cerf élaphe, Chevreuil), d'autres petits mammifères (Ecurieul roux, Lièvre d'Europe) et des oiseaux (Pigeon ramier, Mésange charbonnière, Geai des chênes, Corneille noire, Grive musicienne, Grive draine). **Cependant, aucune photographie de Lynx n'a été prise.**

¹⁰ Nuits-pièges calculées comme le nombre de pièges multiplié par le nombre de nuits où les appareils de chaque site ont été fonctionnels sur le terrain pendant la durée de l'étude.

Tableau 8 : Liste des espèces photographiées et nombre de nuits-sites réalisées dans le cadre du suivi ponctuel du Lynx par piégeage photographique conduit dans les Vosges du Nord du 7 mars au 5 décembre 2014. **A**. Mammifères photographiés ; **B** : Oiseaux photographiés.

A.

Maille Programme	Maille CROC	Forêt	Commune	INSEE	Département	Région	Nombre de nuits-pièges réalisées (nuits-sites)	Photos d'animaux nombre brut	Mammifères photographiés																	Nombre d'espèces			
									Autres animaux		Autres carnivores		Canidés			Félidés				Mustélidés			Ongulés				Petits mammifères		
									Animal indéterminé	Carnivore indéterminé	Canidé indéterminé	Chien	Renard roux	Chat domestique	Chat indéterminé	Chat sauvage	Chat sauvage douteux	Blaireau européen	Mustélidé indéterminé	Fouine	Cerf élaphe	Chevreuil	Daim européen	Ongulé indéterminé	Sanglier		Ecureuil roux	Lièvre d'Europe	
VN1	MV0040	Forêt domaniale de Sturzelbronn	Roppeville	57594	Moselle	Lorraine	273	3579	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12			
VN2	MV0051	Forêt domaniale de Sturzelbronn	Sturzelbronn	57661	Moselle	Lorraine	273	1903	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	14			
VN3	MV0072	Forêt domaniale de Hanau 3	Éguelshardt	57188	Moselle	Lorraine	194	658	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10			
VN4	MV0096	Forêt domaniale de Hanau 3	Philippsbourg	57541	Moselle	Lorraine	226	464	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10			
VN5	MV0071	Forêt domaniale de Hanau 3	Éguelshardt	57188	Moselle	Lorraine	273	1977	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	11			
VN6	MV0095	Forêt domaniale de Hanau 3	Philippsbourg	57541	Moselle	Lorraine	273	2028	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13			
VN7	MV0121	Forêt domaniale de Hanau 2	Baerenthal	57046	Moselle	Lorraine	269	3143	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13			
VN8	MV0121	Forêt domaniale de Hanau 2	Baerenthal	57046	Moselle	Lorraine	243	265	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10			
SOMME							2024	14017	8	1	2	8	8	4	2	6	1	8	7	5	7	8	1	6	8	2	1		

B.

Maille Programme	Maille CROC	Forêt	Commune	INSEE	Département	Région	Nombre de nuits-pièges réalisées (nuits-sites)	Photos d'animaux nombre brut	Oiseaux photographiés						Nombre d'espèces	
									Oiseaux							
									Cornelle noire	Geai des chênes	Grive draine	Grive muscienne	Mésange charbonnière	Pigeon ramier		
VN1	MV0040	Forêt domaniale de Sturzelbronn	Roppeville	57594	Moselle	Lorraine	273	3579		*	*					2
VN2	MV0051	Forêt domaniale de Sturzelbronn	Sturzelbronn	57661	Moselle	Lorraine	273	1903				*	*			2
VN3	MV0072	Forêt domaniale de Hanau 3	Éguelshardt	57188	Moselle	Lorraine	194	658				*				1
VN4	MV0096	Forêt domaniale de Hanau 3	Philippsbourg	57541	Moselle	Lorraine	226	464								0
VN5	MV0071	Forêt domaniale de Hanau 3	Éguelshardt	57188	Moselle	Lorraine	273	1977			*			*		2
VN6	MV0095	Forêt domaniale de Hanau 3	Philippsbourg	57541	Moselle	Lorraine	273	2028								0
VN7	MV0121	Forêt domaniale de Hanau 2	Baerenthal	57046	Moselle	Lorraine	269	3143						*		1
VN8	MV0121	Forêt domaniale de Hanau 2	Baerenthal	57046	Moselle	Lorraine	243	265	*							1
SOMME							2024	14017	1	1	1	1	2	3		

Développer des études sur la connectivité inter-massifs (Jura-Vosges-Palatinat) / les bio-corridors / la « qualité » de l'habitat vosgien pour le Lynx

En parallèle des investigations conduites sur le terrain pour le suivi du Lynx dans les Vosges, il apparaît également primordial de développer des études sur des problématiques en lien avec la connectivité et la qualité des habitats, pour étudier les possibilités de colonisation d'individus en provenance des populations voisines. En effet, il est fort probable que le massif des Vosges soit encore isolé des massifs du Jura et des Alpes (Marboutin *et al.* 2011). Cependant, compte tenu du dynamisme actuel du noyau de population jurassienne, la dispersion d'individus de ce noyau en direction du massif des Vosges pourrait être envisageable. Pourtant, aucune donnée collectée jusqu'en 2014 n'a pu permettre de confirmer cette éventualité.

Dès lors, de nombreuses questions se posent pour essayer de comprendre cet apparent isolement : existe-t-il une continuité écologique entre le massif des Vosges et le Jura pour le Lynx ? Le massif des Vosges joue-t-il / pourrait-il jouer le rôle de bio-corridor entre le Jura et le Palatinat ? Le massif des Vosges propose-t-il un habitat favorable pour l'installation du Lynx ou son passage ? Quelles pourraient être les possibilités d'actions pour améliorer la connectivité ? Etc.

Espèce inféodée aux vastes massifs forestiers des zones montagneuses, riches en ongulés (chevreuil en particulier) et autres mammifères dont il se nourrit, les exigences écologiques du Lynx le cantonnent à des secteurs qui lui fournissent un espace et des ressources alimentaires suffisantes (Stahl & Vandiel 1998). Le domaine vital d'un Lynx occupe une vaste superficie, pouvant atteindre 400 km² (Raydelet 2006). L'existence de continuités écologiques, en termes de forêt notamment mais pas uniquement, constitue un élément indispensable pour permettre au félin de se disperser (Klar *et al.* 2006). Or, les déplacements d'individus garantissent le maintien du brassage génétique nécessaire à la survie des populations sur le long terme. Ainsi, de par la distribution de ses populations (réparties en « noyaux » sur plusieurs massifs), mais aussi du fait de son écologie, le Lynx boréal constitue une espèce phare pour l'étude et la mise en place des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique (SRCE), dans le cadre de la politique nationale des Trames Verte et Bleue (TVB).

La Lorraine dispose d'une responsabilité forte pour le maintien de plusieurs espèces emblématiques telles que le Lynx, en raison du fait qu'elle partage ses frontières avec 3 autres pays : la Belgique, le Luxembourg et l'Allemagne (ESOPE & Sémaphores 2009). L'enjeu du maintien de la connectivité pour le Lynx n'est donc pas uniquement régional. Il en est de même pour les régions Alsace et Franche-Comté.

Une synthèse bibliographique des études conduites sur ces thématiques (voir CROC 2014) montre que des travaux ont déjà été conduits sur le sujet (e.g. Zimmerman & Breitenmoser 2007 ; Assmann 2011). Cependant, la réalisation d'une étude fine sur la qualité de l'habitat disponible, basée sur des données de présence de l'espèce, sur des variables écologiques pertinentes et exploitant les outils statistiques les plus performants et récents, apporterait des informations pour mieux identifier les « zones nodales » de la TVB, qui pour l'instant ont été définies sur la base des surfaces forestières (données CLC). En effet, le couvert forestier n'est pas l'unique variable à prendre en compte pour décrire un habitat favorable au Lynx (voir par exemple Basille *et al.* 2008). En complément, seule la récolte d'informations précises sur l'habitat sélectionné par les individus en comportement de déplacement (données de trajectométrie issues de suivis télémétriques par exemple), pourrait permettre d'identifier de manière fine des corridors fonctionnels potentiellement empruntés par le Lynx. Dans ce registre, il serait intéressant de s'inspirer de travaux conduits sur d'autres espèces de félinés (par exemple Dickson *et al.* 2005, sur le Cougar).

Dans cette perspective, des investigations sous SIG (Q-GIS) et sous R (version 3.1.0) ont été initiées en 2014 suivant la méthode développée par Basille (2007) et Basille *et al.* (2008) avec l'analyse factorielle de la niche écologique ainsi que celle proposée par Calenge *et al.* (2008) avec l'analyse factorielle des distances de Mahalanobis (MADIFA).

L'Analyse Factorielle de la Niche Ecologique (ENFA) est une méthode multivariée fondée sur le concept de niche, développée par Hutchinson (1957) pour étudier la distribution géographique des espèces (Hirzel *et al.* 2002). Son principal avantage réside dans le fait que son utilisation requiert uniquement des données de présence. En effet, d'après Hirzel *et al.* (2002), les données d'absence peuvent refléter des situations de « fausse » absence. Certaines espèces discrètes peuvent être présentes, mais ne pas être détectables, alors que d'autres peuvent être absentes pour des raisons historiques et ce, même si les conditions écologiques présentes leur sont favorables. L'objectif de l'ENFA est de définir les éléments de l'habitat qui sont importants et qui devraient être préservés pour favoriser la présence de l'espèce étudiée et donc, quel habitat est sélectionné ou à l'inverse évité par l'animal (Basille *et al.* 2008).

Bien qu'en 2008, Basille *et al.* aient appliqué l'ENFA au cas du Lynx dans le massif des Vosges en utilisant les indices de présence collectés (observations incluses), il nous a semblé opportun de renouveler ces analyses en s'appuyant sur des données récentes (collectées postérieurement à 2010) et en excluant les données d'observation (voir McKelvey *et al.* 2008). En complément de cette ENFA, nous avons envisagé la réalisation d'une MADIFA sur le même jeu de données. La MADIFA est aussi une méthode multivariée dont l'utilisation requiert uniquement des données de présence. Elle permet en revanche la construction de cartes de la qualité de l'habitat (Calenge *et al.* 2008). Appliqué au contexte du Lynx dans le massif des Vosges, ce type de carte pourrait nous renseigner sur la probabilité de rencontre de l'espèce dans le massif et donc sur les zones favorables à son installation.

Bien que prometteuses, ces analyses ont été temporairement interrompues. En effet, suite à des échanges avec le CNERA PAD, il est apparu que des travaux de modélisation sur la restauration d'une population viable de Lynx dans les Vosges étaient conduits dans le cadre d'une thèse en cours d'achèvement au CEFÉ de Montpellier. Il nous a semblé plus raisonnable dans un premier temps de prendre connaissance de ces travaux et de rencontrer cette équipe avant d'aller plus loin. **Une rencontre a eu lieu début 2015 et le CROC va être associé à ces travaux dont les analyses pour le moment préliminaires doivent être renforcées et affinées avant d'être publiées dans une revue scientifique (voir Blanc 2015 pour quelques résultats préliminaires).**

Parallèlement, un projet de stage a été monté au CROC. Le sujet initialement envisagé (étude des habitats favorables pour le Lynx dans le massif des Vosges et des connectivités inter-massif) a été revu au regard notamment de la découverte des travaux de Blanc (2015). Il nous a semblé plus cohérent dans un premier temps qu'un état des lieux (synthèse bibliographique) des études conduites sur l'habitat du Lynx en Europe et sur la connectivité entre ces habitats favorables soit réalisé. Par ailleurs, au delà de la connectivité des habitats, les potentialités d'accueil du massif des Vosges seront aussi déterminées par l'acceptation des populations humaines locales. On pourrait en quelque sorte parler de « connectivité sociale ». Ainsi, le stage propose d'étudier les potentialités d'accueil du massif des Vosges pour le Lynx au travers de ces deux problématiques : « connectivité des habitats favorables » et « connectivité sociale ». La fiche de stage avec les objectifs prévisionnels fixés en 2014 est présentée en **ANNEXE 3**.

L'ensemble des travaux de suivi du Lynx que nous avons conduits dans le massif des Vosges en 2014 de manière indépendante ou en partenariat avec l'ONCFS renforce l'idée selon **laquelle l'état de conservation du Lynx est bien plus critique dans le massif qu'il ne l'a été évalué ces dernières années**. La population – s'il est encore possible de parler de population - est très réduite et il semble difficilement envisageable qu'elle soit pérenne en l'état. D'ailleurs, le dernier bilan national d'évolution de l'aire de présence détectée du Lynx paru fin 2014 dans le bulletin du Réseau Lynx confirme l'amorce d'une tendance à la baisse de cette aire de présence depuis 2005 jusqu'en 2013 (L'équipe animatrice du Réseau 2014). Il est également précisé qu'il n'y a quasiment plus d'indices relevés sur le terrain à l'exception d'observations visuelles.

Bien qu'aucune photographie de Lynx n'ait été collectée en 2014 dans le cadre des investigations de terrain présentées dans ce rapport, cela n'atteste pas pour autant de la disparition de l'espèce sur les secteurs suivis et encore moins sur le massif. En effet, l'absence de photographies n'est pas en soi une preuve d'absence de l'espèce recherchée (voir Ancrenaz *et al.* 2012). Lorsqu'une espèce se fait rare, la détection de sa présence est d'autant plus délicate à mettre en œuvre et seuls des efforts accrus sur le terrain et des protocoles adéquats peuvent aider à la suivre (Boitani *et al.* 2012). Il est par ailleurs important d'anticiper les événements à venir comme le programme de réintroduction du Lynx dans le Palatinat en Allemagne et le retour naturel possible d'individus par les Vosges du Nord. L'arrivée d'individus par le sud est une possibilité de colonisation naturelle du Lynx à ne pas écarter également.

Aussi, les efforts de réflexions sur la situation du Lynx dans le massif, les efforts de suivi et les travaux de recherche ne doivent pas être revus à la baisse. **Au contraire, ils doivent être renforcés.**

Rappelons qu'en 2003, Breitenmoser *et al.* ont rédigé un plan d'action pour la conservation du Lynx eurasien en Europe. L'idée centrale de ce plan d'action est « *de maintenir et de rétablir, en coexistence avec les humains, des populations viables de grands carnivores en tant que partie intégrante d'écosystèmes et de paysages dans toute l'Europe* ». Cinq buts ont été définis (Breitenmoser *et al.* 2003) :

- (1) *Promouvoir la coexistence entre les humains et les lynx afin que ce prédateur soit mieux accepté ;*
- (2) *Sauvegarder les populations autochtones de lynx menacées d'extinction ;*
- (3) *Assurer la survie à long terme des populations viables grâce à une gestion judicieuse ;*
- (4) *Rétablir le Lynx dans toutes les zones appropriées à l'hébergement de populations viables ;*
- (5) *Soutenir le rétablissement de petites populations locales si elles peuvent être maintenues en tant que sous-populations d'une population régionale viable.*

Pour atteindre ces cinq buts, ces chercheurs ont identifié des objectifs de différentes natures dont la **conservation de l'espèce** et la **protection de ses habitats**, la **question des conflits avec les humains**, la **sensibilisation**, le **suivi** et la **recherche**. Les actions recommandées pour la France (voir **ANNEXE 4** pour une liste complète) sont concernées par ces objectifs. Nous retiendrons à titre d'exemple les recommandations suivantes (Breitenmoser *et al.* 2003) :

- 4.2.2. *Identifier le statut des populations réduites et isolées et mettre en place un programme de surveillance ;*
- 4.2.3. *Il faudrait analyser le déclin historique du Lynx, identifier les menaces pesant sur la population, prendre des mesures pour supprimer les facteurs limitatifs ;*
- 4.2.4. *Il faudrait lancer des campagnes d'information du public afin d'assurer le soutien de la population à la conservation du Lynx ;*

- 4.3.2. *Les sous-populations de Lynx qui forment une métapopulation potentiellement viable devraient être reliées par des couloirs entre habitats. Ces couloirs sont entretenus ou restaurés partout où ils sont importants pour la survie d'une sous-population et l'échange génétique entre sous-populations ;*
- 4.5.1. *Des campagnes d'information devraient être lancées afin de faire connaître au grand public tous les aspects de la conservation et de la gestion du Lynx ;*
- 4.5.2. *Des programmes éducatifs détaillés devraient être lancés pour des groupes d'intérêt spécifiques comme les chasseurs ou les propriétaires d'animaux de rente ;*
- 4.6.1. *Les recherches appliquées menées sur le Lynx eurasien devraient être coordonnées, et l'échange des méthodes, des idées et des résultats devrait se réaliser ;*
- 4.6.2. *Des systèmes de suivi du Lynx au niveau national ou local devraient être conçus, testés, mis en œuvre et coordonnés entre les pays qui se partagent la même population de Lynx.*

Dans ce contexte, il apparaît clairement que les sujets devant, à l'avenir, faire l'objet d'études approfondies dans le massif des Vosges sont :

- ⇒ **la poursuite des investigations de suivi sur le terrain ;**
- ⇒ **la mise en place de protocoles scientifiques adaptés au contexte vosgien ;**
- ⇒ **la mise en place de réflexions sur la situation actuelle de l'espèce, sur les hypothèses de cet apparent déclin et sur les leçons à en tirer ;**
- ⇒ **la conduite de travaux sur l'habitat, les corridors, la connectivité entre le massif des Vosges, le Jura et le Palatinat ;**
- ⇒ **la conduite de travaux sur l'acceptation sociale de ce grand prédateur.**

Ainsi, au-delà de son programme scientifique de suivi du Lynx par piégeage photographique dans le massif des Vosges, les actions conduites par le CROC autour de ce grand prédateur et les pistes envisagées à l'avenir répondent à ces recommandations. En effet, à l'issue de l'année 2014, les actions et réflexions du CROC pour le Lynx dans le massif des Vosges s'organisent autour de trois axes : **le monitoring, l'habitat et la connectivité, l'acceptation sociale**. Voici une présentation du contenu actuel de ces trois axes :

- **Axe 1 : Monitoring**

Afin d'améliorer nos connaissances de l'état de conservation du Lynx sur le massif, des investigations de terrain calibrées selon des protocoles adaptés au contexte de la population vosgienne doivent se poursuivre.

Mise en place d'un suivi intensif annuel du Lynx par piégeage photographique en partenariat avec l'ONCFS, le CNERA PAD et le Réseau Lynx ;

Etudier la faisabilité d'un suivi complémentaire plus régulier de l'espèce : veille par piégeage photographique ; Ne plus travailler avec les données d'observations lors de la mise en place de nouveaux protocoles ; Détecter les individus présents et les individus susceptibles d'arriver au nord ou au sud du massif ;

Poursuivre les échanges avec les acteurs travaillant sur Lynx des pays et régions limitrophes notamment concernant la possible implication du CROC dans le suivi scientifique des lynx relâchés dans le Palatinat dans le cadre du programme LIFE+, si ces derniers s'aventuraient dans le massif (Vosges du Nord) ;

Faisabilité d'investigations statistiques avec le CEFE de Montpellier en fonction des résultats des premières analyses conduites sur les suivis intensifs en collaboration avec le CNERA PAD ;

Réflexion à ouvrir sur la sensibilité des données collectées à l'avenir (pas de diffusion de cartes de présence) ;

- **Axe 2 : Habitat et Connectivité**

Collaboration de recherche avec le CEFE de Montpellier (modélisations statistiques autour de la restauration d'une population viable de Lynx)

Réflexions sur :

- l'étude de la qualité des habitats vosgiens et de la connectivité inter-massifs (Jura – Vosges – Palatinat) ;
- les corridors potentiels entre les massifs vosgiens et jurassiens et les possibilités de suivi de ces corridors ;
- l'avenir du Lynx dans le massif des Vosges, les possibilités d'un retour naturel ou la nécessité d'une réintroduction au regard du statut de l'espèce dans les pays voisins ou régions voisines ;

Accueil en 2015 d'une étudiante stagiaire pendant 6 mois sur le sujet « Etude des potentialités d'accueil du massif des Vosges pour le Lynx »

- **Axe 3 : Acceptation / Programme « Well'Com Lynx »**

Définir les axes de travail de Well'com Lynx : travailler sur l'acceptation pour une cohabitation entre l'homme et le Lynx (sensibilisation, pédagogie, sociologie, enquête de perception etc.)

Intégrer l'homme dans les réflexions autour de la présence du Lynx dans les forêts vosgiennes, de son possible retour naturel et de son acceptation locale

Participer à des groupes de travail, des réunions autour de la thématique du Lynx dans le massif

Ces axes de travail s'intègrent actuellement dans un projet plus global développé au CROC intitulé « **Plan Interrégional d'Actions pour le Lynx dans le massif des Vosges** » (PIAL) auxquels d'autres actions pourront se greffer en fonction de l'état des connaissances sur le Lynx en Europe, en France et dans le massif des Vosges.

Remarque : développement d'un outil de saisie des données de piégeage photographique spécifique aux programmes scientifiques du CROC

Chaque année le CROC réalise de nombreux suivis par piégeage photographique pour le suivi de l'état de conservation du Lynx dans le massif des Vosges. Ces milliers de journées de suivi permettent aussi de collecter une grande quantité d'images de diverses espèces de faune sauvage. Face à ce volume considérable d'images représentant des données potentiellement intéressantes, le CROC a souhaité se doter d'un outil qui permettrait de les archiver et de les organiser de façon à permettre par la suite une utilisation efficace de ces données.

En 2014, le CROC a donc élaboré une base de données spécialement conçue pour ses activités permettant de mieux exploiter les données collectées durant les sessions de piégeage photographique.

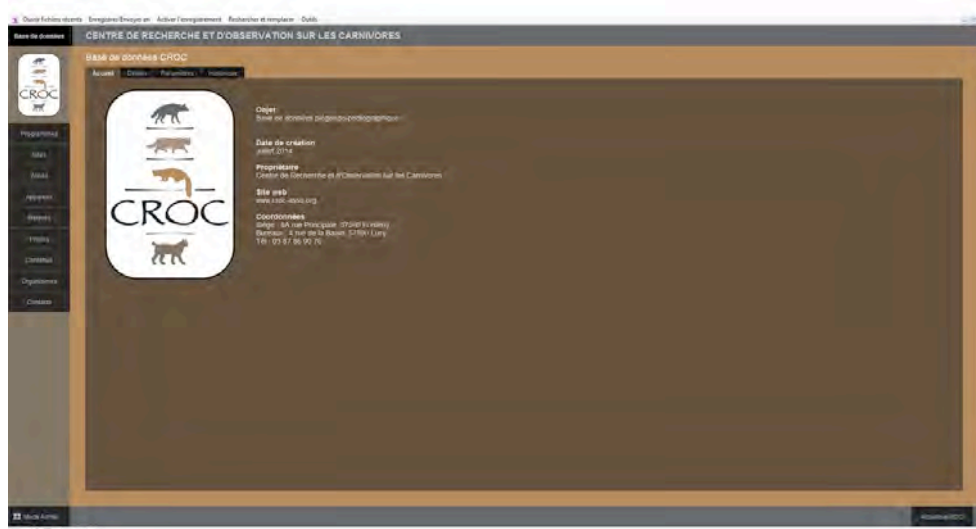


Figure 13 : Illustration de la base de données élaborée par le CROC en 2014 et dont l'usage reste à affiner.

Cette base de données s'organise autour de trois types de programmes menés sur le Lynx par le CROC :

- **Programme « DETECT »** : il s'agit du suivi intensif par piégeage photographique conduit chaque année depuis l'hiver 2012 / 2013 en partenariat avec l'ONCFS. Il vise à estimer une densité de Lynx dans une zone d'étude définie conformément au protocole mis en place dans le Jura auparavant.
- **Programme « INTERMEDIAIRE »** : il s'agit du suivi intermédiaire par piégeage photographique que le CROC a initié en 2013. L'idée est de mettre en place une veille adaptée à la situation particulière du Lynx dans le massif des Vosges afin de détecter la présence d'individus.
- **Programme « PONCTUEL »** : Ces suivis sont mis en place le plus rapidement possible (en fonction des obligations d'informations et d'autorisations nécessaires), après la découverte d'indices de présence sur le massif (par le CROC ou par un correspondant du Réseau Lynx). Ce sont des suivis de petite envergure qui peuvent si nécessaire s'étoffer et déterminer le secteur géographique d'un suivi INTERMEDIAIRE.

Pour chaque programme, des informations sur le site d'étude sont saisies dans la base de données (commune, nom de la forêt, zones sensibles, coordonnées GPS, etc.) et liées aux images collectées. Ces dernières sont triées par type d'événement ayant déclenché la prise de vue (espèces animales, fréquentation humaine, etc.).

Une fois les informations correctement saisies, la base de données permet d'exporter les renseignements qu'elle contient sous forme de tableaux Excel contenant les informations nécessaires pour rendre compte de nos activités ou analyser les résultats obtenus.

Même si elle est déjà fonctionnelle, la base de données CROC est encore en cours de développement. Certains aspects liés à l'ergonomie, la maîtrise du logiciel, l'homogénéisation de la saisie et au lien entre les données EXIF des photographies (métadonnées contenues dans les images) et la base de données restent encore à affiner. Par ailleurs, la capacité actuelle de la base à gérer une grosse quantité d'images et le temps nécessaire à l'intégration des données dans la base et à sa gestion font aussi partie des réflexions en cours.

A terme, si la fiabilité de cet outil venait à se confirmer, ce serait un atout pour le CROC. En effet, en fonction des questions posées et de l'adéquation entre ces questions et les protocoles qui ont été utilisés pour la collecte des données, il serait alors possible de valoriser davantage la multitude de données récoltées sur la faune sauvage du massif des Vosges. Cette base de données ouvre de nouvelles perspectives de travail et va contribuer à augmenter la connaissance sur la faune sauvage de nos régions.

2.3. Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris par une méthode bioacoustique

Pour rappel, ce volet de recherche a été initié au préalable en 2013 en conditions naturelles, dans le but de tester des nouveaux outils pour le suivi du Loup gris (détection et localisation de meutes sur de grandes superficies). En 2014, l'étude a été poursuivie en captivité afin de traiter d'autres questions fondamentales relatives à l'utilisation de la bioacoustique pour le suivi du Loup gris (estimation de l'effectif des meutes sur la base des hurlements). Cette poursuite du travail a été réalisée dans le cadre d'un stage de Master 2 mené au CROC.

En 2014, la reconduction de l'étude *in situ* dans le massif des Vosges était prévue, avec la pose d'enregistreurs autonomes comme en 2013. Cependant, pour des raisons administratives et logistiques, ce travail n'a malheureusement pas pu être conduit. Le protocole a été rédigé et les conditions de réalisation de l'expérimentation basée sur des play-back (diffusion de sons pour étudier la propagation), ont été discutées avec les DREAL Lorraine et Alsace, ainsi qu'avec les DDT des deux départements concernés (88 et 68). Cette « tentative » de mise en place d'un protocole d'enregistrement avec play-back en dehors du suivi de l'ONCFS par « Hurlements Provoqués » (non reconduit en 2014) nous aura néanmoins permis de connaître la démarche à suivre et les modalités à respecter pour pouvoir l'envisager dès 2015.

Les paragraphes suivants présentent successivement :

- un rappel du contexte et des objectifs de ce travail de recherche appliquée ;
- un bilan mis à jour des résultats de l'étude *in situ* (enregistreurs autonomes) conduite en 2013 (analyse des enregistrements finalisée récemment) ;
- une présentation de l'étude en captivité conduite en 2014 (stage de Master 2) ;
- les perspectives de l'étude bioacoustique au regard des résultats obtenus.

Contexte de l'étude bioacoustique mis à jour

Rappel du contexte général

Le Loup a fait son retour en France en 1992 dans le massif du Mercantour, de manière naturelle, à partir des populations italiennes. Au printemps 2011, le canidé est réapparu dans le massif des Vosges. En 2012, une ZPP « Hautes-Vosges » a été créée suite à l'identification génétique d'un mâle et d'une femelle (souche italienne confirmée), formant une meute sur le massif. Un des moyens mis en œuvre par l'ONCFS dans le cadre de l'animation du PNA Loup (reconduit en 2013-2017) pour suivre les meutes installées sur le territoire français est la mise en œuvre de sessions de « Hurlements Provoqués ». Ce protocole est appliqué dans les ZPP françaises (non systématique depuis 2013, PNA Loup 2013-2017) à la fin de l'hiver ou durant l'été. Il consiste à imiter des hurlements de loups sur des sites de présence suspectée afin de provoquer en retour les hurlements du (des) individu(s) présent(s). De cette manière, il est en théorie possible d'avoir connaissance des éventuelles naissances, les louveteaux de l'année ne sachant pas encore hurler et produisant des jappements à cette période (voir Longis *et al.* 2004).

En 2012, le CROC a participé aux sessions de hurlements provoqués organisées par l'ONCFS dans le massif des Vosges. À cette occasion un hurlement de loup a pu être enregistré sur le terrain. L'analyse de ce seul enregistrement obtenu de manière opportuniste (sans protocole préalable) a montré le potentiel de l'outil bioacoustique pour le suivi du canidé.

La présente étude a donc été lancée dans le but principal de développer des outils et techniques de bioacoustique pour le suivi du Loup gris : détection et localisation des meutes et estimation de leur effectif. En effet, une telle démarche pourrait être utile pour l'inventaire et le suivi des meutes de loups.

L'outil bioacoustique pour le suivi du Loup

Beaucoup d'espèces animales, dont la plupart des mammifères carnivores, sont difficiles à détecter ou à dénombrer du fait de leurs mœurs discrètes et nocturnes et/ou de leur faible abondance. Le suivi des populations de ces espèces nécessite généralement la mobilisation d'importants moyens humains et matériels pour couvrir de vastes superficies afin d'obtenir suffisamment de données exploitables (observations directes des individus, capture, indices de présence, etc.).

La communication acoustique de certaines de ces espèces peut cependant être captée et mise à profit dans le cadre d'un suivi, permettant ainsi de détecter plus facilement une espèce voire d'identifier et de dénombrer les individus présents sur une zone étudiée. En effet, la bioacoustique (science de l'étude des communications acoustiques animales) est en plein essor et permet aujourd'hui d'obtenir des données précieuses sur le comportement d'individus ou sur la dynamique de populations animales, sans capture ni observation (Bradbury & Vehrencamp 1998). Il s'agit donc d'une approche non invasive.

Le Loup gris est bien connu pour ses hurlements émis en solo ou en meute. Ces vocalisations puissantes, dont la portée est de plusieurs kilomètres, sont généralement entendues à des périodes clés de l'année : période de rut en fin d'hiver et peu après les naissances en fin d'été. Au cours des années 2000, des investigations plus poussées ont été réalisées dans les Alpes afin d'étudier plus précisément les possibilités de suivi des loups à partir d'enregistrements des hurlements dans le cadre du suivi conduit par l'ONCFS (Sèbe *et al.* 2005). Ces premiers travaux français dans le domaine ont mis en évidence l'intérêt potentiel d'un suivi acoustique pour le dénombrement des loups au sein des meutes, en soulevant néanmoins de nombreuses contraintes techniques. Par ailleurs, ces recherches ont surtout cherché à montrer l'intérêt de l'utilisation du protocole de « Hurlements Provoqués » pour la mise en évidence de la reproduction (Longis *et al.* 2004). Depuis, aucun travail de bioacoustique sur le Loup gris n'a été poursuivi en France à notre connaissance.

En revanche, des travaux récents conduits à l'étranger, associés à l'émergence de nouveaux matériels d'enregistrement et techniques d'analyses, permettent d'envisager d'importantes avancées dans le cadre du suivi acoustique du Loup.

Tout d'abord, depuis le début des années 1990 jusqu'à aujourd'hui plusieurs études ont exploré les possibilités de reconnaissance des individus sur la base de leurs hurlements. Il a pu être montré, comme chez d'autres espèces animales, que les vocalisations des loups contiennent une signature vocale individuelle, c'est-à-dire des informations propres à chaque individu (e.g. Tooze *et al.* 1990). Dans le cadre de ces études, des analyses statistiques multivariées réalisées sur des paramètres de durée et de fréquence des sons enregistrés ont permis la séparation des vocalisations d'individus différents. Ces études ont été réalisées par des équipes de chercheurs dans différents pays et validées sur plusieurs populations de loups différentes, avec un pourcentage de réussite plus ou moins important dans la reconnaissance des individus, variant de 75% (Passilongo *et al.* 2012) à plus de 95% (Root-Gutteridge *et al.* 2014a). Les derniers travaux de Root-Gutteridge *et al.* (2014a, 2014b) ont permis d'augmenter l'efficacité des méthodes de reconnaissance individuelle en incorporant un nouveau paramètre, peu exploité jusqu'alors, à savoir l'amplitude des hurlements (intensité sonore), avec une extraction semi-automatique des paramètres acoustiques des hurlements.

L'autre progrès important et dont l'application apparaît évidente dans le cas d'un suivi de la faune, est la possibilité de localiser les individus émettant des vocalisations. Cette problématique a été traitée en utilisant plusieurs microphones, en premier lieu pour le suivi des mammifères marins (e.g. Stafford *et al.* 1998). Le système employé se présente sous la forme d'un réseau de microphones enregistrant simultanément et permettant d'aboutir à une localisation sur la base des sons captés.

Plus récemment, ce type de dispositif s'est montré efficace pour localiser précisément des oiseaux chanteurs sur des petites surfaces (Mennil *et al.* 2006). La technique a enfin été utilisée en Allemagne pour la localisation des butors étoilés sur une vaste zone humide, permettant de dénombrer des individus chantant simultanément et d'étudier leur comportement (Frommolt & Tauchert 2014).

Sur le plan matériel, les enregistreurs de nouvelle génération, permettent aujourd'hui d'acquérir plus facilement un grand nombre d'heures d'enregistrement en format numérique non compressé grâce à l'utilisation d'une mémoire interne ou à un stockage sur cartes mémoires. Le recueil de données et leur analyse sont donc grandement facilités.

Enfin, depuis la fin des années 2000, les premiers Systèmes Autonomes d'Enregistrement spécialement dédiés au suivi de la faune sauvage ont vu le jour (Wildlife Acoustics 2013). Ces appareils, se présentent sous la forme d'un boîtier muni de microphones adaptés aux conditions de terrain, renfermant un système électronique paramétrable pour l'enregistrement sur de longues périodes. L'utilisation de ces dispositifs fonctionnant un peu à la manière des pièges photographiques, permet d'augmenter significativement l'effort de prospection en étendant la surface couverte et la durée d'écoute comparé aux suivis actuellement réalisés « à l'écoute directe ».



Figure 14 : Enregistreur autonome « S10c » installé sur le terrain dans le secteur du Grand Brézouard (août 2013 ; © CROC).

Ce matériel s'est d'ailleurs avéré utile et efficace pour réaliser des localisations acoustiques sur des oiseaux chanteurs (Mennill *et al.* 2012).

Toutes ces découvertes scientifiques et avancées technologiques sont aujourd'hui accessibles et peuvent permettre de simplifier les suivis d'espèces telles que le Loup gris tout en apportant des informations biologiques complémentaires aux autres techniques. Pourtant, elles sont encore très peu exploitées. Notre programme scientifique vise à développer des protocoles de suivis acoustiques basés sur ces avancées, pour une application sur le Loup gris. Ce travail comporte deux axes de travail complémentaires, l'un étant conduit sur le terrain, dans le massif des Vosges, l'autre étant mené en captivité.

Comme indiqué dans le compte-rendu d'activité de 2013, ce programme de recherche ne peut être conduit sur une seule année compte tenu de l'ampleur du travail, tant pour l'acquisition des données que pour leur analyse. En 2014, l'équipe du CROC s'est focalisée sur deux volets particuliers :

- le volet *in situ*, avec la finalisation de l'analyse et de l'exploitation des données acquises en 2013 (travail n'ayant pu faire l'objet d'une restitution complète dans le compte rendu d'activité précédent, car n'étant pas finalisé) ;
- l'initiation des recherches complémentaires en captivité (volet *ex situ*).

Ces deux volets, sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Volet *in situ* : utilisation de systèmes autonomes d'enregistrement pour le suivi des meutes dans le massif des Vosges

Rappel des objectifs

Cette première partie de l'étude a fait l'objet d'une expérimentation préliminaire en fin d'été 2013. Le travail alors conduit a été calé sur la période du protocole de « Hurlements Provoqués » de l'ONCFS, qui a servi de « guide » pour le déroulement de ce travail.

Les principaux objectifs visés par ce travail de terrain étaient les suivants :

- 1) Suivre les secteurs sur lesquels des personnes (« hurleurs ») étaient positionnées (« points de hurlements ») afin d'enregistrer les éventuelles réponses de loups obtenues et ainsi obtenir des données acoustiques ;
- 2) Étendre la pression d'échantillonnage, en disposant les appareils de manière à pouvoir capter d'éventuels hurlements de loups non audibles par les hurleurs (augmentation de la couverture spatiale) et en enregistrant également en dehors des sessions de « Hurlements Provoqués » (augmentation de la couverture temporelle) ;
- 3) Entraîner un algorithme basé sur l'intelligence artificielle (Modèle de Markov Caché ou Corrélation croisée ; e.g. Sueur *et al* 2008, Root-Gutteridge *et al.* 2014a), pour la reconnaissance automatique de hurlements au sein de longues séquences enregistrées sur le terrain ;
- 4) Utiliser les hurlements émis dans le cadre du protocole de « Hurlements Provoqués », pour tester la localisation acoustique de hurlements captés par plusieurs enregistreurs autonomes.

Comme nous le verrons par la suite, le temps d'analyse de ces données a été extrêmement long à l'issue de cette première année d'expérimentation car des vérifications et validations étaient nécessaires dans un premier temps, avant de passer aux étapes suivantes dans un second temps. Ainsi, seuls les deux premiers points ont pu être traités en 2013-2014.

Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude de 2013 correspond à une partie de celle qui a été suivie dans le cadre du protocole des « Hurlements Provoqués » de l'ONCFS. Ce protocole a été coordonné par Alain Laurent du CNERA PAD qui a défini les points de hurlements et réparti les participants, sur des postes de hurlement et des postes d'écoute. Le nombre total de participants était de l'ordre de 50 à 60 personnes environ, avec un effectif variable à chacune des 4 sessions.

Le protocole de « Hurlements Provoqués » a été mené sur 9 points de hurlements répartis entre les communes de Ramonchamps (88) au sud et Lapoutroie (68) au nord. Ces points de hurlements étaient espacés de 4 à 12 km les uns des autres et positionnés sur des points stratégiques (sommets, crêtes ou cols) de manière à couvrir une superficie la plus importante possible (portée des hurlements émis et superficie couverte pour entendre les éventuelles réponses).

Les enregistreurs autonomes ont été disposés sur 5 « secteurs » et à proximité de 6 de ces points de hurlements. Au total, 8 communes ont été concernées par la pose d'appareils :

- 4 communes vosgiennes (Cornimont, La Bresse, La Croix-aux-Mines, Ventron) ;
- 4 communes haut-rhinoises (Fréland, Lapoutroie, Soultzeren, Wildenstein).

La **Figure 15** donne la localisation des 5 secteurs étudiés et des 11 enregistreurs autonomes qui ont été posés sur le terrain.

Le **Tableau 9** apporte des précisions sur l'emplacement des appareils : localités, communes et éventuellement périmètres réglementaires ou d'inventaires concernés.

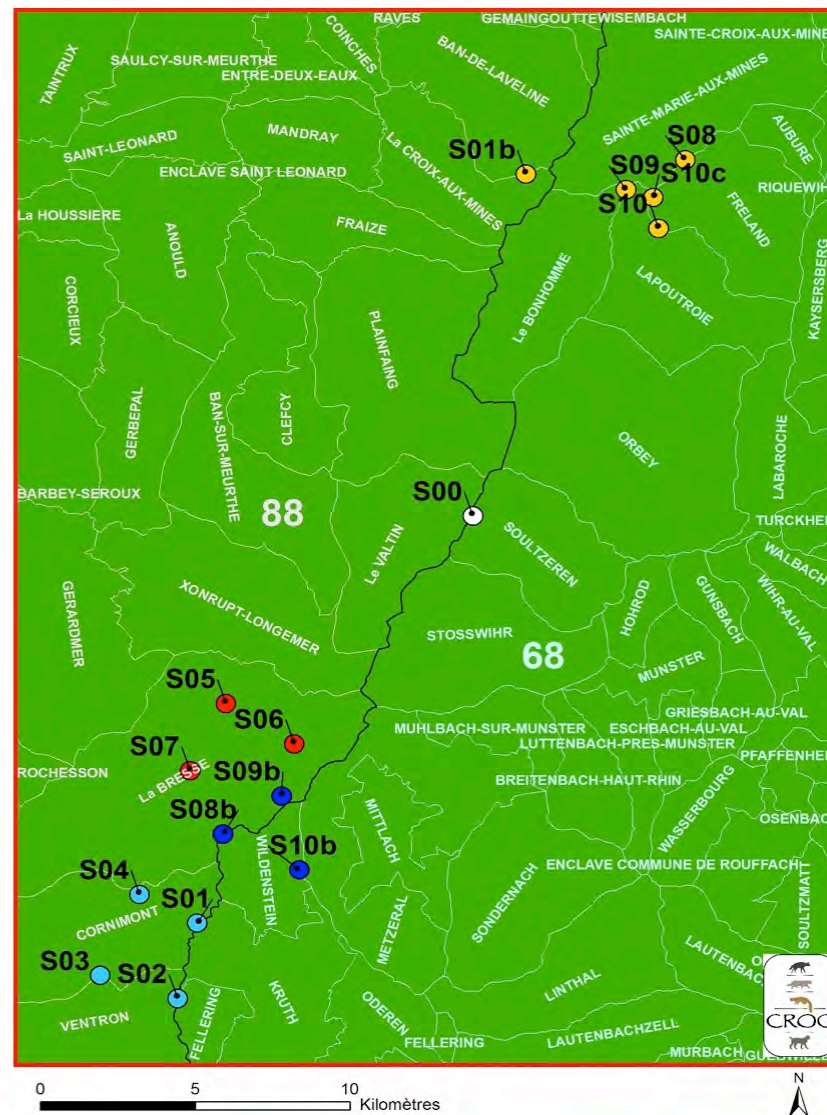
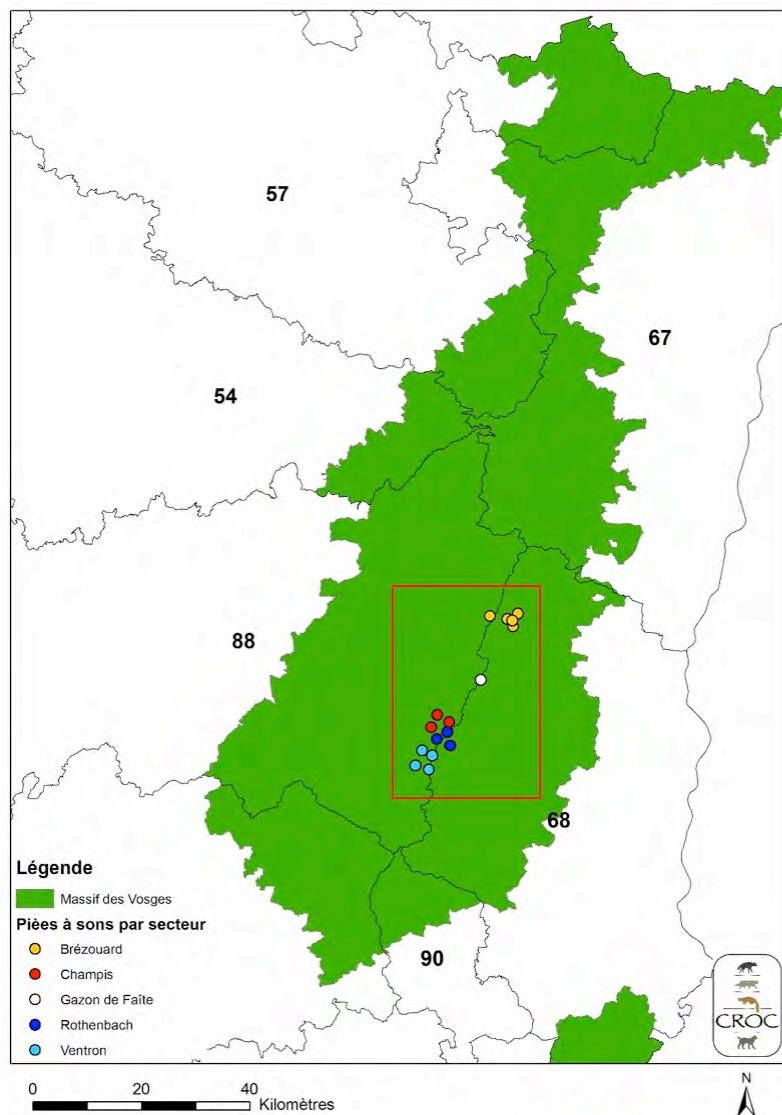


Figure 15 : Localisation des enregistreurs autonomes au cours des travaux de terrain réalisés pendant l'été 2013 dans les Hautes-Vosges.

Tableau 9 : Emplacement des 11 enregistreurs autonomes sur les 5 secteurs étudiés en 2013 (Brézouard, Champis, Gazon de Faïte, Rothenbach et Ventron).

Enregistreur	Secteur	Dpt	Commune	Toponyme	Périmètres réglementaires ou d'inventaires concernés													
					RNN Tanet Gazon-du- Faing	RNN Tourbière de Machais	APB Ronde- Tête	RNR Hautes- Chaumes	PNR Ballons des Vosges	ZPS Massif Vosgien	ZNIEFF I Grand Ventron	ZNIEFF II Massif Vosgien	Site CEN Rothenbach	Présence TETRAS			Zonage TETRAS*	
														1975	1989-2005	2010	Quiétude	Canalisation
S00	GAZON DE FAÏTE	68	SOULTZEREN	Gazon de Faïte	•				(•)	(•)		(•)		•				
S01	VENTRON	88	CORNIMONT	Col du Bockloch					•	(•)	•					•	•	
S02	VENTRON	88	VENTRON	le Petit Ventron					•							•	•	
S03	VENTRON	88	VENTRON	Tête du Broche					•	•		•				•	•	
S04	VENTRON	88	CORNIMONT	Croix Louis					•			•				(•)		
S05	CHAMPIS	88	LA BRESSE	Tête des Cerfs					•	•		•				•	•	
S06	CHAMPIS	88	LA BRESSE	Grand Artimont					•			•		•				
S07	CHAMPIS	88	LA BRESSE	les Grandes Faïgues					•			•			•			
S01b	BREZOUARD	88	LA CROIX-AUX-MINES	les Petits Ordons					•			•			•			
S08	BREZOUARD	68	FRELAND	Rehberg					•					•				
S09	BREZOUARD	68	LAPOUTROIE	Breka					•					•				
S10	BREZOUARD	68	FRELAND	la Grande Roche					•							•		•
S10c	BREZOUARD	68	FRELAND	le Grand Brézouard					•							•		•
S08b	ROTHENBACH	88	LA BRESSE	Col de Bramont		(•)	•		•	•		•				•	•	
S09b	ROTHENBACH	88	LA BRESSE	Rainkopf / Tête du Régit					•	•		•				•	•	
S10b	ROTHENBACH	68	WILDENSTEIN	Batteriekopf (sud)					•				•			•		

• : Enregistreur localisé à l'intérieur du périmètre réglementaire ou d'inventaire

(•) : Enregistreur localisé en bordure du périmètre (à moins de 50 m)

* : Zones de quiétude et zones de canalisation de la fréquentation pour le Grand Tétrás

Paramétrage des enregistreurs autonomes et protocole de pose sur le terrain

Les enregistreurs utilisés sont des *Song Meters*, modèles *SM2* (1 appareil) et *SM2+* (10 appareils), de la marque *Wildlife Acoustics* (Concord, MA, USA). Chaque appareil est muni de 2 microphones omnidirectionnels (fréquence de réponse : 20-20 000 Hz).

Chaque appareil dispose de 4 logements pour carte mémoire (SDHC) et fonctionne grâce à 4 piles D. Ces piles peuvent être rechargeables, alcalines ou au lithium. L'appareil est étanche et ses micros résistants aux intempéries.

Par ailleurs, 10 des 11 enregistreurs de modèle *SM2+* utilisés sont munis d'un GPS Garmin (optionnel) incorporé au système. Ce GPS permet d'obtenir une synchronisation parfaite de l'horloge de plusieurs appareils, en utilisant les données externes captées (heure satellite). Ainsi, les enregistrements peuvent être réalisés simultanément sur plusieurs appareils comme si des microphones éloignés de plusieurs kilomètres les uns des autres étaient branchés sur un même enregistreur.

En effet, la localisation d'une source acoustique se base généralement sur le décalage temporel de l'arrivée du son ('*Time Delay Of Arrival*', Frommolt & Tauchert 2014) sur les différents microphones de la grille d'enregistreurs posés sur le terrain. Il est donc indispensable que les appareils qui enregistrent un même hurlement soient parfaitement synchronisés (à la milliseconde près) pour pouvoir mesurer très précisément ce décalage temporel. Cette synchronisation par heure satellite a été testée avec succès par Mennill *et al.* (2012) pour une localisation acoustique d'oiseaux chanteurs sur des petites surfaces.

Le paramétrage des appareils peut être réalisé soit directement depuis le menu de l'appareil (après avoir démonté la façade avant), soit depuis un ordinateur en enregistrant les paramètres sur une carte mémoire, grâce au logiciel *Song Meter Utility* (**Figure 16**), puis en les chargeant ensuite sur l'enregistreur.



Figure 16 : Illustration d'un enregistreur autonome (SM2) et du paramétrage des cartes mémoires avant la pose sur le terrain (© CROC).

Dans notre cas, les 11 appareils ont été paramétrés avant la pose sur le terrain, en utilisant le logiciel *Song Meter Configuration Utility*.

Les paramètres programmés pour chaque appareil étaient les suivants :

- Heure de début et de fin d'enregistrement (choisie en fonction de l'heure de début des sessions de « Hurllements Provoqués ») : 21:00 à 6:00 du 2 au 8 août, 20:55 à 5:55 du 9 au 12 août, 21:30 à 6:00 du 13 au 19 août ; 21:25 à 6:00 du 20 août au 14 septembre.
- Fréquence d'échantillonnage ('*Sample Rate*') : 8000 Hz (choix permettant d'augmenter l'autonomie des appareils en termes de stockage sur les cartes mémoires mais aussi la durée des batteries, tout en garantissant une qualité sonore suffisante pour les fréquences étudiées qui sont relativement graves) ;
- Enregistrement en mode stéréo (utilisation des deux micros) ;
- Enregistrement en format Wave (non compressé) ;
- Niveau d'amplification des microphones ('*Microphone Gain*') identique sur les deux canaux.

Quatre cartes mémoires SDHC ayant chacune une capacité de 8 Go, ont été installées dans les appareils, conférant une capacité totale de 32 Go de mémoire. Concernant les batteries utilisées, un premier essai a été réalisé avec des piles rechargeables D « classiques ». L'autonomie s'est avérée très faible (2 à 3 nuits d'enregistrement, soit 16 à 24 h). Des piles alcalines ont ensuite été utilisées, permettant d'obtenir une autonomie de l'ordre de 14 à 16 nuits (126 à 144 h d'enregistrement).

Les appareils ont été installés à des emplacements jugés stratégiques (sommets, crêtes ou cols) pour capter les sons sur une superficie la plus importante possible. Ces lieux de pose ont aussi été choisis en fonction de la position des points de hurlements du protocole de l'ONCFS. Les enregistreurs ont été posés sur 5 secteurs, par 3 ou 4, autour d'un point de hurlement. Quelques appareils ont cependant dû être posés isolément de manière à couvrir les principaux secteurs clés (Gazon de Faïte et Brézouard). Une fois les emplacements potentiels définis sur une carte, des contacts ont été pris avec les gestionnaires et acteurs des périmètres réglementaires et forêts concernés : PNR des Ballons des Vosges, Groupe Tétraz Vosges, Conservatoire d'Espace Naturel de Lorraine, Conservatoire des Sites Alsaciens, ONF et ONCFS.

Sur un même secteur, les enregistreurs ont été posés à une distance comprise entre 1,5 km et 3 km les uns des autres. Chaque appareil a été fixé sur un arbre, à une hauteur de 3 mètres en moyenne. Pour obtenir des sons exploitables dans le cadre d'une localisation acoustique, l'orientation des microphones a été précisément choisie et standardisée en fixant chaque appareil de manière à diriger son microphone droit vers l'est et son microphone gauche vers l'ouest. Pour cela, une boussole a été utilisée. De plus, un niveau à bulle a permis de disposer les deux microphones dans le même plan à l'horizontale.



Figure 17 : Pose d'un enregistreur autonome sur le secteur « Ventron » (en haut à gauche, vérification du paramétrage du SM2+ ; en bas à gauche, appareil « S02 » prêt à enregistrer, août 2013 ; © CROC)

Déroulement de l'étude et fréquence des relevés

Comme indiqué précédemment, l'étude a été conduite parallèlement au protocole de « Hurlements Provoqués » mis en place par l'ONCFS. En 2013, ces « Hurlements Provoqués » ont été organisés au mois d'août, à raison d'une session par semaine, soit 4 sessions au total : le 09/08/2013, le 13/08/2013, le 20/08/2013 et le 29/08/2013. Les dates de ces sessions ont été choisies par l'ONCFS en tenant compte des conditions météorologiques qui devaient être optimales pour faciliter l'émission des sons (hurlements) et l'audition des éventuels réponses de loups : vent le plus faible possible, précipitations faibles ou absentes, températures relativement douces.

Les enregistreurs ont été installés sur le terrain entre le 2 et le 4 août 2013 et retirés entre le 12 et le 14 septembre 2013. Des déplacements d'appareils ont été opérés au cours de cette période en tenant compte des informations récoltées lors des sessions de « Hurlements Provoqués » et de manière à mieux couvrir certains secteurs.

Lorsqu'un appareil était déplacé, il était nommé par son numéro, suivi d'une lettre qui correspond à son emplacement (par exemple « S10 », « S10b » et « S10c »).

Les appareils ont été relevés *a minima* avant chaque session de hurlement provoqué (le jour même ou la veille), soit au moins à 4 reprises. À chaque relevé, les cartes mémoires ont été changées, ainsi que les batteries lorsque cela s'avérait nécessaire.

Déroulement de l'analyse des données

Compte tenu du nombre d'appareils utilisés (11) et de la durée de l'expérimentation (44 jours entre la pose du premier appareil et le retrait de l'ensemble des appareils), l'acquisition d'un volume important d'heures d'enregistrements était prévisible. Ceci soulève des difficultés méthodologiques pour l'analyse des séquences.

En effet, le dépouillement de toutes ces nuits-pièges ne peut évidemment être réalisé par réécoute des séquences. Deux autres solutions peuvent cependant être envisagées.

La première solution, consiste à faire examiner précisément par une personne expérimentée l'ensemble des « nuits-pièges » (séquences sonores de 9 heures enregistrées par chaque appareil chaque nuit) en visualisant le spectrogramme obtenu grâce à un logiciel d'analyses acoustiques. Pour ce faire, le logiciel libre Audacity (version 2.0.5) a été utilisé. Pour chaque nuit-piège, un spectrogramme a été généré en conduisant une Transformée rapide de Fourier (*FFT*), avec une fenêtre Hanning, d'une résolution de 4096 points. Chaque spectrogramme est inspecté visuellement en déplaçant une fenêtre temporelle de 9 minutes, avec un affichage fréquentiel compris entre 0 et 2000 Hz. Dès qu'un évènement est détecté (son ressemblant à un hurlement ou autre son intéressant), un zoom est réalisé sur le spectrogramme et le son est écouté au casque de manière à être identifié. Cette solution est la plus fiable mais elle est aussi la plus chronophage. Elle permet également de noter tous les autres « évènements » sonores captés (sons produits par d'autres espèces en particulier).

La seconde solution qui est conditionnée par la première dans le cadre de cette expérimentation, consiste à configurer un logiciel ou à construire un algorithme pour scanner les enregistrements et y rechercher automatiquement les sons ressemblant à des hurlements (utilisation d'une fonction de corrélation croisée par exemple). Pour tester l'efficacité de l'algorithme utilisé et afin de le paramétrer correctement, il faut au préalable disposer d'un jeu de données « d'entraînement ». Dans notre cas, cette méthode sera donc utilisée en exploitant *a posteriori* les hurlements obtenus, avec la possibilité d'utiliser les émissions sonores issues du protocole de « Hurlements Provoqués » (hurlements humains). Cette solution pourra donc être exploitée au cours des prochaines années de suivis, c'est-à-dire une fois que l'algorithme aura pu être suffisamment « entraîné ».

Pression d'échantillonnage





Le **Tableau 10** (page suivante) présente le nombre de nuits-pièges réalisées par les enregistreurs sur chaque site échantillonné.

Le dispositif a permis d'obtenir **361 nuits-pièges** pour une durée totale d'enregistrement de **3127 heures et 20 minutes**. Ces chiffres représentent 76.5% de la pression d'échantillonnage maximale (472 nuits-pièges), c'est-à-dire la pression qui aurait été obtenue si aucun problème logistique n'avait été rencontré.

L'autonomie des batteries a été la principale contrainte, entraînant le non fonctionnement des appareils à l'occasion de plusieurs nuits.

Tableau 10 : Nombre de « nuits-pièges » réalisées par les enregistreurs et dates des sessions du protocole de « Hurllements » Provoqués de l'ONCFS (chaque point représente une nuit d'enregistrement).

Hurlements Provoqués	Dates	Nuits-pièges réalisées par les enregistreurs autonomes sur chaque site de pose															
		S00	S01	S01b	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S08b	S09	S09b	S10	S10b	S10c
	02/08/2013	.															
	03/08/2013	.															
	04/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	05/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	06/08/2013	.			.												
	07/08/2013	.															
	08/08/2013																
Session 1	09/08/2013		.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	10/08/2013		.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	11/08/2013		.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	12/08/2013		.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Session 2	13/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	14/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	15/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	16/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	17/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	18/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	19/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Session 3	20/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	21/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	22/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	23/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	24/08/2013	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	25/08/2013	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	26/08/2013	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	27/08/2013	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Session 4	28/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	29/08/2013	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	30/08/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	31/08/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	01/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	02/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	03/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	04/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	05/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	06/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	07/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	08/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	09/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	10/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	11/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	12/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	13/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	14/09/2013	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Total nuits-pièges	S00	S01	S01b	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S08b	S09	S09b	S10	S10b	S10c	TOTAL
	36	17	15	32	34	33	32	33	31	3	28	3	31	4	14	15	361

	Pose de l'enregistreur sur le site
	Relevé des cartes mémoires
	Relevé cartes mémoires et changement des batteries
	Enregistreur retiré / déplacé

Résultats de l'analyse des séquences enregistrées

Comme indiqué précédemment, l'analyse visuelle des spectrogrammes de tous les enregistrements obtenus s'est avérée longue.

Sur l'ensemble des nuits d'enregistrement, trois séquences de hurlements ont été captées en dehors des sessions du protocole de l'ONCFS. Pour deux d'entre elles, il s'agissait de hurlements émis par l'homme : confirmation pour l'une des deux séquences par les hurleurs eux-mêmes et déduction pour l'autre sur la base de la structure et du rythme d'émission des sons (hurlements émis par une personne seule le lendemain matin d'une session de « Hurlements Provoqués », avec une répétition identique au protocole ONCFS).

La troisième séquence correspond vraisemblablement à des **hurlements émis par une meute de loups**. Cette séquence n'avait pas encore été « découverte » en 2014 lors de la rédaction du précédent compte-rendu d'activités. Il s'agit de l'unique séquence attribuable au Loup qui a été captée par le dispositif au cours de cette expérimentation conduite en 2013. Cette séquence a été enregistrée dans la nuit du 18 au 19/08/2013, vers 1h10 du matin, par l'appareil S10b disposé en contrebas de la route des crêtes au sud de Rothenbach / Batteriekopf.

La **Figure 18** illustre le spectrogramme de cette séquence d'une durée d'un peu moins de 30 secondes.

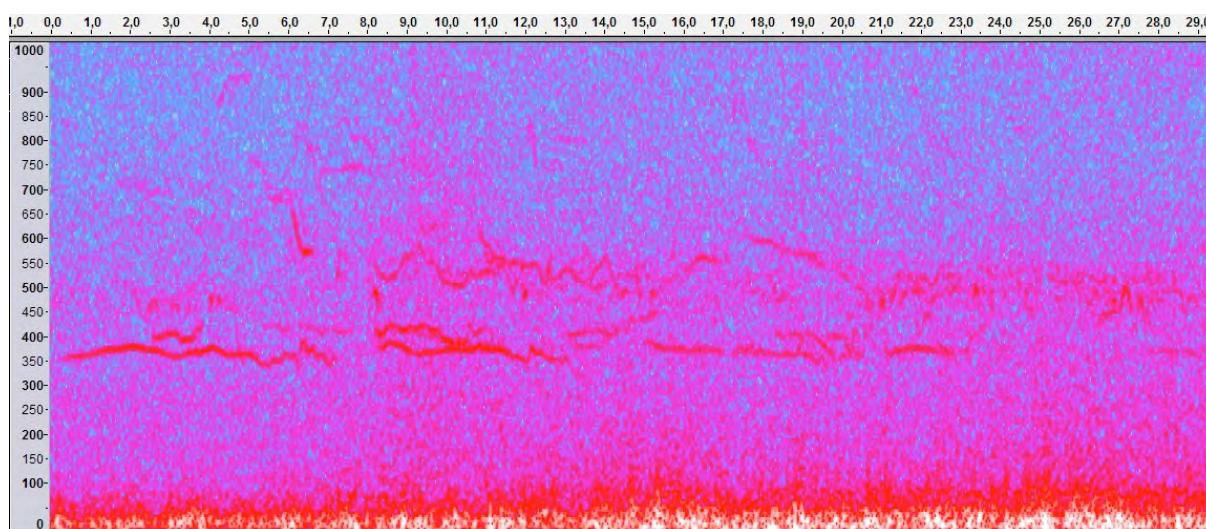


Figure 18 : Spectrogramme de la séquence de hurlements attribuables à une meute de loups, captée par l'enregistreur S10b dans la nuit du 18 au 19/08/2013 (seule la piste gauche de l'appareil S10b est représentée). Bien qu'étant lointains, les hurlements sont repérables visuellement sur le spectrogramme et ils sont bien audibles à l'écoute (© CROC).

Aucun autre enregistreur n'a capté ces hurlements, y compris les plus proches du S10b (S09b et S08b). Ainsi, il n'est pas possible de tester un algorithme de localisation acoustique sur cette unique séquence (nécessité d'utiliser les sons captés par plusieurs enregistreurs). En revanche, grâce aux deux microphones de l'appareil S10b, nous avons pu estimer un angle d'arrivée de l'onde sonore et donc la direction approximative de la source sonore (la meute) par rapport à cet enregistreur.

Un azimut entre l'axe Nord-Sud passant par l'enregistreur et la source sonore a pu être estimé sur la base d'un algorithme de localisation acoustique binaurale fondé sur la similarité des deux pistes dans le domaine fréquentiel. Cette fonction permet d'obtenir précisément le décalage temporel et d'en déduire un angle (code implémenté sous Octave, version 3.8.2, Eaton *et al.* 2009).

Cet azimut obtenu est compris entre -40° et -50° par rapport à l'axe Nord-Sud. A ce stade, compte tenu de la directivité des microphones, il n'est théoriquement pas possible d'orienter l'angle par rapport à cet axe : doit-il être orienté par rapport au Nord (direction de la source sonore vers le Nord-Ouest de S10b) ou par rapport au Sud (direction à l'opposé, soit vers le Sud-Est) ? Cependant, la comparaison de l'intensité sonore sur les deux pistes et l'écoute au casque indiquent très clairement une intensité plus forte captée par le microphone gauche de l'enregistreur, dirigé vers l'Ouest. Ceci plaide donc clairement en faveur d'une localisation de la source sonore au Nord-Ouest de l'enregistreur, dans la direction du versant Est de « Ronde Tête ».

La **Figure 19** présente une cartographie de la direction estimée des hurlements captés par l'enregistreur S10b, ainsi que la localisation des deux enregistreurs les plus proches (S08b et S09b).

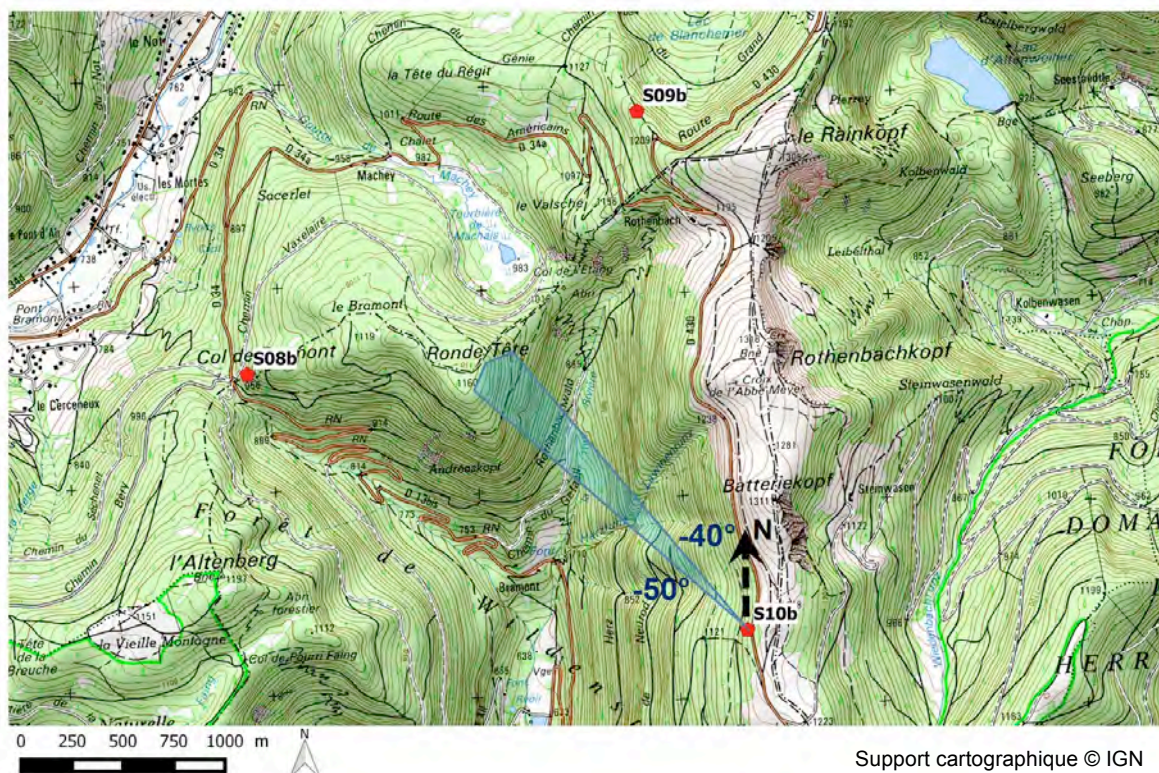


Figure 19 : Direction estimée des hurlements de loups captés par l'enregistreur S10b dans la nuit du 18 au 19/08/2013.

La distance de la source sonore captée ne peut être estimée mais, une nouvelle fois, par déduction, il est possible d'émettre une hypothèse quant à sa localisation approximative.

Les hurlements n'ayant pas été captés par les appareils S08b (Col de Bramont) et S09b (Tête du Régit), l'hypothèse la plus vraisemblable qui peut être avancée est que les sons provenaient du versant Est de « Ronde Tête », aux environs du lieu-dit « Rothenbachwald ». Les reliefs situés de part et d'autre de ce versant ont pu empêcher la propagation des sons vers les appareils S08b et S09b.

L'appareil S10b était donc le mieux placé pour détecter ces hurlements. Notons cependant que ceux qui ont été entendus par les participants du protocole de « Hurlements Provoqués » à l'occasion de la 4^{ème} session (meute entendue le 29/08/2013) sur la crête située à l'Est de S10b, n'ont pas pu être captés par cet appareil car il avait été déplacé 5 jours plus tôt (24/08/2013) sur le Grand Brézouard (« S10c ») !

Autres sons captés par les enregistreurs autonomes

En dehors des hurlements de loups recherchés, les séquences analysées dans les 361 nuits-pièges ont permis d'identifier **24 espèces animales sauvages** : 7 mammifères et 17 oiseaux. Ces résultats sont résumés par enregistreur et par secteur dans le **Tableau 11**.

Les deux espèces les plus fréquemment détectées sont le Chevreuil et la Chouette hulotte.

En plus du Loup gris, notons la détection de plusieurs espèces présentant un intérêt patrimonial : le Chamois (Gazon du Faing), la Chouette de Tengmalm (Grand Brézouard), le Cassenoix moucheté (Champis et Rothenbach), le Grand Corbeau (Champis) et le Merle à plastron (Champis et Gazon du Faing).

A l'inverse, certaines espèces communes ont été difficilement détectées dans les séquences analysées. Par exemple, chez les oiseaux, le Rougegorge familier et la Mésange noire n'ont été détectés que par 2 appareils alors que ces espèces sont communes dans le massif des Vosges. Ceci est dû à la fréquence de leurs vocalisations qui est élevée (chants et cris aigus) et qui était la plupart du temps au-delà de la bande de fréquence inspectée sur les spectrogrammes (0-2000 Hz).

C'est le cas également de certains mammifères relativement discrets comme le Blaireau par exemple, qui émet peu de vocalisations et qui est donc peu détecté avec les enregistreurs (vocalisations détectées sur un seul site).

Des cris d'oiseaux en vol migratoire ont également été captés par les microphones des appareils. C'est le cas par exemple du Héron cendré et de la Gallinule poule d'eau.

Enfin, l'analyse des séquences enregistrées montre l'**importance des perturbations humaines dans le massif des Vosges**. Les sons d'origine anthropique, en particulier les bruits de moteur en provenance des routes situées dans les vallées et sur les crêtes mais aussi ceux des avions, sont captés par tous les appareils.

Sur plusieurs sites, des dérangements nocturnes importants, causés directement ou indirectement par l'homme, ont pu être mis en évidence : tronçonneuse en action en pleine nuit (3 h du matin) le 14/08/2013, à une dizaine de mètres du piège S01 et en zone de quiétude Tétras ; chien divaguant parcourant la RNN de Tanet Gazon du Faing en aboyant les nuits du 16 et du 17/08/2013 ; manifestations sonores importantes et régulières (musique et voix humaines entendues durant des nuits entières à plusieurs kilomètres) provenant des nombreux refuges qui sont utilisés comme lieu de fête tout au long de l'été.

L'impact éventuel sur la faune de ces sons d'origine anthropique n'est pas établi mais l'étude de ces paysages sonores permet d'illustrer l'omniprésence de la pollution sonore dans les écosystèmes naturels et ce, y compris dans les forêts du massif des Vosges.

Discussion et conclusion sur l'utilisation des enregistreurs autonomes pour la détection des hurlements

Globalement, il ressort qu'avec les réglages utilisés, le **seuil de perceptibilité des sons par les enregistreurs est assez similaire à celui d'une personne** qui serait postée au même endroit. De plus, la stéréo offerte par les deux microphones des appareils, permet une spatialisation des sons captés et peut donc nous aider à les localiser.

Pour la localisation acoustique, il est cependant nécessaire que les sons soient captés par plusieurs appareils synchronisés (au minimum 2 mais de préférence 3), pour permettre l'application d'algorithmes basés sur le délai temporel d'arrivée du son. Ceci impliquerait donc d'utiliser un dispositif avec un maillage plus resserré, pour que plusieurs appareils puissent systématiquement capter les hurlements, quel que soit la localisation de la meute.

En complément, une étude ciblée sur la propagation du son dans ce contexte montagneux serait indispensable à conduire pour mieux choisir les emplacements des appareils et savoir comment estimer la surface réellement couverte en fonction des conditions météorologiques et du contexte du site de pose (relief notamment). L'exemple de la séquence de hurlements attribuable à une meute de loups qui a été captée par l'enregistreur S10b illustre très bien cette problématique.

Par ailleurs, il ressort que la surface couverte par les enregistreurs autonomes dans le cadre du dispositif de 2013 demeurait **variable en fonction des conditions météorologiques**. En étant placés au niveau des crêtes, les appareils pouvaient capter des sons lointains mais étaient aussi davantage exposés au vent, ce qui diminuait le seuil de perceptibilité des sons. De plus, le vent et la pluie pouvaient rendre certaines nuits-pièges inexploitablement en raison d'un rapport signal-bruit trop faible pour détecter d'éventuels hurlements.

Les soirées du protocole de « Hurlements Provoqués » ont permis de montrer que les hurlements (humains) pouvaient être captés par les appareils à **au moins 4 km lorsque les conditions étaient favorables**. Par exemple les hurlements émis par l'équipe du Rothenbach / Batteriekopf, ont été captés par l'enregistreur S07 du secteur « Champis » le 09/08/2013, comme l'illustre la **Figure 20** page suivante.

A l'inverse, dans certaines conditions (vent fort et « mal orienté »), des hurlements humains émis à moins d'un kilomètre d'un appareil pouvaient ne pas être captés par ce dernier. Par exemple les hurlements de l'équipe « Gazon du Faing » n'ont pas été captés par le piège S00 pourtant proche lors de la session du 13/08/2013.

Notons qu'en plus des conditions météorologiques et du relief, la propagation des hurlements est aussi affectée par la végétation. Ce facteur doit aussi être pris en compte pour pouvoir estimer la superficie qui peut être échantillonnée par un enregistreur.

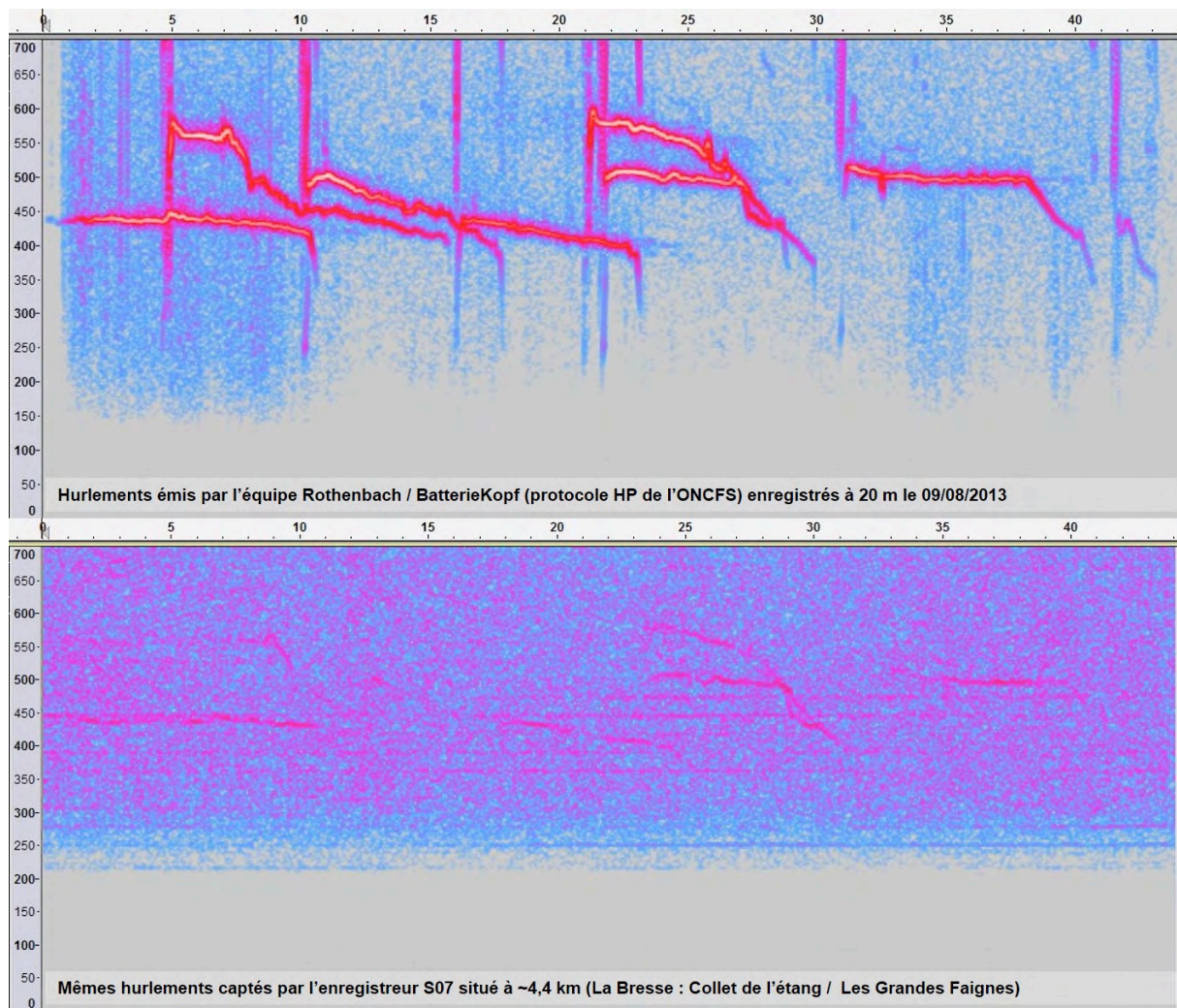


Figure 20 : Comparaison de deux enregistrements des mêmes hurlements émis par une équipe de hurleurs (protocole ONCFS), respectivement enregistrés à 20 m et captés simultanément à 4,4 km par l'enregistreur S07. Sur la séquence de l'enregistreur S07, les hurlements sont encore détectables visuellement sur le spectrogramme mais ils sont fortement atténués et les harmoniques supérieurs ne sont plus visibles (© CROC).

Volet ex situ : reconnaissance individuelle et dénombrement des loups dans une meute

En complément du volet conduit en milieu naturel, une étude a été menée en captivité pour tester et valider un protocole de reconnaissance individuelle (signature vocale) et de dénombrement des individus sur la base de leurs hurlements. Ce travail a été initié en 2014 dans le cadre d'un stage de Master 2 d'une période de 6 mois (voir Papin 2014, **ANNEXE 5**).

En travaillant sur des loups captifs, l'objectif est d'obtenir des enregistrements de bonne qualité (proximité des individus et peu de bruits parasites en théorie) tout en ayant la possibilité d'identifier les individus qui les émettent. Ainsi, il est possible de tester précisément différentes approches pour le dénombrement dans des conditions « contrôlées ».

Une partie du travail réalisé a consisté en l'acquisition de hurlements de loups captifs (voir **Figure 21** pour exemple) qui ont été à la fois enregistrés et filmés afin de pouvoir assigner chaque vocalisation à un individu et ainsi tester la possibilité de les différencier en vue d'estimer le nombre d'individus qui hurlent simultanément (chorus).

Pour les analyses, deux approches ont été étudiées :

- Une méthode classique dite « quantitative » reprenant le principe de mise en évidence d'une signature vocale individuelle ; les hurlements des individus sont étudiés séparément par extraction de paramètres fréquentiels, temporels et d'amplitude. Puis, plusieurs analyses statistiques successives sont réalisées afin de sélectionner les variables les plus discriminantes. Ces variables sont ensuite utilisées pour attribuer un hurlement donné à son « émetteur » et aboutir à l'identification individuelle (à l'aide d'une Analyse Factorielle Discriminante par exemple).
- Une méthode innovante dite « semi-quantitative » adaptant les récents travaux et résultats conduits sur le principe d'entropie (mesure de la corrélation entre un effectif de loups hurlant simultanément et le « volume sonore » obtenu exprimé par un indice mathématique).

Voici une présentation synthétique des résultats préliminaires obtenus au cours de ce stage de Master 2 (Papin 2014).



Figure 21 : Meute de 9 loups présente au Parc Animalier de Sainte Croix à Rhodes (57 - © CROC / M. PAPIN)

Méthode « quantitative » : discrimination des individus sur la base des hurlements

Concernant la mise en évidence des différences acoustiques individuelles dans les hurlements et la discrimination des individus, les résultats de la présente étude ont été, pour la plupart, en adéquation avec la littérature. En effet, sur les 12 variables testées, celles apportant la plus grande part d'information sur l'identité individuelle ont été la moyenne de la fréquence fondamentale, la fréquence minimale et l'étendue de la fréquence. Toutes ces variables sont basées sur la fréquence fondamentale ou sur la durée de cette dernière. La moyenne de la fréquence fondamentale est la seule variable qui s'est avérée significative dans l'ensemble des études précédemment réalisées sur d'autres taxons (*Canis lycaon* – Tooze *et al.*, 1990 ; *Canis lupus signatus* – Palacios *et al.*, 2007 ; *Canis lycaon* – Root-Gutteridge *et al.*, 2014a). A l'inverse, contrairement aux travaux précédents, la valeur maximale de la fréquence fondamentale n'a pas été révélée comme significative chez les loups gris (*Canis lupus lupus*).

Concernant les prédictions obtenues grâce à l'Analyse Factorielle Discriminante (**Tableau 12** ci-dessous, Papin 2014), le pourcentage d'attribution correcte a atteint au maximum 83,85% et était très différent selon les groupes d'individus étudiés. Quand l'ensemble des individus, toutes meutes confondues, était mélangé, l'assignation atteignait 43,72%. Des pourcentages plus élevés ont cependant été obtenus lorsque la discrimination était testée pour chaque meute prise séparément (36,46%, 74,62% et 83,85% pour des meutes de 9, 2 et 7 loups respectivement). Le faible score obtenu pour la meute de 9 loups et, indirectement, pour l'ensemble des loups mélangés, pourrait s'expliquer notamment du fait de l'existence de lien de parenté entre certains individus mais aussi par des erreurs d'identification des loups lors de « l'étiquetage » des hurlements.

Tableau 12 : Matrice de confusion ; A : pour l'ensemble des 12 individus appartenant aux 3 meutes étudiées ; B : pour les 3 individus de la meute du PASC¹¹ ; C : pour les 7 individus de la meute du PASC ; D : pour les 2 individus de la meute du PESCH¹². Gradient de couleurs : couleurs claires pour les faibles pourcentages d'assignation et foncées pour les pourcentages d'assignation plus élevés (Papin 2014).

	A	Al	An	Ar	Cer	Cha	Che	Co	G	L	Lo	Z	Total	% correct
A	30	0	0	1	7	4	2	3	0	3	1	9	80	62,50
Al	5	0	0	1	1	7	4	1	0	3	0	6	28	0,00
An	10	0	1	2	1	6	3	6	0	5	0	3	37	2,70
Ar	4	0	0	2	1	4	1	0	0	11	0	10	33	6,06
Cer	7	0	1	0	0	3	3	6	0	8	0	9	37	0,00
Cha	13	0	1	1	1	17	9	1	0	8	0	0	51	33,33
Che	12	0	0	0	1	20	11	1	0	4	0	2	51	21,57
Co	13	0	0	0	1	5	0	10	0	1	0	6	36	27,78
G	1	0	0	0	0	0	0	0	3	25	0	5	34	8,82
L	6	0	0	1	0	0	3	0	1	144	0	3	158	91,14
Lo	4	0	0	1	0	3	1	0	0	31	1	10	51	1,96
Z	6	0	0	0	1	4	1	0	0	12	0	57	81	70,37
Total	131	0	3	9	14	73	38	28	4	255	2	120	677	43,72

A

	A	Co	Z	Total	% correct
A	64	4	12	80	80,00
Co	17	17	2	36	47,22
Z	12	3	66	81	81,48
Total	93	24	80	197	74,62

B

	Al	An	Ar	Cer	Cha	Che	Lo	Total	% correct
Al	0	0	7	7	7	5	2	28	0,00
An	0	4	5	8	10	5	5	37	10,81
Ar	0	0	14	3	4	2	10	33	42,42
Cer	1	3	2	12	4	5	10	37	32,43
Cha	0	3	1	5	22	16	4	51	43,14
Che	0	2	2	6	20	17	4	51	33,33
Lo	0	1	9	0	5	0	36	51	70,59
Total	1	13	40	41	72	50	71	288	36,46

C

	G	L	Total	% correct
G	10	24	34	29,41
L	7	151	158	95,57
Total	17	175	192	83,85

D

¹¹ Parc Animalier de Sainte Croix

¹² Domaine Zoologique du Pescheray

Méthode « semi-quantitative » : un indice acoustique comme alternative aux analyses quantitatives

Les analyses quantitatives se sont avérées laborieuses et très chronophages. En effet, un nombre d'étapes relativement important est nécessaire pour l'obtention de données statistiquement exploitables : extraction des hurlements composant un chorus nécessitant le paramétrage d'un logiciel spécialisé, voir le recours à un code complexe comme dans le cas de Root-Gutteridge *et al.* (2014a), étiquetage de ces hurlements (assignation au bon individu par l'expérimentateur) et enfin acquisition manuelle des variables, ou de manière automatisée avec un nouveau code à implémenter. Par ailleurs, toutes ces étapes sont autant de sources d'erreurs, qui même minimales lorsqu'elles sont prises séparément, peuvent se cumuler et entraîner un biais non négligeable dans les résultats de l'analyse discriminante.

Ainsi, une analyse acoustique basée sur une mesure globale prise sur le chorus, sans nécessité d'extraire les hurlements, constituerait une alternative plus simple et rapide pour l'estimation de l'effectif d'un chorus. Les premiers résultats obtenus dans ce travail grâce à l'adaptation de l'indice d'entropie H développé par Sueur *et al.* (2008) s'avèrent encourageants.

L'indice H a été calculé sur des chorus générés artificiellement et pour lesquels le nombre exact de loups était connu. Les résultats ont montré que l'entropie augmente avec le nombre d'individus composant les chorus (**Figure 22** ci-dessous). Les valeurs les plus élevées de H indiquent un chorus composé d'un grand nombre d'individus tandis que les plus faibles indiquent un nombre restreint d'individus. L'écart-type de H est plus important lorsque le nombre d'individus est faible, ce qui sous-entend que la variabilité des hurlements individuels est importante. Cette variabilité apporte un « bruit » qui, à ce stade, empêche d'obtenir une estimation fiable du nombre d'individus hurlant.

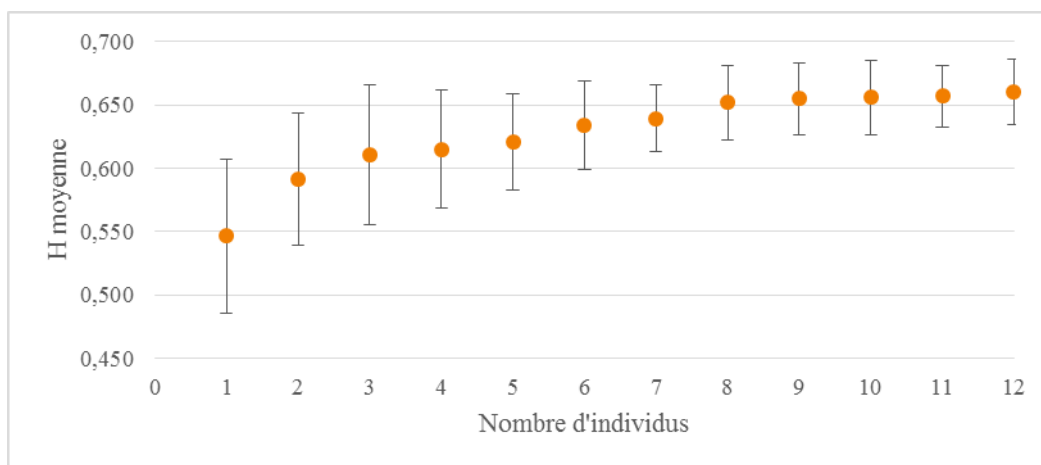


Figure 22 : Entropie moyenne en fonction du nombre d'individus constituant un chorus accompagnée des écarts-types (Papin 2014).

Des données supplémentaires pourraient renforcer la puissance de cet outil et rendre cette courbe-étalon plus précise. Toutefois, il ne faut pas oublier que ces résultats sont basés sur des chorus artificiels créés à partir d'extractions issues d'enregistrements réalisés en milieu captif. Les conditions étaient optimales (distance loups-enregistreur, abris du vent, etc.) et les extractions ont permis de supprimer tous les bruits parasites ainsi que le bruit de fond dégradant le signal original. Sur les enregistrements obtenus en conditions naturelles, d'autres contraintes seront à prendre en compte comme la présence de sons indésirables qui pourraient influencer l'entropie acoustique et donner une estimation erronée.

Par ailleurs, une limite importante vis-à-vis du principe d'entropie existe concernant les modulations de fréquences dans les hurlements. En effet, pour des hurlements de même durée, les modulations de fréquences conduisent à des valeurs de l'indice d'entropie supérieures à celles obtenues pour des hurlements « plats ». La possibilité pour un individu de modifier la structure de ses hurlements en augmentant les modulations de fréquence est connue et a été mise en relation avec la théorie de l'effet « Beau Geste », avancée par Krebs (1977). Il serait donc intéressant d'étudier cette théorie pour mieux comprendre dans quelles circonstances les loups modifient la structure de leurs hurlements.

Notons cependant que, depuis la publication de Sueur *et al.* (2008) décrivant l'indice entropie acoustique H , d'autres indices ont été créés et testés, dont certains s'avèrent moins sensibles aux bruits ambiants et donc plus facilement applicables en conditions naturelles. Il serait intéressant de tester ces nouveaux indices voire de les adapter à la présente problématique. En outre, l'un de ces indices consiste en l'extraction automatique et le dénombrement des pics de fréquences d'une séquence sonore. En combinant une telle approche avec celle basée sur l'entropie, il serait sans doute possible de réduire la variance qui empêche pour l'instant d'obtenir une estimation fiable de l'abondance.

Montage d'un projet de thèse CIFRE « Développement d'outils et de techniques de bioacoustique pour le suivi du Loup gris »

Organisme porteur : CROC, Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores, 8A rue principale, Hameau de Faxé, 57590 FONTENY

Laboratoire de rattachement : LIEC, Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, CNRS, UMR 7360, Université de Lorraine, 15 avenue du Charmois, 54500 NANCY cedex

Ecole doctorale : Sciences et Ingénierie Ressources Procédés Produits Environnement (RP2E), Institut National Polytechnique de Lorraine, 2 avenue de la Forêt de Haye, BP 3, 54501 VANDOEUVRE LES NANCY cedex

Encadrement :

Directeur de thèse : François GUEROLD (Professeur, HDR, LIEC)

Co-directeur : Estelle GERMAIN (Docteur, CROC, LIEC)

Co-directeur : Julian PICHENOT (Docteur, Biologiste-Ecologue Consultant)

Doctorante : Morgane PAPIN, Diplômée d'un Master 2 en Ecologie et Ethologie

Comité de thèse souhaité :

Frédérique SEBE, Maître de Conférences, Université de Saint-Etienne

Jérôme SUEUR, Maître de Conférences au MNHN de Paris

Guillaume DUTILLEUX, Chef de Groupe, CEREMA de Strasbourg

Charlotte CURE, Docteur en Bioacoustique, CEREMA de Strasbourg

Anne FREZARD, Docteur en Ethologie, Vice-Présidente du CROC

Partenaires financiers sollicités : le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) « Massif des Vosges », le Fonds National d'Aménagement et de Développement du Territoire (FNADT), la DREAL Lorraine, la DREAL Alsace, la Région Lorraine, la Région Alsace, l'Agence Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT, bourse CIFRE), le Zoo d'Amnéville et le Parc Animalier de Sainte Croix.

Contexte général :

Les premiers travaux conduits par le CROC en 2013 et en 2014 ont permis de tester des outils et techniques novatrices pour l'acquisition de données sur le terrain et pour leur analyse. A l'issue de ces deux premières années d'études et au regard d'autres travaux conduits dans le domaine, différentes contraintes et de nouvelles pistes de travail ont été identifiées dans la perspective du développement d'outils et de techniques de bioacoustique susceptibles de servir efficacement pour le suivi du Loup gris en France.

Un outil bioacoustique adapté au milieu montagnard

En France, le Loup occupe des habitats diversifiés. Cependant, son aire de répartition s'étend actuellement principalement sur les massifs montagneux comme les Alpes et les Vosges. Or, le développement d'un outil bioacoustique pour le suivi des meutes de loups doit tenir compte des milieux dans lesquels ces loups évoluent. En effet, la détection et l'identification d'individus grâce aux caractéristiques de leurs hurlements, implique une prise en compte de la propagation du son, qui est influencée par différents paramètres tels que la topographie, le relief, la végétation, les conditions météorologiques, etc. A ce titre, le massif des Vosges constitue un terrain d'étude adapté pour explorer cette problématique de propagation des sons en montagne et contribuer au développement d'un outil applicable en milieu naturel. Enfin, précisons que l'utilisation d'un tel outil pourrait être envisagée dans d'autres secteurs de la Lorraine notamment, secteur où le Loup est déjà présent ou le sera probablement dans un avenir proche, par exemple en plaine.

L'implication du CROC dans le massif

Outre ces aspects techniques, biologiques et scientifiques, le CROC est attaché à travailler sur les territoires alsacien et lorrain et, notamment dans le massif des Vosges afin de participer à l'acquisition et à la diffusion des connaissances scientifiques sur les espèces de carnivores qui y vivent. Nous souhaitons ainsi contribuer à la vie et au développement du massif. Le CROC est implanté depuis 4 ans maintenant sur le massif par le biais notamment du suivi de l'état de conservation du Lynx, qu'il réalise des Vosges du Sud aux Vosges du Nord mais également par le biais d'actions locales d'éducation à l'environnement. Le travail réalisé jusqu'à présent nous a permis d'acquérir une bonne connaissance du travail de terrain dans le massif et des acteurs de l'environnement avec lesquels nous interagissons.

Le projet de thèse

Cette thèse vise plus précisément à développer des outils et techniques de suivis acoustiques, pour une application sur le Loup gris dans le contexte du massif des Vosges et, si possible, dans le massif des Alpes voire en plaine (départements récemment colonisés par le Loup dans le Nord-Est de la France). Ce travail comporte deux volets complémentaires, l'un étant conduit sur des meutes de loups gris vivant en captivité (volet *ex situ*), l'autre sur le terrain en milieu naturel (volet *in situ*). En parallèle, une synthèse bibliographique sur la bioacoustique chez les canidés est en cours de rédaction afin de définir au mieux les pistes de travail à approfondir pendant ces trois années. Voici les différents axes de recherche actuellement planifiés dans le cadre de cette thèse :

Volet ex situ (Parcs animaliers)

- Signature vocale individuelle :

Dans un premier temps, les données et résultats obtenus au cours des travaux de Papin (2014) seront repris. Il s'agira notamment de tester une autre méthode d'extraction des hurlements dans les chorus afin d'améliorer la qualité des hurlements extraits qui seront analysés ensuite.

- Estimation de l'abondance de loups participant à un chorus :

Une approche alternative à l'utilisation de la signature acoustique individuelle sera recherchée pour l'estimation de l'abondance des loups participant à un chorus. Il s'agira d'adapter des indices de diversité, comme l'indice d'entropie H (voir Sueur *et al.* 2008), déjà testé dans le cadre de l'étude préliminaire (Papin 2014), dans le but d'obtenir une estimation semi-quantitative, la plus fiable possible, de l'effectif de loups participant à un chorus.

- Investigations des contraintes liées aux interactions entre les meutes et/ou entre les individus :

Un axe de recherche tentera de comprendre et de mettre en évidence l'existence de l'Effet « Beau geste », si celui-ci existe véritablement (Krebs 1977). La théorie de Krebs s'appuie sur le fait que les oiseaux se reconnaissent et s'évaluent entre eux grâce à leur chant. Plus précisément, en agrémentant et modifiant son répertoire vocal, un individu peut leurrer un nouvel arrivant en lui faisant croire que plusieurs individus occupent déjà ce territoire. Ce dernier peut alors être découragé et partir à la recherche d'un nouveau territoire. Chez le Loup, Harrington (1989) a émis l'hypothèse selon laquelle, dans un souci de vulnérabilité et de sécurité, une meute de faible effectif ou un couple s'installant sur un nouveau territoire, pourrait produire des hurlements plus fortement modulés afin de leurrer les meutes voisines concernant son effectif. Or, cette éventuelle variabilité dans la structure des hurlements liée aux interactions individuelles, pourrait constituer une contrainte majeure pour l'application des indices acoustiques en vue d'estimer l'effectif d'un chorus. Il serait donc intéressant de tester cette hypothèse et, plus généralement, d'étudier les différents facteurs comportementaux susceptibles d'impacter la stabilité de la structure acoustique des hurlements, à l'échelle de l'individu ainsi que de la meute.

Volet in situ (massif des Vosges, massif des Alpes, plaine Lorraine)

- Echantillonnage et détection :

Dans un premier temps, de nouvelles techniques d'enregistrement et d'échantillonnage, basées sur l'acoustique passive seront testées en milieu naturel (e.g. ARS, Automatic Recording System ; voir CROC 2014). Il s'agira de tester les possibilités de mise en place d'échantillonnage sur de larges échelles spatiales et temporelles pour le suivi du Loup gris en tenant compte des probabilités de détection des meutes.

- Propagation des sons :

D'une manière générale, la propagation d'un son est dépendante du contexte climatique et de variables environnementales (voir Aubin et *al.* 2014). Ainsi, dans différents milieux (montagne et plaine par exemple), les sons, suivant leur intensité et leur amplitude, peuvent ne pas se propager et être perçus de la même manière. Or, dans le cas du Loup, il est nécessaire de prendre en compte les différents contextes dans lesquels les enregistrements seront susceptibles d'être récoltés compte tenu de son aire de présence actuelle en France.

- Vers une démarche globale d'utilisation de l'outil acoustique :

Les résultats obtenus en captivité seront confrontés aux contraintes mises en évidence en milieu naturel grâce aux deux précédents axes afin d'adapter les outils et techniques à ce contexte et ainsi aboutir à une démarche globale d'utilisation de l'outil acoustique pour le suivi des meutes (détection, localisation, reconnaissance d'individus, estimation d'abondance, etc.).

3. Activités pédagogiques

3.1. Organisation des conférences CROC'Nature



**CONFERENCE
CROC'
NATURE**

Ces conférences sont organisées par le CROC grâce au soutien financier de partenaires publics et privés.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

MAJESTÉ DES CLASSES

l'Europe s'engage pour le Massif des Vosges

ZOO D'AMNEVILLE

avec le soutien financier du Conseil Régional de Lorraine

La Région Lorraine

Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores
8A rue Principale, Hameau de Faxé, 57590 Fontenay
+ 00 33 (0)6 82 22 41 94 / www.croc-asso.org

En 2014, pour son volet « sensibilisation et éducation à l'environnement », le CROC a proposé 7 conférences grand public organisées une fois par mois, aux mois de janvier, février, mars et avril puis d'octobre à décembre.

Ces conférences ont lieu les mardis soirs sur le Campus Bridoux de l'Université de Lorraine à Metz. Elles ont permis d'accueillir en moyenne une cinquantaine de personnes lors de chaque soirée.

Thématiques abordées lors des conférences de 2014 :

- Janvier 2014 : Les punaises
- Février 2014 : La faune de l'île de Banks (Arctique)
- Mars 2014 : Le Castor d'Europe
- Avril 2014 : Les fleurs sauvages et leurs fruits
- Octobre 2014 : Le Renard roux
- Novembre 2014 : Les libellules et les papillons
- Décembre 2014 : Le Blaireau européen

Illustration du Kakémono développé en 2013 et présenté en 2014 pour l'animation des soirées de conférence CROC'Nature.

© CROC

Conférencier : Julian PICHENOT, Scientifique et naturaliste spécialiste des punaises

Titre de la conférence : « Punaises ! »

Résumé : Les punaises sont des insectes qui ont mauvaise réputation. Mais qui les connaît vraiment ? Groupe très riche et diversifié, on en compte plus de 600 espèces différentes rien qu'en Lorraine. Elles occupent une grande variété de milieux terrestres et aquatiques sur toute la planète. Certaines peuvent causer quelques dégâts aux cultures et jardins, tandis que d'autres, au contraire, sont de formidables auxiliaires. Au cours de cette conférence vous découvrirez les particularités étonnantes des punaises : tenues de camouflage, communication perfectionnée, comportements très particuliers. Ce sera l'occasion d'en savoir plus sur ces insectes et peut-être également de changer de point de vue... Punaise !

Soirée conférence
Croc'Nature

Janvier 2014

CROC

Punaises !

Conférence
animée par
Julian PICHENOT

Mardi 21
Janvier 2014
20h30

Entrée
libre

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bridoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)
Longitude : 06° 12' 43.1" E / Latitude : 49° 06' 58.8" N

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

France, Europe, Université de Lorraine, LIEC

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")

Conférencier : Michel MUNIER, Photographe de la nature

Titre de la conférence : « Périple arctique sur l'île de Banks - Nord Ouest canadien, Vincent et Michel Munier »

Résumé : Michel MUNIER nous invite à partager le fruit photographique du périple qu'il a réalisé avec son fils, Vincent, dans le Nord-Ouest canadien. Nous découvrirons l'île de Banks où leur quête du Loup arctique a laissé place à d'extraordinaires rencontres avec la plus belle population de bœufs musqués. Les hardes paisibles de ce ruminant sauvage doivent résister à des températures de -50°C ! Cet environnement a priori hostile à toute vie se révélera alors sous un autre jour. Puis, de retour sur le continent, Michel poursuivra son exposé par un clin d'œil sur les gallinacés des territoires du Nord canadien. Nous profiterons enfin de leurs somptueuses observations d'Ours blanc en quête de banquise et des variations de couleurs de la robe du Renard roux...

Soirée conférence
Croc'Nature

Février 2014

CROC

Conférence animée par
Michel MUNIER

Périple arctique sur l'île de Banks
- Nord Ouest canadien -
Vincent et Michel Munier

Mardi 18
Février 2014
20h30

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bridoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)

Longitude : $06^{\circ} 12' 43.1'' \text{E}$ / Latitude : $49^{\circ} 06' 58.8'' \text{N}$

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")

Entrée libre

Conférencier : René NIEDERCORN, membre actif du GECNAL

Titre de la conférence : « Regardons vivre les Castors »

Résumé : Après 4 années passées sur le terrain à la recherche du Castor en Moselle, René NIEDERCORN viendra partager avec nous le fruit des connaissances et des images qu'il a collectées tout ce temps au travers d'un film intitulé : « Regardons vivre les castors ». Ce film retrace la biologie du Castor dans son milieu naturel. Ses particularités morphologiques, son mode de vie amphibie, sa vie en famille dans les terriers, les indices de présence qu'il laisse derrière lui ou encore, les relations avec son environnement, ... René NIEDERCORN passera en revue autant d'aspects illustrant cet ingénieux rongeur.

Soirée conférence
Croc'Nature

Mars 2014

« Regardons vivre les castors »

Film-conférence animé par
René NIEDERCORN
Membre actif du GECNAL

Mardi 25
Mars 2014
20h30

Entrée libre

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bridoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)
Longitude : 06° 12' 43.1" E / Latitude : 49° 06' 58.8" N

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")

Le Printemps des Castors du 20 mars au 20 juin

Cette conférence a été inscrite dans les événements du Printemps des castors / Edition 2014 (<http://www.printempsdescastors.fr>).

Conférencier : Marie-Jeanne et Alain GÉNEVÉ

Titre de la conférence : « Fleurs sauvages en devenir de fruits charnus »

Résumé : Nous connaissons tous les délicieux fruits de l'églantine, du sureau noir, peut-être moins ceux du cornouiller mâle, de l'argousier et de bien d'autres encore. Leurs fleurs, pouvons-nous facilement les identifier ? Au printemps, les fleurs des espèces à fruits charnus abondent largement dans la nature, que ce soit en plaine, en forêt, en montagne ou le long des sentiers. Les plus colorées attirent notre attention bien évidemment tandis que nous passons à côté de celles nous paraissant plus ordinaires. Quel plaisir de s'arrêter et d'identifier ces plantes présentant des caractéristiques botaniques surprenantes et remarquables avec pour certaines quelques vertus thérapeutiques reconnues. Le but de cette conférence est de présenter une partie des variétés florales qui donneront à l'automne des fruits savoureux et comestibles. Pour éviter des confusions nous mentionnerons également les principales espèces voisines dangereuses. Se promener deviendra encore plus intéressant et permettra à chacun de mieux connaître les fleurs sauvages, de repérer les stations et de revenir en automne réaliser des cueillettes de fruits aux saveurs oubliées.

Soirée conférence
Croc'Nature

Avril 2014

**« Fleurs sauvages
en devenir de fruits
charnus »**

Mardi 15
Avril 2014
20h30

Entrée libre

Conférence animée par
**Marie-Jeanne et
Alain GENEVÉ**

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bridoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)
Longitude : 06° 12' 43.1" E / Latitude : 49° 06' 58.8" N

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")

Conférencier : Fabrice CAHEZ, Photographe de la nature

Titre de la conférence : « Renard, les yeux dans les yeux »

Résumé : Animal souvent mal-aimé, considéré à tort comme nuisible, détesté par les uns, adulé par les autres, dans la littérature comme dans le quotidien, Goupil ne laisse personne indifférent. Mais qui est-il vraiment ? Le photographe animalier Fabrice CAHEZ, auteur des livres « Terre de renard » et « Renard, les yeux dans les yeux », observe cet animal sur le terrain toute l'année depuis plus de vingt ans. À l'aide de documents photographiques inédits réalisés dans l'Est de la France, il vous invite à découvrir, avec humour et poésie, la vie secrète de ce mammifère carnivore au fil des lieux et des saisons, en mettant l'accent sur les principaux aspects de sa biologie : reproduction, alimentation, territoire, dynamique des populations. Cette présentation est également l'occasion de réhabiliter le renard en présentant le rôle positif qu'il joue dans la nature et dans l'équilibre des chaînes alimentaires, en particulier grâce à sa forte consommation de rongeurs.

Soirée conférence
Croc'Nature

Octobre 2014

Conférence-projection
animée par

Fabrice CAHEZ
Photographe de la nature

« Renard, les yeux dans les yeux »

Mardi 14
Octobre 2014
20h30

Entrée libre

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bricoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)
Longitude : 06° 12' 43.1"E / Latitude : 49° 06' 58.8"N

Crédit photo : Fabrice CAHEZ

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")



Conférencier : Julian DABRY, Chargé de mission scientifique au CEN Lorraine, avec la contribution de Clément HENNIAUX, apprenti au CEN Lorraine

Titre de la conférence : « Des actions pour les libellules et les papillons »

Résumé : La Lorraine est une région qui abrite un patrimoine entomologique diversifié et de grande qualité. C'est à travers les facettes de quelques espèces de libellules et de papillons que nous traverserons les espaces naturels de Lorraine. Petites demoiselles des ruisseaux, libellules des grandes rivières, des étangs ou des tourbières... nous survolerons le mode de vie de ces espèces qui bénéficient depuis quelques années d'études ciblées et de plans d'actions régionaux afin de les protéger. Nous découvrirons également les liens étroits qui lient les cycles de vie d'insectes et de plantes comme les Maculinea, étonnants papillons des zones humides et pelouses sèches, qui vivent grâce aux liens très étroits qu'ils partagent avec des plantes et des fourmis. Nous verrons aussi comment agir pour la conservation de ce patrimoine naturel, que ce soit à l'échelle des acteurs du territoire tout comme à l'échelle individuelle, au travers d'actions concrètes.

Soirée conférence
Croc'Nature

Novembre 2014

Des actions pour les libellules et les papillons

Conférence animée par
Julien DABRY
Chargé de mission scientifique au CEN Lorraine

Mardi 18
Novembre 2014
20h30

Entrée libre

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bridoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)
Longitude : 06° 12' 43.1" E / Latitude : 49° 06' 58.8" N

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")

Cette conférence a été inscrite dans les événements permettant d'animer le Plan Régional d'Actions en faveur des Odonates et des Maculinea en Lorraine.

Conférencier : Virginie BOYAVAL, Association MELES

Titre de la conférence : « Cohabiter avec le Blaireau »

Résumé : Le Blaireau est un animal méconnu qui souffre de préjugés mais aussi, dans certains contextes, d'une véritable haine des hommes. Pourtant, ce mammifère de la famille des mustélidés, ne mériterait-il pas d'être protégé ? Dans cet objectif, de nombreuses actions sont menées par Virginie BOYAVAL, éthologue de terrain sur le blaireau depuis plus de 9 ans, qui a créé l'association MELES pour essayer de faire cohabiter l'homme et le Blaireau, et ainsi préserver le mustélide. A l'occasion de cette soirée de conférence, vous découvrirez notamment le travail de réhabilitation des blaireautins orphelins : de l'élevage au biberon jusqu'à leur relâcher et leur suivi dans la nature. La projection du film "Esprit Honani, le blaireau" vous permettra de vous mettre dans la peau d'un blaireau et de découvrir la vie de la forêt, l'ambiance, ses mystères et ses drames à travers le regard de ce terrassier. Il s'agira d'une vraie découverte de son mode de vie, des relations qu'il entretient avec les autres membres de son clan, avec son milieu mais aussi des menaces qui pèsent sur lui.

Soirée conférence
Croc'Nature

Décembre 2014

« Cohabiter avec le Blaireau »

Film-conférence animé par
Virginie BOYAVAL
Association MELES

Mardi 16
Décembre 2014
20h30

Entrée libre

Amphithéâtre FERMAT
Campus Bridoux - Université de Lorraine
Rue du Général Délestraint à Metz (57)
Longitude : 06° 12' 43.1" E / Latitude : 49° 06' 58.8" N

Conférence organisée par le CROC avec le soutien de :

Logo of the European Union, logo of the French Republic, logo of the Ministry of Ecology, Energy and Sustainable Development, logo of the University of Lorraine, logo of Lorraine, logo of LIEC.

Informations et plan d'accès : www.croc-asso.org (Rubrique "Conférences")

3.2. Elaboration d'outils pédagogiques

Le CROC développe des outils pédagogiques qu'il met ensuite à la disposition des structures qui le souhaitent. Depuis 2010, trois expositions ont été élaborées, la première sur le Chat forestier d'Europe (*Felis silvestris silvestris*), la seconde sur le Lynx boréal (*Lynx lynx*) et la troisième sur le Loup gris (*Canis lupus*).

En 2014, certains éléments des expositions sur le Chat forestier et le Lynx ont été renouvelés (réimpression de panneaux pédagogiques en format roll-up). Parallèlement, de nouveaux outils d'éducation à l'environnement (carnets de visites, jeux, animations) ont été élaborés autour des expositions. Ces outils seront prêtés avec les expositions. Des brochures (fiches « espèces ») sur ces trois carnivores ont été commencées et seront finalisées en 2015 pour être téléchargeables sur le site internet du CROC.

Guides de visite pour les 3 expositions du CROC

Lors du prêt de nos expositions, le CROC propose maintenant un guide de visite destiné aux enfants encadrés / accompagnés par un animateur ou leurs parents. Ce guide pédagogique invite les enfants à découvrir de manière ludique le Chat forestier, le Lynx boréal ou le Loup gris en suivant nos personnages dans une série de questions et de jeux. Pour trouver les solutions, il suffit de s'aider des panneaux pédagogiques des expositions.

Le carnet est décliné sous deux versions de 12 pages chacune :

- ✓ Une version destinée aux enfants de maternelle (3 à 6 ans) ;
- ✓ Une version réalisée pour des enfants de primaire (7 à 12 ans) ;

Une version corrigée est également fournie.

Les documents seront transmis sur une clé USB au format « .pdf ». Les emprunteurs peuvent ainsi imprimer le carnet autant de fois que nécessaire.



Figure 23 : Pages de couverture des guides de visite des expositions sur le Chat sauvage, le Lynx boréal et le Loup gris (© CROC)

Photographies prêtées généreusement pour la réalisation de ces guides par : Rachel BERZINS, Fabrice CAHEZ, Thomas CROUCHET, Kevin GEORGIN, Alain LAURENT, Morgane PAPIN, Audrey LE POGAM et Antoine REZER

Illustrations : Alexis NOUAILHAT

Qui suis-je ?

CARTE NATIONALE D'IDENTITÉ FRANÇAISE

Nom commun : Chat forestier d'Europe ou Chat sauvage
 Nom latin : *Felis silvestris silvestris*
 Longueur : ± 60 cm + 30 cm de queue
 Hauteur : ± 30 cm au garrot
 Poids : 3 à 5 kg
 Longévité : ± 10 ans
 Signature et silhouette :

Oups ! Il manque le nom de ma famille. Sauras-tu le retrouver en déchiffrant ce rebus ?

Le sais-tu ?
 Chaque être vivant est rangé selon une classification. Par exemple, le Chat sauvage appartient :
 au Règne : Animal
 à l'Embranchement : Vertébrés
 à la Classe : Mammifères
 à l'Ordre : Carnivores
 à la Famille :
 au Genre : Felis
 à l'Espace : Felis silvestris

Rebus :

Ta réponse : _____

Félinés et compagnie

Voici les portraits de quelques-uns de mes amis. Entoure les carnivores en rouge et les herbivores en vert.

Les indices que je laisse...

Comme tu l'as compris, j'appartiens à l'Ordre des Carnivores. Tout comme moi, mes amis de la forêt sont très discrets. Cependant, ils laissent des traces derrière leur passage... Sauras-tu deviner qui est passé par là ?

Chat sauvage
 Lynx
 Loup
 Oiseau
 Sanglier
 Cerf

Echelle : 10 cm

Figure 24 : Extraits du guide de visite sur Diabolo, le Chat sauvage (© CROC)

Qui suis-je ?

CARTE NATIONALE D'IDENTITÉ FRANÇAISE

Nom commun : le Lynx boréal
 Nom latin : *Lynx lynx*
 Longueur : ± 90 cm + 30 cm de queue
 Hauteur : ± 60 à 70 cm au garrot
 Poids : 10 à 25 kg
 Longévité : 15 ans
 Signature et silhouette :

Oups ! Il manque le nom de ma famille. Sauras-tu le retrouver en déchiffrant ce rebus ?

Le sais-tu ?
 Chaque être vivant est rangé selon une classification. Par exemple, le Lynx boréal appartient :
 au Règne : Animal
 à l'Embranchement : Vertébrés
 à la Classe : Mammifères
 à l'Ordre : Carnivores
 à la Famille :
 au Genre : Felis
 à l'Espace : Lynx lynx

Rebus :

Ta réponse : _____

Les ombres chinoises

Duel 1 : Lynx boréal vs Chat sauvage
 Duel 2 : Loup gris vs Lynx boréal
 Duel 3 : Lynx boréal vs Renard roux
 Duel 4 : Ecureuil vs Lynx boréal
 Duel 5 : Lynx boréal vs Cerf

Maintenant que tu connais la taille de mes empreintes et celles de certains de mes amis de la forêt, entoure, pour chaque duel, l'animal qui est le plus grand.

Qui dit carnivore, dit prédateur !

Le sais-tu ?
 Une proie est un animal capturé vivant, tué, puis mangé par un prédateur.
 Une espèce proie est donc chassée par une espèce prédatrice.
 Un super prédateur est un animal, qui à l'âge adulte, se trouve au sommet de la chaîne alimentaire. Il n'est la proie d'aucun autre animal.
 C'est le cas du Lynx par exemple.

Peux-tu me citer 5 espèces de prédateurs ?

A partir des images ci-dessous, essaie de reconstituer la chaîne alimentaire. Fais des flèches pour montrer « qui mange qui » !

Figure 25 : Extraits du guide de visite sur Spot, le Lynx boréal (© CROC)

Qui suis-je ?

CARTE NATIONALE D'IDENTITÉ FRANÇAISE

Nom commun : le Loup gris
 Nom latin : *Canis lupus*
 Longueur : 110 à 140 cm + 35 cm de queue
 Hauteur : 65 à 90 cm au garrot
 Poids : 20 à 40 kg
 Longévité : 10 ans
 Signature et silhouette :

Oups ! Il manque le nom de ma famille. Sauras-tu le retrouver en déchiffrant ce rebus ?

Le sais-tu ?
 Chaque être vivant est rangé selon une classification. Par exemple, le Loup appartient :
 au Règne : Animal
 à l'Embranchement : Vertébrés
 à la Classe : Mammifères
 à l'Ordre : Carnivores
 à la Famille :
 au Genre : Canis
 à l'Espace : Canis lupus

Rebus :

Ta réponse : _____

Ce qui me caractérise le plus...

Oreille : Courte, peu pointue, rousse à l'arrière avec un liseré noir

Queue : Courte et pendante avec une extrémité noire

Masque labial : Bien marqué et blanc

Pelage : Noir, gris, beige ou fauve

Patte avant : Claire avec une ligne verticale noire

J'ai un pelage unique dont les couleurs permettent de me reconnaître ! Observe-moi et dessine un trait entre le mot et la partie de mon corps correspondante.

A ton avis, quels mots me définissent le mieux ? (Entoure l'alien bonnessé) réponds-moi !

Le sais-tu ?
 Le Loup n'a pas été réintroduit en France, il est revenu naturellement depuis 1992 sur le territoire français.
 Les loups qui reviennent sont d'origine italienne. C'est pourquoi on parle de loups italiens.

Cramif
 Timide
 Curieux
 Débouillard
 Solitaire
 Peureux
 Sauvage

Peu visibles mais connus !

Livres, journaux, musiques, télé, expressions... On parle des carnivores partout ! Cite moi 3 exemples de contes, fables, légendes, dessins animés ou jeux où nous apparaissions (renard, loup, chat...).

Exemple : Pierre et le Loup

Tente maintenant de relier ces expressions à leur définition !

- Faire sa fouine
- Se jeter dans la gueule du loup
- Avoir un œil de lynx
- Avoir une faim de loup
- Crier au loup
- Prévenir d'un danger
- Avoir une très bonne vue
- Etre très curieux
- Oser faire quelque chose
- Avoir très très faim

Figure 26 : Extraits du guide de visite sur Looping, le Loup gris (© CROC)

Jeu de cartes « Défis Nature Carnivores »

Grâce à un partenariat avec les éditions Bioviva (<http://www.bioviva.com>), le CROC propose aux emprunteurs des expositions un jeu de cartes sur les carnivores.

Ce jeu de société permet aux enfants de plus de 7 ans de découvrir 36 carnivores de continents différents, leurs principales caractéristiques (vitesse, pelage, poids, taille, etc.) ainsi que leur statut de protection selon les menaces pesant sur eux.



Figure 30 : Défis Nature Carnivores (© Bioviva)

Atelier de moulage d'empreintes « Sur la piste des carnivores... »

Le CROC propose le matériel nécessaire à l'animation d'un atelier de moulage d'empreintes qui peut être réalisé par les enfants et les adultes accompagnés d'un animateur. L'objectif est de sensibiliser les participants aux différentes traces que l'on peut observer dans la nature.

Cette activité manuelle ne repose pas seulement sur les empreintes de carnivores. En tout, 16 empreintes différentes (matrices en résine de chez Model'Nature, <http://www.modelnature.fr>) peuvent être moulées : Blaireau, Cerf, Chat forestier d'Europe, Chevreuil, Fouine, Hérisson, Genette, Lapin, Lièvre, Loup, Loutre, Lynx, Ours, Renard et Sanglier.

En complément des 16 matrices, cet atelier de moulage d'empreintes se compose de deux ouvrages, à savoir « Les traces d'animaux – Editions Delachaux et Niestlé » et « Guide Delachaux des traces d'animaux – Editions Delachaux et Niestlé » ainsi que d'une notice explicative.



Figure 31 : Kit « Atelier moulage d'empreintes » (© CROC)

Jeu « Puzzles »

Pour les plus jeunes, des puzzles en bois de 5 à 9 pièces réalisés par l'entreprise « Entre bois et Rêves » (<http://entreboisetreve.e-monsite.com>) pourront être empruntés avec les expositions du CROC.

Huit carnivores européens sont disponibles : Chat sauvage¹³, Loup, Lynx, Ours, Renard, Blaireau, Hermine (pelage d'été et d'hiver).

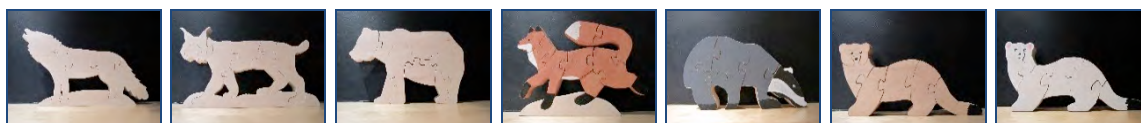


Figure 32 : Puzzles en bois des carnivores de France (© CROC)

¹³ Le puzzle du Chat sauvage est en cours de réalisation, il sera ajouté au lot de puzzles en bois à réception.

Pour les plus grands, des puzzles de 100 pièces ont été créés sur la base de photographies d'Alain LAURENT (Lynx boréal), Kevin GEORGIN (Chat forestier) et de Morgane PAPIN (Loup gris).



Figure 33 : Puzzles de 100 pièces Chat sauvage, Lynx boréal et Loup gris (© CROC)

Jeu de société « La Fureur ! »

Un jeu de société du type « Jeu de l'Oie » permettant à plusieurs équipes d'enfants de jouer ensemble avec l'aide d'un meneur de jeu a été créé autour de la thématique des carnivores.

Le but est de lancer le dé pour avancer. De cette façon, les équipes vont tomber tout au long du jeu sur des cases de différentes couleurs. Les enfants de chaque équipe devront alors répondre ensemble au défi proposé par le meneur du jeu en moins de 1 minute et 30 secondes !

En fonction des couleurs des cases, les actions à réaliser sont de nature différente :

- ✓ **Rouge : Reconnaissance de cris ou hurlements de mammifères**
- ✓ **Bleu : Dessiner c'est gagné**
- ✓ **Vert : Mîmes**
- ✓ **Jaune : Questions de culture générale sur les carnivores**

Le but final est d'atteindre la ligne d'arrivée avec le plus haut score tout en complétant ses connaissances sur les carnivores.

« La Fureur » se compose d'une table de jeu sur laquelle il est possible de positionner les pions et lancer les dés. Un tableau blanc, un dé en bois, un sablier, des pions carnivores et des fiches de défis-réponses sont fournis dans une boîte de rangement. Pour les défis rouge, le CD « Guide sonore des mammifères d'Europe » de J.C. Roche et B. Jollivet édité par Frémeaux et associés (<http://www.fremeaux.com>) est joint.

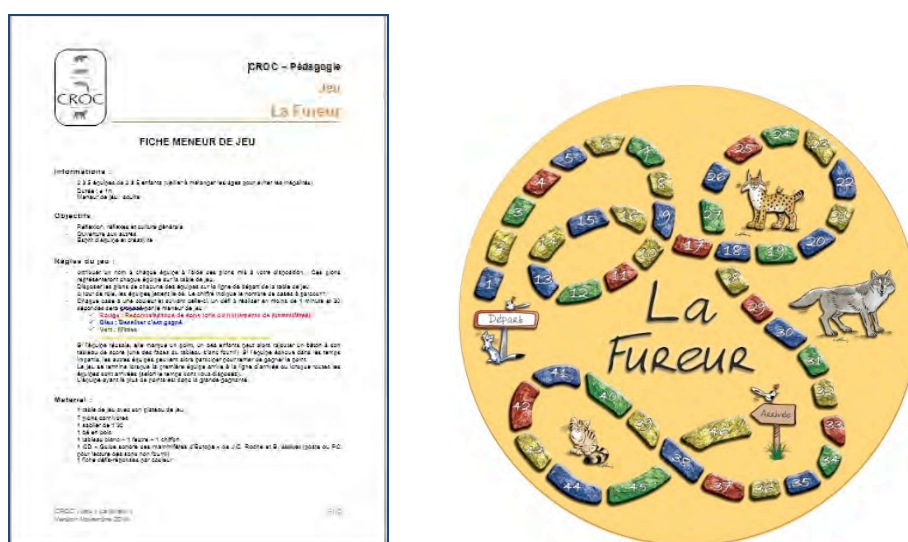


Figure 34 : Extrait des fiches défis-réponses et plateau de jeu de la Fureur (© CROC)

3.3. Diffusion des expositions sur le Chat forestier d'Europe, le Lynx boréal et le Loup gris

Pour son volet « Education à l'environnement », le CROC propose également des expositions sur les carnivores de France. En 2013, nous disposions de deux expositions sur les deux espèces de félins sauvages présents en France : le Chat forestier d'Europe *Felis s. silvestris* et le Lynx boréal *Lynx lynx*. En 2014, une troisième exposition sur le Loup gris est venue s'y ajouter.

Ces expositions sont mises à la disposition des structures qui organisent des événements ponctuels (festivals nature par exemple) ou qui travaillent avec des écoles dans le cadre d'actions d'éducation à l'environnement.

Le **Tableau 13** ci-dessous résume les prêts réalisés pour ces deux expositions en 2014.

Tableau 13 : Prêts des expositions sur le Chat forestier d'Europe, le Loup gris et le Lynx boréal en 2014.

Expositions	Emprunteur	Lieu	Période	Evénement
Le Chat forestier d'Europe	La Petite Camargue Alsacienne	La Maison de la Réserve à Saint-Louis (68)	2 septembre au 6 novembre 2014	La Petite Camargue Alsacienne c'est l'aventure de la Nature / Exposition temporaire « Le Chat forestier d'Europe »
Le Lynx boréal	ONCFS – SD67	La Broque (67)	24 mai 2014	Festival Alsascience
	Association Les Piverts	Lorentzen (67)	6 au 18 juin 2014	Journée du Lynx et Festival des paysages
	CEN Lorraine	Thionville (57)	1 au 5 octobre 2014	Congrès des espaces naturels de France
	Muséum d'Histoire Naturelle et d'Ethnographie de Colmar	Colmar (68)	3 au 8 novembre 2014	Exposition « Redoutables prédateurs » / « Semaine du Lynx »
Le Loup gris	Association Les Piverts	Lorentzen (67)	6 au 18 juin 2014	Journée du Lynx et Festival des paysages
	ONCFS – SD52	Chateavillain (52)	30 au 31 août 2014	Salon des plaisirs de la chasse et de la nature, 21 ^{ème} édition
	CEN Lorraine	Thionville (57)	1 au 5 octobre 2014	Congrès des espaces naturels de France
	Mairie de Seichamps	Seichamps (54)	10 au 12 octobre 2014	Seichamps Nature – 6 ^{ème} Rencontres Naturalistes
	ONF – Centre de Formation	Nancy (54)	3 au 21 novembre 2014	Animation du centre de formation

3.4. Conférences et animations grand public sur le Lynx boréal et le Loup gris

En 2014, le CROC a été sollicité par différents organismes pour réaliser des conférences ou des animations en lien avec ses travaux de recherche et les espèces concernées par ces travaux : le Lynx et le Loup :

- **10 mai 2014** : Animation au magasin Nature et Découvertes de Metz (57) pour les membres de l'équipe salariée et les clients du magasin. Présentation du suivi de l'état de conservation du Lynx organisé par le CROC dans le massif des Vosges. Réalisée par E. Germain et J. Pichenot.
- **31 mai 2014** : Conférence sur les activités du CROC « Soutien de programmes scientifiques et d'actions pédagogiques sur les mammifères carnivores européens », Assemblée Générale de l'association du Parc Animalier de Sainte Croix, Rhodes (57). Réalisée par E. Germain.
- **6 juin 2014** : Animation pour des scolaires réalisée par Gus LYON (chargé d'études au CROC) et Morgane PAPIN (stagiaire Master 2 au CROC) lors de la journée du Lynx organisée le 6 juin 2014 par les Piverts à Lorentzen (67) ; Présentation du suivi du Lynx par piégeage photographique et du suivi bioacoustique du Loup.



Figure 35 : Interview de G. Lyon et de M. Papin pour les Dernières Nouvelles d'Alsace / Article « Les petits loups ont eu l'œil » dans le cadre de l'animation réalisée lors de la journée du Lynx organisée le 6 juin 2014 par l'association Les Piverts à Lorentzen (article paru le 13 juin 2014).

- **4 octobre 2014** : Animation au magasin Nature et Découvertes de Nancy (54) pour les membres de l'équipe salariée et les clients du magasin. Présentation du suivi de l'état de conservation du Lynx organisé par le CROC dans le massif des Vosges. Réalisée par E. Germain et J. Pichenot.
- **8 au 10 octobre 2014** : Participation à la Fête de la Science sur le Campus Bridoux de l'Université de Lorraine à Metz. Organisation d'un atelier de piégeage photographique et de moulages d'empreintes animé par des étudiants en Licence Sciences de la Vie : « 1, 2, 3, nous irons aux bois... ». Atelier encadré par E. Germain.
- **24 octobre 2014** : Conférence intitulée « Suivi du statut de conservation du Lynx (Lynx lynx) dans le massif des Vosges », Zoo de Mulhouse, Mulhouse (68). Réalisée par E. Germain.

4. Communications et autres évènements

En parallèle des programmes scientifiques et des activités pédagogiques présentés dans ce rapport et qui représentent le cœur de l'activité du CROC, d'autres événements ponctuels ont eu lieu dans la vie du CROC en 2014. En voici certains ci-dessous.

Publications scientifiques

Germain E. 2014. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le massif Vosgien : session intensive 2014. Bulletin du Réseau Lynx, N°19 – 2014 // Période du 01.01.2013 au 30.11.2014, p22-25.

Communications scientifiques

Bastien M., Combes B., Umhang G., Comte S., Raton V., Boué F., **Germain E.** & Poulle ML. 2014. Contamination of kitchen gardens with *Echinococcus multilocularis*, *Toxoplasma gondii* and *Toxocara* sp. in northeastern France. Congrès ESCAP, Vilnius, Lituanie, 9-10 oct 2014.

Papin M., Pichenot J. & Germain E. 2014. La bioacoustique : un outil prometteur pour l'estimation des effectifs de loups gris. 37^{ème} colloque francophone de mammalogie de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFPEM), Recolonisation et réémergence, les 17, 18 et 19 octobre 2014, Maison du Parc, Saint-Brisson (58).

Germain E. 2014. Le Lynx dans le massif des Vosges, Connaissances actuelles sur son statut. Réunion de l'Initiative Pro Luchs (IPL), 4 juillet 2014, Fischbach, Allemagne.

Germain E. 2014. Suivi du statut de conservation du Lynx boréal (*Lynx lynx*) dans le massif des Vosges - Bilan des actions conduites sur le terrain en 2014. Réunion annuelle du Réseau Lynx, 25 novembre 2014, Maison du Parc, La Petite-Pierre (67).

Communications à l'occasion de réunions avec nos partenaires

21 mai 2014 : Réunion avec les partenaires financiers des régions Lorraine et Alsace pour la présentation du compte-rendu d'activité 2013 du CROC, Conseil Régional d'Alsace (Strasbourg, 68). Communication réalisée par **E. Germain**.

5 septembre 2014 : Journée d'information sur le Lynx et le Loup pour les agents ONF de l'UT de Schirmeck (67) / Présentation de l'état d'avancement des travaux du CROC réalisée le matin par **E. Germain** et information sur le Lynx et le Loup l'après-midi avec Alain Laurent du CNERA PAD (Schirmeck, 67).

Rédaction de rapports scientifiques et techniques

Participation d'**E. Germain** à la rédaction de la partie « Mammifères / Les autres mammifères » de Gaillard M. & Schoenstein O. 2014. La modernisation des ZNIEFF et le programme « Carnet B » au service de la trame verte et bleue en Lorraine. Approche d'un diagnostic de la biodiversité en Lorraine, Neomys, Conservation de la Nature, Février 2014, 26p.

Germain E. 2014. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le Massif des Vosges. Session intensive 2014 / Sud de l'autoroute A4 / Février-Mars 2014. Partenariat de recherche CROC & ONCFS (N°DR04-2013-004), 14p.

CROC 2014. Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1er janvier au 31 décembre 2013. Rédaction : **Germain E.** et **Pichenot J.**, Mai 2014, 114p.

Papin M. 2014. Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris (*Canis lupus lupus*) grâce à une méthode bioacoustique : Essais et tests préliminaires sur des meutes captives. Rapport de stage de Master 2, CROC, Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores, Lucy, France, 35p.

Interviews

Février 2014 : Interview Revue Nat'Images / Article « Le CROC et les carnivores : 8 questions à **Estelle Germain** de l'association CROC » (N°24, Février 2014).

Mai 2014 : Interview d'**E. Germain** pour les Dernières Nouvelles d'Alsace / Article « Une nouvelle chance pour le Lynx / Le retour annoncé du Lynx » dans le cadre du programme LIFE+ accordé par l'Europe au projet de réintroduction du Lynx dans le Pfälzerwald (N°47316, 26 mai 2014).

Juin 2014 : Interview de **G. Lyon** et de **M. Papin** pour les Dernières Nouvelles d'Alsace / Article « Les petits loups ont eu l'œil » dans le cadre de l'animation réalisée lors de la journée du Lynx organisée le 6 juin 2014 par l'association Les Piverts à Lorentzen (article paru le 13 juin 2014).

Colloques / Réunions de réseaux

Colloque national - 37^{ème} colloque francophone de mammalogie de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM), Recolonisation et réémergence, les 17, 18 et 19 octobre 2014, Maison du Parc, Saint-Brisson (58). Participation d'**E. Germain**, de **J. Pichenot** et de **M. Papin**.

Réunion nationale - Réunion annuelle du Réseau Lynx organisée par l'ONCFS, le 25 novembre 2014, Maison du PNR des Vosges du Nord, La Petite-Pierre (68). Participation d'**E. Germain** et de **J. Pichenot**.

Réunion internationale - Réunion de l'Initiative Pro Luchs (IPL), le 4 juillet 2014, Fischbach, Allemagne. Participation d'**E. Germain** et de **J. Pichenot**.

Journée d'information

12 novembre 2014 : Journée de rencontre des associations de Lorraine, DREAL Lorraine (Locaux de l'IRA, Metz, 57). Participation d'**E. Germain**.

Journées de formation

26 et 27 juin 2014 : Atelier technique de piégeage photographique, Caractériser et Maîtriser son matériel organisé par PiègePhotographique et le CPIE des Pays de l'Oise à Metz (locaux du CEREMA, Metz, 57). Participation de **G. Lyon**.

2 décembre 2014 : Journée de formation pour REPERES-DD à destination des structures porteuses de ressources pour l'année 2014, (locaux du CDDP, Metz, 57). Participation d'**E. Germain**.

Autres travaux de recherche scientifique

Participation au comité de thèse de Mathieu Bastien, doctorant CIFRE, Université de Reims Champagne Ardennes, Sous la direction de Marie-Lazarine Poule (URCA-CERFE), En collaboration avec l'ELIZ (thèse CIFRE) / Sujet : Contamination des potagers par les parasites intestinaux de chats, chiens et renards.

Participation à l'Observatoire Hommes Milieux (OHM) Pays de Bitche avec le laboratoire LIEC (Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux) de l'Université de Lorraine.

Autres temps forts

Participation à la réunion des animateurs de plans d'actions espèces en Lorraine, le 10 octobre 2014 à la DREAL Lorraine, (Metz, 57). Participation d'**E. Germain**.

Participation à la réunion annuelle du Groupe National Loutre, le 16 octobre 2014, Maison du PNR du Morvan (Saint-Brisson, 58). Participation d'**E. Germain** en tant que coordinatrice régionale.

Rencontre de l'association Les Piverts pour discuter des possibilités de collaboration pédagogique avec le CROC, le 22 août 2014, Lohr (67). Participation d'**E. Germain**.

Rencontre du GTV dans la perspective de mise en place d'une convention de partenariat de recherche avec la mise à disposition d'enregistreurs autonomes, Conseil d'Administration du 15 novembre 2014, Grange-sur-Vologne (88). Participation d'**E. Germain**.

5. Références bibliographiques

- Ancrenaz M., Hearn A.J., Ross J., Sollmann R. & Wilting A. Handbook for wildlife monitoring using camera-traps. BBEC Publication, 83p.
- Assmann C. 2011. Etude de la connectivité des massifs des Vosges et du Jura au niveau de la trame forestière. Mémoire de Master FAGE, Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement, Spécialité Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes. Université Henri Poincaré Nancy, 30p.
- Aubin, T., Mathevon, N., & da Silva, M.L. 2014. Species identity coding by the song of a rainforest warbler: an adaptation to long-range transmission? *Acta Acustica united with Acustica*, 100: 748-758.
- Basille M., Calenge C., Marboutin E., Andersen R. & Gaillard J.M. 2007. Caractérisation de l'habitat à partir de données de présence : le cas du lynx dans les Vosges. ONCFS – Rapport scientifique 2007, p20-24.
- Basille M., Calenge C., Marboutin E. Andersen R. & Gaillard J.-M. 2008. Assessing habitat selection using multivariate statistics: Some refinements of the ecological-niche factor analysis. *Ecological modelling*, 211: 233-240.
- Benhammou F. & Dangléant C. 2009. Ours, lynx, loup : une protection contre nature ? Toulouse, Milan éditions, 117p.
- Blanc L. 2015. Dynamique des populations d'espèces rares et élvues : Le Lynx Boréal en Europe. Thèse en Biologie des populations et Ecologie, Université de Montpellier 2, UMR CNRS 5175 (Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive), 268p.
- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. & Gimenez O. 2012. Abundance of rare and elusive species: empirical investigation of closed versus spatially explicit capture-recapture models with lynx as a case study. *The Journal of Wildlife Management*, 77: 372-378.
- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. Zimmermann F. & Gimenez O. 2014. Improving abundance estimation by combining capture-recapture and occupancy data: example with large carnivore. *Journal of Applied Ecology*, 51: 1733-1739.
- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. & Gimenez O. 2013. Améliorer les estimations de densité de lynx: les modèles gagnent une nouvelle dimension. *Bulletin du Réseau Lynx*, 18: 24-27.
- Boitani L. 2003. Wolf conservation and recovery. In : Mech L.D., Boitani L., editors. *Wolves: behaviour, ecology and conservation*. The University of Chicago press, p317-340.
- Boitani L., Ciucci P. & Mortelliti A. 2012. Designing carnivore surveys. In: *Carnivore Ecology and Conservation, A Handbook of techniques*. Ed. L. Boitani & R.A. Powell, Techniques in Ecology & Conservation Serie, p8-30.
- Bradbury J.W. & Vehrencamp S.L. 1998. *Principles of Animal Communication*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 882p.
- Breitenmoser U., Breitenmoser-Würsten C., Okarma H., Kaphegyi T., Kaphegyi-Wallmann U. & Müller U. 2003. Plan d'action pour la conservation du Lynx eurasien en Europe (*Lynx lynx*). Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Sauvegarde de la Nature n°112, Editions du Conseil de l'Europe, 80p.
- Calenge C., Darmon, G. Basille M. Loison A. & Jullien J.-M. 2008. The factorial decomposition of the Mahalanobis distances in habitat selection studies. *Ecology*, 89: 555-566.
- Caniglia R. 2008. Non-invasive genetics and wolf (*Canis lupus*) population size estimation in the Northern Italian Apennines. Thèse de doctorat, Université de Bologne, 89p.
- CROC 2014. Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1er janvier au 31 décembre 2013. Rédaction : Germain E. et Pichenot J., Mai 2014, 114p.
- Dickson B.G., Jeness J.S. & Beier P. 2005. Influence of vegetation, topography, and roads on Cougar movement in Southern California. *Journal of Wildlife Management* 69: 264-276.
- DIREN PACA14. 1996. Le retour naturel du loup en France dans les Alpes du Sud. *L'info loups*, 1: 4.

¹⁴ Direction Régionale de l'Environnement Provence Alpes Côte d'Azur.

- Eaton J. W., Bateman D. & Hauberg S. 2009. GNU Octave version 3.0.1 manual: a high level interactive language for numerical computations. CreateSpace Independent Publishing Platform. <http://www.gnu.org/software/octave/doc/interpreter>
- ESOPE & Sémaphores 2009. Trame Verte et Bleue de Lorraine, methods, résultats et préconisations. Conseil Régional de Lorraine, 222p.
- Frommolt K-H., Tauchert K-H. 2014. Applying bioacoustic methods for long-term monitoring of a nocturnal wetland bird. *Ecological Informatics*, 21: 4-12.
- Gatti S., Blanc L., Gimenez O. & Marboutin E. 2011. Première session intensive de piégeage photographique en Franche-Comté. *Bulletin du Réseau Lynx*, 17: 20-23.
- Gerhardt H. C. 1992. Multiple messages in acoustic signals. *Seminars in Neurosciences*, 4: 391-400.
- Germain E. 2013. Van Gogh, le lynx du Donon (67). *Bulletin du Réseau Lynx*, 18: 14-17.
- Germain E. 2014a. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le Massif des Vosges. Session intensive 2014 / Sud de l'autoroute A4 / Février-Mars 2014. Partenariat de recherche CROC & ONCFS (N°DR04-2013-004), 13p.
- Germain E. 2014b. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le massif Vosgien : session intensive 2014. *Bulletin du Réseau Lynx*, 19: 22-25.
- Germain E., Laurent A. & Marboutin E. 2013a. Rapport technique. Test de détectabilité du Lynx dans le massif des Vosges. Première session de piégeage intensif dans le sud du massif (Hautes Vosges), Décembre 2012-Janvier 2013, 10p.
- Germain E., Laurent A. & Marboutin E. 2013b. Test de détectabilité du Lynx dans le massif des Vosges. Première session de piégeage intensif dans le sud du massif (Hautes Vosges). Colloque International « Quel avenir pour le loup et le lynx dans les Vosges ? », 30 juin 2013, Parc Animalier de Sainte Croix, Rhodes, France.
- Harrington F.H. 1989. Chorus howling by wolves: acoustic structure, pack size and the Beau Geste effect. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 2: 117-136.
- Karanth K.U., Funston P. & Sanderson E. 2010a. Many ways of skinning a cat: tools and techniques for studying wild felids. In: *Biology and Conservation of Wild felids*, Oxford Biology, Oxford University Press, p197-216.
- Karanth K.U., Nichols J.D. & Kumar N.S. 2010b. Photographic sampling of elusive mammals in tropical forest. In: *Sampling rare of elusive species - Concepts, designs, and techniques for estimating population parameters*, Foreword by Kenneth P. Nurnham, Edited by William L. Thompson, p229-247.
- Karanth K.U., Nichols J.D. & Kumar S. 2011. Estimating Tiger Abundance from camera trap data: field survey and analytical issues. In: *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Ed. A.F. O'Connell, J.D. Nichols & K.U. Karanth, Springer, p97-117.
- Kays R.W. & Slauson K.M. 2008. Remotes cameras. In: *Non invasive survey methods for carnivores*. Ed. R.A. Long, P. MacKay, X.J. Zielinski & J.C. Ray. Island Press, p110-140.
- Kelly M.J., Betsch J., Wultsch C., Mesa B. & Mills S. 2013. Non invasive sampling for carnivores. In: *Carnivore Ecology and Conservation, A Handbook of techniques*. Ed. L. Boitani & R.A. Powell, *Techniques in Ecology & Conservation Serie*, p47-69.
- Klar N., Herrman M. & Kramer-Schadt S. 2006. Effects of roads on a founder population of lynx in the biosphere reserve "Pfälzerwald – Vosges du Nord". A model as planning tool. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 38: 330-337.
- Krebs J.R. 1977. The significance of song repertoires: The Beau Geste Hypothesis. *Animal Behaviour*, 25: 475-478.
- Laurent A. 2005. Utilisation d'attractif pour stimuler le comportement de marquage chez le Lynx et favoriser la collecte de poil dans le cadre du suivi de l'espèce. Résultats des test réalisés en captivité et en nature dans le massif Vosgien en 2004. ONCFS CNERA PAD, Gières, 18p.
- Laurent A., Léger F., Briaudet P.E., Léonard Y., Bataille A. & Goujon G. 2012. Evolution récente (2008-2010) de la population de Lynx en France. *Faune Sauvage*, 294: 38-39.
- L'équipe animatrice du Réseau. 2014. Bilan national d'évolution de l'aire de présence détectée du Lynx. *Bulletin Lynx du réseau, Les données du Réseau*, 19: 26-27.

- Linnell J.D.C., Breitenmoser U., Breitenmoser-Würsten C., Odden J. & von Arx Manuela. 2009. Recovery of Eurasian Lynx in Europe: what part has reintroduction played? In: Reintroduction of Top-Orders Predators. Edited by M.W. Hayward & M.J. Somers, Conservation Science and Practice Series n°5, Wiley-Blackwell, p72-91.
- 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, p5-7.
- Lyon G. 2012. Modélisation de l'Aire de Présence Régulière du Loup et du Lynx. Rapport de stage de 4^{ème} année, Institut Supérieur de l'Environnement, 65p.
- Marboutin E. & Duchamp C. 2005. Gestion adaptative de la population de loup en France : du monitoring à l'évaluation des possibilités de prélèvements. ONCFS Rapport scientifique, p14–19.
- Marboutin E., Duchamp C., Moris P., Briaudet P.E., Léger F., Laurent A., Léonard Y. & Catusse M. 2011. Le suivi du statut de conservation de la population de lynx en France : bilan pour la période triennale 2008-2010. Bulletin du Réseau Lynx, 17: 24-29.
- Marboutin E. 2013. Note sur le statut du Lynx dans les Vosges. Bulletin du Réseau Lynx, 18: 14-17.
- McKelvey K.S., Aubry K.B. & Schwartz M.K. 2008. Using anecdotal occurrence data for rare or elusive species: the illusion of reality and a call for evidentiary standards. *BioScience*, 58 : 549-555.
- Mech L.D. & Boitani L. 2003. Wolf social ecology. In : Mech L.D., Boitani L., editors. *Wolves: behaviour, ecology and conservation*. The University of Chicago press, p1-34.
- MEDDE15 & MAAF16. 2013. Plan National d'Action Loup 2013-2017, 69p.
- Mennill D.J., Burt J.M., Fristrup K.M. & Vehrencamp S.L. 2006. Accuracy of an acoustic location system for monitoring the position of duetting songbirds in tropical forest. *J. Acoust. Soc. Am.*, 119: 2832-2839
- Mennill D.J., Battiston M., Wilson D.R., Foote J.R. & Doucet S.M. 2012. Field test of an affordable, portable, wireless microphone array for spatial monitoring of animal ecology and behavior. *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 704-712.
- O'Connell A.F., Nichols J.D. & Karanth K.U. 2011. *Camera Traps in Animal Ecology. Methods and Analyses*. Ed. Springer, 271p.
- Papin M. 2014. Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris (*Canis lupus lupus*) grâce à une méthode bioacoustique : Essais et tests préliminaires sur des meutes captives. Rapport de stage de Master 2, CROC, Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores, Lucy, France, 35p.
- Papin M., Pichenot J. & Germain E. 2014. La bioacoustique : un outil prometteur pour l'estimation des effectifs de loups gris. 37^{ème} Colloque francophone de Mammalogie de la SFEPM, les 17, 18 et 19 octobre 2014, Maison du Parc, Saint-Brisson, France.
- Palacios V., Font E. & Marquez R. 2007. Iberian wolf howls: acoustic structure, individual variation, and a comparison with North American populations. *Journal of Mammalogy*, 88: 606–613.
- Passilongo D., Dessi-Fulgheri F., Gazzola A., Zaccaroni M. & Apollonio M. 2012. Wolf counting and individual acoustic discrimination by spectrographic analysis. *Bioacoustics*, 21: 78–79.
- Pitcher B.J., Harcourt R.G., Charrier I. 2012. Individual identity encoding and environmental constraints in vocal recognition of pups by Australian sea lion mothers. *Animal Behaviour* 83: 681–690.
- Raydelet P. 2006. *Le Lynx boréal*. Editions Delachaux & Niestlé, Lausanne, Paris. 191p.
- Root-Gutteridge H., Bencsik M., Chebli M., Gentle L.K., Terrell-Nield C., Bourit A. & Yarnell R.W. 2014a. Improving individual identification in captive Eastern grey wolves (*Canis lupus lycaon*) using the time course of howl amplitudes. *Bioacoustics*, 23: 39-53.
- Root-Gutteridge H., Bencsik M., Chebli M., Gentle L.K., Terrell-Nield C., Bourit A. & Yarnell R.W. 2014b. Identifying individual wild Eastern grey wolves (*Canis lupus lycaon*) using fundamental frequency and amplitude of howls. *Bioacoustics*, 23: 55-66.

¹⁵ Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie.

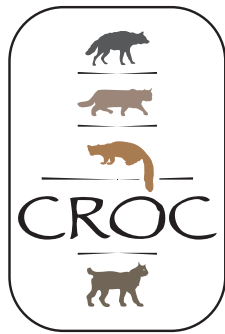
¹⁶ Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

- Schadt S., Knauer F., Kaczensky P., Revilla E., Wiegand T. & Trepl L. 2002. Rule-based assessment of suitable habitat and patch connectivity for the Eurasian Lynx. *Ecological Applications*, 12: 1469-1483.
- 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.
- 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. In : *La bioacoustique : un outil d'avenir pour le suivi et la gestion des espèces animales*. 2012. *Faune Sauvage*, 295: 4-7.
- Stafford K.M., Fox C.G. & Clark D.S. 1998. Long-range acoustic detection and localization of blue whale calls in the northeastern Pacific Ocean, *J. Acoust. Soc. Am.*, 104: 3616-3625.
- Stahl P. & Vandel J.M. 1998. Le Lynx boréal. *Encyclopédie des carnivores de France*. Société française pour l'étude et la protection des mammifères (SFEPM), 65p.
- Sueur J., Pavoine S., Hamerlynck O. & Duvail S. 2008. Rapid Acoustic Survey for Biodiversity Appraisal. *PLoS ONE*, 3: 1-9.
- Sunquist M. & Sunquist F. 2002. *Wild cats of the world*. The University of Chicago Press, Chicago. 452p.
- Tooze Z.J., Harrington F.H. & Fentress J.C. 1990. Individually distinct vocalizations in timber wolves, *Canis lupus*. *Animal Behaviour*, 40: 723-730.
- Vandel J.M., Stahl P., Herrenschmidt & Marboutin E. 2006. Reintroduction of the lynx into the Vosges mountain massif: From animal survival and movements to population development. *Biological conservation*, 131: 370-385.
- Wildlife Acoustics 2013. Wildlife Acoustics Inc. Bioacoustics Software and Field Recording Equipment. <http://www.wildlifeacoustics.com/> (consulté le 28/08/2013).
- Zimmermann F. & Breitenmoser U. 2007. Potential distribution and population size of the Eurasian lynx *Lynx lynx* in the Jura Mountains and possible corridors to adjacent ranges. *Wildlife Biology* 13: 406-416.
- Zimmermann F., Fatteberg J., Breitenmoser-Würsten C. & Breitenmoser U. 2007. Abondance et densité du lynx : estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse. *KORA Bericht Nr. 37f*. 24p.

6. Annexes

ANNEXE 1 : Rapport technique de la session intensive 2014 de suivi du Lynx par piégeage photographique au sud de l'autoroute A4 (partenariat de recherche CROC & ONCFS).

Germain E. 2014. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges. Session intensive 2014 / Sud de l'autoroute A4 / Février-Mars 2014. Partenariat de recherche CROC & ONCFS (N°DR04-2013-004), 13p.



CROC
8A rue Principale
Lieu-Dit Faxé
57590 Fonteny



ONCFS, CNERA PAD
Z.I. de Mayencin
5 allée de Bethléem
38 610 Gières

Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges

Session intensive 2014

Sud de l'autoroute A4
Février – Mars 2014

Convention de partenariat et de recherche
CROC – ONCFS
N°DR04-2013-004

Rapport finalisé le 19 décembre 2014

Rédaction : E. Germain (CROC)

Relecture : E. Marboutin (CNERA PAD)

Coordination et animation : E. Germain (CROC), A. Laurent et E. Marboutin (CNERA PAD)

Appui technique : les agents ONCFS des Services Départementaux de la Moselle (SD57) et du Bas-Rhin (SD67) et les membres de l'équipe du CROC

Citation : Germain E. 2014. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges. Session intensive 2014 / Sud de l'autoroute A4 / Février-Mars 2014. Partenariat de recherche CROC & ONCFS (N°DR04-2013-004), 13p.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce à la participation d'un certain nombre de partenaires que nous tenons à remercier :

- l'équipe du CROC et du CNERA PAD pour l'animation et la coordination de ce travail ;

- les correspondants du Réseau Lynx qui ont assuré la pose et les relevés des pièges tout au long de l'étude ainsi que l'ensemble des personnes dont ils ont pu s'adjoindre les compétences pour l'accomplissement des relevés (et dont nous n'avons pas forcément tous les noms) :

- Equipe du SD 57 de l'ONCFS : Eric Weiland, José Thomas et Guy Bentz ;
- Equipe du SD 67 de l'ONCFS : Jean-Michel Lutz, Eric Krauzer, Ludovic Leib, Aloyse Magar, Mario Bottos et Vivien Siat ;
- Equipe du CNERA PAD : Eric Marboutin, Alain Laurent et Sylvain Gatti ;
- Equipe du CROC : Estelle Germain, Gus Lyon, Morgane Papin et Julian Pichenot ;

- les Directions Départementales des Territoires des départements de la Moselle et du Bas-Rhin, coordinatrices techniques et départementales du Réseau Loup-Lynx, pour l'information qu'elles ont pu faire auprès des communes concernées par la pose de pièges photographiques ;

- l'Agence ONF de Schirmeck (67) et, en particulier Thierry Pellet, Agent forestier référent pour le massif des Vosges dans le Bas-Rhin, Rémi Batot, Gilbert Dahlent, Julien Demangeat, Didier Epp, David Glucker, Vincent Hertz, Dominique Jost, Rémy Kimenau, Jean-Pierre Saint-Andrieux et Gérard Stocky ;

- l'Agence ONF de Sarrebourg (57) et, en particulier Hubert Schmuck, Responsable environnement, référent pour le massif des Vosges en Moselle ;

- les Fédérations Départementales des Chasseurs de la Moselle et du Bas-Rhin pour l'information qu'elles ont pu faire auprès de leurs adhérents concernant ce suivi ;

- les partenaires financiers du CROC : la Région Lorraine, la DREAL Lorraine, le FNADT (Fond National d'Aménagement et de Développement du Territoire), la Fondation le Pal Nature, la Fondation Nature et Découvertes, le Zoo d'Amnéville et le Parc Animalier de Sainte Croix.

SOMMAIRE

1. Contexte.....	5
2. Introduction	5
3. Zone d'étude et plan d'échantillonnage	8
4. Personnes ressources	9
5. Résultats	10
6. Conclusions et perspectives	12
7. Bibliographie	13

1. Contexte

En 2013, le CROC et l'ONCFS ont établi ensemble une convention de partenariat et de recherche dans le but d'améliorer les capacités de recueil et d'échanges d'informations sur le Loup et le Lynx dans le massif des Vosges. Plus précisément, ce partenariat doit permettre une meilleure analyse de l'évolution spatiale de la zone de présence de ces deux carnivores et de leurs effectifs dans le massif des Vosges, et donc de viser à mieux définir leur statut local.

Un volet de ce partenariat concerne l'organisation d'une session intensive de piégeage photographique sur le massif des Vosges sur 2 mois durant la période du rut du Lynx, c'est-à-dire entre les mois de décembre et mars. A l'occasion de cette session intensive, il est convenu que des pièges photographiques du CROC et de l'ONCFS seront mis en place sur le terrain selon un protocole déterminé conjointement. Le relevé hebdomadaire des pièges sera assuré par l'équipe du CROC, les agents de l'ONCFS et éventuellement d'autres observateurs du Réseau.

Le présent rapport présente la session intensive organisée au cours de l'hiver 2013 / 2014 pendant les mois de février et mars 2014.

2. Introduction

En 2011, la dernière évaluation triennale du statut du Lynx en France a révélé une stagnation voire une légère diminution de l'aire de présence régulière de l'espèce sur le massif des Vosges (Marboutin *et al.* 2011 ; Laurent *et al.* 2012). Il est possible que ce déclin ait été par ailleurs sous estimé, compte tenu de la méthode de traitement des données de terrain utilisée (indices de présence regroupés sur une période triennale, ici 2008 – 2010).

A l'issue de ce constat, Marboutin (2013) a émis trois hypothèses - agissant de manière concomitantes ou non – pouvant expliquer l'apparent déclin de la population vosgienne : (1) une méthode de caractérisation de l'aire de présence régulière insuffisamment sensible, (2) un effort de prospection trop faible dans le massif et (3) une réelle baisse de l'effectif local.

Concernant la première hypothèse, des réflexions et des analyses ont été conduites sur l'évaluation des aires de présence du Lynx et du Loup en France. Les résultats de ces travaux ont conduit à une mise à jour de la méthodologie employée jusqu'alors. Dorénavant, l'évaluation des aires de présence ne sera plus réalisée tous les 3 ans (méthode triennale) mais tous les ans (méthode des biennales chevauchantes) sur la base de données collectées selon un calendrier biologique (d'avril de l'année n-1 à mars de l'année n ; voir Marboutin 2013 pour plus de détails).

L'hypothèse d'un « moindre effort de prospection » a quant à elle été testée par l'équipe loup-lynx de l'ONCFS avec l'appui des correspondants du Réseau Lynx à l'occasion d'un intense travail de pistage hivernal organisé au cours de l'hiver 2011/2012. L'importante pression de prospections (430 sorties de terrain) n'a conduit à la collecte que de quelques indices qui plus est sur une petite zone des Vosges centrales (Donon), alors que le cœur historique du noyau de présence de l'espèce sur ce massif se situe au sud, dans les Hautes-Vosges (Marboutin 2013). L'hiver suivant, ce travail de pistage hivernal a été reconduit (204 sorties de terrain). Une seule piste de Lynx a été suivie dans le même secteur, sur le massif du Donon. Les indices collectés concernaient probablement le seul Lynx alors identifié sur le massif suite aux investigations de terrain mises en œuvre depuis 2011. Il s'agit de « Van Gogh »¹, un mâle régulièrement suivi dans le secteur du Donon entre le printemps 2012 et l'été 2013 (Germain 2013 ; CROC 2014).

¹ Nom donné au Lynx photographié dans le Donon, un mâle dont l'oreille droite est coupée.

Pour tester l'hypothèse d'une réelle baisse de l'effectif local, des sessions intensives de piégeage photographique du Lynx ont été organisées dans le cadre d'un partenariat entre le CROC et l'ONCFS à partir de l'hiver 2012/2013. Le protocole utilisé correspond à un protocole éprouvé dans le massif jurassien depuis 2011 (voir pour exemple Gatti *et al.* 2011). Les données (photographies) issues de ces études conduisent à des modélisations statistiques permettant une estimation de la densité de Lynx dans la zone étudiée (voir Blanc *et al.* 2012, 2013).

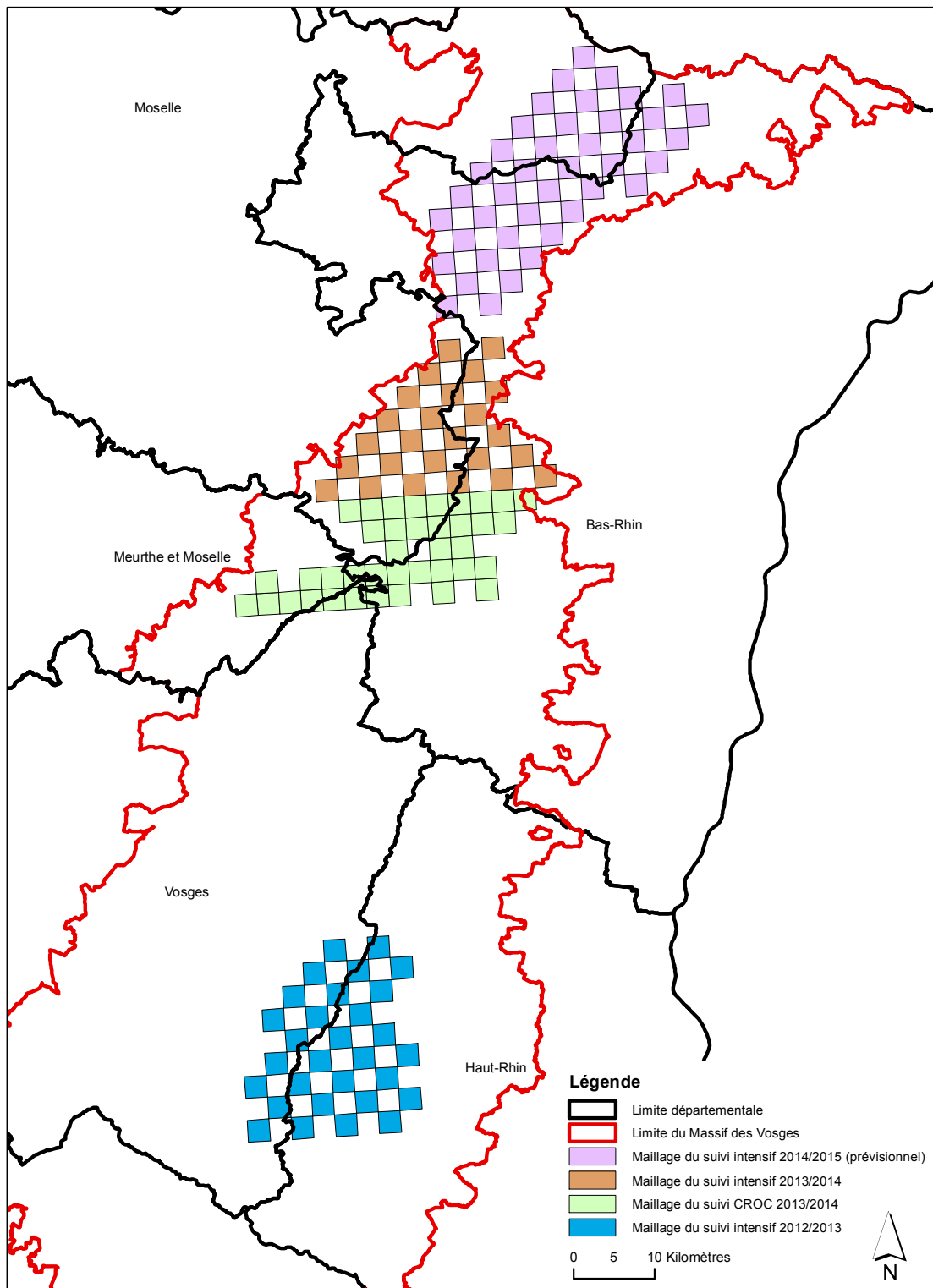
Dans le massif des Vosges, le premier suivi intensif a été organisé lors de l'hiver 2012 / 2013 avec l'appui des correspondants du Réseau Lynx dans une zone située dans les Hautes-Vosges à cheval entre le département des Vosges et le département du Haut-Rhin (voir Germain *et al.* 2013). Des sites d'échantillonnage ont été disposés de manière homogène sur la zone d'étude (environ 400 km²) découpée en une grille de 30 carrés de 2,7 x 2,7 km de côté (dimension définie par Zimmermann *et al.* 2007). Dans chaque carré, un site a été défini sur la base des connaissances fines du terrain et une paire de pièges photographiques y a été posée. Au total, 30 sites ont été choisis et 60 pièges photographiques ont été posés. Finalement, malgré un effort d'échantillonnage de 3337 nuits-pièges² et plus de 1180 photographies de faune, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de ce premier suivi intensif.

Or comme le souligne Marboutin (2013), si les conditions de densité de Lynx étaient similaires ou proches à celles rencontrées dans le massif jurassien, ce résultat de « zéro photo » serait probablement anormal et des photographies de Lynx auraient en théorie (« *toute chose égale par ailleurs* ») dues être collectées sur des sites de l'étude (en l'occurrence 45 photos de lynx sur 12 sites).

Ainsi, à l'issue de cette première session intensive de piégeage photographique, il a été décidé de renouveler ce protocole dans d'autres secteurs du massif des Vosges les hivers suivants. Le secteur ciblé pour l'hiver 2013/2014 était une zone localisée au sud de l'autoroute A4 (voir **Figure 1**, page suivante). Cette zone d'étude se situait alors au nord d'un autre dispositif de suivi déployé par le CROC dans le secteur du Donon (voir CROC 2014). Bien que les protocoles mis en œuvre soient différents, une plus grande zone a ainsi pu être échantillonnée au même moment.

Ce rapport présente l'organisation et les résultats du second suivi intensif par piégeage photographique du Lynx conduit au cours de l'hiver 2013/2014 au sud de l'autoroute A4 par le CROC et l'ONCFS avec l'appui des correspondants du Réseau.

² Nuits-pièges calculées comme le nombre de nuits multiplié par le nombre d'appareils fonctionnels sur le terrain pendant la durée de l'étude. Pour rappel, chaque site est équipé de deux pièges photographiques posés en vis-à-vis.



Réalisation : CROC, 18 décembre 2014



Figure 1 : Localisation des zones échantillonnées lors des sessions intensives de suivi du Lynx par piégeage photographique organisées par le CROC et l'ONCFS dans le massif des Vosges depuis l'hiver 2012 / 2013. En complément (en vert) : zone suivie par le CROC pendant l'hiver 2013/2014. En marron : zone échantillonnée dans le cadre de cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4.

3. Zone d'étude, plan d'échantillonnage et calendrier

Cette session intensive 2014 de suivi du Lynx par piégeage photographique a été mise en place dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4. L'objectif du travail conduit est d'étudier la détectabilité du Lynx (probabilité de détecter l'espèce) dans ce secteur par la mise en place d'un maillage de pièges photographiques relevés régulièrement (toutes les semaines).

La zone échantillonnée avoisine les 350 km² et correspond à une grille composée de 25 carrés échantillons répartis à cheval entre le département de la Moselle (57) en Lorraine et le département du Bas-Rhin (67) en Alsace (voir **Figure 1**). La liste des communes concernées par ce suivi est indiquée dans le **Tableau 1** ci-dessous.

Tableau 1 : Liste des communes concernées par la pose de pièges photographiques dans le cadre de cette session intensive 2014 de suivi du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4.

Communes	Départements	Régions	Numéros des sites échantillonnés
DABO	57	Lorraine	12, 13, 17
HASELBOURG	57	Lorraine	9
HOMMERT	57	Lorraine	8
HULTEHOUSE	57	Lorraine	6
LUTZELBOURG	57	Lorraine	3
PHALSBOURG	57	Lorraine	1
SAINT-LOUIS	57	Lorraine	5
SAINT-QUIRIN	57	Lorraine	15, 20, 21
VOYER	57	Lorraine	11
WALSCHIED	57	Lorraine	16, 22
ALLENWILLER	67	Alsace	14
HAEGEN	67	Alsace	7
OTTERSTHAL	67	Alsace	2
REINHARDSMUNSTER	67	Alsace	10
ROMANSWILLER	67	Alsace	19
SAVERNE	67	Alsace	4
WANGENBOURG-ENGENTHAL	67	Alsace	18, 23, 24
WESTHOFFEN	67	Alsace	25

Dans chacun de ces 25 carrés de 2,7 x 2,7 km échantillonnés, un site a été localisé. Sur ce site, une paire de pièges photographiques a été posée. **Au total, 25 sites ont ainsi été définis et 50 pièges photographiques ont donc été posés.**

Le positionnement des sites à l'intérieur des carrés d'échantillonnage a été défini sur des emplacements favorables d'après les données historiques collectées par le Réseau Lynx associées à une connaissance fine du terrain. Les sites ont pu légèrement être positionnés en dehors des carrés si les contraintes de terrain ou d'habitat le justifiaient (dans la limite d'une distance inférieure à 500m des limites du carré). En procédant ainsi, la localisation des sites assure une répartition homogène des dispositifs de piégeage photographique sur l'ensemble de la zone échantillonnée.

Les pièges ont été vérifiés toutes les semaines pendant toute la durée de la session intensive qui s'est tenue du 3 février (pose des appareils) au 8 avril 2014 (retrait des appareils) soit 9 semaines en tout. La fréquence et la régularité des dates de relevés étaient essentielles. Dès lors, sur l'ensemble de la zone échantillonnée, les pièges ont été relevés de manière synchronisée, à ± 1 jour près.

4. Personnes ressources

Ce travail conséquent en matière d'élaboration du plan d'échantillonnage puis de mise en œuvre et de présence sur le terrain a été assuré par l'équipe loup-lynx de l'ONCFS CNERA PAD et le CROC, avec l'appui de correspondants locaux du Réseau Lynx : les agents ONCFS des Services départementaux de la Moselle (SD57) et du Bas-Rhin (SD67).

La DDT du département du Bas-Rhin, pilote départemental du Réseau Lynx pour la Moselle et le Bas-Rhin, ont assuré la liaison auprès des communes concernées par la pose de pièges photographiques.

Les agences ONF concernées par le plan d'échantillonnage (Agence de Schirmeck et Agence de Sarrebourg) ont été informées de ce travail de même que les Fédérations départementales des chasseurs de la Moselle et du Bas-Rhin.

Tableau 2 : Liste des correspondants du Réseau Lynx ayant participé à cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4.

Numéro des sites échantillonnés	Organismes responsables du site
1, 3, 5, 8, 9 11, 12	ONCFS / SD57
2, 4, 6, 7, 10, 13, 14, 18, 19, 23, 24, 25	ONCFS / SD67
15, 16, 17, 20, 21, 22	CNERA PAD

Le travail de terrain a été conduit sous la responsabilité d'Alain Laurent (CNERA PAD) et d'Estelle Germain (CROC). D'autres correspondants ou animateurs du Réseau Lynx ont également participé en apportant leur aide et leurs conseils sur le terrain lors la pose des pièges photographiques au début du test : Eric Marboutin et Sylvain Gatti du CNERA PAD, Gus Lyon, Julian Pichenot et Morgane Papin du CROC.

5. Résultats

La totalité des pièges a été posée les 3 et 4 février 2014. La période d'échantillonnage s'est achevée 9 semaines plus tard (retrait entre le 7 et le 9 avril 2014).

Deux pièges photographiques ont été volés sur un même site quinze jours avant la fin de ce suivi intensif. Ces pièges n'ont pas été remplacés afin d'éviter de nouveaux vols.

Si l'on tient compte du temps de pose des pièges sur le terrain, l'effort d'échantillonnage s'élève à 1572 nuits-sites³ soit 99,3% de la pression de piégeage photographique maximale si tous les appareils avaient parfaitement fonctionnés sur les 25 sites pendant toute la durée de l'étude et s'il n'y avait pas eu de vols (1583 nuit-pièges attendues).

Outre les photographies de personnes réalisées à hauteur des jambes (marcheurs, chasseurs, skieurs, randonneurs à raquettes, cyclistes), de véhicules motorisés (quads, voitures), 2389 photos d'animaux ont été prises pendant la période de ce suivi intensif. Les espèces photographiées sont représentatives de la faune communément observée dans le massif des Vosges (voir **Tableau 3** et **Figure 2** ci-après).

Comme détaillé dans le **Tableau 3**, on retrouve en effet :

- des **canidés** comme le Renard roux et le Chien ;
- des **félidés** comme le Chat sauvage et le Chat domestique ;
- des **mustélidés** comme le Blaireau européen, la Martre des pins, la Fouine et le Putois ;
- des **ongulés** comme le Chevreuil, le Cerf et le Sanglier ;
- d'autres **petits mammifères** comme l'Ecureuil roux et le Lièvre d'Europe ;
- des **oiseaux** comme la Corneille noire, le Geai des chênes, la Grive musicienne etc.

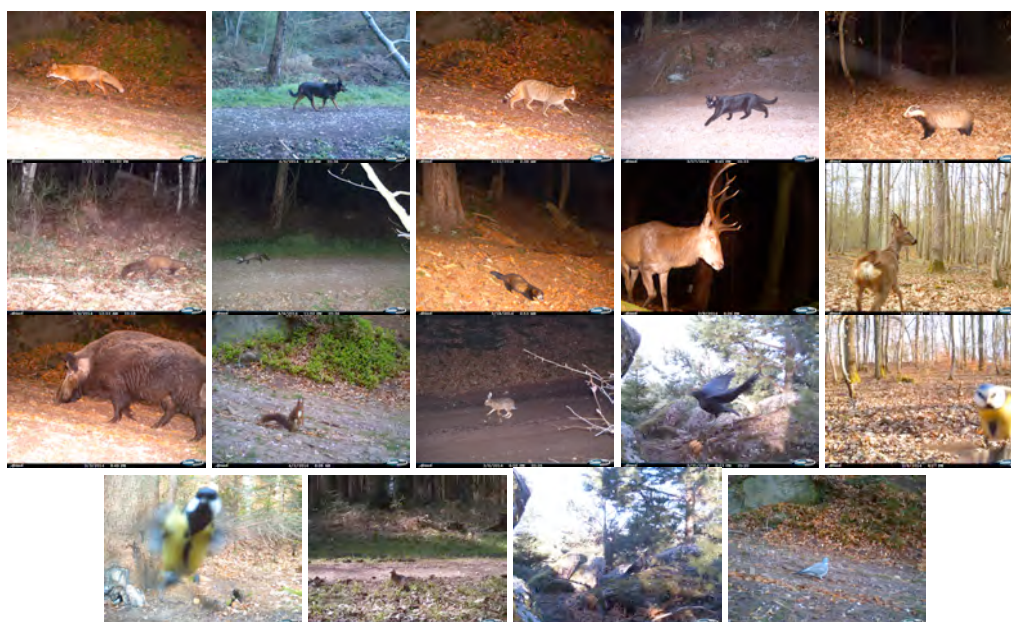


Figure 2 : Echantillon de photographies de faune prises au cours du suivi intensif par piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4 en février – mars 2014 (session intensive 2014 - © CROC & ONCFS).

Cependant, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de cette session intensive de suivi par piégeage photographique du Lynx au sud de l'autoroute A4.

³ Nuits-sites calculées comme le nombre de sites multiplié par le nombre de nuits où au moins un des deux appareils a été fonctionnel sur le terrain pendant la durée de l'étude.

Tableau 3 : Liste des espèces photographiées sur les 25 sites suivis dans le cadre de cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4.

Sites	Forêt	Commune	Département	Région	Espèces photographiées																						
					Canidés		Félidés				Mustélidés				Ongulés			Oiseaux					Autres				
					Chien	Renard roux	Chat domestique	Chat indéterminé	Chat sauvage	Chat sauvage douteux	Blaireau européen	Martre des pins	Fouine	Putois d'Europe	Mustélide indéterminé	Cerf élaphe	Chevreuil	Sanglier	Ongulé indéterminé	Cornelle noire	Geai des chênes	Grive muscienne	Merle noir	Mésange bleue	Mésange charbonnière	Pic noir	Pigeon ramier	Oiseau indéterminé	Ecreuil roux	Lièvre d'Europe
01	Forêt communale de Phalsbourg	Phalsbourg	57	Lorraine	x	x	x		x	x	x																
02	Forêt communale d'Ottersthal	Ottersthal	67	Alsace		x		x		x	x																
03	Forêt domaniale de Phalsbourg	Lutzelbourg	57	Lorraine		x		x		x																	
04	Forêt domaniale de Saverne	Saverne	67	Alsace	x	x		x	x		x																
05	Forêt domaniale de Phalsbourg	Saint-Louis	57	Lorraine	x	x		x		x																	
06	Forêt domaniale de Phalsbourg	Hultheouse	57	Lorraine		x		x		x																	
07	Forêt domaniale de Saverne	Haegen	67	Alsace	x	x		x		x																	
08	Forêt domaniale de Walscheid	Hommert	57	Lorraine	x	x		x		x																	
09	Forêt domaniale de Phalsbourg	Haselbourg	57	Lorraine	x	x	x			x	x																
10	Forêt domaniale de Saverne	Reinhardsmunster	67	Alsace	x	x			x		x																
11	Forêt communale de Voyer	Voyer	57	Lorraine	x	x	x		x		x																
12	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57	Lorraine	x	x	x		x		x																
13	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57	Lorraine	x	x			x	x	x																
14	Forêt communale d'Allenwiller	Allenwiller	67	Alsace	x	x		x	x	x																	
15	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57	Lorraine	x	x			x	x																	
16	Forêt domaniale de Walscheid	Walscheid	57	Lorraine	x	x	x		x	x																	
17a	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57	Lorraine																							
17b	Forêt domaniale de Dabo	Dabo	57	Lorraine	x	x	x		x	x																	
18	Forêt domaniale de la Mossig	Wangenbourg-Engenthal	67	Alsace	x	x																					
19	Forêt communale de Romanswiller	Romanswiller	67	Alsace	x	x		x																			
20	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57	Lorraine	x	x	x		x																		
21a	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57	Lorraine																							
21b	Forêt domaniale de Saint-Quirin	Saint-Quirin	57	Lorraine		x			x	x																	
22	Forêt domaniale de Walscheid	Walscheid	57	Lorraine		x																					
23	Forêt domaniale d'Engenthal	Wangenbourg-Engenthal	67	Alsace	x	x																					
24	Forêt domaniale de la Mossig	Wangenbourg-Engenthal	67	Alsace																							
25	Forêt communale de Westhoffen	Westhoffen	67	Alsace	x	x																					

6. Conclusions et perspectives

Malgré la mise en place d'un plan d'échantillonnage avec une pression de piégeage comparable à celle exercée ces trois dernières années dans certaines zones étudiées du massif jurassien, **aucune photo de Lynx n'a été prise dans la partie étudiée du massif des Vosges au cours des deux mois de l'étude.**

En effet, cette session intensive 2014 de piégeage photographique du Lynx dans le massif des Vosges au sud de l'autoroute A4 n'a pas permis de révéler la présence de l'espèce dans ce secteur alors que plus au sud, dans le secteur du Donon, un individu était suivi entre l'hiver 2012 et l'été 2013 (voir **Figure 3** ci-dessous).



Figure 3 : Photographie de Van Gogh prise au mois de mars 2013 dans le secteur du Donon (© CROC).

Comme dans le cas du suivi intensif conduit dans le secteur des Hautes-Vosges au cours de l'hiver 2012-2013, si les conditions de densité de Lynx étaient similaires ou proches à celles rencontrées dans le massif du Jura, ce résultat de « zéro photo » serait probablement anormal et des photographies de Lynx auraient en théorie dues être collectées sur des sites de la zone d'étude.

D'un point de vue méthodologique, la question se pose toujours de savoir si un tel dispositif (densité de pièges et durée de pose) est vraiment efficace dans un secteur où la densité de Lynx serait moins importante que celle estimée dans le Jura (environ 1 individu pour 100 km² d'après Gatti *et al.* 2011). Cette question fait actuellement l'objet d'investigations par le CNRS de Montpellier (collaboration CEFE et ONCFS CNERA PAD).

Enfin, outre ces questions méthodologiques, **les doutes concernant l'état actuel des effectifs de lynx dans le massif des Vosges et donc l'état de conservation de la population de Lynx depuis les réintroductions organisées de 1983 à 1993 sont sérieusement renforcés.** Bien qu'il soit impossible à l'heure actuelle d'établir un diagnostic irréfutable quant au nombre de Lynx présents sur le massif des Vosges, il apparaît clairement que ce massif n'accueille pas le Lynx dans des densités comparables à celles observées dans le massif du Jura en France. La population – s'il est encore possible de parler de population - est fragile et il semble difficilement envisageable qu'elle soit pérenne en l'état.

Dans ce contexte, **il est d'autant plus primordial de poursuivre les investigations de terrain** (nouveaux suivis intensifs dans d'autres secteurs du massif par exemple) **mais aussi d'y associer des travaux de recherche afin d'essayer d'améliorer et d'adapter les protocoles actuellement en place à la situation du Lynx dans le massif des Vosges.** Dans cette perspective, de nouveaux suivis intensifs seront conduits au cours des prochains hivers (hiver 2014/2015 : Vosges du Nord ; hiver 2015/2016 : Hautes-Vosges) dans le cadre du partenariat de recherche entre le CROC et l'ONCFS. Des suivis complémentaires seront également organisés par le CROC dans d'autres secteurs du massif à l'aide de l'outil de piégeage photographique.

7. Bibliographie

- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. & Gimenez O. 2012. Abundance of rare and elusive specie: empirical investigation of closed versus spatially explicit capture-recapture models with lynx as a case study. *The Journal of Wildlife Management*, 77: 372-378.
- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. & Gimenez O. 2013. Améliorer les estimations de densité de lynx: les modèles gagnent une nouvelle dimension. *Bulletin du Réseau Lynx*, 18 : 24-27.
- CROC 2014. Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1er janvier au 31 décembre 2013. Rédaction : Germain E. et Pichenot P., Mai 2014, 114p.
- Gatti S., Blanc L., Gimenez O. & Marboutin E. 2011. Première session intensive de piégeage photographique en Franche-Comté. *Bulletin du Réseau Lynx*, 17: 20-23.
- Germain E. 2013. Van Gogh, le lynx du Donon (67). *Bulletin du Réseau Lynx*, 18 : 14-17.
- Germain E., Laurent A. & Marboutin E. 2013. Rapport technique. Test de détectabilité du Lynx dans le massif des Vosges. Première session de piégeage intensif dans le sud du massif (Hautes Vosges), Décembre 2012-Janvier 2013, 10p.
- Laurent A., Léger F., Briaudet P.E., Léonard Y., Bataille A. & Goujon G. 2012. Evolution récente (2008-2010) de la population de Lynx en France. *Faune Sauvage*, 294 : 38-39.
- Marboutin E., Duchamp C., Moris P., Briaudet P.E., Léger F., Laurent A., Léonard Y. & Catusse M. 2011. Le suivi du statut de conservation de la population de lynx en France : bilan pour la période triennale 2008-2010. *Bulletin du Réseau Lynx*, 17 : 24-29.
- Marboutin E. 2013. Note sur le statut du Lynx dans les Vosges. *Bulletin du Réseau Lynx*, 18 : 14-17.
- Zimmermann F., Fatteberg J., Breitenmoser-Würsten C. & Breitenmoser U. 2007. Abondance et densité du lynx : estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse. *KORA Bericht Nr. 37f.* 24p.

ANNEXE 2 : Extrait du Bulletin du Réseau Lynx n°19 (Germain 2014)

Germain E. 2014. Suivi par piégeage photographique du Lynx dans le massif Vosgien : session intensive 2014. Bulletin du Réseau Lynx, N°19 – 2014 // Période du 01.01.2013 au 30.11.2014, p22-25.

Recherche

Suivi par piégeage photographique du Lynx sur le massif Vosgien: session intensive 2014

Par E. Germain (CROC¹)

Coordination et animation : E. Germain (CROC), A. Laurent et E. Marboutin (CNERA PAD)

Appui technique : les agents ONCFS des Services Départementaux de la Moselle (SD57) et du Bas-Rhin (SD67) et les membres de l'équipe du CROC

¹ CROC: Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores

Un partenariat de recherche pour amplifier les performances du dispositif de suivi du Lynx dans le massif des Vosges

Depuis deux ans désormais, le CROC et l'ONCFS collaborent sous convention de partenariat de recherche dans le cadre de laquelle la question du Lynx dans le Massif des Vosges occupe une place majeure. L'objectif principal est de préciser le statut local de l'espèce, en organisant des sessions intensives de piégeage photographique sur des secteurs clés du massif, durant 2 mois consécutifs choisis pendant la période allant de décembre à mars (période hivernale).

Retour sur la situation du Lynx dans le massif des Vosges

En 2011, la dernière évaluation triennale du statut du Lynx en France révélait une stagnation voire une légère diminution de l'aire de présence régulière de l'espèce sur ce massif (Marboutin et al. 2011 ; Laurent et al. 2012). Vu le peu d'indices collectés sur le terrain, ce déclin pouvait même avoir été sous estimé, en particulier compte tenu de la méthode de traitement des données (indices de présence regroupés sur 3 ans, ici 2008 – 2010). A l'issue de ce constat, trois hypothèses, agissant de manière concomitantes ou non, pouvaient expliquer le déclin observé et sa possible sous estimation (Marboutin 2013) : (1) une méthode de caractérisation de l'aire de présence régulière insuffisamment sensible aux changements de statut, (2) un effort de prospection trop faible dans le massif et (3) une réelle baisse de l'effectif local.

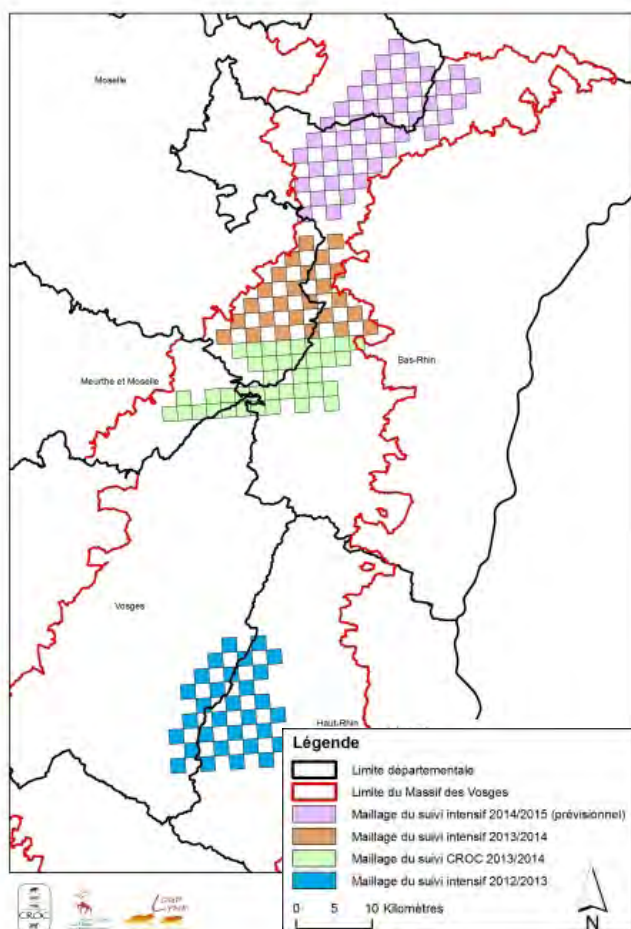
Concernant la première hypothèse, des travaux conduits par le CNERA PAD de l'ONCFS ont abouti à une mise à jour de la méthodologie employée jusqu'alors. Dorénavant, l'évaluation des aires de présence n'est plus réalisée tous les 3 ans (méthode triennale) mais tous les ans (méthode des biennales chevauchantes) sur la base de données collectées selon un calendrier biologique (d'avril de l'année n-1 à mars de l'année n ; voir Marboutin 2013 pour plus de détails).

L'hypothèse d'un « moindre effort de prospection » a, quant à elle, d'abord été testée par l'équipe loup-lynx de l'ONCFS avec l'appui des correspondants du Réseau grâce à un intense travail de pistage hivernal organisé au cours de hivers 2011/2012 et 2012/2013 (voir carte). L'importante pression de prospection n'a conduit à la collecte que de quelques indices qui plus est sur une petite zone des Vosges centrales (secteur du Donon), alors que le cœur historique du noyau de présence de l'espèce sur ce massif se situe au sud, dans les Hautes-Vosges (voir Marboutin 2013). Les indices collectés correspondaient probablement au seul Lynx identifié sur le massif depuis les investigations de terrain mises en œuvre depuis 2011. Il s'agit de Van Gogh, un mâle, régulièrement suivi dans le secteur du Donon entre le début de l'année 2012 et l'été 2013 (Germain 2013 ; CROC 2014).



Van-Gogh, le 14 mars 2013, massif du Donon (67)

Recherche



Carte de situation des différents protocoles d'échantillonnage effectués sur le massif Vosgien en 2013-2014

Pour tester l'hypothèse d'une réelle baisse de l'effectif local, des sessions intensives de piégeage photographique du Lynx ont été organisées par le CROC et l'ONCFS avec l'appui des correspondants du Réseau à partir de l'hiver 2012/2013. Le protocole utilisé avait déjà été éprouvé dans le Massif du Jura depuis 2011 (voir pour exemple Gatti et al. 2011) afin d'obtenir une estimation de la densité de Lynx dans la zone étudiée par la mise en place d'un maillage de pièges photographiques (voir Blanc et al. 2012, 2013). Dans le Massif des Vosges, le premier suivi intensif a donc été organisé lors de l'hiver 2012/2013 dans une zone d'environ 400 km² située dans les Hautes-Vosges à cheval entre le département des Vosges et celui du Haut-Rhin (voir Germain et al. 2013). Finalement, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de ce premier suivi intensif. Ce résultat (zéro photo de lynx) n'est probablement pas compatible, comme le souligne Marboutin (2013), avec des conditions de densité de Lynx proches de celles rencontrées dans le Massif du Jura.

Ainsi, à l'issue de cette première session intensive de piégeage photographique, il a été décidé de renouveler ce protocole dans d'autres secteurs du Massif des Vosges à l'avenir. Au cours de l'hiver 2013/2014, une zone localisée au sud de l'autoroute A4 a ainsi été choisie pour un second suivi intensif. Cette zone d'étude se situait au nord d'un autre dispositif de suivi alors déployé par le CROC dans le secteur du Donon (voir CROC 2014). Bien que les protocoles mis en œuvre soient différents, une plus grande zone a ainsi pu être échantillonnée au même moment (voir carte).

Session intensive 2014 : zone d'étude et plan d'échantillonnage

La seconde session intensive 2014 a couvert une zone d'environ 350 km² localisée au sud de l'autoroute A4: la zone échantillonnée a consisté en une grille composée de 25 carrés échantillons répartis à cheval entre le département de la Moselle (57) et celui du Bas-Rhin (67) (voir carte).

Dans chacun de ces 25 carrés échantillons de 2,7 x 2,7 km (dimension définie par Zimmermann et al. 2007), un site a été sélectionné pour la pose d'une paire de pièges photographiques (soit au total 50 pièges photographiques installés).

Le positionnement des sites à l'intérieur des carrés d'échantillonnage a été défini sur ou à proximité (selon les contraintes de terrain) des emplacements favorables déduits notamment des données historiques de présence du Lynx collectées par le Réseau. En procédant ainsi, la localisation des sites assure une répartition homogène des dispositifs de piégeage photographique sur l'ensemble de la zone échantillonnée, tout en optimisant les chances de détecter l'espèce si elle est présente (Germain et al. 2013).

Les pièges ont été relevés toutes les semaines pendant toute la durée de la session intensive qui s'est tenue du 3 février (pose des appareils) au 8 avril 2014 (retrait des appareils) soit 9 semaines en tout. Sur l'ensemble de la zone échantillonnée, ces relevés ont été conduits de manière synchronisée, à ± 1 jour près, de façon à respecter au mieux les hypothèses des modèles mathématiques utilisés ensuite pour estimer l'abondance et la densité.

Recherche

Le travail de terrain a été assuré par le CROC et l'équipe loup-lynx de l'ONCFS CNERA PAD, avec l'appui précieux des agents ONCFS des Services départementaux de la Moselle (SD57) et du Bas-Rhin (SD67). La DDT du département du Bas-Rhin a assuré la liaison avec les communes concernées par la pose de pièges photographiques. Les agences ONF concernées par le plan d'échantillonnage (Agences de Schirmeck et Agence de Sarrebourg) ont été informées de ce travail de même que les Fédérations départementales des chasseurs de la Moselle et du Bas-Rhin.



Pose d'un piège-photographique par un agent de l'ONCFS

Résultats

Si l'on tient compte du temps de pose des pièges sur le terrain, l'effort d'échantillonnage s'élève à 3144 nuits-pièges. Ceci correspond à 98,25% de la pression de piégeage photographique maximale c'est-à-dire si tous les appareils avaient parfaitement fonctionné sur les 25 sites pendant toute la durée de l'étude et s'il n'y avait pas eu de vols (3200 nuit-pièges attendues). Au total ce sont plus de 2389 photos d'animaux qui ont été prises. Les espèces photographiées sont représentatives de la faune communément observée dans le Massif des Vosges. On retrouve en effet des canidés (Renard roux et Chien), des félidés (Chat sauvage et Chat domestique), des mustélidés (Blaireau européen, Martre des pins, Fouine et Putois), des ongulés (Chevreuil, Cerf et Sanglier), d'autres petits mammifères (Ecureuil roux et Lièvre d'Europe) et des oiseaux (Corneille noire, Geai des chênes, Grive musicienne etc.). Cependant, aucune photographie de Lynx n'a été prise pendant toute la durée de l'étude.

Conclusion et perspectives

Malgré la mise en place d'un plan d'échantillonnage avec une pression de piégeage comparable à celle exercée ces trois dernières années désormais dans quasiment tout le Massif du Jura, aucune photo de Lynx n'a été prise dans la partie étudiée du Massif des Vosges au cours des deux mois de l'étude. Pourtant, plus au sud, dans le secteur du Donon, un individu (Van Gogh) était suivi entre le début de l'année 2012 et l'été 2013. Comme dans le cas du suivi intensif conduit dans le secteur des Hautes-Vosges au cours de l'hiver 2012-2013, si les conditions de densité de Lynx étaient similaires ou proches à celles rencontrées dans le Massif du Jura, de nombreuses photographies de différents Lynx auraient en théorie du être collectées. Ces résultats renforcent les doutes sérieux concernant le niveau actuel des effectifs de Lynx dans le Massif des Vosges. Bien qu'il soit encore impossible à l'heure actuelle d'établir un diagnostic irréfutable quant au nombre de Lynx présents sur le Massif des Vosges, il apparaît clairement que ce massif n'accueille pas le Lynx dans des densités comparables à celles observées dans le Massif du Jura en France. Pour encore mieux préciser ce contexte, il est primordial de poursuivre les investigations de terrain. A ce titre, le CROC et l'ONCFS prévoient d'organiser de nouveaux suivis intensifs dans le Massif (hiver 2014/2015: Vosges du Nord; hiver 2015/2016: Hautes-Vosges) (voir carte).

Bibliographie

- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. & Gimenez O. 2012.** *Abundance of rare and elusive specie: empirical investigation of closed versus spatially explicit capture-recapture models with lynx as a case study. The Journal of Wildlife Management, 77: 372-378.*
- Blanc L., Marboutin E., Gatti S. & Gimenez O. 2013.** *Améliorer les estimations de densité de lynx: les modèles gagnent une nouvelle dimension. Bulletin lynx du Réseau n° 18 : 24-27.*

Recherche

CROC 2014. Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1er janvier au 31 décembre 2013. Rédaction : Germain E. et Pichenot P., Mai 2014, 114p.

Gatti S., Blanc L., Gimenez O. & Marboutin E. 2011. Première session intensive de piégeage photographique en Franche-Comté. *Bulletin lynx du Réseau n° 17: 20-23.*

Germain E. 2013. Van Gogh, le lynx du Donon (67). *Bulletin lynx du Réseau n° 18 : 14-17.*

Germain E., Laurent A. & Marboutin E. 2013. Rapport technique. Test de détectabilité du Lynx dans le Massif des Vosges. Première session de piégeage intensif dans le sud du massif (Hautes Vosges), Décembre 2012-Janvier 2013, 10p.

Laurent A., Léger F., Briaudet P.E., Léonard Y., Bataille A. & Goujon G. 2012. Evolution récente (2008-2010) de la population de Lynx en France. *Faune Sauvage, 294 : 38-39*

Marboutin E., Duchamp C., Moris P., Briaudet P.E., Léger F., Laurent A., Léonard Y. & Catusse M. 2011. Le suivi du statut de conservation de la population de lynx en France : bilan pour la période triennale 2008-2010. *Bulletin lynx du Réseau n° 17 : 24-29.*

Marboutin E. 2013. Note sur le statut du Lynx dans les Vosges. *Bulletin lynx du Réseau n° 18 : 14-17.*

Zimmermann F., Fatteberg J., Breitenmoser-Würsten C. & Breitenmoser U. 2007. Abondance et densité du lynx : estimation par capture-recapture photographique dans le Nord du Jura suisse. *KORA Bericht Nr. 37f. 24p.*



ANNEXE 3 : Fiche de poste du stage de 6 mois proposé par le CROC en 2015 sur l'étude des potentialités d'accueil du massif des Vosges pour le Lynx.

Fiche descriptive de stage

Sujet : Etude des potentialités d'accueil du Massif des Vosges pour le Lynx

Durée : Stage de 6 mois débutant le lundi 9 mars 2015

Stagiaire : Marine MARC, étudiante à l'ENSAIA de Nancy

Gratification de stage : Stage indemnisé conformément à la législation en vigueur

Rattachement (siège social) : CROC, 8A rue principale, 57590 Fonteny

Lieu de travail (bureaux) : CROC, 4 rue de la Banie, 57590 Lucy



Contexte :

Depuis 2010, le CROC développe des programmes de recherche (études scientifiques) sur les mammifères carnivores européens ainsi que des activités de sensibilisation et d'éducation à l'environnement (expositions et conférences). Ces programmes de recherche sont axés sur des problématiques actuelles en lien avec la conservation ou la gestion des carnivores. Les actions pédagogiques concernent quant à elles le prêt d'expositions sur les mammifères carnivores de France, l'élaboration d'outils pédagogiques sur ces espèces (guides de visite, jeux, etc.) et l'organisation de conférences.

Missions :

Le CROC conduit un travail de suivi de l'état de conservation du Lynx dans le massif des Vosges. En 2015, ce travail se décline en 3 axes : (1) le monitoring de l'espèce (veille par piégeage photographique et suivi intensif en collaboration avec l'ONCFS), (2) un travail sur la problématique « habitat et connectivité » et (3) un travail de médiation intitulé Well'Com Lynx.

Le travail de la stagiaire s'intégrera dans ce programme et concernera plus particulièrement le deuxième volet, « habitat et connectivité ». Il consistera notamment à :

- 1) Réaliser une synthèse bibliographique sur cette problématique (études précédemment conduites sur l'habitat du Lynx et sur la connectivité fonctionnelle entre les populations en Europe, effet sur la survie/ le retour naturel, quand privilégier les réintroductions, etc.) ;
- 2) Définir les données (espèce, habitat, corridors) nécessaires pour travailler sur cette problématique à l'échelle du système Jura – Vosges – Palatinat, identifier leur existence et leur accessibilité ; proposer des protocoles pour acquérir les données manquantes (protocoles de terrain, analyse de données, faisabilité etc.) ;
- 3) Définir, récolter et analyser des données concernant les facteurs culturels et sociaux susceptibles de freiner ou d'empêcher la progression du Lynx dans le Massif des Vosges (notion de « connectivité sociale » en lien également avec l'axe 3 « Well'com Lynx »).

L'ensemble de ces travaux fera l'objet d'un rapport de stage.

Ces objectifs pourront évoluer ou être complétés afin d'assurer la bonne conduite du stage. Par ailleurs, la stagiaire recrutée aura la possibilité de participer aux autres missions scientifiques et pédagogiques du CROC (aide technique sur le terrain, installation des expositions, animation de soirées de conférences).

Compétences :

Permis B indispensable

Bonne maîtrise des outils de bureautique traditionnels (word, excel, powerpoint)

Connaissances en SIG (ArcGIS et/ou QGIS) et pratique de statistique sous R appréciée

Maîtrise de l'anglais

Savoir-faire, savoir-être :

Qualité relationnelle, capacité à travailler en équipe, esprit d'initiative

Esprit et rigueur scientifique

Autonomie, capacité d'analyse, de synthèse et de rédaction

Aptitude au travail de terrain

Contraintes :

Travail sous clause de confidentialité ; Tous les documents confiés ou tous les travaux effectués dans le cadre de ce stage resteront la propriété du CROC. Ils seront restitués ainsi que toute copie à la fin du stage ; Travail occasionnel de nuit et le week-end ;

ANNEXE 4 : Extrait des recommandation formulées par de Breitenmoser et al. (2003) pour la France dans le plan d'action pour la conservation du Lynx eurasien en Europe.

France F

La population de lynx dans les Pyrénées françaises doit être considérée comme éteinte. C'est la dernière population de lynx eurasiens qui a disparu en Europe. Dans les Vosges, le lynx a été réintroduit. Des lynx provenant de programmes de réintroduction en Suisse se sont propagés jusque dans le Jura et les Alpes françaises. C'est dans le Jura que les lynx sont le plus présents en France.

Actions recommandées :

- 4.1.1. La Convention de Berne adopte le présent Plan d'action.
- 4.1.2. Mise en place d'un groupe national de gestion du lynx qui produit un plan d'action national pour le lynx conformément au présent Plan d'action. La gestion transfrontalière est assurée.
- 4.1.3. Le lynx est protégé par la loi. La chasse n'est autorisée que si elle ne menace pas la survie à long terme de la population, et si le prélèvement est conforme aux buts formulés dans le plan d'action.
- 4.1.4. L'application de la loi est renforcée dans les zones où le braconnage représente une menace importante pour la population.
- 4.2.1. Le lynx devrait bénéficier d'une protection juridique stricte et la loi devrait être appliquée.
- 4.2.2. Identifier le statut des populations réduites et isolées et mettre en place un programme de surveillance.
- 4.2.3. Il faudrait analyser le déclin historique du lynx, identifier les menaces pesant sur la population, prendre des mesures pour supprimer les facteurs limitatifs (voir ci-dessous)
- 4.2.4. Il faudrait lancer des campagnes d'information du public afin d'assurer le soutien de la population à la conservation du lynx.
- 4.2.5. Il conviendrait d'augmenter la viabilité des populations réduites et isolées par des mesures permettant l'établissement d'une métapopulation viable (réduire les facteurs limitatifs et les menaces d'extinction, étendre le territoire de la population ou augmenter sa densité, procéder à des réintroductions, etc.).
- 4.2.6. Il conviendrait d'analyser le statut génétique des populations menacées d'extinction (degré de consanguinité, hétérozygotisme, parenté avec d'autres populations européennes) afin de déterminer la nécessité d'un repeuplement et la stratégie correspondante.
- 4.2.7. Des programmes de réintroduction soigneusement élaborés devraient être mis en œuvre dans les zones potentiellement susceptibles d'héberger des populations viables.
- 4.3.2. Les sous-populations de lynx qui forment une métapopulation potentiellement viable devraient être reliées par des couloirs entre habitats. Ces couloirs sont entretenus ou restaurés partout où ils sont importants pour la survie d'une sous-population et l'échange génétique entre sous-populations.
- 4.3.3. Les ressources alimentaires du lynx devraient être garanties par une gestion et une conservation correctes des espèces de proies locales les plus importantes. Les besoins du lynx et l'impact de sa prédation sont incorporés à la gestion de la chasse aux populations indigènes d'ongulés.
- 4.4.1. Il conviendrait de tester et de mettre en pratique des procédures d'élevage des animaux de rente et des dispositifs protecteurs afin de prévenir les déprédations opérées par les lynx sur les moutons, les chèvres, ou les rennes semi-domestiques dans la zone à lynx.

- 4.4.2. Il conviendrait d'indemniser les propriétaires d'animaux de rente pour les pertes économiques dues aux déprédations des lynx. Les systèmes d'indemnisation devraient viser à promouvoir des systèmes de prévention et la coexistence des éleveurs d'animaux de rente avec les lynx plutôt que laisser les propriétaires se contenter de tirer bénéfice de leurs pertes.
- 4.4.3. Il faudrait édicter des règles fixant dans quelles conditions et de quelle manière on peut éliminer les lynx qui causent des pertes intolérables dans les troupeaux.
- 4.4.4. L'impact des lynx sur ses populations de proies sauvages devrait être reconnu et pris en compte lorsqu'on définit la gestion de la chasse aux populations (d'ongulés).
- 4.4.5. Le prélèvement des populations de lynx viables au moyen de la chasse devrait être autorisé lorsque ces populations le tolèrent.
- 4.5.1. Des campagnes d'information devraient être lancées afin de faire connaître au grand public tous les aspects de la conservation et de la gestion du lynx.
- 4.5.2. Des programmes éducatifs détaillés devraient être lancés pour des groupes d'intérêt spécifiques comme les chasseurs ou les propriétaires d'animaux de rente.
- 4.5.3. Les populations locales devraient être impliquées dans la préparation et la mise en œuvre des plans d'action relatifs au lynx. Des comités de gestion incorporant tous les groupes d'intérêt locaux pourraient y contribuer.
- 4.5.4. Les populations locales (représentées, par exemple, dans les comités de gestion) devraient être impliquées en permanence dans les décisions concernant la gestion et la conservation du lynx.
- 4.6.1. Les recherches appliquées menées sur le lynx eurasiens devraient être coordonnées, et l'échange des méthodes, des idées et des résultats devrait se réaliser.
- 4.6.2. Des systèmes de suivi du lynx au niveau national ou local devraient être conçus, testés, mis en œuvre et coordonnés entre les pays qui se partagent la même population de lynx.
- 4.6.3. Pour comprendre les conflits entre les humains et les lynx (et entre les humains et les grands carnivores), il conviendrait de lancer des projets de recherche sur la dimension humaine du problème.
- 4.6.4. Il conviendrait d'impulser les recherches sur l'effectif minimal d'une population viable, le statut génétique, la dynamique des (méta)populations et les exigences en matière d'habitat dans la perspective du rétablissement de populations viables de lynx.
- 4.6.5. Des projets de recherche à long terme devraient examiner l'impact du lynx sur sa population de proies en relation avec les influences humaines sur cette même population.
- 4.6.6. Des projets coordonnés de recherche appliquée devraient tester des méthodes pour protéger les animaux de rente des déprédations dues aux lynx.

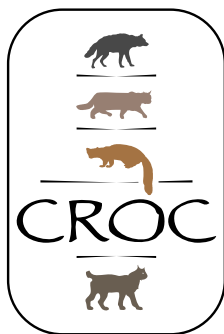
L'« ex-République yougoslave de Macédoine » MK

L'« ex-République yougoslave de Macédoine » partage la population balkanique avec ses voisins. C'est la population de lynx autochtone la plus menacée d'Europe et sa conservation devrait avoir une haute priorité.

Actions recommandées :

- 4.1.1. La Convention de Berne adopte le présent Plan d'action.
- 4.1.2. Mise en place d'un groupe national de gestion du lynx qui produit un plan d'action national pour le lynx conformément au présent Plan d'action. La gestion transfrontalière est assurée.

ANNEXE 5 : Rapport de stage « Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris (*Canis lupus lupus*) grâce à une méthode bioacoustique : Essais et tests préliminaires sur des meutes captives. » (Papin 2014)



CROC
Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores
4 rue de la Banie
57590 LUCY



Université Jean Monnet de Saint-Etienne
Faculté des Sciences et Techniques
23 rue du Docteur Paul Michelon
42100 SAINT-ETIENNE

Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris (*Canis lupus lupus*) grâce à une méthode bioacoustique : Essais et tests préliminaires sur des meutes captives



Loup gris d'Europe © CROC / M. PAPIN

2014

CROC - Rapport d'activité 2014
Mai 2015

Morgane PAPIN
MASTER 2 - ECOLOGIE ETHOLOGIE
Responsables de stage : E. GERMAIN et J. PICHENOT
Responsable du Master : N. MATHEVON

Papin M. 2014. Suivi et estimation de l'effectif des meutes de loups gris (*Canis lupus lupus*) grâce à une méthode bioacoustique : Essais et tests préliminaires sur des meutes captives. Rapport de stage de Master 2, CROC, Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores, Lucy, France, 35p.



Remerciements

En tout premier lieu, je tiens à remercier les partenaires financiers du CROC sans lesquels cette étude n'aurait pu être conduite, à savoir : l'Europe pour l'attribution du FEDER « Massif des Vosges », le Commissariat à l'aménagement du Massif des Vosges (FNADT), la Région Lorraine, la DREAL Lorraine, ainsi que le Zoo d'Amnéville et le Parc Animalier de Sainte Croix.

Très chaleureusement, je remercie les membres du Conseil d'Administration du CROC et Estelle GERMAIN (Directrice du CROC) pour m'avoir accueillie au sein de l'équipe pour ce stage tant attendu. La confiance, l'énergie et le soutien d'Estelle m'ont permis de réaliser mon travail dans des conditions optimales. J'ai aussi pu m'investir dans la vie du CROC et participer à des animations qui me tenaient à cœur. Vient ensuite Julian PICHENOT, passionné de bioacoustique et initiateur du programme de recherche : merci pour ton aide précieuse, ton temps passé à regarder les spectrogrammes avec moi et les lignes de code sous R avec une bonne humeur infatigable. Je remercie également mon collègue Gus LYON pour son écoute attentive, ses astuces de programmation (et d'automatisation !) et pour nos anecdotes de terrain partagées. Enfin, merci à Buzz l'éclair, notre cher chien de compagnie, pour son envie de jouer incessante qui donne le sourire. Finalement, la CROC'Team aura été une véritable famille durant ces six mois : merci pour tout ! En espérant que cette belle aventure continue...

Dans un second temps, rien n'aurait été possible sans la participation des parcs animaliers où j'ai collecté mes données. Je remercie Jennifer LAHOREAU, Vétérinaire du Parc Animalier de Sainte Croix en Moselle, et toute l'équipe du parc pour leur accueil chaleureux, leur aide et leur disponibilité (Stéphane SABOT, Christophe PARRENIN, Marc QUESSADA, Nicolas COUSSY, Marion pour la fameuse charrette à matériel mais aussi tous les autres soigneurs et employés du parc). Un remerciement tout particulier à Ariane BOUGNOUX (stagiaire de M1) qui aura été d'un grand soutien lors des journées de terrain sans hurlement mais aussi lors du dépouillage vidéo pour l'identification des individus. Merci à Anne FREZARD, Directrice du Parc Argonne Découverte dans les Ardennes et vice-présidente du CROC, et à l'équipe de soigneurs (Sarah et Jonathan) de m'avoir présenté la meute de loups du PAD qui sera malheureusement restée bien silencieuse. Un clin d'œil à Marie-Lazarine et Jacky pour leur accueil très chaleureux lors de mon passage dans les Ardennes. Je remercie également M. CHARPENTIER, Directeur du Domaine Zoologique du Pescheray dans la Sarthe, Noémie et Armelle ainsi que tous les travailleurs du parc pour leur accueil, leur gentillesse et leur bonne humeur contagieuse. Merci à toutes ces personnes pour leur disponibilité, leur écoute et d'avoir accepté de partager avec moi leurs connaissances.

Un petit clin d'œil à Jérôme SUEUR pour ses réponses quant à l'utilisation du package Seewave.

Sans mon master, je n'en serais pas là, je remercie donc toute l'équipe d'enseignants du Master Ecologie-Ethologie de Saint-Etienne. En particulier Frédéric SEBE qui m'aura accompagnée lors de mes premiers pas au CROC. Je n'oublie pas non plus toute la belle équipe d'étudiants pour ces deux années riches et formatrices...

Je remercie mes parents pour leur relecture, leur patience et leur soutien de tous les jours.

Enfin, et pas des moindres, je remercie de tout cœur les 35 loups, plus ou moins silencieux, qui auront participé à cette étude. Ils m'auront appris à m'armer de patience, à être là des heures entières pour attendre cet instant précis où tous hurlent en chœur...ou pas ! Ces enregistrements, base de mon travail, et ces magnifiques souvenirs m'ont donné une envie encore plus intense de continuer dans cette « voix »...

Pense-bête à moi-même

Me voilà à la fin de ma deuxième année de master...

Ma persévérance et ma détermination m'ont permis d'en arriver là. Cette année, j'ai eu la chance d'accéder à une étude sur les grands carnivores... ma grande passion. Un stage en or ! Preuve qu'il ne faut jamais rien lâcher... toujours y croire, avancer et s'accrocher.

Après deux années de remise en question, de nouvelles découvertes, des multitudes de choses dans la tête, quelques chutes mais surtout de nombreuses réussites... Ma plus grande fierté c'est d'être allée jusqu'au bout de ce que je voulais et aimais faire.

Les loups... Touchants, attachants mais aussi surprenants et majestueux, certains individus vous retournent la tête... et le cœur. Ils sont le symbole de la subtilité tout en régissant les lois de la nature...

« La séduction de la voix prend racine dans le mammifère qui sommeille en nous » Joana Revis



Loup gris d'Europe © CROC / M. PAPIN

1. Introduction.....	6
2. Matériels et Méthodes.....	9
2.1 Taxon étudié : <i>Canis lupus lupus</i>	9
2.2 Choix des parcs animaliers et des meutes	9
2.3 Enregistrements sonores et vidéos des hurlements.....	10
2.3.1. Période et conditions d'enregistrement	10
2.3.2. Matériels d'enregistrement.....	10
2.3.3. Réalisation de 'playback'.....	11
2.4 Analyses acoustiques et statistiques des hurlements	12
2.4.1. Extractions des hurlements.....	12
2.4.2. Approche quantitative : recherche d'une signature acoustique individuelle.....	13
<i>Choix et calcul des variables</i>	13
<i>Analyse Factorielle Discriminante</i>	14
2.4.3. Approche semi-quantitative : application d'un indice d'entropie	14
<i>Création de chorus artificiels</i>	14
<i>Calcul de l'entropie acoustique</i>	15
3. Résultats.....	15
3.1 Hurlements enregistrés	15
3.2 Extractions réalisées.....	16
3.3 Analyses « quantitatives » : explorations des variables et identification d'une signature individuelle.....	17
3.4 Analyses « semi-quantitatives » : l'indice d'entropie adapté aux hurlements de loups gris.....	20
4. Discussion.....	21
<i>Discrimination des individus sur la base des hurlements</i>	21
<i>L'entropie acoustique comme alternative aux analyses quantitatives</i>	23
5. Conclusion et perspectives.....	26
6. Bibliographie.....	28
7. Table des figures.....	31
8. Table des tableaux.....	31
9. Annexes.....	32
Annexe 1 : Questionnaire soumis aux responsables des parcs animaliers.....	32
Annexe 2 : Tableau récapitulatif des individus faisant parti des meutes étudiées (Hors PAD).	33
Annexe 3 : Illustration d'une extraction à l'aide du logiciel SpectraLayers Pro 2.0 et de l'outil « Extract/Harmonics ».....	34

1. Introduction

Comme la plupart des grands prédateurs autrefois présents en Europe, le Loup gris (*Canis lupus*) a été l'objet d'une extermination de masse qui a conduit au XX^{ème} siècle à l'extinction de la plupart de ses populations en Europe de l'ouest (Boitani, 2003). En France, le retour naturel du canidé a été amorcé dans les années 90 suite à sa protection en Italie en 1976 où une petite population persistait. C'est en 1992 qu'un premier couple a été observé dans les Alpes maritimes (Parc National du Mercantour) à la frontière franco-italienne (DIREN PACA, 1996). Ainsi, les loups qui recolonisent progressivement le territoire français appartiennent à cette lignée dite « italo-alpine » que certains auteurs ont élevé au rang de sous-espèce *Canis lupus italicus* tandis que d'autres la reconnaissent comme appartenant à la sous-espèce européenne *Canis lupus lupus*, communément appelé le Loup gris commun ou Loup d'Europe (voir Caniglia, 2008).

Espèce figurant aux annexes 2 et 4 de la Directive Habitats Faune Flore, le suivi de l'état de conservation de la population de loups en France représente un enjeu majeur mais l'espèce reste néanmoins difficile à gérer du fait des relations entre le canidé et l'homme. C'est dans ce contexte qu'un premier Plan National d'Action (PNA) a été élaboré en 2004 afin de définir un ensemble d'actions à mettre en œuvre pour assurer la conservation du Loup en France (mise en place de protocoles de suivi des meutes) tout en limitant l'impact du canidé sur l'élevage (mesures de protection des troupeaux et indemnités; Marboutin & Duchamp, 2005). Actuellement, le Loup est concerné par son troisième PNA qui s'étend de 2013 à 2017 (MEDDE & MAAF, 2013).

Différents protocoles sont utilisés dans le cadre de ces PNA pour suivre l'état de conservation du Loup en France. Ils sont principalement conduits par l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) grâce à l'implication des correspondants du Réseau Loup Lynx. Actuellement, deux types de suivis sont mis en place sur le territoire français (MEDDE & MAAF, 2013) : un suivi dit « extensif » réalisé par les membres du réseau qui collectent de manière opportuniste sur le terrain des indices et, par ailleurs, un suivi dit « intensif » réalisé avec des protocoles encadrés comme le pistage hivernal ou le hurlement provoqué. Ces différentes approches méthodologiques permettent de suivre l'évolution de l'aire de présence de l'espèce, l'évolution du nombre de Zone de présence dite permanente (ZPP), l'évolution du nombre de meutes (avec ou sans reproduction) et du nombre minimum de loups détectés (Effectif Minimum Retenu) dans les ZPP. Des modélisations de type Capture-Marquage-Recapture (CMR) sur la base du typage génétique d'indices (urine, fèces, poils, etc.) permettent également d'estimer le nombre total de loups présents (Marboutin & Duchamp, 2005 ; L'équipe loup/lynx ONCFS, 2014).

Concernant le protocole dit de « hurlement provoqué » (*'playback'*, Pimlott, 1960 in Passilongo *et al.*, 2012), celui-ci a été développé en 2004 en France à la suite d'essais conduits par l'ONCFS (voir

Longis *et al.*, 2004). L'objectif de ce protocole est de détecter les épisodes de reproduction sur un lieu où l'installation d'une nouvelle meute est suspectée (Longis *et al.*, 2004). En effet, à cette période de l'année, les jeunes louveteaux ne savent pas structurer leurs hurlements, contrairement aux adultes, et ils produisent des jappements. La présence de jappements dans une réponse déterminerait alors si un épisode de reproduction a bien eu lieu. D'autres investigations ont été réalisées par Sèbe *et al.* (2004) sur les hurlements de loups ('*Wolf howling*') afin d'évaluer les potentialités de la méthode pour le dénombrement des loups d'une meute. Dans les deux cas, les résultats de ces travaux ont mis en évidence l'intérêt de l'outil bioacoustique tout en soulignant certaines limites restant à dépasser (Longis *et al.*, 2004 ; Sèbe *et al.*, 2004). Cependant, à notre connaissance, ce travail n'a pas été poursuivi par la suite sur le territoire français.

Pourtant, la bioacoustique - science de l'étude des communications acoustiques animales - est en plein essor et permet aujourd'hui d'obtenir des données précieuses sur le comportement des individus ou la dynamique de populations animales, sans capture ni observation (Bradbury & Vehrencamp, 1998). Les travaux conduits dans cette discipline concernent notamment des espèces de mammifères très diversifiées comme l'Eléphant de mer (*Miroungunga angustirostris* – Charrier *et al.*, 2014), les chauves-souris (Preatoni *et al.*, 2005), le Raton laveur (*Procyon lotor* - Sieber, 1986), le Renard polaire (*Vulpes lagopus* - Frommolt *et al.*, 2003) ou encore les primates (*Cercopithecus diana* - Candiotti *et al.*, 2012).

Pour certaines espèces, il est maintenant possible de réaliser des comptages à partir des vocalises émises par les individus suivis (e.g. *Phasianus colchicus* – Sèbe *et al.*, 2011) mais aussi de différencier ces individus entre eux grâce aux caractéristiques du signal émis (e.g. temps, fréquences et amplitudes ; Tanzarella, 2010). Un signal acoustique renferme ainsi de nombreuses informations sur l'individu qui l'émet telles que l'espèce à laquelle il appartient, son sexe, son âge mais aussi son stade émotionnel ou encore son statut hiérarchique (Gerhardt, 1992). Ces informations traduisent en quelque sorte l'identité de l'animal (Gerhardt, 1992). On parle d'une signature vocale individuelle ou d'individualité vocale (e.g. Root-Gutteridge *et al.*, 2014).

Quelques auteurs se sont d'ailleurs intéressés à la signature vocale individuelle chez différentes sous-espèces de *Canis lupus* (e.g. Tooze *et al.*, 1990 ; Palacios *et al.*, 2007 ; Root-Gutteridge *et al.*, 2014). En effet, chez les loups, l'organisation spatiale et la structure sociale sont définies grâce à la communication entre les individus ou entre les meutes qu'elle soit visuelle, olfactive ou acoustique (Harrington & Asa, 2003). Les loups émettent différents types de vocalises comme les aboiements, les gémissements, les jappements et les hurlements (Holt, 1998). Les hurlements quant à eux permettent une communication entre loups d'une même meute mais aussi entre les meutes (marquage et protection du territoire, renforcement des liens sociaux dans la meute, cérémonies d'accueil, etc. ; Mech & Boitani, 2003 ; Harrington & Asa, 2003).

Des travaux conduits en captivité sur le Loup de l'Est (*Canis lycaon*¹) ont ainsi mis en évidence l'existence d'une signature vocale individuelle grâce à l'analyse des caractéristiques vocales des hurlements (Tooze *et al.*, 1990). Plus récemment, des variables d'amplitude ont été testées sur ce taxon, permettant, en plus de l'étude de la fréquence, de renforcer la possibilité de différencier les loups de l'Est entre eux (Root-Gutteridge *et al.*, 2014). De la même manière, chez le Loup ibérique (*Canis lupus signatus*), il a été montré que les caractéristiques de la fréquence encodent l'individualité en déterminant les spécificités vocales de chaque individu (Palacios *et al.*, 2007). En milieu naturel, Passilongo *et al.* (2012) se sont quant à eux intéressés à des meutes de loups gris de souche italienne dans les Apennins. Ils ont cherché à étudier la structure acoustique des hurlements. Bien que les résultats issus de tous ces travaux soient encourageants, aucune étude n'a été conduite sur la signature vocale individuelle des loups gris d'Europe (*Canis lupus lupus*) alors que de tels travaux pourraient conduire à un outil de suivi intéressant à mettre en œuvre en France.

Toutefois, la mise en évidence d'une signature individuelle peut s'avérer complexe et difficilement applicable/transposable pour un travail sur des meutes vivant en milieu naturel. Aussi, il pourrait être intéressant de développer une nouvelle méthode d'analyse des hurlements de loups pour estimer l'effectif de meutes de loups hurlant simultanément dans des chorus. Cette nouvelle approche simple et rapide pourrait être basée sur le concept d'entropie acoustique récemment développé par Sueur *et al.* (2008a). Ces auteurs ont en effet développé une méthode acoustique globale pour une mesure rapide de la biodiversité ('*Rapid Acoustic Survey*') tout en évitant la mise en place de protocoles invasifs, coûteux et chronophages. Il s'agit d'utiliser des indices mesurant l'entropie du signal sonore, en posant l'hypothèse que l'hétérogénéité de l'environnement acoustique (mesurée par les indices) augmente avec le nombre d'espèces présentes dans une communauté. Dans le cadre de la problématique de l'estimation des effectifs des meutes de loups gris, l'hypothèse posée serait que l'entropie acoustique augmente avec le nombre de loups gris composant un chorus.

Le but de la présente étude a donc été de réaliser des tests préliminaires en vue de développer une méthode acoustique permettant de dénombrer de manière juste et fiable les loups constituant une meute. Ce travail a été conduit sur des meutes de loups gris de la sous-espèce *Canis lupus lupus* vivant en captivité, sur la base d'enregistrement sonores et vidéos de hurlements. Pour les analyses, deux approches ont été conduites :

- ♣ Une méthode classique dite « quantitative » reprenant le principe de mise en évidence d'une signature vocale individuelle ;
- ♣ Une méthode innovante dite « semi-quantitative » adaptant les récents travaux et résultats conduits sur le principe d'entropie.

¹ Le Loup de l'Est ('*Eastern Timber Wolf*') est maintenant reconnu comme une espèce à part entière, *Canis lycaon* et non plus comme une sous-espèce du Loup gris *Canis lupus lycaon* (Chambers *et al.*, 2012).

2. Matériels et Méthodes

2.1 Taxon étudié : *Canis lupus lupus*

Au cours du dernier siècle, la classification du Loup gris en Europe n'a cessé d'évoluer du fait notamment du développement de nouvelles méthodes taxonomiques. Par exemple, en 1985, [Sokolov & Rosolino, 1985 in Caniglia \(2008\)](#) définissaient 9 sous-espèces de *Canis lupus* en Europe sur la base de leur morphologie externe et des caractéristiques de leur squelette. Dans cette classification, la souche italo-alpine était alors associée à la sous-espèce *Canis lupus lupus* alors qu'en 1921, [Altobello, 1921 in Nowak & Federoff \(2002\)](#) proposait de distinguer la sous-espèce *italicus*. Cette classification reposait alors sur quelques traits phénotypiques (pelage gris brun, raie noire sur les membres antérieurs). Plus récemment, des études morphométriques et génétiques tendent à confirmer que la population de loups italiens se distingue des autres populations de loups européens (e.g. [Nowak & Federoff, 2002](#) ; [Lucchini et al. 2004](#) ; [Randi, 2011](#)). Cependant, malgré ces nouveaux travaux, les scientifiques ne semblent toujours pas fixés sur la classification du Loup gris en Europe. A titre d'exemple, [Sillero-Zubiri \(2009\)](#) retient 5 sous-espèces de loups gris pour le continent européen dont *Canis lupus lupus* mais pas *italicus*. Au contraire, l'IUCN reconnaît bien la sous-espèce *Canis lupus italicus* ([LCIE, 2007](#)).

Ce travail a donc été conduit sur des meutes de loups gris vivant en captivité de la sous-espèce *Canis lupus lupus*. A noter qu'en France, la sous-espèce *Canis lupus italicus* (si on la considère comme telle), n'était alors représentée en captivité que par un seul individu.

2.2 Choix des parcs animaliers et des meutes

Afin de pouvoir collecter en quelques mois un échantillon suffisant de hurlements de loups en solo ou en chorus, de bonne qualité et pour un nombre total d'individus le plus important possible, le travail a été réalisé en France sur plusieurs meutes présentes dans des parcs animaliers.

Le choix des meutes de loups gris étudiées a été établi à l'issue d'une phase d'enquête menée en 2013 par le CROC auprès de 7 parcs animaliers localisés en France ([CROC, 2014](#)). Un questionnaire a été soumis aux responsables des différents parcs afin d'obtenir des informations sur leurs meutes de loups et de savoir si la réalisation d'enregistrements serait envisageable (voir questionnaire en [Annexe 1](#)). A l'issue de cette première phase, 4 parcs animaliers ont été choisis et ont été contactés à différentes reprises pour obtenir des informations plus précises sur les hurlements des loups (fréquence des hurlements spontanés, événements déclencheurs, etc.) mais également pour poser des questions techniques et logistiques (adéquation entre les horaires d'accès aux enclos et les habitudes

d'hurlerment des loups, présence d'électricité, abris contre les intempéries pour le matériel, gestion des visiteurs, etc.).

Finalement, compte tenu des informations recueillies et du temps disponible pour la réalisation des enregistrements, trois parcs animaliers ont été retenus (voir [Tableau 1](#) ci-dessous et [Annexe 2](#) pour plus de détails sur les meutes étudiées).

Tableau 1: Récapitulatif des informations concernant les parcs choisis suite à l'enquête menée par le CROC.

Parcs animaliers	Localisation	Nombre de meutes de loups gris <i>C. lupus lupus</i>	Nombres d'individus	Présence d'autres meutes de loups
Parc Argonne Découverte <i>PAD</i>	Olizy-Primat, 08250	1	12	Non
Domaine du Pescheray <i>PESCH</i>	Le Breil-sur-Mérize, 72370	1	10	Loups arctiques (<i>C. lupus arctos</i>)
Parc animalier de Sainte Croix <i>PASC</i>	Rhodes, 57810	2	4 et 9	Loups arctiques (<i>C. lupus arctos</i>) et Loups noirs de l'Ouest Canadien (<i>C. lupus occidentalis</i>)

2.3 Enregistrements sonores et vidéos des hurlements

2.3.1. Période et conditions d'enregistrement

Les enregistrements ont été acquis de février à avril 2014, en journée, entre 6h30 et 19h30 selon les parcs. Au total, 43 journées de terrain ont été réalisées pour collecter un échantillon exploitable d'au minimum 30 hurlements par individus.

De manière générale, les enregistrements ont pu être réalisés depuis un abri (contre les intempéries et le vent) ouvert vers l'enclos avec une vue suffisamment dégagée. La distance entre le microphone et les loups était comprise entre 15 et 25 mètres environ.

2.3.2. Matériels d'enregistrement

Les enregistrements ont été réalisés avec un enregistreur ZOOM H4n (fréquence d'échantillonnage 44,1 kHz ; résolution d'amplitude : 16 bits), connecté à un microphone à condensateur Rode NTG-3 (directivité : super-cardioïde ; réponse en fréquence : 40-20 000 Hz) installé sur un trépied afin de réduire les bruits de manipulation. L'option « Pre-rec » de l'enregistreur, qui consiste en une mémoire tampon d'une durée de 2 secondes permettant un enregistrement rétroactif suite au déclenchement, a été utilisée pour maximiser les chances d'obtenir la séquence de hurlement dans son intégralité. Le microphone était orienté vers la meute étudiée afin de profiter de

la directivité du microphone pour atténuer au maximum les sons latéraux parasites, tels que les hurlements éventuels des autres meutes.

Parallèlement aux enregistrements audios, les individus ont été filmés avec un caméscope numérique JVC HD Everio GZ-HD3 (résolution de l'image : 1440 x 1080 pixels) également posé sur un trépied, dans le but de pouvoir associer *a posteriori* chaque hurlement à un individu (identification visuelle sur la vidéo). Pour optimiser la qualité des vidéos et ainsi faciliter le dépouillage ultérieur, les manipulations du zoom et les déplacements du caméscope ont été réduits pendant les prises de vidéos afin d'éviter l'obtention d'images floues.

Avant la fin des enregistrements sonores et vidéos, un « clap » a été effectué permettant par la suite de synchroniser parfaitement le son et l'image.

2.3.3. Réalisation de 'playback'

Pour certaines meutes, l'identification des heures les plus propices aux hurlements et la connaissance des éventuels effets déclencheurs extérieurs au protocole (son de cloches, sirène de pompier ou civile, passage d'avions de chasse, hurlements de meutes voisines,...) ont permis d'optimiser l'acquisition d'enregistrements. En complément, la technique du hurlement provoqué, aussi appelée 'playback' (Pimlott, 1960 in Passilongo *et al.*, 2010), a également été utilisée en raison de la relative rareté des hurlements spontanés.

Tableau 2 : Conditions logistiques des parcs visités et stimuli employés.

Parcs animaliers	Accès à l'électricité	Accès à l'enclos en véhicule	Matériel de diffusion utilisé	Conditions
Parc Argonne Découverte	Oui	Non	Haut-parleurs ALTEC LANSING Expressionist PLUS (FX3021 - bande-passante : 40-20000 Hz).	- Intervalles de temps réguliers (toutes les 30 minutes) - Déclenchement à distance afin d'éviter l'association éventuelle entre le son diffusé et l'observateur
Domaine du Pescheray	Non	Oui	Lecteur CD du véhicule garé à différents endroits autour de l'enclos	- Pas d'intervalles de temps réguliers possibles en raison de l'existence de sons parasites issus des visiteurs du parc
Parc animalier de Sainte Croix	Non	Non	'Game caller' FOXPRO Wildfire 2 (sons ajoutés à la mémoire interne)	- Pas d'intervalles de temps réguliers possibles en raison de l'existence de sons parasites issus des visiteurs du parc - Déclenchement à distance grâce à une télécommande fonctionnant par ondes radio

Différentes stratégies de diffusion des sons ont été employées afin de s'adapter aux contraintes techniques de chaque enclos, ainsi qu'aux habitudes et à la réactivité des individus des meutes (voir **Tableau 2** ci-dessus). Des enregistrements de loups (CD « la voix des Loups » de F. Deroussen,

composé de hurlements de loups gris du parc « Les Loups du Gévaudan »), des sons de cloches, d'alarmes ou encore de sirènes, ont été préparés sur différentes pistes et préalablement amplifiés grâce au logiciel Audacity (www.audacity.sourceforge.net) pour optimiser le stimulus. En fonction des parcs, ces sons, ont pu ou non, être diffusés à intervalles de temps réguliers.

2.4 Analyses acoustiques et statistiques des hurlements

Pour cette étude, seules les vocalisations de type « hurlement » ont été analysées. Les jappements, aboiements et gémissements n'ont pas été pris en compte.

2.4.1. Extractions des hurlements

Une fois les enregistrements collectés, les séquences audios et vidéos ont été dépouillées afin d'en extraire des hurlements. Dans un premier temps, un examen des vidéos synchronisées aux enregistrements sonores a permis d'associer chaque hurlement à l'individu qui l'émettait.

Les extractions des hurlements ont ensuite été réalisées pour chaque individu grâce au logiciel SONY SpectraLayers Pro 2.0, qui a permis d'extraire la fondamentale et les harmoniques d'un hurlement à l'aide de différents outils puis de stocker chaque son extrait dans des couches activables. Ces sons ont été visualisés sous la forme de spectrogrammes avec le même logiciel (Transformée Discrète de Fourier ; échantillonnage à 8192 Hz ; fenêtre Blackman-Harris). L'outil d'extraction « Extract/Harmonics » a été employé avec des réglages spécifiques (voir [Tableau 3](#) ci-dessous et [Annexe 3](#) pour l'illustration d'une extraction sur le logiciel SONY SpectraLayers Pro).

Tableau 3: Caractéristiques et réglages choisis de l'outil d'extraction « Extract/Harmonics ».

Caractéristiques « Extract/Harmonics »	Réglage choisi	Signification
Harmonics	5	Nombre d'harmoniques maximum à extraire
Harmonic rank	1	Travail d'extraction réalisé à partir de la fréquence fondamentale
Spread	2 bin	Nombre d'échantillons de spectre autour du pic de fréquence
Time limit	[0 ; ± 0.30] sec	Temps avant et après la position du curseur de la sélection à extraire
Tolerance	-10dB	Valeur de la plus faible puissance à extraire

Chaque hurlement extrait a été enregistré en un fichier (format .wav) portant l'initiale de l'individu, le jour et l'heure de l'enregistrement ainsi que le classement chronologique du hurlement au sein du chorus (e.g. A_140214_10h55_3.wav).

2.4.2. Approche quantitative : recherche d'une signature acoustique individuelle

Choix et calcul des variables

Le choix des variables utilisées pour caractériser les hurlements de chaque individu et tenter de les distinguer a été établi sur la base de la bibliographie traitant des signatures acoustiques individuelles chez les loups (voir [Tableau 4](#) ci-dessous).

Onze variables testées dans les travaux de [Tooze et al. \(1990\)](#), [Palacios et al. \(2007\)](#) et [Root-Gutteridge et al. \(2014\)](#) ont été retenues pour conduire les analyses. Ces variables concernent majoritairement des mesures de la fréquence et de sa variation dans le hurlement. En complément, une mesure normalisée de l'amplitude des hurlements « *NorAmp2Min* » proposée par [Root-Gutteridge et al. \(2014\)](#) a également été intégrée aux analyses.

Tableau 4: Récapitulatif des variables mesurées.

Type de variables	Abréviation	Définition des variables	Calcul des variables
Fréquence	MeanF	Moyenne de la fréquence fondamentale à intervalles de 0,05sec sur toute la durée (kHz)	
	MaxF	Fréquence maximale de la fondamentale (kHz)	
	MinF	Fréquence minimale la fondamentale (kHz)	
	Range	Gamme de la fondamentale (kHz)	Range = MaxF-MinF
	EndF	Fréquence à la fin de la fondamentale (kHz)	
	Dur	Durée du hurlement mesurée à partir de la fondamentale (sec)	Dur = r(fin) - r(début)
	Posmax	Position dans le hurlement à laquelle la fréquence maximale se produit (sec)	Posmax = temps à MaxF/Dur
	Posmin	Position dans le hurlement à laquelle la fréquence minimale se produit (sec)	Posmin = temps à MinF/Dur
	Abrupt	Nombre de changements brusques de la hauteur de la fondamentale (≥ 25 Hz en 0,20sec) (Nb.sec-1)	Abrupt = Nb changements/Dur
	Cofv	Coefficient de variation de fréquence	Cofv = (SD/MeanF) x 100
Cofm	Coefficient de modulation de fréquence	Cofm = $(\sum_{1}^{n-1} |f(t) + f(t + 1)| / (n - 1)) / \text{MeanF} \times 100$	
Amplitude	NorAmp2Min	Amplitude minimale normalisée du deuxième harmonique (H2)	NorAmp2Min = minimum de l'amplitude de H2 / maximum de l'amplitude de H2

La formule de la variable « *Abrupt* » a quant à elle été adaptée. En effet, dans les publications consultées, aucun intervalle de temps n'est donné pour mesurer un changement « brusque » de la fréquence (± 25 Hz), ce qui rend la mesure subjective. La variable a donc été calibrée de manière à ce que seuls les changements « abrupts » de la fréquence ayant lieu en moins de 0,20 seconde soient comptabilisés. Cette variable a également été normalisée en divisant le nombre de changements brusques par la durée du hurlement. Ainsi, nous avons obtenu un taux, ou plus précisément un nombre de changements abrupts de la fréquence, par seconde.

Pour les variables « *Posmin* » et « *Posmax* », il s'est avéré que plusieurs fréquences identiques pouvaient être obtenues à des temps différents. La position la plus proche du début du hurlement a donc été choisie.

Le calcul de ces variables, pour les hurlements de chaque individu, a été réalisé grâce au package *Seewave* (Sueur *et al.*, 2008b) sur le logiciel R (version 3.1.0). Ce package permet en effet de traiter directement les informations contenues dans les fichiers sons. Un code a été implémenté afin d'extraire automatiquement les variables choisies. Nous avons travaillé sur des fichiers avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz afin de préserver la totalité de l'information mais aussi pour assurer l'obtention de résultats précis.

Analyse Factorielle Discriminante

Une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) a été réalisée sur l'ensemble des variables calculées afin de servir d'analyse exploratoire et descriptive des données mais aussi d'analyse prédictive pour le classement des hurlements sur la base des variables retenues.

En amont de l'AFD, un test de Shapiro-Wilk a été réalisé pour vérifier la normalité de la distribution de chaque variable. En l'absence de normalité, les données ont été transformées avec une fonction inverse, racine carrée ou encore logarithmique (logarithme décimal, *log10*) afin que celles-ci se rapprochent au maximum d'une distribution normale.

La colinéarité des variables a également été testée en calculant un coefficient de corrélation de Spearman pour l'ensemble des combinaisons des 12 variables prises par paires. Seules les variables non corrélées ($r < |0,5|$) ont été conservées pour l'AFD.

Enfin, la fiabilité de l'AFD a été testée par un classement des hurlements avec la technique de validation croisée 'leave-one-out' (Martindale, 1980 *in* Tooze, 1990).

Cette AFD a été réalisée grâce package *MASS* (Ripley *et al.*, 2002) sur le logiciel R (version 3.1.0).

2.4.3. Approche semi-quantitative : application d'un indice d'entropie

Pour étudier la relation entre l'entropie acoustique et le nombre de loups hurlant simultanément, des chorus artificiels avec des effectifs de loups différents ont d'abord été créés avec les hurlements extraits, puis l'entropie acoustique de ces chorus a été mesurée.

Création de chorus artificiels

Parmi les extractions réalisées, 10 séquences² de hurlements d'une durée de 30 secondes ont été sélectionnées aléatoirement dans des chorus ou des solos pour chaque loup disposant d'un nombre d'enregistrements suffisants. Pour un même individu, le choix de séquences éloignées dans le temps (enregistrées à des dates différentes) a été privilégié afin d'éviter la pseudoréplication (McGregor *et al.*, 1992).

² Une séquence est une série de hurlements successifs d'un individu extraite d'un chorus.

Les chorus artificiels ont été créés avec le logiciel Audacity (version 2.0.5, 2013) en combinant les séquences de hurlements de plusieurs individus différents, de manière à obtenir un chorus d'une durée de 30 secondes. Au total, dix séries de chorus de 1 individu, 2 individus, ... à N individus³ ont été constituées en sélectionnant de manière aléatoire les séquences. Une fois ces derniers créés, la fréquence d'échantillonnage de chaque chorus artificiel a été fixée à 8000 Hz afin de se concentrer sur la bande fréquentielle des hurlements de loups. Ainsi, il a été possible d'éliminer les fréquences ne contenant aucune information dans les sons étudiés.

Calcul de l'entropie acoustique

L'entropie acoustique H est obtenue par la multiplication de deux indices (Sueur *et al.*, 2008a) : H_f qui représente l'entropie du spectre des fréquences et H_t qui représente l'entropie de l'enveloppe temporelle. Cet indice est compris entre 0 et 1. Plus l'indice d'entropie H se rapproche de 1, plus le son étudié est diversifié à la fois en fréquence et en amplitude.

Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé pour comparer entre elles les valeurs moyennes d'entropie des chorus de 1 individu, 2 individus, ... à N individus.

Le calcul de l'entropie acoustique pour chaque chorus artificiel a été réalisé grâce au package *Seewave* (Sueur *et al.*, 2008b) sur le logiciel R (version 3.1.0).

3. Résultats

3.1 Hurlements enregistrés

Sur les trois parcs visités et les quatre meutes sélectionnées pour ce travail, seuls deux parcs et trois meutes ont permis d'obtenir des enregistrements d'hurlements (Tableau 5). En effet, au PAD, aucun hurlement de loup n'a été obtenu au cours de trois journées consécutives d'observations et ce, malgré l'emploi de la technique des hurlements provoqués. De plus, l'enclos de cette meute étant particulièrement bien arboré et riche en végétation au sol, il est apparu délicat de réaliser des enregistrements vidéos parallèlement aux enregistrements sonores.

Dans les deux autres parcs, l'enregistrement d'hurlements spontanés ou déclenchés (*'playback'*) a été possible mais relativement délicat (heures d'accès aux enclos, conditions de réalisation des *playbacks*, gestion des visiteurs, etc.). Les journées de pluie, de grêle ou de neige ayant été rares, les conditions

³ N = nombre de loups disposant d'un nombre d'enregistrements suffisants

météorologiques n'ont pas représenté un obstacle majeur pendant cette phase d'acquisition des enregistrements. Par ailleurs, un des loups de la meute de 9 individus du PASC est décédé au cours de l'étude, réduisant l'effectif de cette meute à 8 individus.

Au total, 45 journées d'observations ont été nécessaires pour la réalisation d'enregistrements dans les parcs PASC et PESCH. Sur les 35 loups composant les 4 meutes sélectionnées, 15 loups ont permis d'obtenir les enregistrements de 64 séquences de chorus (hurlements d'au moins deux loups) et de 23 séquences de solos (hurlements de loups seuls ; [Tableau 5](#)).

Tableau 5: Nombre de jours de terrain et enregistrements effectués selon les parcs visités.

Parcs visités	Nombre de jours d'observations	Nombre de loups	Nombre de loups enregistrés	Nombre de chorus enregistrés	Nombre de solos enregistrés
PASC	5	4	3	23	0
	23	9	8	30	2
PAD	3	12	0	0	0
PESCH	14	10	5	11	21
Total	45	35	15	64	23

En moyenne, les chorus avaient une durée de 128,85 secondes \pm 55,68 et les solos une durée de 94,62 secondes \pm 42,16.

3.2 Extractions réalisées

L'extraction des hurlements par individu au sein des séquences enregistrées de chorus ou de solo a nécessité 48 jours de travail sur le logiciel SONY SpectraLayers Pro 2.0. Il n'a pas été possible d'extraire les enregistrements de certains individus du fait notamment de la qualité des enregistrements (intensité du hurlement en fonction de la distance loup-enregistreur) et de la possibilité d'identifier les loups émettant les hurlements (distance loup-observateur sur la vidéo). Il pouvait également arriver que l'extraction d'un hurlement dans un chorus au sein duquel plusieurs hurlements se chevauchaient, altère la qualité des autres hurlements. Finalement, un total de 725 extractions a été réalisé pour 17 loups ([Tableau 6](#)).

Une moyenne de 42,71 extractions \pm 40,73 a été obtenue par individu (N extractions max = 166; N extractions min = 1). La durée d'un hurlement pouvait aller de 1 à 18 secondes avec une moyenne de 4,27 secondes \pm 2,21.

Pour la suite des analyses (quantitative et semi-quantitative), cinq individus (Ab, V, B, C et S) ont été retirés de l'échantillon de loups étudiés du fait d'un nombre d'extractions trop faible (nombre d'extractions < 25). Finalement, un échantillon de 12 loups pour un total de 700 extractions a pu contribuer aux analyses.

Tableau 6: Nombre d'extractions réalisées en fonction des analyses futures et des individus.

Parcs animaliers	Loups	Nombre d'extractions réalisées	Nombre d'extractions utilisées pour l'analyse « quantitative »	Nombre d'extractions utilisées pour l'analyse « semi-quantitative »
PASC (meutes de 4 loups)	A	85	83	85
	Co	37	36	37
	Z	83	80	83
PASC (meutes de 9 loups)	Ab	4	<i>Supprimé de l'échantillon</i>	<i>Supprimé de l'échantillon</i>
	Al	31	28	31
	An	37	37	37
	Ar	33	33	33
	Cer	39	37	39
	Cha	51	51	51
	Che	51	51	51
	Lo	53	51	53
	V	1	<i>Supprimé de l'échantillon</i>	<i>Supprimé de l'échantillon</i>
PESCH (meutes de 10 loups)	B	5	<i>Supprimé de l'échantillon</i>	<i>Supprimé de l'échantillon</i>
	C	14	<i>Supprimé de l'échantillon</i>	<i>Supprimé de l'échantillon</i>
	G	34	34	34
	L	166	158	166
	S	1	<i>Supprimé de l'échantillon</i>	<i>Supprimé de l'échantillon</i>

3.3 Analyses « quantitatives » : explorations des variables et identification d'une signature individuelle

Les 12 variables susceptibles de coder l'individualité des hurlements extraits ont été calculées sur 679 extractions. En effet, pour 21 extractions, certaines variables n'ont pu être calculées. Le problème n'ayant pu être identifié dans les temps impartis de l'étude et le retrait de ces 21 extractions permettant de conserver un nombre d'extractions supérieur à 25 pour chaque individu, le choix a été fait de retirer ces extractions des analyses.

Les variables « *meanF* », « *Dur* », « *Posmin* » et « *Cofm* » ont dû être transformées pour que leur distribution s'approche d'une distribution normale. « *meanF* » a été transformée avec une fonction inverse, « *Dur* » et « *Posmin* » avec une transformation racine carrée, « *Cofm* » avec une transformation logarithmique (logarithme décimal, *log10*).

Les valeurs moyennes des 12 variables obtenues pour les 12 loups sont résumées dans le [Tableau 7](#). Le test de colinéarité entre chaque variable a mis en évidence une forte corrélation entre « *maxF* » et « *Range* » (Spearman=0.957, p-value=<2.2 e-16) d'une part, et « *Cofv* » et « *meanF* » (Spearman=1, p-value=<2.2 e-16) d'autre part. Les variables « *maxF* » et « *Cofv* » ont été retirées du jeu de données avant de procéder à l'AFD.

Tableau 7: Résultats des variables mesurées.

Caractéristiques individus					Variables (Moyenne ± SD)											
id_ind	sexe	annee_naissance	parc	meute	(kHz)					(sec)			(Nb.sec ⁻¹)			
					meanF	maxF	minF	Range	EndF	Dur	Posmin	Posmax	Abrupt	Cofv	Cofm	NorAmp2Min
A	F	2002	PASC	4L	0,40±0,03	0,83±0,03	0,17±0,00	0,65±0,03	0,57±0,20	3,65±1,61	0,44±0,29	0,52±0,38	57,77±11,75	157,71±8,10	10,01±2,52	0,54±0,18
Al	F	2010	PASC	9L	0,41±0,06	0,83±0,04	0,17±0,00	0,65±0,05	0,57±0,18	3,80±2,97	0,45±0,28	0,44±0,36	60,50±10,09	157,24±10,48	10,96±4,23	0,49±0,15
An	F	2010	PASC	9L	0,41±0,06	0,82±0,04	0,17±0,00	0,64±0,04	0,54±0,18	3,10±1,51	0,52±0,30	0,48±0,37	59,96±10,55	156,62±11,97	11,09±4,01	0,52±0,15
Ar	M	2005	PASC	9L	0,37±0,06	0,82±0,04	0,17±0,00	0,64±0,04	0,58±0,22	3,84±2,02	0,43±0,28	0,56±0,32	61,27±05,90	164,80±12,47	9,64±4,16	0,58±0,15
Cer	M	2012	PASC	9L	0,42±0,08	0,83±0,03	0,17±0,00	0,65±0,03	0,52±0,20	4,15±2,12	0,36±0,29	0,41±0,29	58,36±12,75	155,73±13,99	10,33±3,69	0,45±0,15
Cha	F	2012	PASC	9L	0,46±0,08	0,81±0,05	0,17±0,00	0,64±0,05	0,54±0,18	2,06±1,28	0,46±0,30	0,52±0,37	62,85±12,72	149,19±12,50	13,58±5,07	0,50±0,15
Che	M	2012	PASC	9L	0,45±0,07	0,81±0,05	0,18±0,04	0,63±0,07	0,58±0,18	1,96±1,45	0,53±0,33	0,51±0,34	59,65±12,65	149,71±11,44	11,36±5,43	0,56±0,15
Co	F	2008	PASC	4L	0,45±0,06	0,83±0,02	0,17±0,00	0,66±0,02	0,52±0,20	3,99±1,61	0,35±0,30	0,45±0,30	59,07±08,62	149,68±10,16	12,72±4,30	0,53±0,15
G	F	2007	PESCH	10L	0,32±0,02	0,84±0,01	0,17±0,00	0,67±0,01	0,55±0,24	4,24±1,55	0,34±0,28	0,33±0,30	71,65±07,27	175,87±5,28	10,27±2,91	0,50±0,15
L	F	2004	PESCH	10L	0,32±0,03	0,82±0,04	0,17±0,00	0,65±0,04	0,55±0,22	3,02±1,18	0,40±0,29	0,44±0,34	72,86±04,88	178,44±9,07	9,65±2,83	0,44±0,15
Lo	F	2005	PASC	9L	0,34±0,05	0,83±0,03	0,17±0,00	0,66±0,03	0,54±0,22	3,85±1,64	0,43±0,27	0,46±0,33	67,36±05,20	173,89±11,07	9,86±3,69	0,39±0,15
Z	M	2003	PASC	4L	0,37±0,05	0,83±0,02	0,17±0,00	0,66±0,02	0,56±0,21	6,18±2,19	0,36±0,29	0,45±0,35	62,99±03,51	166,28±9,75	9,10±2,23	0,47±0,15
Moyenne ± SD					0,39±0,05	0,83±0,03	0,17±0,01	0,65±0,04	0,55±0,20	3,65±1,76	0,42±0,29	0,46±0,34	62,86±10,99	161,26±10,52	10,71±3,76	0,50±0,18

Les deux premiers axes canoniques de l'AFD expliquent près de 92% de la variance (Fonction 1=0,69 et Fonction 2=0,23 ; Tableau 8). Les variables « *meanF* », « *minF* » et « *Range* » expliquent le plus le premier axe, elles sont donc les plus importantes dans la caractérisation et la composition des hurlements des loups étudiés ici. Les variables « *Range* » et « *Dur* » définissent, quant à elles, le second axe et contribuent également à la caractérisation et la composition des hurlements des loups étudiés.

Tableau 8: Poids des variables générés par l'AFD sur les deux premiers vecteurs discriminants expliquant 92% de la variance.

Variables testées	Fonction 1 (69%)	Fonction 2 (23%)
<i>meanF</i>	2,84	0,31
<i>minF</i>	2,24	3,31
<i>Range</i>	1,28	2,45
<i>Dur</i>	-0,12	-2,39
<i>Posmin</i>	0,41	0,01
<i>Posmax</i>	-0,41	0,01
<i>EndF</i>	0,14	-0,23
<i>Cofm</i>	-0,13	-0,08
<i>Abrupt</i>	0,02	-0,01
<i>NorAmp2Min</i>	-0,74	-1,32

La projection des données dans le plan des deux premières fonctions discriminantes canoniques est présentée ci-après pour l'ensemble des individus toute meute confondue (Figure 1A) d'une part, et pour chaque meute d'autre part (Figure 1B, 1C et 1D). La discrimination des individus est difficilement perceptible sur ces graphiques, hormis pour les deux plus petites meutes prises séparément. Par contre, pour la meute de 9 loups du parc animalier de Sainte Croix, l'analyse ne conduit pas à des groupes distinctement séparés.

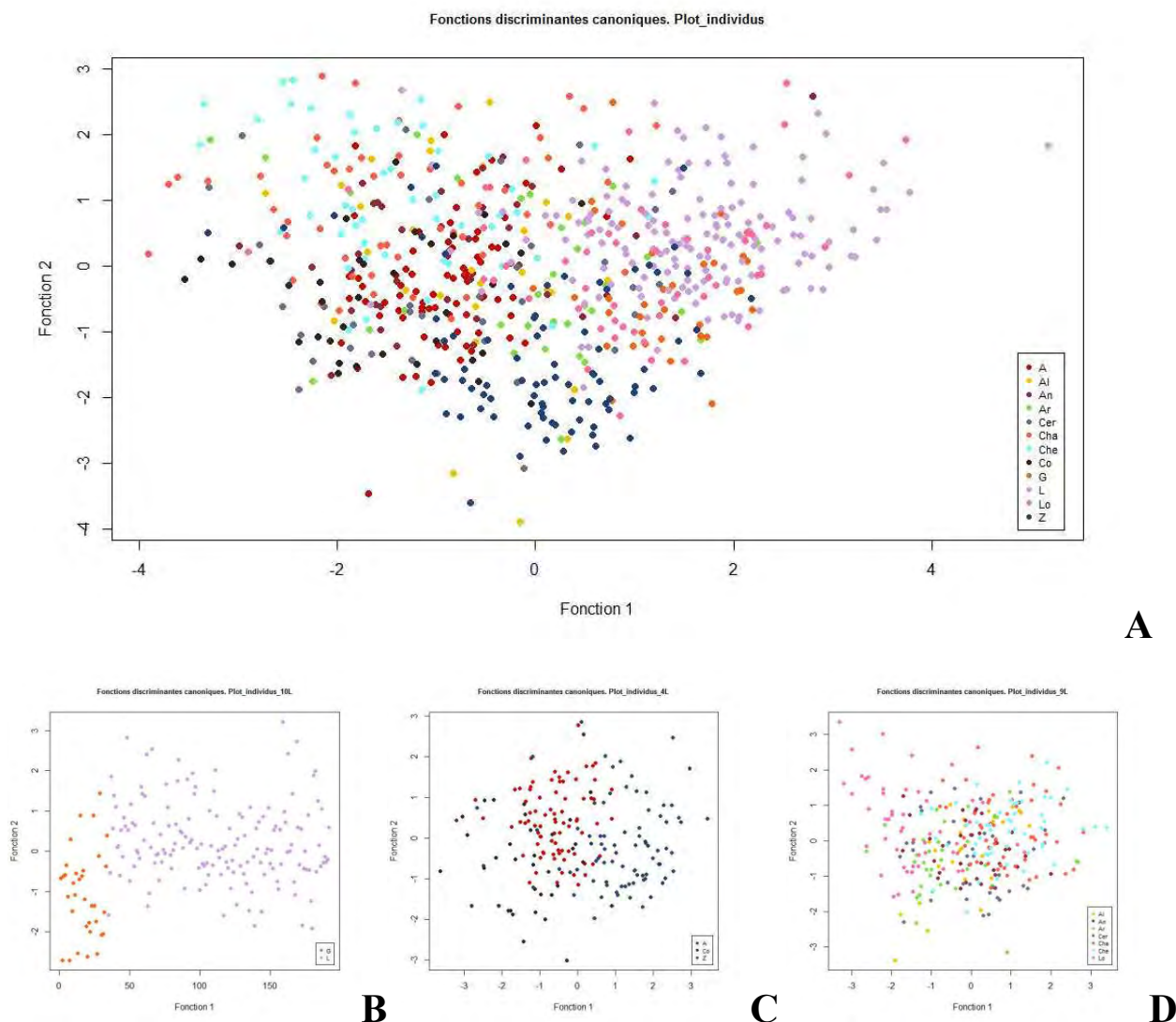


Figure 1: Représentation graphique des fonctions discriminantes canoniques A : pour l'ensemble des 12 individus appartenant aux 3 meutes étudiées ; B : pour les 3 individus de la meute du PASC ; C : pour les 7 individus de la meute du parc PASC ; D : pour les 2 individus de la meute du parc PESCH.

Les tableaux de classification (matrices de confusion) sont présentés ci-dessous (Tableau 9 de A à D). Lorsque tous les loups sont testés ensemble (meutes regroupées), le pourcentage moyen de classifications correctes atteint 43,72% avec un minimum de 0% (Al et Cer du PASC) et un maximum de 91,14% (L du PESCH).

La matrice de confusion obtenue pour la meute de 3 loups enregistrés au PASC montre un pourcentage moyen de classification de 74,62% avec un minimum de 47,22% (Co) et un maximum de 81,48 % (Z). La matrice de confusion obtenue pour la meute de 7 loups enregistrés au PASC montre quant à elle un pourcentage moyen d'assignations correctes de 36,46% avec un minimum de 0% (Al) et un maximum de 70,59 % (Lo).

Enfin, pour la meute de 2 loups enregistrés au PESCH, le pourcentage de bons classements atteint 83,85% avec un minimum de 29,41% (G) et un maximum de 95,57% (L).

Tableau 9: Matrice de confusion A : pour l'ensemble des 12 individus appartenant aux 3 meutes étudiées ; B : pour les 3 individus de la meute du PASC ; C : pour les 7 individus de la meute du PASC ; D : pour les 2 individus de la meute du PESCH. Gradient de couleurs : couleurs claires pour les faibles pourcentages d'assignation et foncées pour les pourcentages d'assignation plus élevés.

	A	Al	An	Ar	Cer	Cha	Che	Co	G	L	Lo	Z	Total	% correct
A	50	0	0	1	7	4	2	3	0	3	1	9	80	62,50
Al	5	0	0	1	1	7	4	1	0	3	0	6	28	0,00
An	10	0	1	2	1	6	3	6	0	5	0	3	37	2,70
Ar	4	0	0	2	1	4	1	0	0	11	0	10	33	6,06
Cer	7	0	1	0	0	3	3	6	0	8	0	9	37	0,00
Cha	13	0	1	1	1	17	9	1	0	8	0	0	51	33,33
Che	12	0	0	0	1	20	11	1	0	4	0	2	51	21,57
Co	13	0	0	0	1	5	0	10	0	1	0	6	36	27,78
G	1	0	0	0	0	0	0	0	3	25	0	5	34	8,82
L	6	0	0	1	0	0	3	0	1	144	0	3	158	91,14
Lo	4	0	0	1	0	3	1	0	0	31	1	10	51	1,96
Z	6	0	0	0	1	4	1	0	0	12	0	57	81	70,37
Total	131	0	3	9	14	73	38	28	4	255	2	120	677	43,72

A

	A	Co	Z	Total	% correct
A	64	4	12	80	80,00
Co	17	17	2	36	47,22
Z	12	3	66	81	81,48
Total	93	24	80	197	74,62

B

	Al	An	Ar	Cer	Cha	Che	Lo	Total	% correct
Al	0	0	7	7	7	5	2	28	0,00
An	0	4	5	8	10	5	5	37	10,81
Ar	0	0	14	3	4	2	10	33	42,42
Cer	1	3	2	12	4	5	10	37	32,43
Cha	0	3	1	5	22	16	4	51	43,14
Che	0	2	2	6	20	17	4	51	33,33
Lo	0	1	9	0	5	0	36	51	70,59
Total	1	13	40	41	72	50	71	288	36,46

C

	G	L	Total	% correct
G	10	24	34	29,41
L	7	151	158	95,57
Total	17	175	192	83,85

D

3.4 Analyses « semi-quantitatives » : l'indice d'entropie adapté aux hurlements de loups gris

Les 700 extractions obtenues grâce aux hurlements de 12 loups enregistrés dans les trois meutes du PASC et du PESCH ont été utilisées pour le calcul des indices d'entropie.

Pour chacun de ces 12 loups, 10 séquences⁴ de hurlements d'une durée de 30 secondes ont été sélectionnées aléatoirement dans les extractions. Un total de 120 séquences de hurlements de 30 secondes a ainsi été obtenu. Ces 120 séquences ont permis de créer 10 solos artificiels et 110 chorus artificiels (10 chorus de 2, 3, 4, ... jusque 12 loups).

En moyenne, l'indice d'entropie H calculé pour chaque taille de chorus (solos inclus) oscille entre $0,54 \pm 0,06$ et $0,66 \pm 0,03$. La Figure 2 montre qu'il existe une corrélation entre la valeur moyenne de H et le nombre de loups participant aux chorus. D'ailleurs, le test de Kruskal-Wallis indique qu'il existe une différence significative entre les moyennes de l'indice d'entropie calculées pour chaque taille de chorus, solos compris (Chi-squared = 47,49, df = 11, p-value = 1,76e-06).

⁴ Une séquence est une série de hurlements successifs d'un individu extraite d'un chorus.

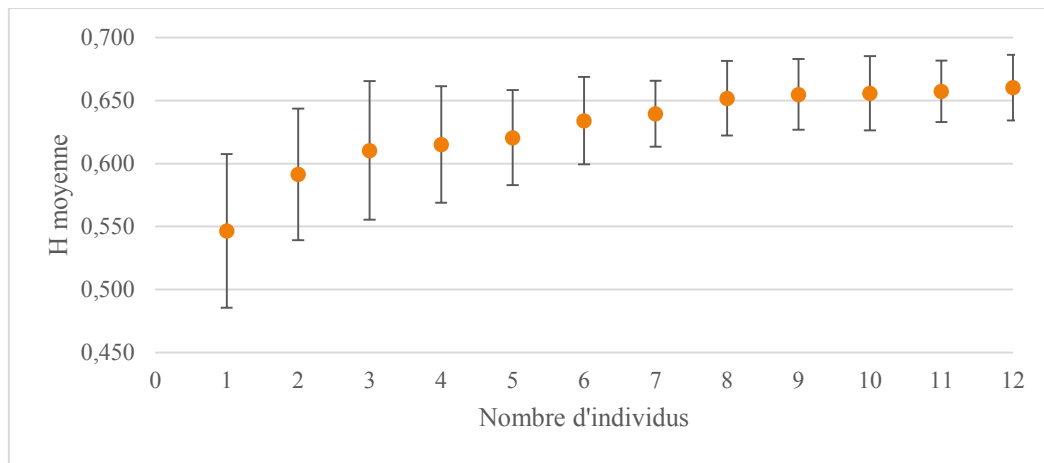


Figure 2: Entropie moyenne en fonction du nombre d'individus constituant un chorus accompagnée des écarts-types.

4. Discussion

Actuellement, la réalisation d'un suivi du Loup permettant de connaître l'évolution de son aire de présence et de ses effectifs sur le territoire français n'est pas chose aisée. La mise en place de méthodes fonctionnelles, fiables et rapides pour le dénombrement des individus reste un objectif à atteindre. L'outil bioacoustique, permettant de réaliser des comptages et des suivis d'espèces grâce à la mise en évidence d'une signature vocale individuelle, a été testé à plusieurs reprises pour tenter d'estimer l'effectif de loups sur la base de hurlements (e.g. *Tooze et al., 1990* ; *Palacios et al., 2007* ; *Root-Gutteridge et al., 2014*). Dans le cadre de la présente étude, deux méthodes différentes ont été testées en captivité : une méthode classique dite « quantitative » visant à utiliser des variables pour décrire les hurlements individuels et les discriminer, d'une part et, d'autre part, une méthode nouvelle dite « semi-quantitative », adaptée du concept d'entropie, consistant à quantifier l'hétérogénéité du signal sonore émis par un chorus en relation avec le nombre d'individus le composant.

Discrimination des individus sur la base des hurlements

Concernant la mise en évidence des différences acoustiques individuelles dans les hurlements et la discrimination des individus, les résultats de la présente étude ont été, pour la plupart, en adéquation avec la littérature. En effet, les variables apportant la plus grande part d'information sur l'identité individuelle ont été la moyenne de la fréquence fondamentale (*meanF*), la fréquence minimale (*minF*) et l'étendue de la fréquence (*Range*). Toutes ces variables sont basées sur la fréquence fondamentale ou sur la durée de cette dernière (*Dur*). La moyenne de la fréquence de la fondamentale est la seule variable qui s'est avérée significative dans l'ensemble des études précédemment réalisées sur d'autres taxons (*Canis lycaon* – *Tooze et al., 1990* ; *Canis lupus signatus* – *Palacios et al., 2007* ; *Canis lycaon*

– *Root-Gutteridge et al., 2014*). Dans le cas présent, contrairement aux travaux précédents, la valeur maximale de la fréquence fondamentale ($maxF$) n'a pas été révélée comme significative chez les loups gris (*Canis lupus lupus*). Ce résultat peut s'expliquer par les choix de paramétrages de *Seewave* pour la récupération des variables basée sur les extractions de hurlements (fenêtre de fréquences identique pour tous les loups, problème de saturation provoquant des valeurs extrêmes erronées, etc.). Concernant les prédictions obtenues grâce à l'Analyse Factorielle Discriminante, des pourcentages d'attribution correcte pouvant atteindre plus de 89% sont mentionnés dans la littérature. Par exemple, pour *Tooze et al. (1990)*, les résultats de classification ont été de 82%. De leur côté, *Palacios et al. (2007)* ont obtenu une matrice dépassant les 84% d'assignation correcte. Enfin, plus récemment, *Root-Gutteridge et al. (2014)* ont obtenu des pourcentages de classement atteignant 89,9% en prenant en compte de nouvelles variables caractérisant l'amplitude.

Dans le cas présent, le pourcentage d'attribution correcte a atteint au maximum 83,85% et était très différent selon les groupes d'individus étudiés. Quand l'ensemble des individus, toutes meutes confondues, était mélangé, l'assignation atteignait 43,72%. Des pourcentages plus élevés ont cependant été obtenus lorsque la discrimination a été testée pour chaque meute prise séparément. En effet, pour les deux individus du parc du Pescheray et les trois de la meute de Sainte Croix, les pourcentages étaient respectivement de 83,85% et 74,62%. En revanche, pour la seconde meute de Sainte Croix (9 loups dont 7 enregistrés), la discrimination n'a pas été aussi performante puisque le pourcentage n'a atteint que 36,46%. Sur l'ensemble des loups pris en compte dans l'analyse, les principales erreurs de classement proviennent donc, fort probablement, des individus de cette meute. Cette hypothèse est renforcée par le fait que la différenciation entre certains individus de cette meute s'est avérée particulièrement difficile, notamment entre « Che » et « Cha ». Notons cependant que certains loups de cette meute comme « Z » et « L », ont été assignés de manière très correcte. *Sieber (1986)* a montré que les individus d'une même famille pouvaient émettre des vocalisations très proches. Or « Che » et « Cha » sont justement 2 individus subadultes frère et sœur, et c'est ce qui pourrait expliquer la forte ressemblance de leurs hurlements, très difficiles à discriminer.

Des erreurs d'identification individuelle au moment de l'étiquetage des extractions, ainsi que des extractions de mauvaise qualité ont également pu influencer le pouvoir discriminant de l'analyse. Notons que l'extraction des hurlements au sein des chorus s'est avérée très difficile à partir d'un effectif supérieur à 5 individus hurlant simultanément. L'outil du logiciel *SpectraLayers Pro* permettant l'extraction de la fondamentale et des harmoniques des hurlements, bien que très pratique et flexible, a parfois fait preuve d'imprécisions, notamment dans la sélection automatique des cinq premiers harmoniques. En effet, lorsque deux hurlements se chevauchaient, l'extraction du premier hurlement détériorait la qualité du deuxième en extrayant des informations lui appartenant.

La distance expérimentateur-loups a également eu des effets notables sur la qualité des enregistrements : plus les loups étaient éloignés, moins la qualité était bonne. Aussi, la distance pouvait rendre plus difficile l'identification des individus sur la vidéo. De manière plus générale, la reconnaissance visuelle des individus, essentielle à cette étude, n'a pas toujours été évidente, surtout lorsque les parcs ne possédaient pas de trombinoscope des individus étudiés.

Par ailleurs, le code qui a été implémenté dans R pour la récupération automatique des variables prédictives pourrait être amélioré par la suite pour obtenir plus facilement certaines variables. Il était par exemple difficile de récupérer simplement le maximum de la fréquence fondamentale. Dans le temps imparti, un total de 12 variables a pu être testé. D'autres variables importantes, notamment celles qui concernent l'amplitude, pourraient être ajoutées de manière à augmenter le pouvoir discriminant du modèle permettant d'identifier les individus de loups gris sur la base de leurs hurlements.

L'entropie acoustique comme alternative aux analyses quantitatives

Les analyses quantitatives menées précédemment se sont avérées laborieuses et très chronophages. En effet, un nombre d'étapes relativement important est nécessaire pour l'obtention de données statistiquement exploitables : extraction des hurlements composant un chorus nécessitant le paramétrage d'un logiciel spécialisé, voir le recours à un code complexe comme dans le cas de [Root-Gutteridge et al. \(2014\)](#), étiquetage de ces hurlements (assignation au bon individu par l'expérimentateur) et enfin acquisition manuelle des variables, ou de manière automatisée avec un nouveau code à implémenter. Par ailleurs, toutes ces étapes sont autant de sources d'erreurs, qui même minimes lorsqu'elles sont prises séparément, peuvent se cumuler et entraîner un biais non négligeable dans les résultats de l'analyse discriminante. Ainsi, une analyse acoustique basée sur une mesure globale prise sur le chorus, sans nécessité d'extraire les hurlements, constituerait une alternative plus simple et rapide pour l'estimation de l'effectif d'un chorus. Les premiers résultats obtenus dans ce travail grâce à l'adaptation de l'indice H développé par [Sueur et al. \(2008a\)](#) s'avèrent encourageants. Dans le cas des estimations de la biodiversité, ces auteurs ont proposé une méthode qui ne s'intéresse non plus à l'unité spécifique mais à celle de la communauté. Ce changement d'échelle permet de supprimer les inconvénients liés à la réalisation des inventaires d'espèces, généralement longs, difficiles à réaliser et coûteux. Dans notre cas, il s'agit également d'un changement d'échelle d'étude, dans le but de simplifier l'analyse qui consiste à estimer l'abondance des loups composant un chorus. Il s'agit en effet de ne plus s'intéresser aux hurlements individuels mais plutôt de prendre en compte le chorus dans son ensemble.

L'indice H a été calculé sur des chorus générés artificiellement et pour lesquels le nombre exact de loups était connu. Les résultats ont montré que l'entropie augmente avec le nombre d'individus

composant les chorus. Les valeurs les plus élevées de H indiquent un chorus composé d'un grand nombre d'individus tandis que les plus faibles indiquent un nombre restreint d'individus. L'écart-type de H est plus important lorsque le nombre d'individus est faible, ce qui sous-entend que la variabilité des hurlements individuels est importante. Cette variabilité apporte un « bruit » qui, à ce stade, empêche d'obtenir une estimation précise du nombre d'individus hurlant. Par ailleurs, à partir de 8 individus, un début de plateau apparaît sur la courbe.

Des données supplémentaires pourraient renforcer la puissance de cet outil et rendre cette courbe-étalon plus précise. Toutefois, il ne faut pas oublier que ces résultats sont basés sur des chorus artificiels créés à partir d'extractions issues d'enregistrements réalisés en milieu captif. Les conditions étaient optimales (distance loups-enregistreur, abris du vent, etc.) et les extractions ont permis de supprimer tous les bruits parasites ainsi que le bruit de fond dégradant le signal original. Sur les enregistrements obtenus en conditions naturelles, d'autres contraintes seront à prendre en compte comme la présence de sons indésirables qui pourraient influencer l'entropie acoustique de manière erronée.

L'origine artificielle des chorus implique également la perte probable d'interactions individuelles liées à la structure de la meute, qui peuvent éventuellement influencer la valeur de l'entropie acoustique. C'est potentiellement le cas des enchaînements chronologiques des hurlements individuels dans un chorus, qui se produisent généralement suivant les statuts hiérarchiques. De plus, un biais d'interprétation peut provenir du fait que les individus ne participent pas forcément de la même manière aux chorus, notamment en termes de volume sonore et de durée des hurlements. D'autres travaux ont en effet montré que la quantité de hurlements produite variait selon le statut hiérarchique des individus, à savoir que les loups alphas et les plus dominants produisaient davantage de vocalises que les autres membres de la meute (Mazzini *et al.*, 2013). En outre, bien que certains auteurs aient pu observer des meutes dont l'ensemble des individus participaient aux chorus (e.g. Joslin, 1967 in Root-Gutteridge *et al.*, 2014), les observations réalisées dans le cadre de cette étude se sont avérées différentes. En effet, sur l'ensemble des meutes enregistrées, le loup oméga n'hurlait pratiquement pas, voire pas du tout dans certains cas. De même, pour la meute du parc animalier de Sainte Croix composée de 9 individus, le couple alpha se manifestait bien moins que les autres individus bêtas.

En captivité, les observations réalisées dans le cadre de ce travail ont montré que le stress subi par les individus pouvait aussi influencer leur comportement acoustique. En effet, certains individus ont dû être soignés voir même subir une intervention chirurgicale. Dans ce dernier cas, l'anesthésie a été prodiguée par fléchage, ce qui a fortement déstabilisé la meute et provoqué l'absence de hurlement. Il en est de même pour diverses interventions comme la vérification du bon état des clôtures. D'autres travaux ont évoqué les conséquences du stress sur les hurlements des individus. Par exemple, Mazzini

et al. (2013) ont montré que la disparition d'un individu alpha ou d'un partenaire privilégié pouvait stimuler les hurlements. En revanche, les conséquences de ce stress en termes de variabilité des hurlements ont rarement été étudiées.

Enfin, même si tous les individus participent à chaque chorus, la valeur de l'indice ne permet pas de savoir s'il s'agit des mêmes individus tout au long des 30 secondes ou s'il s'agit de plusieurs individus hurlant à tour de rôle. Dès lors, une approche mixte, mêlant à la fois une mesure de l'entropie et de l'individualité, permettrait peut-être d'aboutir à une estimation plus fiable de l'effectif de loups composant un chorus. Cela impliquerait de trouver un moyen simple et rapide d'obtenir des données exploitables sur l'individualité.

Une autre limite quant à l'utilisation de ce principe d'entropie existe concernant les modulations de fréquences. En effet, pour des hurlements de même durée, les modulations de fréquences conduisent à des valeurs de l'indice d'entropie supérieures à celles obtenues pour des hurlements « plats ». La possibilité pour un individu de modifier la structure de ses hurlements en augmentant les modulations de fréquence est connue et a été mise en relation avec la théorie de l'effet « Beau Geste », avancée par Krebs (1977).

En effet, les hurlements de loups ont un rôle de défense du territoire (Mech & Boitani, 2003). Les chorus contiennent des informations concernant la taille de la meute et celles-ci déterminent les interactions entre les meutes voisines (Harrington & Asa, 2003). A partir des vocalisations produites, les meutes s'évaluent entre elles, en termes d'effectif, afin d'éviter l'affrontement et la dispute territoriale (Harrington, 1989). Cette compétition territoriale entraîne les individus d'un même groupe social à transmettre des messages pouvant être « honnêtes » ou « mensongers » (Krebs & Dawkins, 1984 in Harrington, 1989). En effet, dans un souci de vulnérabilité et de sécurité, une meute de faible effectif, ayant subi un fort taux de mortalité, ou d'émigration, ou un couple s'installant sur un nouveau territoire, ont tendance à produire des hurlements modulés (Krebs & Dawkins, 1984 in Harrington, 1989). Le signal transmis aux meutes voisines est donc erroné puisque les modulations permettent de « gonfler » l'effectif réel (Harrington, 1989). En revanche, les loups ne peuvent tirer avantage de cette exagération que de manière périodique (Harrington, 1989).

Aussi, de par les fortes contraintes de propagation du son en milieu naturel, liées notamment au relief, à la végétation et aux conditions météorologiques, Harrington (1989) avait remarqué qu'il était très difficile d'estimer l'effectif d'une meute hurlant à l'oreille humaine. De même, Sèbe *et al.* (2004) ont insisté sur la nécessité d'approfondir les travaux qui concernent la propagation des hurlements en fonction de la distance et des contraintes liées au paysage sonore dans lequel ils sont émis. Dans le cadre de la problématique de dénombrement des individus, ces facteurs pourraient avoir des répercussions autant sur les analyses quantitatives que sur la mesure de l'entropie acoustique.

Enfin, parmi les limites rencontrées, il est à noter que certains individus ont eu tendance à japper très régulièrement au cours des chorus. Ces jappements n'ont pas été pris en compte dans nos analyses basées sur l'entropie, puisque les chorus artificiels n'ont été créés qu'à partir de hurlements.

De nombreux biais et de nouvelles questions seront donc à prendre en compte avant d'appliquer cette méthode sur des chorus issus du milieu naturel. Les résultats restent préliminaires et les manipulations réalisées en captivité ne sont pas transposables en l'état au milieu naturel.

5. Conclusion et perspectives

Le protocole de collecte d'enregistrements n'a cessé d'évoluer en fonction des parcs visités et des conditions rencontrées, ce qui permettra d'être plus efficaces et avertis lors des prochaines sessions d'enregistrements.

Une étude d'une durée de six mois ne peut répondre à toutes les questions soulevées par ce sujet complexe. Cependant, il est évident qu'une telle méthode, une fois adaptée aux conditions naturelles, constituerait un outil très utile dans le cadre des suivis actuellement menés sur le loup et en particulier en France par le réseau Loup de l'ONCFS.

Bien que préliminaire, ce travail aura permis de tester des protocoles et d'identifier de nombreuses contraintes et points à améliorer tant pour l'acquisition de données en captivité que pour le développement d'une méthode opérationnelle de suivi en milieu naturel. Les nombreuses heures consacrées aux prises de sons, sur des individus et dans des contextes différents, ont apporté de nombreux enseignements à la fois techniques et méthodologiques pour la poursuite de ce travail. Ces enseignements sont notamment : la connaissance du comportement des meutes, le choix des périodes propices à l'enregistrement des hurlements, le test de plusieurs méthodes de '*playback*', la prise en compte des paramètres climatiques ou encore l'adaptation aux contraintes matérielles et humaines des parcs animaliers (accès à l'électricité, horaires d'accès aux enclos, gestion du public, etc.).

En ce qui concerne l'analyse des données, la méthode basée sur l'entropie acoustique s'est montrée prometteuse et demande à être approfondie pour mieux prendre en compte la variabilité individuelle des hurlements. Il serait notamment intéressant d'inclure d'autres types de vocalisations pouvant être rencontrées dans les chorus naturels, tels que les jappements par exemple. Il faut d'ailleurs noter que ces vocalisations ont été entendues principalement dans la meute de 9 loups de Sainte Croix, dont les individus sont tous âgés de plus de 2 ans. Dans le cadre du protocole des « Hurlements Provoqués » mis en place par l'ONCFS pour détecter les événements de naissance (inférés par l'écoute de jappements attribués aux individus de l'année), ces observations tendent à montrer que des erreurs

peuvent être commises puisque ces vocalisations ne sont pas uniquement émises par des jeunes loups. Cette remarque a déjà été relevée par Longis *et al.* (2004), lors des tests de 'playback' effectués dans le cadre du suivi Loup mené par l'ONCFS. En incluant des jappements de louveteaux, de subadultes et d'adultes dans des chœurs artificiels, il pourrait être possible de comparer les résultats obtenus en termes d'entropie acoustique et ainsi d'étudier la possibilité de distinguer de manière plus sûre les événements de naissance dans le cadre de ce suivi de terrain.

Par ailleurs, si l'entropie acoustique peut être affectée par la variabilité des hurlements individuels, *a contrario*, cette mesure pourrait être avantageusement exploitée dans un autre contexte, en constituant un moyen simple et efficace pour quantifier l'effet « Beau Geste ». La théorie développée par Harrington (1989) dans le cas des loups, pourrait ainsi être testée grâce à cette mesure de l'hétérogénéité acoustique, en mettant en place une expérimentation visant à comparer les réponses de meutes captives qui seraient soumises à des stimuli différents.

Ces réflexions mériteraient d'être approfondies dans le cadre de nouveaux travaux conduits à la fois en captivité et en milieu naturel.

6. Bibliographie

- Audacity. 2013. Logiciel libre et multi-plateforme pour l'enregistrement et l'édition de sons. Version 2.0.5.
- Boitani L. 2003. Wolf conservation and recovery. In : Mech L.D., Boitani L., editors. *Wolves: behaviour, ecology and conservation*. The University of Chicago press, 317-340.
- Bradbury J.W. & Vehrencamp S.L. 1998. *Principles of Animal Communication*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 882p.
- Candiotti A., Zuberbuehler K. & Lemasson A. 2012. Convergence and divergence in Diana monkey vocalizations. *Biology Letters* 8.3 (11 January 2012): 382-385.
- Caniglia R. 2008. Non-invasive genetics and wolf (*Canis lupus*) population size estimation in the Northern Italian Apennines. Thèse de doctorat, Université de Bologne, 89p.
- Chambers S.M., Fain S.R., Fazio B. & Amaral M. 2012. An account of the taxonomy of North American wolves from morphological and genetic analyses. *North American Fauna*, 77: 1–67.
- Charrier I., Casey C., Reichmuth C. & Mathevon N. 2014. Le who'who des éléphants de mer septentrional : décryptage de la signature vocale individuelle chez les mâles. 44ème colloque de la SFECA, 2014, 8-10 juillet 2014, Université Paris Ouest Nanterre la Défense, Nanterre.
- CROC. 2014. Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1er janvier au 31 décembre 2013. Rédaction : Germain E. et Pichenot P., Mai 2014, 114p.
- DIREN PACA⁵. 1996. Le retour naturel du loup en France dans les Alpes du Sud. *L'info loups*, 1: 4.
- Frommolt K.H., Goltsman M.E. & MacDonald D.W. 2003. Barking foxes, *Alopex lagopus*: field experiments in individual recognition in a territorial mammal. *Animal Behaviour*, 65: 509–518.
- Gerhardt H. C. 1992. Multiple messages in acoustic signals. *Seminars in Neurosciences*, 4: 391–400.
- Harrington F.H. 1989. Chorus howling by wolves: acoustic structure, pack size and the Beau Geste effect. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 2: 117–136.
- Harrington F.H. & Asa C.S. 2003. Wolf communication. In : Mech L.D., Boitani L., editors. *Wolves: behaviour, ecology and conservation*. The University of Chicago press, 66-103.
- Holt T.D. 1998. A structural description and reclassification of the wolf, *Canis lupus*, chorus howl. Thèse de master en sciences, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada, 110p.
- Krebs J.R. 1977. The significance of song repertoires: The Beau Geste Hypothesis. *Animal Behaviour*, 25: 475–478.
- LCIE⁶. 2007. *Canis lupus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 August 2014.
- L'équipe d'animation du réseau Loup. 2014. Premier retour d'expériences de la mise en œuvre du nouveau protocole de suivi hivernal des loups. *Bulletin loup du réseau*, 31: 6-7.

⁵ Direction Régionale de l'Environnement Provence Alpes Côte d'Azur.

⁶ Large Carnivore Initiative for Europe.

- Longis S., Leonard Y., Sèbe F. & Duchamp C. 2004. Test de la méthode du hurlement provoqué - Compte rendu suivi estival pour la reproduction du loup 2004. Quoi de neuf ? Bulletin d'information du réseau loup, 12: 5-7.
- Lucchini V., Galov A. & Randi E. 2004. Evidence of genetic distinction and longterm population decline in wolves (*Canis lupus*) in the Italian Apennines. *Molecular Ecology*, 13: 523–536.
- Marboutin É. & Duchamp C. 2005. Gestion adaptative de la population de loup en France : du monitoring à l'évaluation des possibilités de prélèvements. *ONCFS Rapport scientifique*, 14–19.
- Mazzini F., Townsend S.W., Virányi Z. & Range F. 2013. Wolf howling is mediated by relationship quality rather than underlying emotional stress. *Current Biology*, 23: 1677–1680.
- McGregor P.k., Catchpole C.k., Dabelsteen T. & Falls J.B. 1992. Design of playback experiments: The thornbridge hall nato arw consensus. In : McGregor P.k., editor. *Playback studies in animal communication*. Plenum Press, New York & London, 231 p.
- Mech L.D. & Boitani L. 2003. Wolf social ecology. In : Mech L.D., Boitani L., editors. *Wolves: behaviour, ecology and conservation*. The University of Chicago press, 1-34.
- MEDDE⁷ & MAAF⁸. 2013. Plan National d'Action Loup 2013-2017. 69 p.
- Nowak, R.M. & Federoff, N.E., 2002. The systematic status of the Italian wolf. *Acta Theriologica*, 47: 333-338.
- Palacios V., Font E. & Marquez R. 2007. Iberian wolf howls: acoustic structure, individual variation, and a comparison with North American populations. *Journal of Mammalogy*, 88: 606–613.
- Passilongo D., Dessi-Fulgheri F., Gazzola A., Zaccaroni M. & Apollonio M. 2012. Wolf counting and individual acoustic discrimination by spectrographic analysis. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 21: 78–79.
- Preatoni D.G., Nodari M., Chirichella R., Tosi G., Wauters L.A. & Martinoli A. 2005. Identifying bats from time-expanded recordings of search calls: comparing classification methods. *Journal of Wildlife Management*, 69: 1601-1614.
- R. 2014. The R Project for Statistical Computing. Version 3.1.0.
- Randi E. 2011. Genetics and conservation of wolves *Canis lupus* in Europe. *Mammal Review* 41: 99–111.
- Ripley B., Venables B., Bates D.M., Hornik K., Gebhardt A. & Firth D. 2002. Package 'MASS'. Functions and datasets to support Venables and Ripley, 'Modern Applied Statistics with S'. 4th edition, 169 p.
- Root-Gutteridge H., Bencsik M., Chebli M., Gentle L.K., Terrell-Nield C., Bourit A. & Yarnell R.W. 2014. Improving individual identification in captive Eastern Grey Wolves (*Canis lupus lycaon*) using the time course of howl amplitudes. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 23: 39-53.

⁷ Ministère de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie.

⁸ Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la Forêt.

- Sèbe F., Heitz N., Latini R. & Aubin T. 2004. Le wolf howling, un outil pour le recensement et la conservation des loups: possibilités et limites de la méthode. *Recherches Naturalistes en Région Centre*, 14: 53–59.
- 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. In : *La bioacoustique : un outil d'avenir pour le suivi et la gestion des espèces animales*. 2012. *Faune Sauvage*, 295: 4–7.
- Sieber O. J. 1986. Acoustic recognition between mother and cubs in raccoon (*Procyon lotor*). *Behaviour*, 96: 130-163.
- Sillero-Zubiri C. 2009. Grey wolf *Canis lupus*. In : Wilson D.E, Mittermeier R.A. *Handbook of the mammals of the world*. Lynx Edicions: 413.
- SONY SpectraLayers Pro. 2013. SONY Creative Software. Version 2.0.
- Sueur J., Pavoine S., Hamerlynck O. & Duvail S. 2008a. Rapid Acoustic Survey for Biodiversity Appraisal. *PLoS ONE*, 3: 1-9.
- Sueur J., Aubin T. & Simonis C. 2008b. Equipment review. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 18: 213-226.
- Tanzarella S. 2010. Propriétés des sons et conséquences biologiques. Perception et communication chez les animaux. Seconde édition. Edition De Boek, Bruxelles: 21-32.
- Tooze Z.J., Harrington F.H. & Fentress J.C. 1990. Individually distinct vocalizations in timber wolves, *Canis lupus*. *Animal Behaviour*, 40: 723–730.

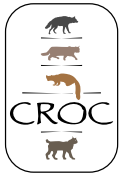
7. Liste des figures

Figure 1: Représentation graphique des fonctions discriminantes canoniques A : pour l'ensemble des 12 individus appartenant aux 3 meutes étudiées ; B : pour les 3 individus de la meute du PASC ; C : pour les 7 individus de la meute du parc PASC ; D : pour les 2 individus de la meute du parc PESCH.....	19
Figure 2: Entropie moyenne en fonction du nombre d'individus constituant un chorus accompagnée des écarts-types.....	21

8. Liste des tableaux

Tableau 1: Récapitulatif des informations concernant les parcs choisis suite à l'enquête menée par le CROC.....	10
Tableau 2 : Conditions logistiques des parcs visités et stimuli employés.....	11
Tableau 3: Caractéristiques et réglages choisis de l'outil d'extraction « Extract/Harmonics ».....	12
Tableau 4: Récapitulatif des variables mesurées.....	13
Tableau 5: Nombre de jours de terrain et enregistrements effectués selon les parcs visités.....	16
Tableau 6: Nombre d'extractions réalisées en fonction des analyses futures et des individus.....	17
Tableau 7: Résultats des variables mesurées.....	18
Tableau 8: Poids des variables générés par l'AFD sur les deux premiers vecteurs discriminants expliquant 92% de la variance.....	18
Tableau 9: Matrice de confusion A : pour l'ensemble des 12 individus appartenant aux 3 meutes étudiées ; B : pour les 3 individus de la meute du PASC ; C : pour les 7 individus de la meute du PASC ; D : pour les 2 individus de la meute du PESCH. Gradient de couleurs : couleurs claires pour les faibles pourcentages d'assignation et foncées pour les pourcentages d'assignation plus élevés.....	20

Annexe 1 : Questionnaire soumis aux responsables des parcs animaliers.



CROC
8A rue Principale
Hameau de Faxé
57590 Fonteny
www.croc-asso.org

Entretiens téléphoniques avec les parcs animaliers présentant des loups gris en captivité

Travail réalisé dans le cadre du projet du CROC : « Suivi et estimation de la taille des meutes de loups gris (*Canis lupus lupus*) par une méthode bioacoustique »

PRESENCE/ABSENCE DE LOUP GRIS

- 1) Votre parc accueille-t-il bien des loups gris ? si oui, de quelle sous-espèce s'agit-il ?
- 2) Votre parc accueille-t-il d'autres espèces / sous-espèces de loup ? Si oui, lesquelles ?

HURLEMENT DES LOUPS GRIS

- 3) Vos loups gris hurlent-ils ?
- 4) Si oui, les hurlements sont-ils réguliers ? Interviennent-ils à l'occasion d'évènements particuliers (alarmes, sonneries, passage d'avions etc.) ?
- 5) Les loups gris se positionnent-ils à des lieux précis dans l'enclos lors des hurlements ?
- 6) Quelle(s) période(s) semble(nt) propice(s) aux hurlements dans votre parc (jour, nuit, saisons) ?
- 7) Vous semble-t-il envisageable de pouvoir provoquer les hurlements de votre (vos) meute(s) de loups gris ? Avez-vous déjà pratiqué la technique des hurlements provoqués ?

INFORMATIONS SUR LA (LES) MEUTE(S) DE LOUPS GRIS

- 8) Combien de meutes de loups gris sont présentes dans votre parc ? dans un ou plusieurs enclos ?
- 9) Si votre parc accueille d'autres espèces / sous-espèce de loups, leurs enclos sont-ils à proximité de(s) enclos des loups gris ?
- 10) Quelles sont les compositions et structure de votre (vos) meutes de loups gris (nombre d'individus, sexes, âges) ?
- 11) L'identification individuelle des loups vous semble-t-elle possible sur vidéos ?

REALISATION DES ENREGISTREMENTS ACOUSTIQUES ET VIDEOS

- 12) Compte tenu de la configuration de votre enclos et de votre connaissance du comportement de votre meute au moment des hurlements, vous semble-t-il possible techniquement d'enregistrer les hurlements en même temps que de les filmer ?
- 13) Pensez-vous que votre parc accepterait que nous réalisions ces tests d'enregistrement sur vos loups en 2014 tout en respectant les animaux et le travail de votre équipe ?
- 14) Si oui, quelle période serait la moins contraignante pour vous ?

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des individus faisant parti des meutes étudiées (Hors PAD⁹).

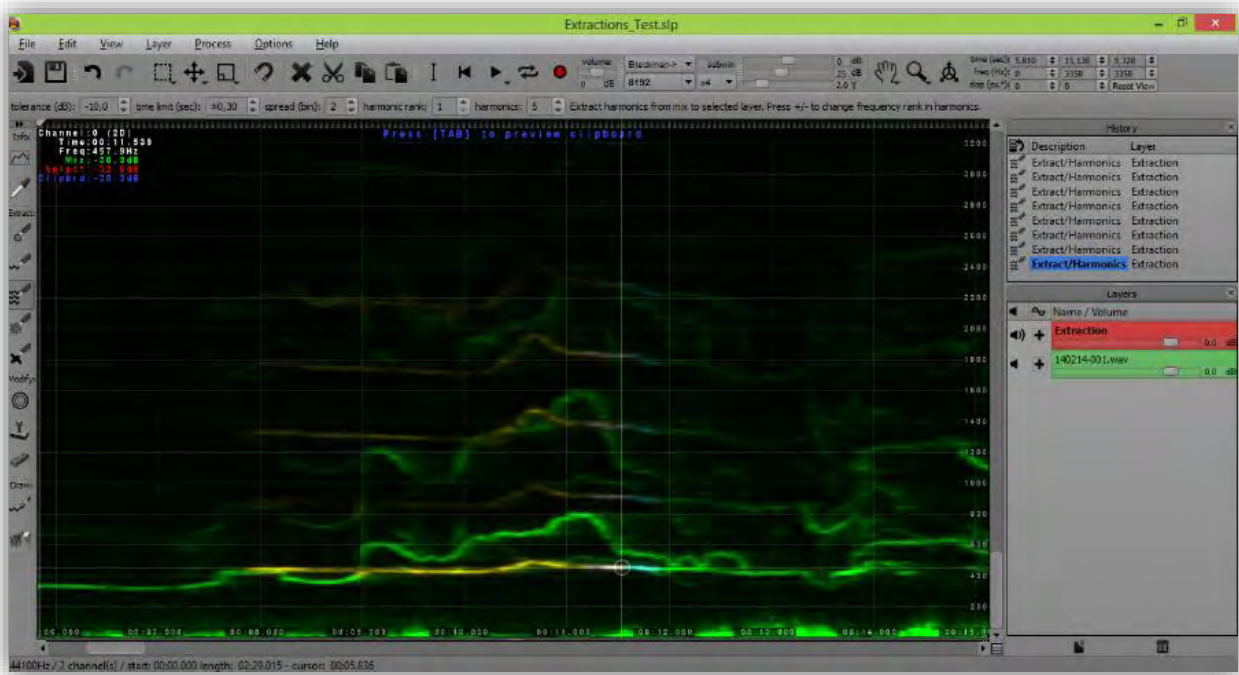
Nom_ind	Id_ind	Sexe	Année de naissance	Parc	Meute	Lien de parenté	Provenance
Amande*	A	F	2002	PASC	4L	Sœur de Z	PASC
Coyote*	Co	F	2008	PASC	4L	Fille de Z&A	PASC
Timide		F	2003	PASC	4L	Fille de Z&A	PASC
Zorro*	Z	M	2003	PASC	4L	Frère de A	PASC
Aby	Ab	F	2010	PASC	9L	Fille de Ar&Lo	PASC
Alix*	Al	F	2010	PASC	9L	Fille de Ar&Lo	PASC
Ana*	An	F	2010	PASC	9L	Fille de Ar&Lo	PASC
Aron*	Ar	M	2005	PASC	9L		Hambourg (Allemagne)
Cerbère*	Cer	M	2012	PASC	9L	Fils de Ar&Lo	PASC
Chaussette*	Cha	F	2012	PASC	9L	Fille de Ar&Lo	PASC
Cheyenne*	Che	M	2012	PASC	9L	Fille de Ar&Lo	PASC
Lola*	Lo	F	2005	PASC	9L		Munich (Allemagne)
Aurore		F	2012	PESCH	10L	Fille de L&S	PESCH
Baloo	B	M	1999	PESCH	10L		PESCH
Charly	C	M	2009	PESCH	10L	Fils de S	PESCH
Grimlins*	G	F	2007	PESCH	10L	Fille de S	PESCH
Iris		M	2013	PESCH	10L	Fils de L&B	PESCH
Jack		M	2013	PESCH	10L	Fils de L&B	PESCH
Léa*	L	F	2004	PESCH	10L		PESCH
Roucky		M	2012	PESCH	10L	Fils de L&S	PESCH
Schewps	S	M	2001	PESCH	10L		PESCH
Timide		M	2013	PESCH	10L	Fils de L&S	PESCH

Abréviations : Ind : Individu ; M : Mâle, F : Femelle ; PAD : Parc Argonne Découvertes ; PASC : Parc Animalier de Sainte Croix, PESCH : Domaine Zoologique du Pescheray.

(*) : Individus avec extractions de hurlements ($n \geq 30$).

⁹ Aucun enregistrement effectué dans le Parc Argonne Découverte.

Annexe 3 : Illustration d'une extraction à l'aide du logiciel SpectraLayers Pro 2.0 et de l'outil « Extract/Harmonics ».



Since the return of wolves (*Canis lupus lupus*) in France in 1992, the canid represents many economic, environmental and political issues. As the Wolf is a protected species, the monitoring of its conservation status is necessary and involves the estimation of the size of its population. In this perspective, new methods continue to be developed, especially in recent disciplines such as bioacoustics. This work investigates the possibility to estimate the wolf packs size by studying their howls. Two ways of research conducted on captive wolves were identified: the identification of an individual recognition in howls emitted by wolves ("quantitative method") and the adaptation the principle of entropy ("semi-quantitative method").

Sound and video recordings were made on three wolf packs observed in two zoos. In total, the howls (chorus or solo) of twelve wolves were used for analyses.

For the "quantitative method", twelve variables whose calculation was based on frequency or amplitude of the sound, were measured on 679 howls' extractions. The most informative variables for individual identity were those found in the literature (the average of the fundamental frequency, the minimum frequency and the range of the frequency). Discriminant function analysis could assigned 43.72% of howls to the correct individual when all the wolves were mixed. These accuracies were different from one pack to another (36.46%, 74.62% and 83.85% for the packs of 9, 2 and 7 wolves respectively). The low score obtained for the pack of 9 wolves and, indirectly, when wolves were mixed, could be explained because of the existence of a relationship between individuals but also because of a misidentification of wolves when the 'labelling' of howls was made. For the "semi-quantitative method", 120 artificial chorus from 1 to 12 wolves were created from the extractions performed. A correlation between the average of entropy index and the number of wolves howling has been highlighted.

Although preliminary, these results are very encouraging. This work has permitted to test protocols and to identify many constraints that have to be improved for data acquisition in captivity and for the development of an operational method for monitoring the gray wolf in the wild. The pursuit of this research will probably permit to answer these new questions and thereafter, to offer a powerful tool for estimating the size of wolf packs in the context of the monitoring of the canid on the French territory.

Keywords: *Canis lupus lupus*; vocalizations; chorus; entropy; individual voice signature

Depuis son retour en France en 1992, le Loup (*Canis lupus lupus*) représente de nombreux enjeux économiques, écologiques et politiques. Espèce protégée, le suivi de son statut de conservation est nécessaire et passe inévitablement par l'estimation de l'effectif de ses populations. Dans cette perspective, de nouvelles méthodes continuent d'être développées notamment dans des disciplines récentes comme la bioacoustique. Le présent travail étudie la possibilité de dénombrer les loups d'une meute à partir de leurs hurlements. Deux axes de recherche conduits sur des meutes vivant en captivité ont été définis : d'une part, la mise en évidence d'une signature individuelle vocale chez le Loup (méthode dite « quantitative ») et, d'autre part, l'adaptation du principe d'entropie (méthode dite « semi-quantitative »).

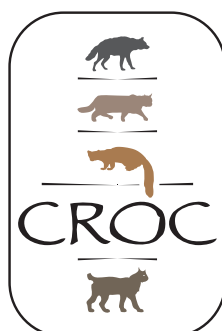
Des enregistrements sonores et vidéos ont été réalisés sur 3 meutes de loups observées dans deux parcs animaliers. Au total, les hurlements (chorus ou solos) de 12 loups ont pu être exploités pour les analyses.

Pour le volet « quantitatif », douze variables de fréquence ou d'amplitude ont été mesurées sur 679 extractions d'hurlements. Les variables apportant la plus grande part d'information sur l'identité individuelle sont celles retrouvées dans la littérature (la moyenne de la fréquence fondamentale, la fréquence minimale et l'étendue de la fréquence). Concernant les pourcentages d'attribution, ils sont différents selon les meutes (36,46%, 74,62% et 83,85% pour les meutes de 9, 2 et 7 loups respectivement) et lorsque tous les loups sont mélangés (43,72%). Le faible score obtenu pour la meute de 9 loups et, indirectement, pour l'ensemble des loups mélangés, pourrait s'expliquer notamment du fait de l'existence de lien de parenté entre certains individus mais aussi des erreurs d'identification des loups lors de « l'étiquetage » des hurlements. Pour le volet « semi-quantitatif », 120 chorus artificiels de 1 à 12 individus ont été créés à partir des extractions réalisées. Une corrélation entre l'indice d'entropie moyen et le nombre de loups hurlant a été mise en évidence.

Bien que préliminaires, ces résultats sont très encourageants. Ce travail aura permis de tester des protocoles et d'identifier de nombreuses contraintes et points à améliorer tant pour l'acquisition de données en captivité que pour le développement d'une méthode opérationnelle pour le suivi du loup gris en milieu naturel. La poursuite de cette recherche permettra probablement de répondre à ces nouvelles questions et offrira alors un outil performant de comptage et de suivi des loups sur le territoire français.

Mots-clés : *Canis lupus lupus* ; vocalisations ; chorus ; entropie ; signature vocale

CROC (2015) Bilan des programmes scientifiques et des activités pédagogiques conduits par le CROC du 1^{er} janvier au 31 décembre 2014. Rédaction : Germain E., Pichenot J., Papin M. et Clasquin M., Mai 2015, 152p.



Centre de Recherche et d'Observation sur les Carnivores

www.croc-asso.org

Siège social

8A rue Principale
Hameau de Faxé
57590 Fonteny

Bureaux

4 rue de la Banie
57590 Lucy
Tél : 03.87.86.90.76
