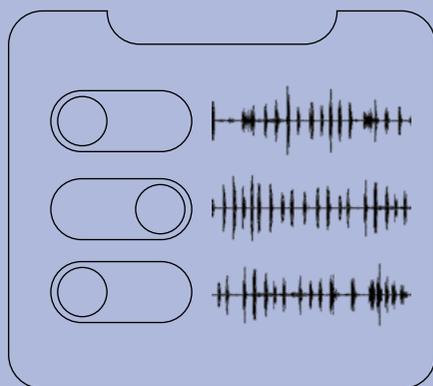


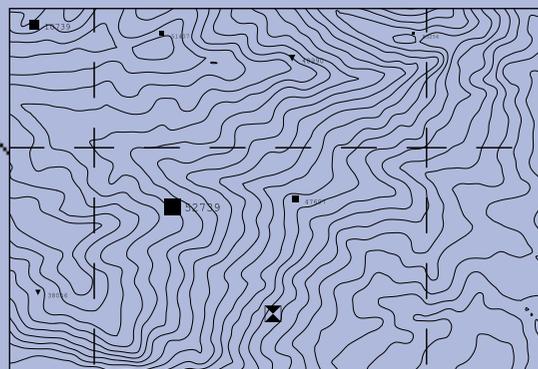
# L'ÉCHO DES FORÊTS

Mettre la nature sur écoute. C'est le principe de l'éco-acoustique, jeune discipline qui enregistre les sons vivants pour cartographier les paysages sonores. Décoder leurs variations permet aux scientifiques de suivre la biodiversité sans perturber l'équilibre des milieux étudiés. Captant le bourdonnement des insectes autant que le hurlement des singes, ces nouveaux aventuriers du son déclinent la pratique à toutes les échelles, et dans tous les environnements. Vitrine de leurs travaux, le projet EAR (EcoAcoustics Research Project) est mené par des chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle, du CNRS et de l'Institut de systématique, évolution et biodiversité. Parmi eux, Sylvain Haupert est impliqué dans des études menées en Guyane française et dans le Haut-Jura : il nous ouvre grand les oreilles.

Entretien  
Camille Tenneson



**RENCONTRE AVEC  
SYLVAIN HAUPERT, IN-  
GÉNIEUR DE RECHERCHE  
CNRS AU MUSÉUM  
NATIONAL D'HISTOIRE  
NATURELLE, MEMBRE  
DU PROJET EAR.**





Massif du Risoux, Parc naturel régional du Haut-Jura. © Sylvain Hauptert

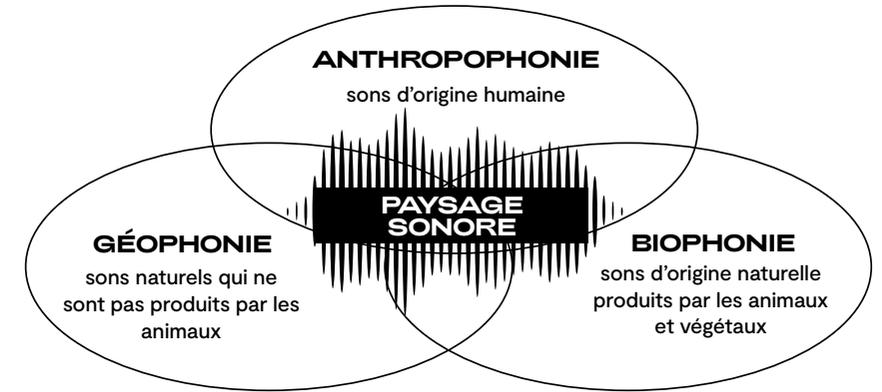
**[Camille Tenneson] L'éco-acoustique est née au Muséum national d'histoire naturelle en 2014, mais quelles sont ses origines ?**

**[Sylvain Hauptert]** Tout commence avec la notion de paysage sonore, qui est une traduction du néologisme *soundscape*, et qui convoque les imaginaires, l'écologie, la biologie, la musique, l'acoustique, la psychologie. En 1960, le compositeur Murray Schafer a fondé le *World Soundscape Project*, un mouvement de recherche qui s'est intéressé à « l'écologie acoustique » afin d'assurer l'harmonie de la communauté humaine avec son environnement sonore. La discipline a été popularisée par Bernie Krause, un musicien de studio qui s'est mis à enregistrer la nature (il a notamment composé la bande originale d'*Apocalypse Now*, et a présenté l'installation *Le Grand Orchestre des animaux* à la Fondation Cartier en 2016). En 2014, au cours d'un congrès au Muséum

national d'histoire naturelle (MNHN), un collectif de chercheurs internationaux, dont Jérôme Sueur du MNHN, ont proposé de créer une nouvelle discipline scientifique, l'éco-acoustique, avec un cadre théorique qui dépasse la simple notion de paysages sonores afin de pouvoir traiter des questions fondamentales en écologie.

**[CT] Qu'est-ce qui la différencie de la bioacoustique, dont les premiers enregistrements remontent à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ?**

**[SH]** La bioacoustique est une discipline plus ancienne qui consiste à étudier le comportement sonore des animaux pour décoder leurs systèmes de communication. L'éco-acoustique peut être considérée comme sa petite sœur. Elle est également basée sur l'enregistrement des sons de nature, mais cherche à en extraire des informations écologiques et de suivi de la biodiversité. Lorsque nous enregistrons les vocalisations

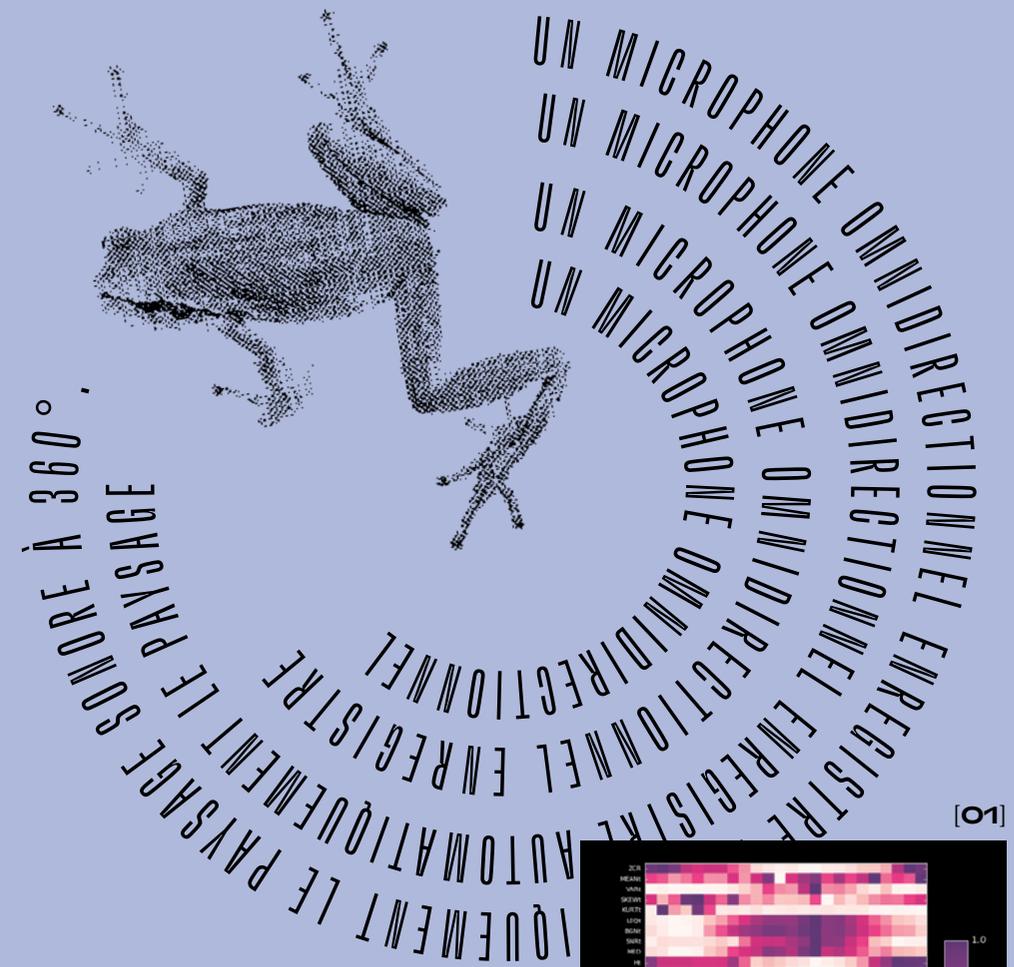


des toucans, espèce emblématique de l'Amazonie, nous ne cherchons pas à savoir pourquoi ils chantent ; mais nous utilisons leurs vocalisations comme des marqueurs pour tenter de répondre à des questions d'ordre écologique. Cela permet de comprendre, par exemple, si l'ouverture d'une nouvelle voie terrestre à travers la forêt tropicale a un impact sur leurs populations.

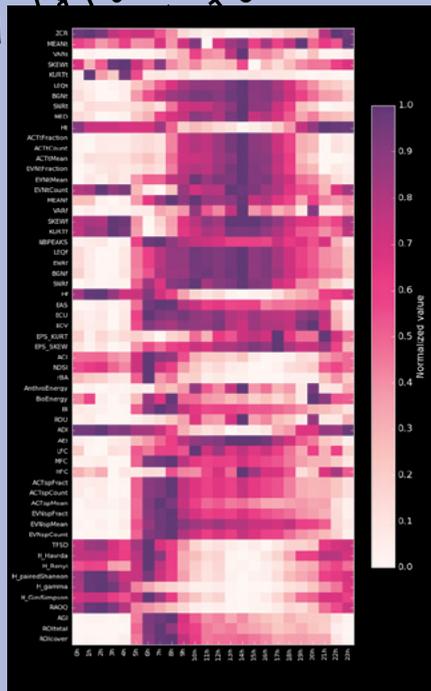
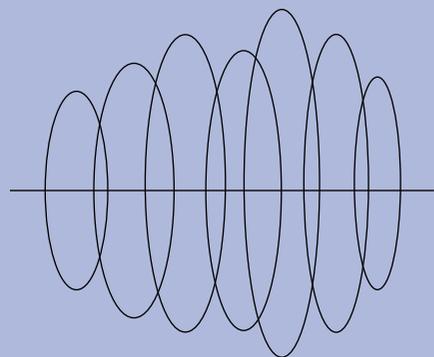
**[CT] Quelles sont les composantes du paysage sonore ?**

**[SH]** On distingue trois sources selon le classement de Bernie Krause. La biophonie désigne les sons d'origine naturelle produits par les animaux et végétaux : le chant des oiseaux, le coassement des amphibiens, le brame du cerf, le hurlement des loups, et la stridulation des insectes – moins connue, mais très présente. En forêt, on entend aussi le vent, la pluie, les gouttes dans les feuillages... C'est la géophonie, les sons naturels qui ne sont pas produits par les

animaux. Enfin, l'anthropophonie regroupe les sons d'origine humaine : la voix, mais aussi les bruits liés aux moyens de transport. Celui des avions en particulier s'est imposé comme une composante omniprésente du paysage sonore, polluant même l'acoustique des espaces naturels protégés. En éco-acoustique, on cherche notamment à comprendre comment la biophonie est impactée par l'anthropophonie, c'est-à-dire par l'activité humaine. C'est très visible dans les océans où règne parfois une véritable cacophonie. Les moteurs des bateaux ou des forages en mer perturbent gravement les comportements des animaux, de la baleine aux crevettes. Cela impacte en effet leurs déplacements, leurs recherches de proies et leurs comportements de prédation.



[01] Indice acoustique, massif du Risoux, Parc naturel régional du Haut-Jura, juin 2019. © Sylvain Hauptert



Installation des magnétophones en forêt du Risoux, Haut-Jura. © Sylvain Hauptert



[CT] Concrètement, comment les enregistrements sont-ils recueillis ?

[SH] C'est l'une des différences entre la bioacoustique et l'éco-acoustique. En bioacoustique, le chercheur va au plus proche de l'animal avec son micro directionnel, comme un journaliste, pour l'écouter parler ou lui poser des questions en lui diffusant un stimulus expérimental afin d'enregistrer sa réponse. Malgré des efforts de discrétion, sa présence peut perturber le milieu dans lequel il évolue. En éco-acoustique, le chercheur n'est pas présent : on pose un magnétophone avec un microphone omnidirectionnel qui enregistre automatiquement le paysage sonore à 360°, un peu comme un espion. Il capte l'ensemble des composantes fréquentielles : le tambourinage des pics autant que le son des insectes qui strident à très haute fréquence, et parfois même les ultra-sons de chauve-souris si le matériel le permet.

[CT] Quels sont les outils de représentation graphique du son pour décoder ces enregistrements ?

[SH] Le premier outil dont on dispose, c'est l'oreille humaine : on peut écouter les bandes sonores et les annoter. Ce n'est pas possible à notre échelle, car nous travaillons sur des dizaines de milliers d'heures. Écouter au hasard des segments d'une bande donne des informations peu représentatives, il faut absolument répéter la mesure régulièrement pour avoir une estimation fiable des animaux présents dans le milieu. On annote alors les enregistrements sonores à l'aide d'un visuel. On utilise des spectrogrammes, une décomposition en 2D : le temps est représenté en abscisse, la fréquence en ordonnée et l'intensité selon une échelle de couleurs. On obtient ainsi une image sur laquelle on peut voir si les sons sont brefs ou continus, graves ou aigus, intenses ou discrets. On peut donc détecter des signatures sonores typiques d'animaux,

et leurs activités étonnantes. Lorsqu'il devient impossible de tout écouter, il est indispensable de faire des analyses automatiques.

Parmi nos outils, les indices acoustiques compressent l'information en valeur unique. Ce sont des opérations mathématiques plus ou moins complexes qui permettent de qualifier ce que contient la bande sonore. Jérôme Sueur a été l'un des premiers écologues à proposer cette approche avec l'entropie temporelle qui permet de visualiser si les sons sont répartis uniformément dans le temps, ou s'ils sont concentrés : cela donne des valeurs complètement différentes si on a un bruit de fond continu ou un son saillant à un moment donné. Enfin, lorsqu'il devient nécessaire d'analyser les unités qui composent les paysages sonores, nous utilisons les outils issus de l'intelligence artificielle. C'est très pratique lorsqu'on travaille dans des environnements où l'expertise humaine pour reconnaître les espèces est rare, comme les forêts boréales de Sibérie.

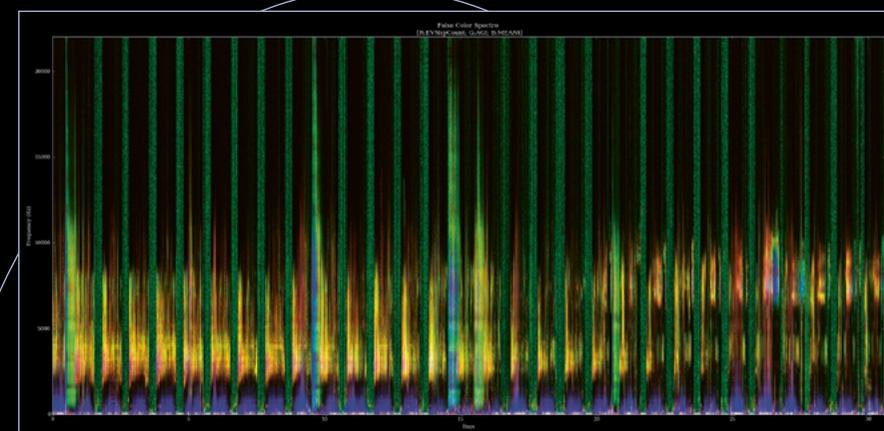
**[CT] Qu'est-ce que ces techniques nous apprennent sur l'environnement ?**

**[SH]** L'éco-acoustique permet de poser des questions d'ordre écologique : elle cherche à mesurer la richesse spécifique d'un milieu (le nombre d'espèces différentes présentes – un merle noir, un merle à plastron...), mais aussi l'abondance de la biodiversité (qui permet par exemple de constater qu'il y a plus de merles noirs que de merles à plastron). C'est le Graal de ce que l'on cherche. En Guyane, par exemple, le phénomène des orgies de grenouilles qui se réunissent pour chanter au même moment est assez spectaculaire. Capturer cet instant assez bref permet d'étudier les différentes espèces qui composent ces rassemblements sonores. On peut aussi utiliser ces outils pour travailler sur la restauration de milieux endommagés par une industrie ou une activité humaine : on estime le nombre d'espèces présentes de manière automatique 24h/24 avant, pendant et après la restauration de l'habitat, ce qui serait impossible à faire pour un expert.



Installation des magnétophones dans la réserve des Nouragues, Guyane. © Pierre-Michel Forget

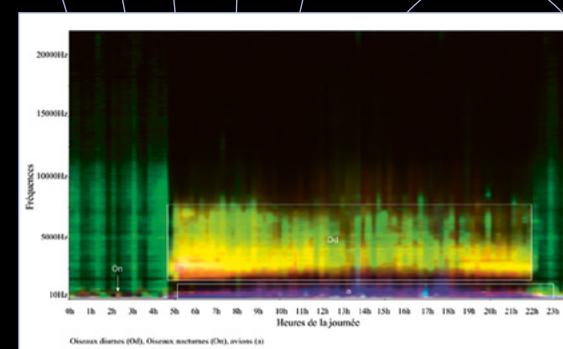
**[O2]**



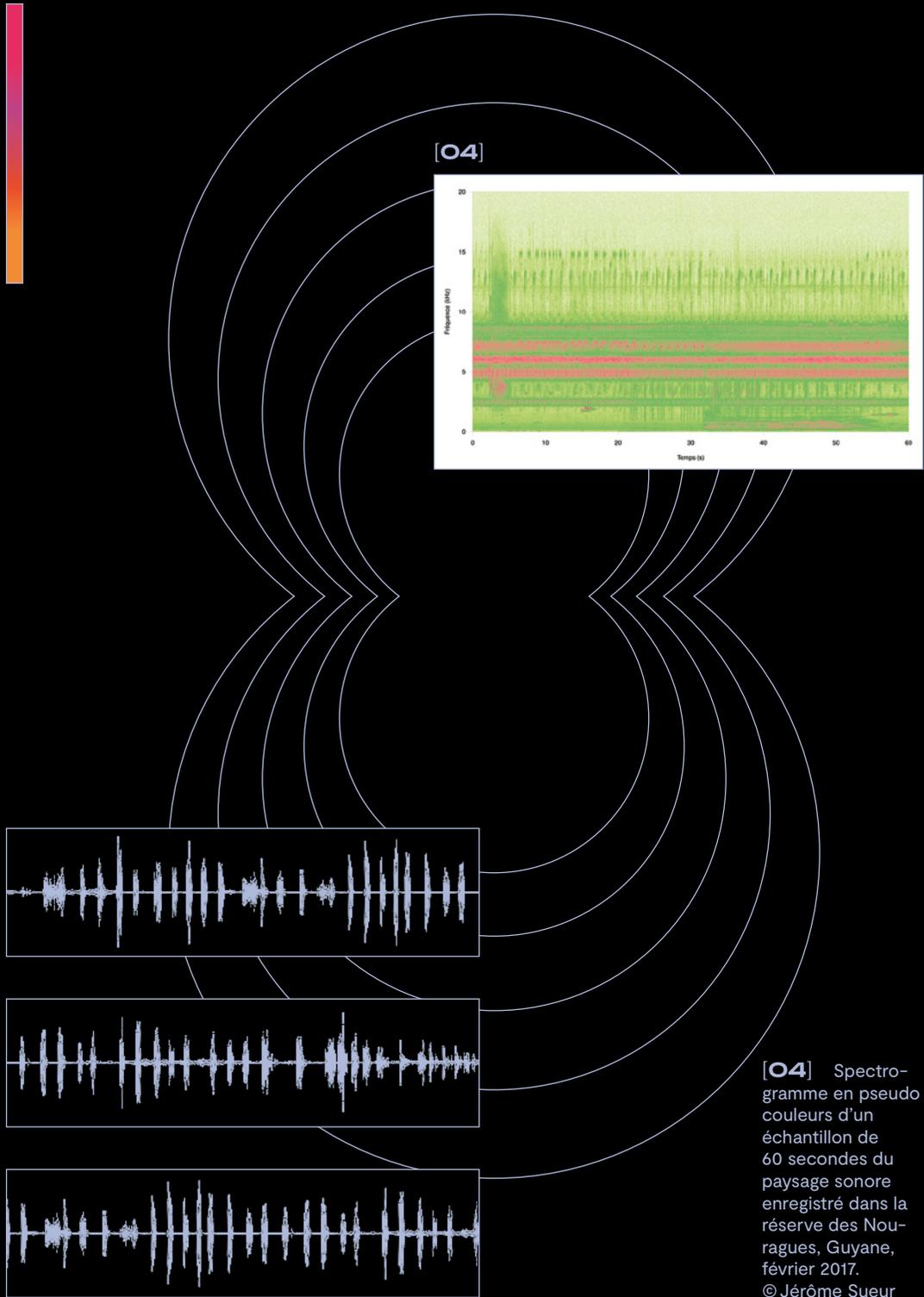
**[O2]** Spectrogramme en pseudo-couleurs du paysage sonore enregistré pendant 30 jours dans le massif du Risoux, Parc naturel régional du Haut-Jura, juin 2019. © Sylvain Hauptert

**[O3]** Spectrogramme en pseudo-couleurs indiquant la source des sons enregistrés sur une journée dans le massif du Risoux, Parc naturel régional du Haut-Jura, juin 2019. © Sylvain Hauptert

**[O3]**



Oiseaux diurnes (Dd), Oiseaux nocturnes (Nn), avions (A)



Magnétophones, massif du Risoux, Parc naturel régional du Haut-Jura. © Sylvain Hauptert



[CT] **L'éco-acoustique permet-elle de suivre les changements causés par le réchauffement climatique ?**

[SH] Pour comprendre ses effets sur les communautés animales, nous menons un projet à long terme sur quinze ans dans une forêt emblématique du parc naturel régional du Haut-Jura, le massif du Risoux, une forêt froide d'altitude moyenne (1200 mètres). Nous avons installé quatre magnétophones autonomes qui enregistrent 24h/24, 7j/7 le paysage sonore et ainsi suivent son évolution dans l'espace et le temps. Notre hypothèse de base est que certaines espèces généralistes (le merle noir) peuvent prendre la place des espèces spécialistes (le merle à plastron) qui sont fragilisées, car plus sensibles aux changements de température. Cela ne veut pas dire qu'on aura moins de richesse acoustique, mais plutôt une transformation du paysage sonore avec l'apparition de

nouveaux chants et la disparition d'autres chants, comme celui du grand tétras. Cette espèce emblématique du massif du Risoux, relique de l'époque glaciaire, en danger d'extinction, possède l'un des chants les plus singuliers du règne animal. Sa disparition serait une perte inestimable pour notre patrimoine naturel sonore.

[CT] **Ce projet testé depuis 2019 est une première en France : en quoi est-ce un défi ?**

[SH] C'est d'abord un défi d'être financé sur quinze ans : généralement, en recherche, les budgets sont renouvelés tous les deux ou trois ans. C'est ensuite un défi humain : il faut que l'équipe tienne sur la durée, ou que les connaissances circulent. Et c'est bien sûr un défi technologique. Le matériel a été adapté aux conditions du Jura où les périodes hivernales sont très longues et très froides : les températures descendent jusqu'à –

25 °C pendant la nuit, et l'enneigement peut aller jusqu'à 2 mètres de haut, ce qui constitue des difficultés d'accès. Il a fallu mettre en place un dispositif qui fonctionne de manière autonome, avec des batteries qui résistent au froid, au gel et à l'humidité. On enregistre une minute tous les quarts d'heure : 96 fichiers par jour pour chacun des quatre magnétophones, ce qui représente plus de 140 000 fichiers par an, soit plus de 2300 heures d'enregistrements. Cela fait de grosses bases de données à gérer ! Les appareils sont coupés du monde. On ne va sur place que deux fois par an pour récupérer les données et assurer la maintenance : juste avant l'hiver et à la sortie du printemps, en dehors des périodes de reproduction du grand tétras pour ne pas les perturber.

**[CT] Les activités de pleine nature ont-elles un impact sur l'éco-acoustique ?**

**[SH]** L'idée n'est pas de mettre la forêt sous cloche : elle est ouverte aux promeneurs, aux skieurs, aux chasseurs et aux forestiers. Ces activités sont peu audibles sur nos bandes sonores, car les magnétophones sont placés dans les zones les plus éloignées possible des routes et des chemins. Cela ne veut pas dire qu'elles n'ont pas d'impact sur le paysage sonore de la forêt, car elles suscitent très probablement un certain dérangement de la faune.

**[CT] L'écologiste acoustique Gordon Hempton a fait plusieurs fois le tour du monde à la recherche des sons naturels les plus rares qui ne peuvent être appréciés qu'en l'absence de bruit d'origine humaine. D'après lui, le silence est en voie de disparition. A-t-il été possible de mesurer**

**l'effet de l'arrêt des activités humaines dû aux confinements ?**

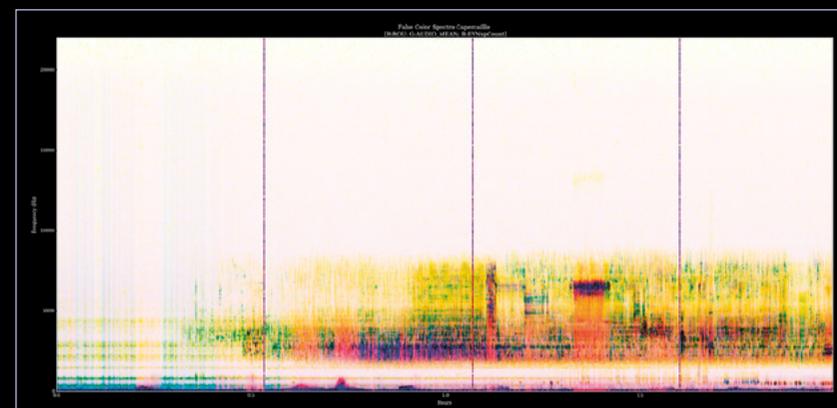
**[SH]** Des études tentent de mesurer l'impact de la pollution sonore, comme le projet Silent Cities mené en ville et à la campagne dans le monde entier avec à sa tête un collectif de quatre chercheurs français. L'idée était d'enregistrer une minute toutes les dix minutes, 24h/24, depuis le début du confinement jusqu'aux mois suivant sa fin. J'y ai participé en posant mon enregistreur sur ma fenêtre, selon le protocole. Les résultats sont en cours d'analyse, cela prendra du temps, car il faut traiter des milliers d'heures d'enregistrement. Mais il n'y a pas eu de retour à la normale comme on aurait pu l'imaginer. En particulier, les nuisances sonores liées au trafic aérien sont encore loin d'être revenues à leur état initial. En 2020, le brouhaha ambiant a cessé. Mais c'est plutôt 2021 qu'il faudra comparer à 2019 : il sera intéressant de voir si on observe une recrudescence de certaines espèces, si elles ont profité de cette période de calme pour communiquer et se reproduire davantage.

**[CT] Selon Bernie Krause, 50 % des sons de la nature auraient disparu en cinquante ans. À quoi peut-on s'attendre en termes d'évolution des paysages sonores ?**

**[SH]** La biodiversité traverse une crise majeure. Le rythme de disparition des espèces et leur nombre sont suffisamment grands pour que l'on puisse dire qu'une sixième extinction de masse est en cours. Si rien n'est fait pour enrayer ce processus, nous allons à la disparition de nombreux sons, les paysages sonores vont s'appauvrir, parfois jusqu'au silence total, qui signifierait la mort d'un écosystème. Sans aller jusque-là, nous



**[O5]** Spectrogramme en pseudo couleurs du paysage sonore enregistré aux premières heures du jour dans le massif du Risoux, Parc naturel régional du Haut-Jura, 2020. © Sylvain Hauptert





Magnétophones, massif du Risoux, Parc Naturel Régional du Haut-Jura. © Sylvain Hauptert

assisterons sûrement à une homogénéisation des paysages sonores qui auront perdu tous les sons rares et caractéristiques de leur écosystème pour ne garder que ceux des espèces les plus résilientes au changement climatique.

**[CT] L'éco-acoustique peut-elle aider à préserver le patrimoine sonore ?**

**[SH]** L'un des buts de l'éco-acoustique est d'enregistrer des sons dans des milieux qui disparaissent pour les conserver dans les collections numériques. Nous le faisons avec la sonothèque du MHNH. Aujourd'hui, nous n'avons pas connaissance de paysages sonores d'avant la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Ils sont perdus à jamais. Mais dans certains endroits très peu modifiés par l'homme, comme les forêts ayant subi peu d'anthropisation, on peut rêver que leurs paysages sonores sont proches de ceux entendus des centaines, voire des milliers d'années auparavant. Je pense par exemple aux singes hurleurs, en Guyane, qui résonnent comme des râles humains qui déchirent la nuit. C'est très puissant ! Conserver ces sons est une démarche patrimoniale importante pour les prochaines générations.

**[CT] Cette mémoire collective permet d'imaginer de nouvelles méthodes d'éducation du public par le son, qui se démarquent des pédagogies visuelles et écrites classiques.**

**[SH]** Le projet « PepaSon » (acronyme enfantin pour « Pédagogies des Paysages Sonores ») initié par Arthur Enguehard (chercheur en géosciences, NDLR) utilise les paysages sonores comme principal support pédagogique pour sensibiliser notamment les enfants à la diversité des sons naturels,

et donc plus généralement à la biodiversité. Ils interviennent sur le terrain, par exemple par la pratique d'enregistrements en plein air. Le son peut être mis en valeur pour imaginer des pédagogies originales, un peu comme les écoles en forêt dans les pays scandinaves où les enfants apprennent les notions de base de leur éducation : compter, lire, écrire...

**[CT] Sans expertise scientifique, comment être plus attentif aux sons qui nous entourent ?**

**[SH]** C'est presque de la méditation ! C'est la différence entre entendre et écouter : soit on reçoit le son et on passe à un autre, soit on y prête attention et on tente de le décoder. J'aime bien avoir une approche de citoyen naturaliste : être dans un endroit en pleine conscience et remarquer ce qui est perceptible au premier plan, au deuxième plan, essayer de remarquer les plus petits sons, les plus lointains... Comme on regarde un paysage, on peut écouter un arbre : il craque, le bruit des insectes sous l'écorce se fait entendre, de la sève qui circule... Il faut apprendre à dépasser les réflexes qui nous ont éloignés de la nature. Écouter le bourdonnement d'une abeille plutôt que d'imaginer un danger et se dire qu'elle va nous piquer. On a tellement voulu s'extraire de la nature qu'on s'est mis des barrières. Il faut rétablir plus de contact physique avec elle... et cela passe aussi par les oreilles. •