



La revue des gestionnaires
des milieux naturels remarquables
de Bourgogne-Franche-Comté

Octobre 17

Les nouvelles
technologies
au service de la
gestion des
milieux naturels

La médiatisation croissante de l'effondrement de la biodiversité globale souligne l'ampleur du problème et les enjeux de conservation pour un nombre croissant de citoyens. Qu'elles soient justifiées par des principes culturels, éthiques, philosophiques ou utilitaires, les actions de conservations s'imposent face à une crise qui sera aussi sociétale. Pour conserver au mieux, il faut connaître au mieux la biodiversité elle-même et les facteurs susceptibles de l'influencer. Pour l'heure, les outils qui dominent les étapes d'inventaire et de dénombrement restent classiques et traditionnels : des femmes et des hommes sur le terrain recensent, comptent, cartographient... Leurs données sont associées au dire d'expert (lui aussi important) pour étayer les choix de conservations. Mais les gestionnaires des espaces naturels peuvent maintenant bénéficier d'avancées techniques décisives. C'est dans cette période de probable mutation technologique que les gestionnaires des espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté unissent leurs efforts au service de la Biodiversité. *L'Azuré*, jusqu'alors revue franc-comtoise, s'ouvre à la Bourgogne et devient celle des gestionnaires des Réerves naturelles de Bourgogne-Franche-Comté, du Parc national des forêts de Champagne et Bourgogne et des Conservatoires d'espaces naturels de Bourgogne et de Franche-Comté. Ce nouveau numéro est donc le lieu idéal pour présenter des méthodes d'avenir.

Désormais, la phase descriptive, associée à l'analyse de la biodiversité peut se révéler « high tech ». Des techniques qui étaient réservées à des structures de recherche fortunées deviennent plus accessibles. L'accessibilité provient de la réduction des coûts de certains matériels, du développement de démarches numériques capables de « digérer » un nombre impressionnant de données pour restituer une information, mais aussi de l'avènement des ressources pédagogiques numériques. Les drones par exemple, sont maintenant offerts aux plus grand nombre et les gestionnaires de la nature peuvent acquérir des équipements performants pour prendre la hauteur souhaitée et cartographier espèces et habitats afin d'en évaluer l'état et l'évolution, sans avoir recours à l'utilisation coûteuse et en partie moins précise d'images prises par avion ou satellite. Le traitement d'un très grand nombre « d'échos laser » permet au Lidar de détecter des variations surfaciques subtiles, voire insoupçonnées, offrant ainsi une aide précieuse à certains travaux de restauration des milieux, comme par exemple, la détection du cours ancien de ruisseaux rectifiés. Dans le même ordre d'idée, la bioinformatique permet maintenant de traiter une masse gigantesque de données moléculaires pour dresser une liste d'espèces (microbes compris) dans un prélèvement d'eau ou de sol.

Si puissantes soient-elles, ces nouvelles techniques ne doivent pas remplacer le regard expert du naturaliste qui décide de toute façon où, quand et quoi décrire. Elles doivent le compléter en augmentant son acuité et sa palette descriptive. Nourri de données plus complètes et plus fines, le naturaliste doit rester l'acteur central qui communique directement au plus grand nombre sa passion pour la nature, car il en apprécie aussi une dimension que j'espère à jamais non mesurable : la beauté.

Avec le soutien financier de



Bruno Faivre,
Directeur adjoint, UFR Sciences de la Vie,
de la Terre et de l'Environnement, Université de Bourgogne
Président du Conseil scientifique du CEN Bourgogne



Photo de la tourbière des Rousses (39) prise avec un drone dans le cadre du Programme Life tourbières du Jura
© J.P. Culas / Photocoptère

Intérêts et limites de l'usage des drones pour les gestionnaires

De par sa facilité d'utilisation et sa souplesse, le drone (aéronautique sans humain à bord le plus souvent télécommandé) est un outil de plus en plus utilisé sur les milieux naturels pour l'obtention d'images photographiques ou de vidéos. Le drone apparaît complémentaire de la télédétection satellitaire et du travail de terrain. Il permet en effet d'intervenir sur une échelle fine, de pouvoir visualiser des zones peu accessibles avec des impacts limités sur la faune et la flore.

Pour quelle utilisation ?

Les gestionnaires l'utilisent principalement pour le suivi des paysages, d'espèces ou de l'évolution des habitats notamment avant/après travaux (associations végétales, fragmentation ou continuité des habitats, etc.), le suivi d'espèces, le suivi de l'érosion naturelle, etc.

Par ailleurs, ces images offrant un autre point de vue, elles s'avèrent particulièrement intéressantes pour communiquer auprès des élus et du grand public. Elles leur permettent en effet de visualiser concrètement l'impact sur le site des actions de restauration et de gestion mises en œuvre. La mise en valeur des sites naturels par cet outil peut permettre à la population locale de prendre conscience de la beauté de leur paysage et des enjeux de leur protection.

D'un point de vue opérationnel, deux solutions existent pour l'obtention de ces clichés par le gestionnaire.

Faire appel à un prestataire

Cette solution apparaît à première vue comme la plus simple pour avoir des clichés de qualité. Le nombre de prestataires potentiels a fortement augmenté depuis quelques mois et les coûts des prises de vue tendent à diminuer peu à peu (de 200 à 400 euros par point de décollage). En dehors des prises de vue classiques, des nouvelles techniques se développent et l'on peut obtenir par exemple des images assemblées permettant un déplacement à 360° et de haut en bas dans le site depuis le point de décollage. Par ailleurs, différentes techniques de photogrammétrie permettent des corrections et analyses avancées sur les images. Ces possibilités impliquent

généralement des prestataires mieux équipés et un coût plus important.

Quelques remarques doivent cependant être mentionnées pour les prises de vue d'entrée de gamme :

- Le rayon d'action possible du drone autour du point de décollage est de 200 m et la hauteur maximale de vol est de 150 m. Ces éléments sont à prendre en compte dans le calage de la mission.
- Le gestionnaire doit s'assurer que le prestataire retenu possède l'ensemble des autorisations administratives nécessaires (cf. Réglementation).
- Les prestataires étant davantage spécialisés dans la sécurité, l'industrie ou la valorisation touristique, il appartient au gestionnaire de bien présenter les objectifs de la prise de vue dans un cahier des charges et s'assurer du bon équipement du prestataire sous peine d'obtenir des clichés non utilisables. La présence du gestionnaire au moment des prises de vue est recommandée pour pallier ces problèmes.
- Les droits sur les images faites par le prestataire doivent enfin être bien connus par le gestionnaire : cédés en totalité au gestionnaire ou partiellement pour une utilisation précise.

Dans le cadre du programme Life tourbières du Jura, des clichés pré-travaux ont été réalisés avec pour objectif d'en réaliser post-travaux la dernière année du programme. Le budget étant limité, il a été choisi de faire appel à un prestataire local pour 8 tourbières avec 1 point de décollage par site (2430 euros TTC). Le cahier des charges n'a pas été suffisamment précisé dans la commande initiale, faute à une inexpérience sur cette technologie naissante. Les clichés réalisés seront difficilement exploitables dans le cadre d'un suivi post-travaux, mais font déjà l'objet d'une utilisation dans le cadre de la communication du programme européen.

Acquérir un drone

Selon le nombre de clichés à réaliser, la fréquence d'utilisation et les prix d'achat, la question de l'acquisition d'un drone par la structure ou de façon mutualisée dans un réseau peut se poser. A partir de 500 €, il est en effet déjà possible de trouver un drone réalisant des prises de vue de bonne qualité. Bien que l'acquisition d'un drone équipé de caméra/appareil photo soit aisée, la réalisation des clichés et leur utilisation peuvent être soumises à des règles assez restrictives. Ainsi, alors qu'il n'y a pas de réglementation propre pour un usage de loisir ou de compétition, il faut être détenteur d'un permis pour avoir le droit de faire des photos pour un usage professionnel (fins commerciales ou de promotion d'une structure). Une formation théorique d'une semaine permettant d'obtenir le Brevet de Pilote Théorique ULM suivie de pratique permet l'acquisition d'un savoir-faire avancé nécessaire au pilotage de drones. Une réflexion sur la mutualisation d'un pilote formé et d'un drone à l'échelle du réseau des CEN est en cours mais le gain en termes de coût et de disponibilité comparativement à un appel à des prestataires doit être étudié.

Précautions à prendre

Par son vol à basse altitude et son bruit éventuel, le drone peut constituer un dérangement pour la faune et particulièrement pour les oiseaux. Il est ainsi recommandé de se montrer prudent quant aux espèces présentes sur les sites en période de nidification, à leur réaction éventuelle à l'approche du drone et de privilégier des appareils de petite taille et peu bruyants. Une étude suisse fait d'ailleurs un point sur la question¹.

Réglementation

En extérieur, l'utilisation de drones et de modèles réduits est soumise à la réglementation en place dans l'aviation civile. Une réglementation différente existe, non pas selon les machines utilisées, mais selon l'usage qui en est fait. Dès lors que l'utilisation des clichés produits n'est pas limitée au loisir ou à la compétition, on parle d'activités particulières. L'exploitant d'un aéronef utilisé pour des activités particulières doit déclarer son activité à la Direction générale de l'aviation civile. Les télépilotes doivent détenir un certificat d'aptitude théorique de pilote d'aéronef habité. A cette réglementation, s'ajoute celle sur le vol lui-même (cf. Faire appel à un prestataire). Alors que les utilisateurs de loisirs sont soumis à des zones de restriction de vol, les professionnels ont la possibilité de faire des déclarations ou demandes d'autorisations préalables auprès de la préfecture pour leur survol (30 jours avant). Le site du ministère de la Transition écologique et solidaire² précise l'ensemble de ces points.



Drone © A. Buttet - AOMSL

Expérience de l'Association ornithologique et mammalogique de Saône-et-Loire

L'Association ornithologique et mammalogique de Saône-et-Loire (AOMSL) a fait, en 2017, l'acquisition d'un drone de type hexacoptère (un Typhoon H, de marque Yuneec), doté d'une caméra-appareil photo numérique, d'une valeur de 1 200 €. D'un poids de 1,6 kg, il nécessitera, en 2018, la détention d'un brevet d'aérogologie de niveau 1 (alors obligatoire pour les drones de plus de 800 g). Il a d'abord été employé, avec succès, pour la localisation de nids de busard cendré (*Circus pygargus*) dans des champs de céréales et de busard des roseaux (*Circus aeruginosus*) dans des cariçaies. L'opération, rapide (9 mn en moyenne par nid), est réalisée par un survol à 50 m (<https://www.youtube.com/watch?v=-WA2Hko7kOA&feature=youtu.be>). L'impact sur les cultures ou la végétation et le dérangement des oiseaux sont bien moindres que lors de prospections au sol. Le drone sera également utilisé pour localiser des nids de héron pourpré (*Ardea purpurea*) et de courlis cendré (*Numenius arquata*) et, en hiver, pour le dénombrement de colonies de héron cendré (*Ardea cinerea*) en forêt et le repérage d'aires de rapaces.

Expérience sur la Réserve naturelle nationale de La Truchère-Ratenelle (71)

Dans le cadre du suivi des dunes continentales de la Réserve en 2017, une prestation a été réalisée pour un montant de 840 € TTC pour une vingtaine d'hectares couverts intégralement par des photos prises en altitude de type orthophotographie aérienne. L'objectif était d'effectuer un état 0 avant les travaux de réhabilitation de ces milieux (stades landes et forêts) qui auront lieu dans les cinq années à venir. Les clichés obtenus pour ce tarif sont satisfaisants en termes de précision avec une résolution d'un pixel pour 2 cm sur le terrain. Sans travail supplémentaire (dont de géoréférencement) sur les images, les clichés initiaux apparaissent cependant difficilement exploitables sous SIG (pour calculer des surfaces d'habitats notamment). D'autres devis permettant ce genre de réalisation à l'aide d'une aile volante (aéronef ne possédant ni fuselage, ni empennage et permettant d'embarquer de la charge utile) et faisant appel à la photogrammétrie (technique consistant à effectuer des mesures de différents points de vue et permettant d'obtenir une copie 3D exacte de la réalité) étaient chiffrés en moyenne 2 500 € pour la même surface.

Emilie Calvar

Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté
emilie.calvar@cen-franchemonte.org

Aurélien Poirel

Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne
aurelien.poirel@cen-bourgogne.fr

Biblio

¹ Les oiseaux face aux drones :
<http://www.vogelwarte.ch/fr/station/news/communiques/les-oiseaux-face-aux-drones> <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178448>

² Informations du ministère de la Transition écologique et solidaire relatives aux drones :
<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques/drones-aeronefs-telepilotes>

L'utilisation des données Lidar pour la restauration de milieux naturels

Les possibilités d'intervention physique sur les milieux naturels, notamment les zones humides, augmentent avec l'expérience acquise ces dernières années par les gestionnaires. Le besoin de connaître la topographie fine des terrains devient un préalable incontournable à la conception des cahiers des charges de travaux de restauration, pour mieux comprendre le relief ou l'hydrologie et dimensionner au plus près les ouvrages. Auparavant, on faisait appel à un topographe qui arpenteait les terrains d'étude, mais ces prestations chronophages (et onéreuses) n'étaient rentables que sur de petits territoires.

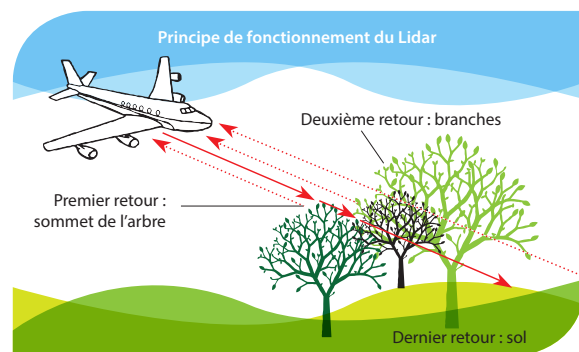
Le recours à la technologie Lidar (*Light Detection and Ranging*) est de plus en plus utilisé pour obtenir ces informations. Parmi les différents systèmes qui existent, c'est le télémètre laser à balayage qui s'applique le mieux à nos problématiques. Il permet de couvrir de grandes surfaces à moindre coût.

Calqué sur le principe du Radar (*Radio Detection and Ranging*), le Lidar émet un rayon lumineux (par exemple un laser infrarouge) qui va se réfléchir sur un objet, puis être capté par un récepteur. L'appareil mesure ensuite le délai entre l'émission et la réception pour déterminer la distance de l'objet (télémétrie).

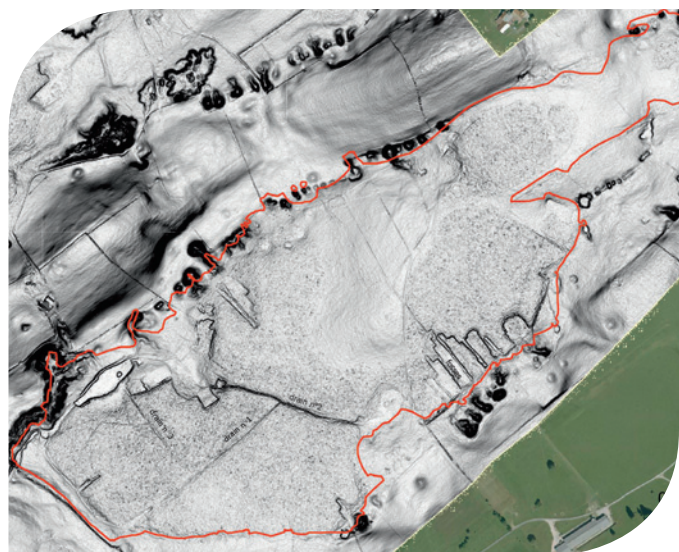


Avec une position GPS, ceci permet la cartographie en 3D de la surface de la cible du lidar, avec une précision qui peut atteindre quelques centimètres. On obtiendra deux types d'informations, un Modèle numérique de surface (MNS), qui donne une image de la végétation. Et, par un traitement des informations récoltées, un Modèle numérique de terrain (MNT) qui « efface » les obstacles comme les arbres ou les buissons pour donner une image du sol, ce que le gestionnaire recherche.

Dans le cas du programme Life tourbières du Jura, l'acquisition du MNT est revenue à 15 900 € HT pour un peu moins de 85 km², soit un coût rapporté d'environ 1,9 €/ha. Mais cette technique reste onéreuse pour de toutes petites surfaces et est à privilégier pour de grandes zones à couvrir.



Vue aérienne de la tourbière des Cerneux-Gourinots



La même vue après acquisition du Modèle numérique de terrain

Après une décennie d'utilisation, la technologie Lidar a prouvé son efficacité. Habituellement lourds (20 à 100 kg), les systèmes Lidar devaient être embarqués à bord d'avions ou d'hélicoptères, ce qui engendrait des coûts de fonctionnement peu adaptés aux petites surfaces (moins de 100 ha). De nouveaux systèmes ultra-légers (de l'ordre de quelques kilos) ont été créés pour être adaptés aux véhicules aériens sans pilote (véhicule ou drone). En plein développement, ils permettront rapidement de réaliser à bas coût des campagnes de modélisation topographique à l'échelle d'un site de faible superficie, de quelques hectares par exemple.

Mise en œuvre des données

L'avènement des technologies de mesures de niveaux topographiques par moyens aéroportés et l'abaissement des coûts d'acquisition permettent maintenant aux gestionnaires d'affiner techniquement les projets de restauration de zones humides ou de cours d'eau en disposant d'un maillage topographique extrêmement fin.

Des traitements peu complexes, réalisés à l'aide de logiciels devenus abordables, permettent un travail précis et constituent une aide précieuse aux choix de gestion et de restauration appliqués sur les milieux.

Exemple de mise en évidence de l'intensité d'un réseau de drainage en tourbière boisée et enfrichée à La Cluse-et-Mijoux (25)

Bien que la tourbe y ait été peu exploitée, la tourbière de La-Cluse-et-Mijoux a subi un drainage intense dans la première moitié du XX^e siècle.

Afin de restaurer son fonctionnement hydrologique, un projet de fermeture d'un fossé central et d'un fossé périphérique bien visibles sur le terrain en raison de leur gabarit, est envisagé.

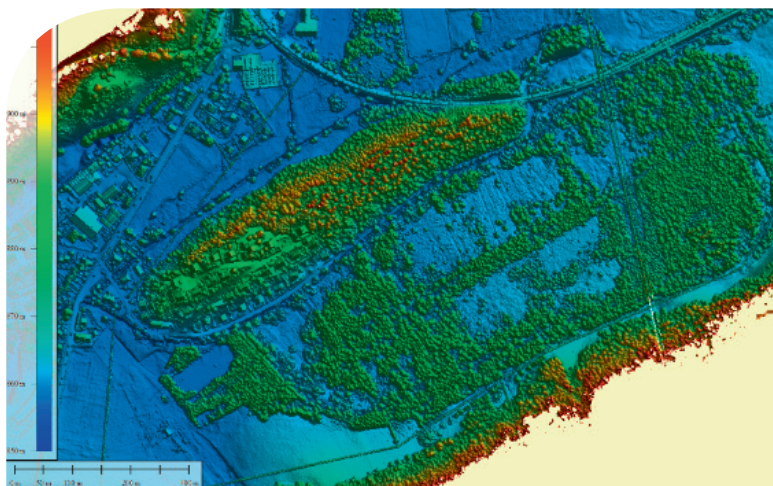
L'analyse du MNT obtenu par technologie Lidar a l'avantage de s'affranchir du couvert forestier très présent sur le site. La campagne aéroportée a ainsi permis d'obtenir :

- Un Modèle numérique de surface qui met en évidence un couvert végétal important ;
- Un Modèle numérique de terrain : le traitement informatique estime avec une précision importante l'altitude du terrain, une fois la végétation ôtée.

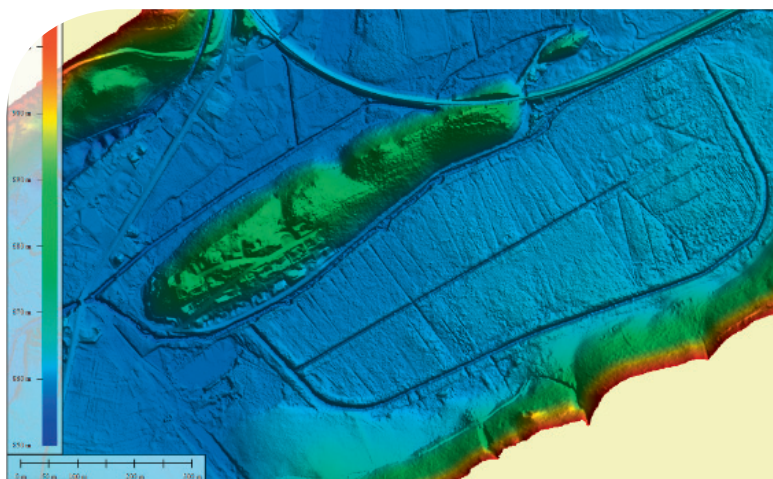
Appliquée sur la tourbière de La-Cluse-et-Mijoux, la technique a révélé l'existence d'un réseau de drainage beaucoup plus intense qu'initialement soupçonné. Les options de restauration prévues doivent prendre en compte ces observations, afin de garantir l'efficacité des travaux.



Vue aérienne de la tourbière. Quelques fossés sont devinés, l'enfrichement est important



Le Modèle numérique de surface permet de voir les fossés sur les zones sans arbres et arbustes

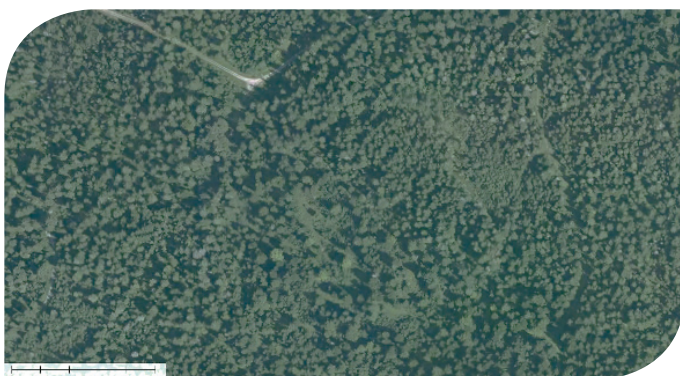


Le Modèle numérique de terrain met en évidence un réseau de drainage bien plus dense que prévu

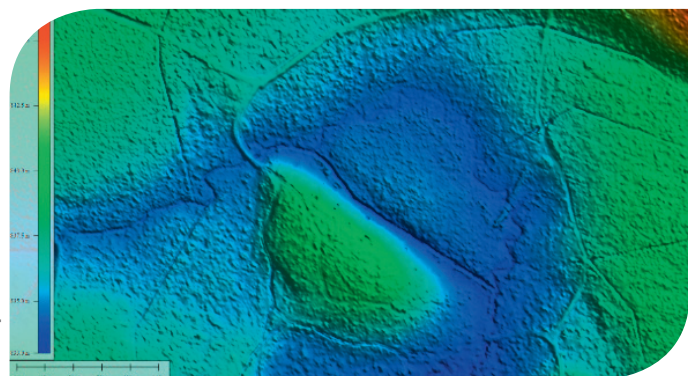
• **Repérage de méandres court-circuités :**
exemple du ruisseau du Champs des Auges
à Frasne en milieu forestier (25)

L'utilisation du MNT Lidar est une technique de détection des méandres souvent la plus adaptée aux petits cours d'eau. Sur la commune de Frasne, le ruisseau du Champ des Auges a fait l'objet d'une rectification avec un objectif sylvicole (plantation d'épicéas en tourbière). Une cartographie ancienne permet d'imaginer l'emplacement approximatif du tracé abandonné, mais sa précision ne permet pas de discerner très finement la situation du

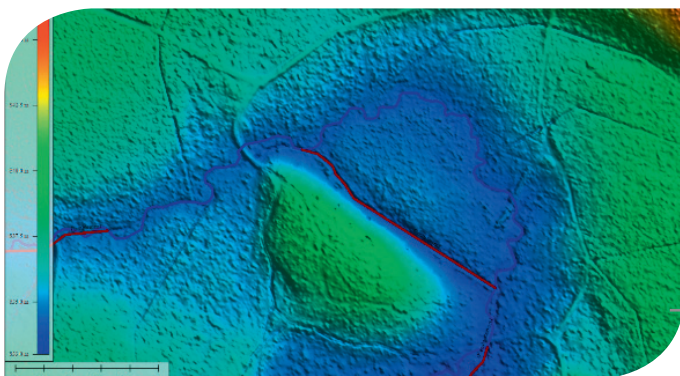
ruisseau dans le contexte forestier actuel. L'utilisation des photos aériennes est inadaptée et les faibles variations topographiques dans la zone humide ne facilitent pas la délimitation exacte sur le terrain à l'aide des outils topographiques classiques. Le traitement de l'image à partir du MNT 1 mètre a permis de définir très précisément un tracé objectif pour les travaux de restauration et mis en avant de nombreuses micro-sinuosités. Les altitudes du MNT sont également utilisées pour valider la faisabilité technique : profil de pente du nouveau tracé, hauteurs de berges, dimensionnement des ouvrages, volumes nécessaires, etc.



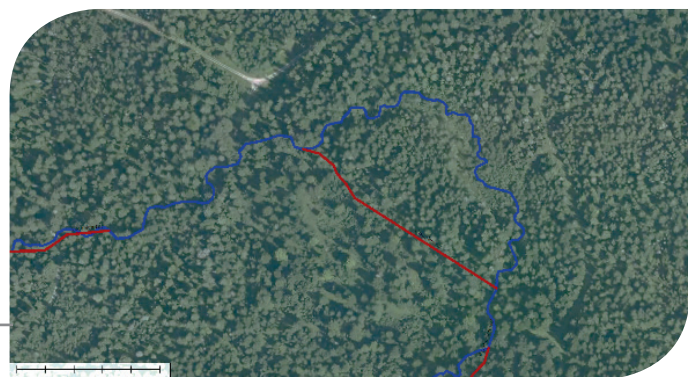
La couverture forestière ne permet pas la détection des tracés sur photo aérienne



Le traitement du MNT 1m met très facilement en évidence les anciens méandres court-circuités et la géomorphologie non détectable



Le projet est ensuite défini (en bleu, reprise des anciens méandres, en rouge : comblement du tracé rectiligne)



Pour information, le tracé est ici reporté sur la photo aérienne

• **Autres outils : délimitation de bassins versants, simulation d'écoulements, estimation de volumes...**

L'exploitation des données Lidar facilite ou permet de nombreuses autres applications :

- délimitation des bassins versants et modélisation des écoulements superficiels ;
- analyse des profils de pentes ;
- estimation des volumes : dans le cadre du projet ou afin de vérifier les travaux réalisés.

Limites

L'outil facilite fortement la définition des travaux de restauration de ruisseaux et de zones humides, ainsi que les diverses études de ces milieux. Néanmoins, il faut être conscient de ses limites :

- la technologie Lidar ne permet pas de prendre les mesures sous l'eau : une campagne topographique de terrain reste indispensable (même si la densité de points à prendre est réduite) ;
- les mesures sont issues d'un traitement informatique : des points de calage ou de vérification sont nécessaires ;
- la qualité du MNT dépend de la qualité du traitement informatique réalisé par le prestataire, qui dépend lui-même de la qualité de la prise de données : période et conditions de vol, densité de points, niveaux d'eau...
- la réalisation d'une campagne est d'autant moins onéreuse que la surface est importante. Mais le prix reste important et exclut une mise à jour trop régulière du MNT à la charge du gestionnaire.

En 2017, les données devraient être mises à disposition par l'IGN pour les missions de recherche et de service public¹. De nouvelles technologies par utilisation de drones par exemple, se développent, ce qui permet d'envisager des traitements Lidar sur des surfaces moins importantes et à un coût plus abordable.

Jean-Noël Resch

Syndicat mixte des milieux aquatiques du Haut-Doubs

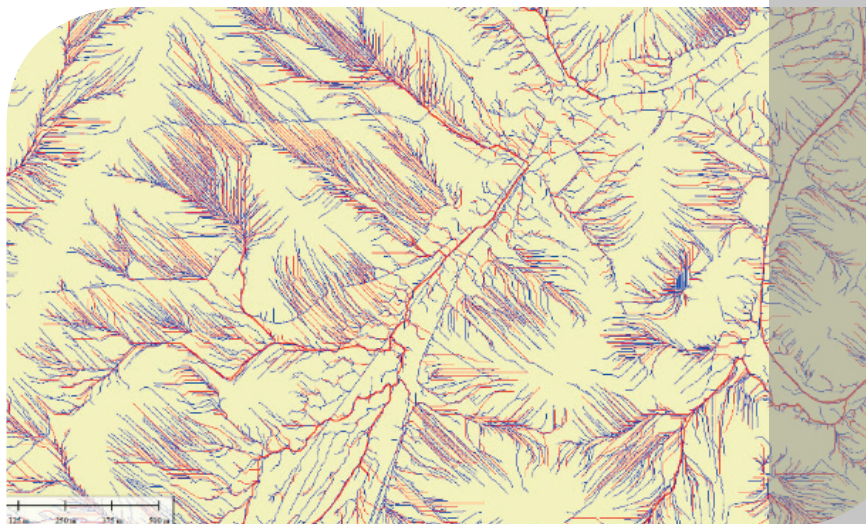
jn.resch@smmahd.fr

Julien Langlade

Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté

julien.langlade@cen-franchemonte.org

La technologie Lidar trouve également son application dans les recherches archéologiques. Elle permet d'obtenir des mesures altimétriques laissant apparaître les traces anciennes des activités humaines. L'analyse des modèles de terrain permet de visualiser les pratiques qui ont modelé le terrain observé (modes de culture, de chasse...).



Estimation des écoulements superficiels à partir d'un MNT Lidar



Drone téléguidé en campagne Lidar
© L'Avion Jaune - capteur YellowScan

Pour aller plus loin

Bernard G. L'utilisation des données LiDAR pour la connaissance et la restauration des tourbières. Fédération des Conservatoires d'espaces naturels ; Pôle-relais tourbières ; Pôle-relais zones humides, 2014, 7 p.

Vacquie L., Houet T. Cartographie des zones humides de montagne par télédétection. Potentialités à très haute résolution spatiale. Revue Internationale de Géomatique, N°4, 2012, p. 497-518

Nuninger L., Forlin P., Fruchart C., *et al.* Apport des données altimétriques Lidar à la compréhension des zones humides. In : Barral P., Magny M., Thivet M. (dir.) De la reconstitution des paysages à l'histoire des sociétés. 10 000 ans d'archives sédimentaires en zones humides. Infolio, 2016, p. 139-150

¹ Retrouvez toutes les emprises et les données Lidar sur la plateforme IdeoBFC : https://carto.ideobfc.fr/1/r_carte_emprises_lidar_2016_r27.map



De nouveaux outils pour inventorer les milieux forestiers

Le protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF) est un protocole national utilisé actuellement dans plus de 130 réserves forestières françaises, représentant 40 000 ha de boisements échantillonnés. Utilisé par le gestionnaire, il participe localement à l'évaluation de l'état de conservation de la forêt et permet aussi un suivi de la dynamique des peuplements dans le temps et dans l'espace.

La DREAL Bourgogne-Franche-Comté a fait l'acquisition de matériels de saisie (tablette Getac et laser TruePulse) et du logiciel Field-Map d'aide à la collecte et au traitement des données pour les inventaires et la cartographie des milieux auprès de la société tchèque IFER. Le Field-Map se profile comme un «couteau suisse» de la prise de données environnementales. Cet outil, permettant le suivi et le monitoring de la biodiversité et de sa dynamique, est robuste, ce qui est non négligeable dans les espaces naturels ! Il est également fiable et fournit des mesures précises, grâce à son GPS intégré et à sa très bonne adaptabilité vis-à-vis des protocoles d'échantillonnages.

Cette acquisition est destinée prioritairement aux gestionnaires de réserves naturelles nationales, notamment pour la réalisation du PSDRF. La mutualisation de ce matériel est bien entendu prévue au sein du réseau des gestionnaires d'espaces naturels. Une convention de mise à disposition gratuite entre la DREAL BFC et la structure est alors formalisée.

Une première formation pour la prise en main du matériel et du logiciel a été organisée par la DREAL BFC. D'autres sessions seront organisées à l'avenir selon les besoins des gestionnaires.

La Réserve naturelle Val de Loire utilise en partie ce matériel pour un suivi forestier : mise en œuvre du PSDRF avec utilisation d'un télémètre ultrasons pour les mesures et de la tablette de terrain Getac pour la saisie via le logiciel spécifique Dendro2 de RNF-ONF. Le Field-Map n'a donc pas été exploité à son optimum car tous ses outils ne sont pas encore compatibles avec Dendro2.

Le logiciel Dendro2 a été intégré à la tablette Getac. Ceci permet une saisie directement sur le terrain en temps réel lors des relevés, avec l'aide d'un masque de saisie qui empêche beaucoup d'erreurs de saisie ou d'oublis de mesure, ce qui peut vite arriver sur des

mesures redondantes. Le temps passé sur le terrain est plus important par rapport à une saisie papier, mais reste très avantageux puisqu'on évite une saisie au bureau. Le logiciel Dendro2, en fin de développement, offre ensuite la possibilité d'un traitement synthétique des données. Les indicateurs sont renseignés par des résultats calculés et représentés de manière automatique. Une fois la phase de terrain accomplie, les tableaux de bord d'évaluation sont ainsi rapidement renseignés.

Associés à la tablette ou utilisés de manière indépendante, le télémètre ultrasons vertex ou le multimètre laser TruePulse Bluetooth permettent des mesures à distance et un enregistrement automatique des mesures à l'aide d'une mire à positionner sur une extrémité, ou en visant directement l'individu-cible à relever. Les hauteurs d'arbres peuvent aussi être relevées en quelques clics. Le TruePulse permet de mesurer également l'azimut ou la pente de la cible.

Ces outils deviendront rapidement indispensables pour faciliter les phases de terrain, dans le cadre de protocoles dendrométriques standardisés ou de tous autres protocoles, comme par exemple, le Point Centered Quarter Method (PCQM) pour les calculs de densités d'individus, méthode déployée actuellement pour les boisements alluviaux ou les forêts méditerranéennes.

Ces outils technologiques bien pensés sont donc appréciables sur le terrain, notamment pour des protocoles très variés et des échantillonnages assez denses.

Damien Marage

DREAL Bourgogne-Franche-Comté

damien.marage@developpement-durable.gouv.fr

Benoît Fritsch

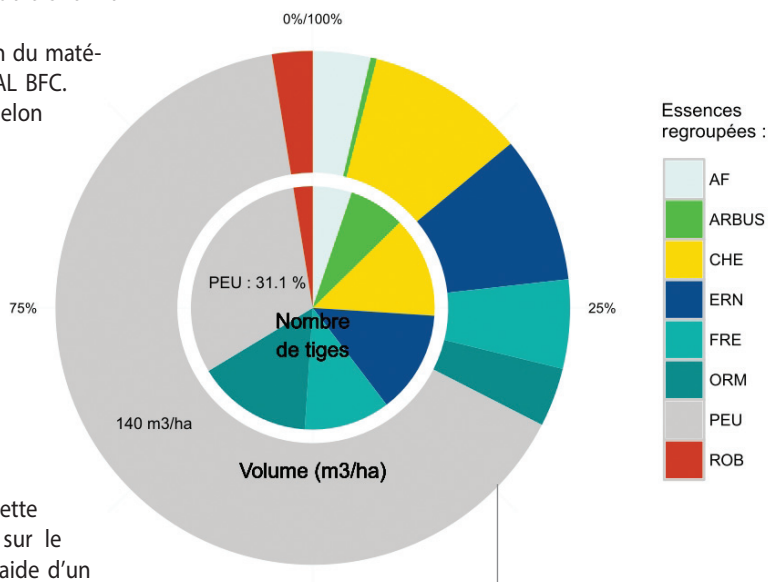
Réserve naturelle nationale Val de Loire

reservenaturelle-valdeloire@wanadoo.fr

Biblio

- Présentation de Field-Map : <http://www.fieldmap.cz/?verze=fr&page=home&id=&subject=&origpage=>

Exemple de résultat graphique automatisé issu du Logiciel Dendro2



Répartition des essences relevées en nombre de tiges et volume par hectares © RNF

Suivi automatisé d'une colonie de chauves-souris

Les gîtes à chauves-souris et leurs alentours directs peuvent présenter des configurations très variées, nécessitant parfois des moyens humains importants pour effectuer le recensement d'une colonie.

C'est le cas de la Saline d'Arc-et-Senans (25), où des grands rhinolophes (*Rhinolophus ferrumequinum*) et des murins à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*) sont installés dans un comble et sortent chaque soir par une ouverture se situant sur le toit (non visible depuis le sol), puis partent dans plusieurs directions en longeant les bâtiments.

La Commission de protection des eaux, du patrimoine, de l'environnement, du sous-sol et des chiroptères (CPEPESC) réalise chaque année le suivi de ce gîte, en effectuant le plus souvent un comptage à l'envol au crépuscule. Cette méthode permet de ne pas déranger cette colonie de reproduction, considérée comme d'importance nationale pour les populations de chiroptères (effectifs dépassant les 1300 individus à la période d'émancipation des jeunes). Afin d'obtenir un recensement le plus exhaustif possible, il est nécessaire de disposer d'au moins un observateur aguerri à chaque angle du bâtiment pour couvrir l'ensemble des routes de vol empruntées par les chauves-souris.

Afin de remédier à cette contrainte logistique, la CPEPESC a donc souhaité tester un système automatisé permettant de compter les chauves-souris au moment de l'envol. Ce dispositif élaboré par l'entreprise hollandaise *Apodemus*, se constitue d'un cadre en aluminium qui détecte le sens de passage des chauves-souris grâce à des faisceaux infrarouges ; le tout alimenté par une batterie ou un panneau solaire. Les résultats sont ensuite enregistrés sur une carte mémoire, en indiquant le nombre d'individus sortant et rentrant dans le gîte au cours de chaque nuit.

Ce système a été installé contre la lucarne du gîte durant 99 nuits et a permis de suivre l'évolution des effectifs, et d'observer l'activité nocturne de la colonie tout au long de cette période, ce qui aurait été irréalisable avec les méthodes de suivi classique. Afin de vérifier la fiabilité de ce dispositif, plusieurs comptages à l'envol ont été réalisés simultanément pour comparer les résultats. L'analyse des données a prouvé la pertinence et l'utilité d'un tel système et semble ouvrir des perspectives intéressantes pour l'étude comportementale et le suivi des gîtes à chiroptères.

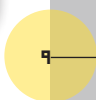
Florent Billard
CPEPESC Franche-Comté
florent@cpepesc.org



Cadre en aluminium permettant de compter les chauves-souris au moment de leur envol en détectant leur sens de passage grâce à des faisceaux lumineux
© F. Billard

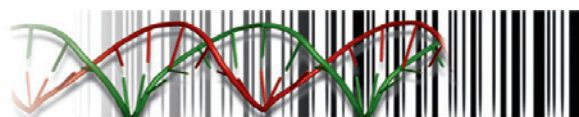


Grand rhinolophe
(*Rhinolophus ferrumequinum*)
© C. Aubert





Prélèvements
© G. Archambaud



Utilisation du **metabarcoding** dans la gestion et la conservation des milieux naturels

La gestion des milieux nécessite de caractériser la valeur patrimoniale et l'évolution des écosystèmes afin de fixer les enjeux d'un site et d'orienter les actions futures. Pour cela, le gestionnaire bénéficie de protocoles pouvant présenter un coût financier, matériel et temporel

important voire insoutenable si trop nombreux, longs, spécialisés. Issu de la mutualisation de la biologie moléculaire, de l'écologie et du numérique, le metabarcoding est une technique développée par la recherche fondamentale pour pouvoir identifier les taxons d'un milieu donné y compris lorsque les conditions environnementales ou la difficulté d'identification sont limitantes. Il permet d'amplifier de très nombreux fragments d'ADN afin d'étudier tout ou partie du génome des organismes en ciblant un fragment commun à plusieurs espèces. Ces séquences d'ADN sont ensuite assignées à un taxon par analyse bio-informatique via une base de référence. Concernant son coût, une étude américano-canadienne a comparé le coût d'identification de différents taxons de milieux aquatiques par inventaire visuel et par metabarcoding. Cette étude laisse apparaître un coût ayant fortement diminué et fonction de la méthode moléculaire appliquée et de sa finalité (d'un coût comparable à 3,4 fois plus élevé pour la méthode par metabarcoding). Les programmes régionaux et internationaux développés par le laboratoire Chrono-environnement (Université de Bourgogne-Franche-Comté) montrent une application variée de cet outil.

Le metabarcoding est l'utilisation d'un fragment d'ADN d'un échantillon environnemental permettant de déterminer rapidement et avec fiabilité plusieurs espèces dont il est issu.

important voire insoutenable si trop nombreux, longs, spécialisés. Issu de la mutualisation de la biologie moléculaire, de l'écologie et du numérique, le metabarcoding est une technique développée par la recherche fondamentale pour pouvoir identifier les taxons d'un milieu donné y compris lorsque les conditions environnementales ou la difficulté d'identification sont limitantes. Il permet d'amplifier de très nombreux fragments d'ADN afin d'étudier tout ou partie du génome des organismes en ciblant un fragment commun à plusieurs espèces. Ces séquences d'ADN sont ensuite assignées à un taxon par analyse bio-informatique via une base de référence. Concernant son coût, une étude américano-canadienne a comparé le coût d'identification de différents taxons de milieux aquatiques par inventaire visuel et par metabarcoding. Cette étude laisse apparaître un coût ayant fortement diminué et fonction de la méthode moléculaire appliquée et de sa finalité (d'un coût comparable à 3,4 fois plus élevé pour la méthode par metabarcoding). Les programmes régionaux et internationaux développés par le laboratoire Chrono-environnement (Université de Bourgogne-Franche-Comté) montrent une application variée de cet outil.

Etudier les chiroptères

Ainsi, un premier programme en collaboration avec la CPEPESC Franche-Comté (Florent Billard) et la Société d'histoire naturelle d'Autun (Loïc Robert) vise à étudier

les chiroptères de la région. Les analyses ont été orientées sur le guano accumulé dans les gîtes occupés depuis de longue date et constituant une archive historique précieuse. Les populations de nombreuses espèces européennes de chiroptères ont fortement décliné depuis le milieu du XX^e siècle. Bien que les causes permettant d'expliquer ce déclin ne soient pas connues avec certitude, les hypothèses les plus discutées sont la modification des paysages, la pollution environnementale et le réchauffement climatique. Comprendre les mécanismes de l'érosion de la biodiversité et la hiérarchisation des menaces reste actuellement un défi pour la recherche comptenu du peu de données historiques et écologiques. Une phase d'optimisation mettant en œuvre le metabarcoding a permis d'évaluer la richesse spécifique et la variabilité génétique. Cette étape a également permis la datation du guano, la quantification de polluants, l'identification d'un contenu pollinique représentatif des milieux de prédation fréquentés et la détection d'organismes pathogènes. L'objectif est de comparer l'historique de paramètres d'exposition au stress en confrontant les éléments obtenus à partir de l'analyse par metabarcoding et des données historiques de variables environnementales.

Reconstruire l'histoire environnementale de zones humides

Cet outil permet aussi de travailler sur l'évolution des habitats en utilisant par exemple le processus de sédimentation en systèmes aquatiques. Ce processus permet aux chercheurs et aux gestionnaires d'avoir à disposition de véritables archives pour reconstruire l'histoire environnementale d'un site. Une étude est ainsi menée sur des zones humides fluviales du Doubs, de la Loue et de l'Ain. Les carottes sédimentaires prélevées sur chaque site font l'objet d'analyses dans le but de reconstituer l'évolution de leur diversité végétale depuis leur genèse (abandon du bras par la rivière), pouvant remonter à 150 ans, jusqu'à aujourd'hui. A différentes profondeurs, une analyse par metabarcoding est réalisée par amplification et séquençage d'un gène chloroplastique ciblant les producteurs primaires. Avec une identification souvent au genre et une estimation des abondances relatives des taxons végétaux, cette méthode rentre en forte complémentarité avec les méthodes traditionnelles de paléoécologie.

Suivre les polluants

Dans le Jura, l'étude des microorganismes d'un anthroposol formé par la décantation d'effluents industriels montre les potentialités du metabarcoding dans l'ingénierie écologique. Cette étude démontre sa finesse face à l'obstacle taxinomique par rapport à une identification microbiologique classique trop partielle. Cette approche innovante et transposable, permet le suivi spatio-temporel des communautés microbiennes en fonction de différentes contraintes. Une autre équipe applique cet outil sur le site pollué de MetalEurope (Nord-Pas-de-Calais). Considérant chaque ressource alimentaire comme une source potentielle et variable de contamination, leur identification est un point primordial dans l'étude des transferts de polluants dans les réseaux trophiques. Son application sur

les contenus stomacaux de rongeurs a permis d'identifier des ressources alimentaires souvent non-identifiables visuellement. En revanche, en raison de la dégradation de l'ADN, variable selon les taxons, ces informations sont uniquement qualitatives.

La démocratisation du metabarcoding comme un outil dans l'étude des écosystèmes passera par une adaptation à une utilisation généralisée ainsi que par la formation de personnel compétent, en particulier en bio-informatique.

Guillaume Halliez

Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté
contact@cen-franche-comte.org

Eve Afonso, Quentin Cuenot, Shinji Ozaki, Cyril Zappellini

Laboratoire Chrono-environnement de l'Université
 Bourgogne-Franche-Comté
chrono-env.webmestres@univ-fcomte.fr

Le régime alimentaire de l'apron à la loupe grâce au metabarcoding

Le recours à l'outil nouveau que représente le metabarcoding dans le réseau des gestionnaires d'espaces naturels est aujourd'hui une réalité, en témoigne une étude inédite dans le cadre du Plan national d'actions (2012-2016) en faveur d'une espèce en danger critique d'extinction, l'apron du Rhône (*Zingel asper*), animé par le CEN Rhône-Alpes. L'apron est un petit poisson endémique du bassin du Rhône dont la présence témoigne de la qualité fonctionnelle des cours d'eau. Dans le cadre de ce plan, une étude inédite sur le metabarcoding alimentaire a été menée par l'Université d'Aix-Marseille et l'IRSTEA d'Aix-en-Provence visant à mieux connaître le régime et le comportement alimentaire de cette espèce pour mieux appréhender le rôle de la qualité et de la diversité des habitats, et ainsi mieux percevoir les impacts potentiels et la gestion à mettre en place. Pour y parvenir, il a fallu prélever d'une part les excréments d'aprons, afin d'identifier les séquences d'ADN des proies ingérées, et d'autre part les invertébrés aquatiques pour connaître leur identité génétique, leur disponibilité et leur densité. Des campagnes de prélèvements sur quatre stations de référence (Durance, Verdon, Beaume et Loue) et des tronçons sur la Durance ont eu lieu en 2014 et 2015, permettant de récolter près de 1 500 échantillons d'invertébrés. A partir de ces échantillons, ont été entreprises l'extraction et l'analyse des fragments d'ADN des proies. Les premiers résultats, très prometteurs, laissent apparaître que l'apron est une fine bouche. Il consommerait particulièrement certaines espèces d'éphémères (*Baetidae*) ainsi que des trichoptères (*Hydropsychidae*) avec des variations fonction des localités étudiées. Le traitement des données est en cours de finalisation et le rendu de cette étude est prévu à l'occasion des journées bilan du Plan national d'actions des 7 et 8 novembre à Eurre dans la Drôme.

Marianne Georget

Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes

Le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) s'appuie sur les gestionnaires des milieux naturels pour compléter leurs collections de référence. C'est ainsi que quatre spécimens de quatre espèces d'empidides (diptères) des Réserves naturelles du ravin de Valbois et du lac de Remoray ont été envoyés cette année au MNHN afin de prélever une patte et d'identifier la séquence ADN.

Dominique Langlois (RNN du ravin de Valbois),
Jocelyn Claude (RNN du lac de Remoray)



Des fèces sont prélevées sur des aprons par légère pression abdominale, pour en extraire et analyser l'ADN © M. Georget

Biblio

Coissac E., Riaz T., Puillandre N. (2012) *Bioinformatic challenges for DNA metabarcoding of plants and animals*. *Molecular Ecology* 21 : 1834-1847.

Cristescu M.E. (2014) *From barcoding single individuals to metabarcoding biological communities: towards an integrative approach to the study of global biodiversity*. *Trends in Ecology and Evolution* 29(10) : 566-571.

Stein E.D., Martinez M.C., Stiles S., Miller P.E., Zakharov E.V. (2014) *Is DNA Barcoding actually cheaper and faster than traditional morphological methods: Results from a survey of freshwater bioassessment efforts in the united states ?* *Plos one* 9(4) : e95525.



Apron du Rhône
 (*Zingel asper*)
 © M. Georget



Piège photo avec système GSM pour la surveillance d'une aire de faucon
© M. Jouve, CEN Bourgogne

Fréquentation humaine et surveillance

quels outils possibles ?

Pourquoi mesurer la fréquentation humaine et dans quel cas ?

Les espaces naturels jouent aujourd'hui un rôle sociétal important qu'aucun gestionnaire ne peut négliger, lieu de découverte, lieu de détente, lieu de pratiques sportives, lieu d'intérêts touristiques... Bref, une multitude de raisons accentue le tropisme vers les espaces naturels ces dernières années. De prime abord, ce constat est réjouissant ; cependant, certaines pratiques ou l'intensité de la fréquentation humaine ne sont pas toujours compatibles avec les enjeux et les objectifs de conservation des sites. Par conséquent, il est nécessaire de pouvoir mesurer cette fréquentation humaine au regard des enjeux afin de l'intégrer dans la gestion du site : « quelles pratiques peut supporter ce site et avec quelle intensité ? ».

Dans certains cas, la présence humaine est tout simplement à bannir pour le dérangement qu'elle occasionne envers des espèces extrêmement fragiles sur une partie de leur cycle de vie, par exemple des sites d'hibernation à chiroptères, ou bien encore des sites de nidification rupestre de rapaces menacés. Ainsi, dans certains cas bien identifiés, des outils modernes de surveillances d'espèces, tels que les pièges photographiques, appelés également « pièges à gibier », peuvent contribuer à répondre aux dimensions réglementaires des sites.

Les différents outils pour mesurer la fréquentation humaine, leurs avantages et inconvénients, ainsi que leur mise en œuvre et leur utilisation vous sont présentés dans les lignes suivantes.

Les outils à disposition

Parmi les technologies actuelles, 3 peuvent servir à mesurer la fréquentation humaine :

• Dalle tactile

La dalle, enterrée à une profondeur de 5 centimètres et sensible à des micro-variations de pression, permet de détecter le passage de personnes (ou animaux) à partir de 10 kilogrammes. Positionnée idéalement sur des sentiers

étroits ou chemins aménagés, elle est efficace sur une largeur de 60 centimètres. Toutefois, la combinaison de plusieurs dalles permet de détecter le sens de passage et d'augmenter la largeur couverte.

• Capteur pyroélectrique

Il existe différents types de capteurs de passage allant du simple capteur laser à la caméra 3D. Toutefois, il n'existe à notre connaissance qu'un seul fabricant qui propose un capteur parfaitement étanche et avec une autonomie électrique suffisante, dédié au milieu naturel. Le système proposé est un capteur pyroélectrique qui détecte le rayonnement thermique infrarouge émis par le corps humain. Il est capable de détecter le sens de passage avec une portée pouvant aller jusqu'à 15 mètres, que ce soit des randonneurs, des cyclistes ou des cavaliers. Cependant, il ne peut différencier les animaux (même en vol) des humains.

• Piège photographique

Le piège photographique consiste en un appareil photographique couplé à un capteur infrarouge qui permet de prendre des clichés lorsqu'un animal ou une personne passe devant l'objectif sans aucun dérangement et détection par le sujet. De plus en plus perfectionnés, ces appareils sont discrets et se fixent facilement dans le milieu naturel. Selon les modèles, les portées de détection et de flash sont d'une dizaine à une vingtaine de mètres et l'autonomie atteint une année en fonction des batteries utilisées, voire plus si l'appareil est relié à un capteur solaire. La technologie GSM permet également, via une carte SIM, les envois de clichés en direct sur un smartphone ou une boîte mail.

Démarches liées à l'installation dans un but d'étude de la fréquentation humaine

L'installation des deux premiers systèmes ne requiert pas d'autorisation particulière, hormis vis-à-vis de la réglementation des réserves naturelles elles-mêmes (travaux ou modification de l'aspect du site) ou, le cas échéant, la demande d'autorisation aux propriétaires, notamment à la commune concernée s'il s'agit d'un chemin rural par exemple.

Concernant le piège photographique, il s'agit d'un dispositif permettant d'enregistrer des images de personnes. Ce type de dispositif est cadré par la loi à plusieurs niveaux et selon le lieu où se trouve le dispositif, les démarches administratives sont plus ou moins complexes :

- Si le dispositif est placé sur une propriété privée, il n'est pas soumis aux dispositions de la loi « Informatique et liberté », ni à celles du code de la sécurité intérieure.
- Si le dispositif est placé dans un lieu public ou privé, mais non ouvert au public avec un accès réglementé (par exemple, cavité située sur une parcelle communale accessible uniquement à des personnes autorisées) une déclaration à la CNIL est nécessaire, en précisant la finalité de l'utilisation des clichés. La demande doit émaner du gestionnaire du site, après autorisation du propriétaire.
- Si le dispositif enregistre des images sur un lieu accessible à toute personne (voie publique), le dispositif doit faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès du préfet du département. La demande doit émaner d'une auto-

rité publique (mairie notamment) et la conservation des images ne doit pas excéder 1 mois.

L'utilisation à des fins de police et de surveillance

Au vu du faible coût et de la facilité de mise en place d'un piège photographique, plus particulièrement dans un lieu à accès réglementé, son utilisation à des fins de police ou de surveillance peut être discutée. Toutefois au vu de la loi sur le respect de la vie privée (article 9 du code civil) et du droit de décider et de contrôler les usages qui sont faits des données à caractère personnel (loi « informatique et liberté »), le piège photographique ne peut être le moyen unique ou principal de constatation d'une infraction environnementale. Il peut toutefois apporter des éléments supplémentaires à la caractérisation de l'infraction, no-

tamment lorsque le propriétaire ou l'association gestionnaire, si elle est agréée au titre de la protection de l'environnement, se constitue partie civile.

En outre, il permet d'affiner les informations sur les jours de fréquentation et d'orienter ses tournées de surveillance en fonction. De même, un piège photographique, muni de l'option GSM qui permet d'envoyer les clichés en direct et disposé à des fins de suivis d'espèces, peut servir dans des missions de police, lorsqu'il prend par mésaventure un contrevenant. Dans ce cas précis, le dispositif permet alors d'intervenir rapidement sur le site et de caractériser un flagrant délit.

Carole Pusterla

Réserves naturelles régionales cavités à chiroptères en Franche-Comté

carole@cpepesc.org

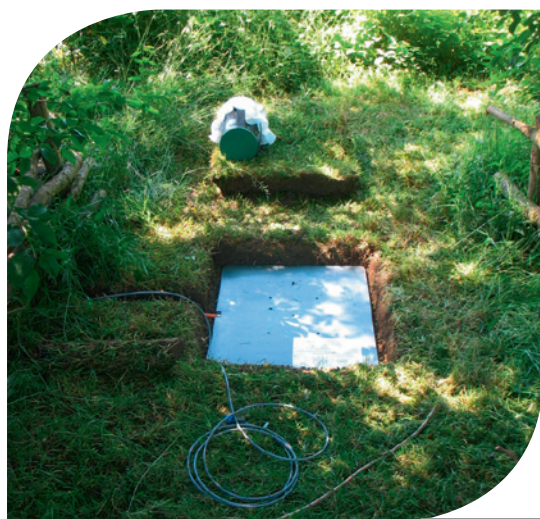
Maxime Jouve

Réserve naturelle nationale du Bois du Parc

maxime.jouve@cen-bourgogne.fr

Biblio

- Article 9 du code civil
- Articles L223-1 et suivants et L251-1 et suivants du code de la sécurité intérieure
- Loi du 6 janvier 1978 modifiée relatif à l'informatique, aux fichiers et aux libertés
- ONCFS, 2015. Question juridique : usage des pièges photos. Revue nationale de la chasse n° 81, p20.



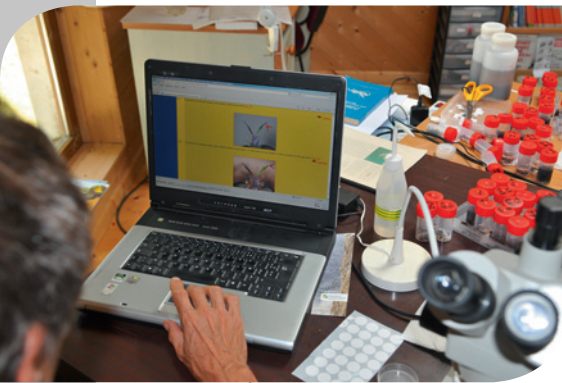
Pose d'un éco-compteur avec dalle tactile sur un site du CEN Bourgogne
© G. Aubert, CEN Bourgogne

Tableau comparatif des outils

	Dalle tactile	Capteur pyroélectrique	Piège photographique
Coût de base	2 000 €	2 000 €	200 €
Autonomie	10 ans	10 ans	1 an
Différenciation humains-animaux	Possible selon poids	Non	Possible sur photos
Modification de l'aspect du site	A prévoir	Non	Non
Temps d'installation approximatif	1 à 2 jours	1 jour	1 heure
Démarche administrative	Aucune, hors règlement RN	Aucune, hors règlement RN	Déclaration CNIL, Demande d'autorisation Préfecture
Avantages	Idéal sur des chemins aménagés et fortement fréquentés	Idéal sur des chemins fréquentés par divers usagers	Idéal hors des sentiers et sur des sites dont l'accès est réglementé
Inconvénients	Coût et mise en place	Coût et fiabilité des résultats	Risque de vol, démarches administratives

Des petites bêtes à notre portée

Le regain d'intérêt de nombreux jeunes naturalistes pour les invertébrés n'est certainement pas étranger au foisonnement de sites et forums dédiés à ces petites bêtes sur internet. Ces outils rendent plus accessibles les références bibliographiques, fournissent beaucoup de photographies, mettent en réseaux des entomologistes et favorisent les échanges de savoir. Certaines clés en lignes sont particulièrement bien faites, avec des zooms sur les critères déterminants. Qui n'a pas buté sur l'ouverture tympanale des criquets, la barète hypopleurale des syrphes, etc. parce qu'il ne savait pas précisément quoi observer ? Avec une bonne loupe binoculaire et des illustrations précises, on fait rapidement des progrès sur un groupe taxonomique. Citons la clé des asilides d'Allemagne¹, chaque embranchement de la clé est illustré par une photo et le critère à observer est coloré.



Identification avec l'aide de clés de détermination en ligne
© F. Ravenot

Quand il existe un risque de confusion entre des espèces, un tableau comparatif de plusieurs critères morphologiques est proposé. Cette clé en ligne permet de se familiariser avec cette famille de diptères et peut donner l'envie d'aller plus loin, pour s'attaquer à la faune française. Il faudra dès lors compléter les informations du site allemand par d'autres ressources

bibliographiques, rechercher des pdf en ligne et pourquoi pas acheter le livre de référence, bien plus complet mais en allemand et plus pauvre en illustrations... Histoire de générations objecteront certains (?), mais un livre papier a également des avantages, grâce notamment à l'écriture de notes complémentaires... Autre exemple, Sepsidnet² met à disposition une collection de références en ligne des sepsides (encore des diptères !), en pouvant choisir de comparer à l'écran plusieurs espèces. C'est très pratique quand on doute sur une détermination.

Ces clés en ligne participent à la vulgarisation de la connaissance et permettent à des non spécialistes (ce que sont les gestionnaires des milieux naturels avant de se spécialiser !) de devenir progressivement de nouveaux référents de groupes taxonomiques.

Quelques liens utiles

¹ <http://www.robberflies.info/keyger/html/key.html>

² <http://sepsidnet-rmbr.nus.edu.sg/>
<https://www.insecte.org/>
<https://quelestcetanimal-lagalerie.com>
<http://www.lepinet.fr/pap/>
<http://www.lepinet.fr/identifier/nation/lep/chenilles.php?e=p>
<http://www.quelle-est-cette-chenille.com/>

Dominique Langlois

Réserve naturelle nationale du ravin de Valbois
dominique.langlois@espaces-naturels.fr



Séance de tri entomologique
© F. Ravenot

E-randos de la Réserve naturelle des tourbières du Morvan

A l'initiative du Pays Nivernais-Morvan, 16 e-randos ont été inaugurées en 2014 dont trois sur la RNR des tourbières du Morvan (prairies de Montour, Etang Taureau et Sources de l'Yonne).

Une e-rando est une balade guidée par GPS grâce à une tablette numérique ou un smartphone. Sur le chemin, au niveau de points d'intérêt particuliers, l'appareil mobile lit des contenus interactifs ou multimedia (textes, images, vidéos...). Le promeneur peut télécharger à l'avance l'application qui lui donne accès au catalogue des e-randos pour les installer sur son appareil personnel ou emprunter gratuitement des tablettes à différents points de départ.

Actuellement, le suivi de la fréquentation se base uniquement sur le nombre de prêts de tablettes, ce qui sous-estime probablement fortement le nombre d'utilisateurs. Le nombre de téléchargements par les personnes disposant de leurs appareils personnels n'est pas possible car cela n'a pas été prévu à la conception de l'outil : ces chiffres ne sont disponibles que de façon globale pour tout un lot de e-randos et ne permet pas une évaluation par site. C'est un point de vigilance à avoir dans le cas de futurs projets.

Contacts :

Détails techniques :

Patrick Marmion, p.marmion@nivernaismorvan.net

Informations générales :

Christine Dodelin, christine.dodelin@parcdumorvan.org

Christine Dodelin

Réserve naturelle régionale des tourbières du Morvan
christine.dodelin@parcdumorvan.org

E-rando en famille sur la Réserve naturelle des tourbières du Morvan © E. Weck

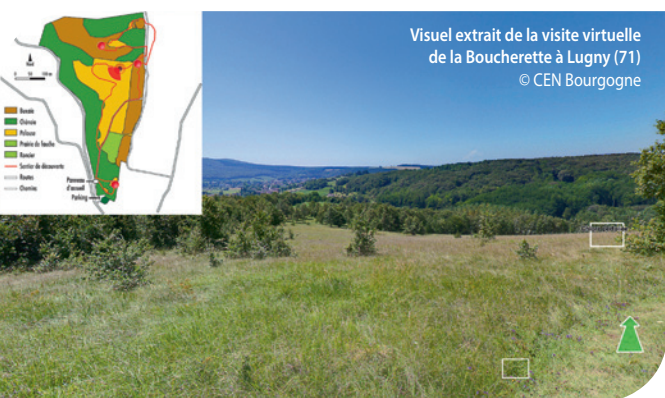


Découvrir le patrimoine naturel bourguignon... de chez soi !

Le Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne développe depuis 2010 une manière inédite et originale de partir à la découverte des milieux naturels, de la faune et de la flore de ses sites équipés d'un sentier pédagogique : les visites virtuelles, disponibles sur le site internet.

Cette initiative s'est inspirée des visites virtuelles de maisons et d'appartements conçues par les agents immobiliers. L'adaptation aux sentiers de découverte semblant facile à réaliser, le Conservatoire s'est alors lancé dans ce projet afin d'inciter le public à se rendre sur le terrain pour apprécier la nature bourguignonne.

Concrètement, cet outil permet de simuler la visite d'un site naturel à 360 degrés grâce aux différentes vues du sentier dans lesquelles l'internaute peut se déplacer librement.



Visuel extrait de la visite virtuelle de la Boucherette à Lugny (71)
© CEN Bourgogne

Chaque vue est accompagnée de textes et de photos décrivant les éléments remarquables du site : faune, flore, géologie, petit patrimoine bâti...

À ce jour, 15 sites naturels sont à portée de tous sur www.cen-bourgogne.fr et ceci semble avoir déjà conquis bon nombre d'internautes !

Caroline Najean

Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne
caroline.najean@cen-bourgogne.fr

Une visite virtuelle d'un sentier (de 1 à 2 km) en quelques chiffres :

- environ 1 demi-journée de prises de vue (prestataire + salarié CENB) ;
- 4 à 5 points de vue (dont 1 avec utilisation d'un mât de 10 m) ;
- 1 plan (escamotable) avec localisation des points de vue ;
- jusqu'à 6 photos par point de vue avec un objectif grand angle (28 photos avec un objectif normal) ;
- environ 1 journée de bibliographie et d'écriture des textes (salarié CENB) ;
- entre 16 à 25 fenêtres pop-up (espèces, informations) ;
- environ 3 journées de construction de la visite (prestataire) ;
- environ 1 200 à 1 500 € HT (prestataire).

Le Conservatoire a conçu 4 visites virtuelles par an jusqu'à couvrir l'ensemble de ses sentiers aménagés.

Baguage bioacoustique du râle des genêts

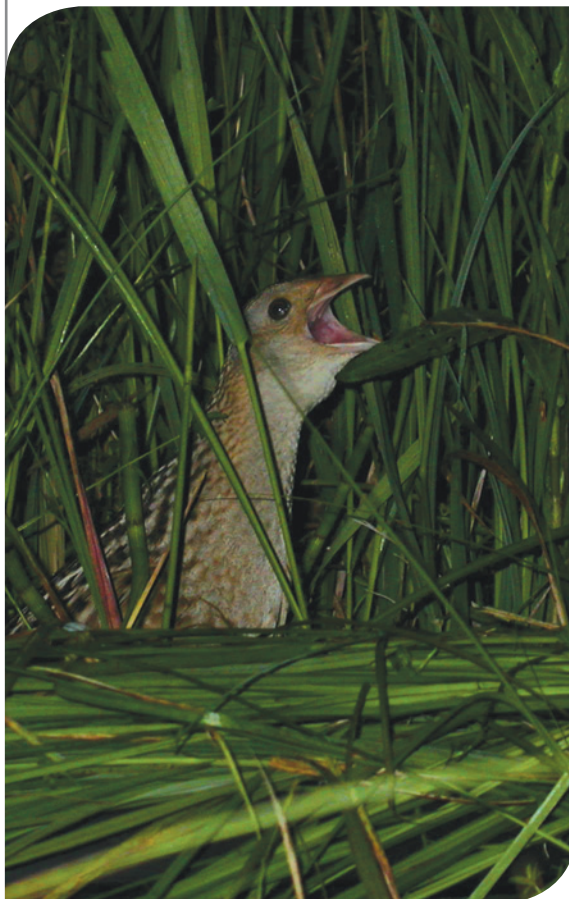
Le 1^{er} juin 2017, quatre râles des genêts (*Crex crex*) sont entendus simultanément dans la Réserve naturelle du lac de Remoray. Il s'agit de l'effectif maximal observé, comme en 1993, 2006 et 2016. Mais cette bonne nouvelle ornithologique tranche avec la situation alarmante pour l'espèce en France. Ces 4 chanteurs sont les seuls de Franche-Comté et du val de Saône. En s'inscrivant dans la dynamique nationale du baguage acoustique et grâce au matériel prêté par l'ONCFS (enregistreur Fostex FR2LE sur carte flash micro, micro Sennheiser ME67 avec tête canon et bonnette anti-vent Sennheiser MZW70-1), 6 individus ont été enregistrés sur la Réserve naturelle en 2016 et 2017. Le chant de l'espèce présentant une forte variabilité inter-individuelle et une faible variété intra-individuelle, l'individualisation des chanteurs est rendue possible grâce à l'analyse des pulsations de chant (« pulse train ») de leur « crex crex ».

En individualisant les chanteurs, cette technique de baguage non intrusif permet de mieux comprendre l'éthologie de l'espèce (fidélité au site de reproduction, longévité, déplacements et comportements intra-site, etc.) et donc d'adapter au mieux la période de fauche (MAEt retards de fauches ou mesures « flash » pour déclencher exceptionnellement et dans l'urgence un retard de fauche dans une parcelle non engagée dans le dispositif MAEt).

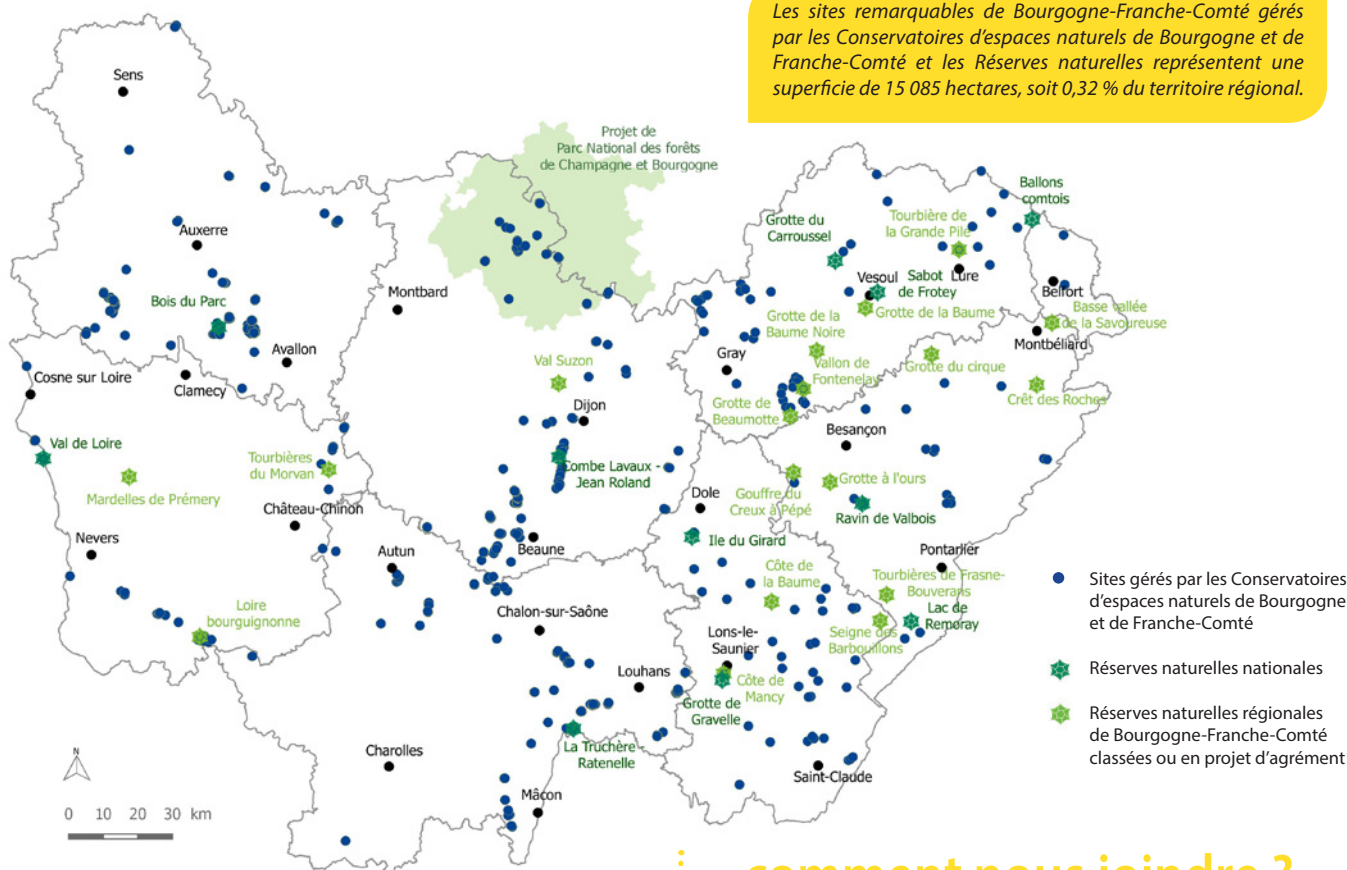
Hadrien Gens

Association des amis de la Réserve naturelle nationale du lac de Remoray
hadrien.gens@espaces-naturels.fr

Râle des genêts (*Crex crex*)
© B. Tissot



Les sites remarquables de Bourgogne-Franche-Comté gérés par les Conservatoires d'espaces naturels de Bourgogne et de Franche-Comté et les Réserves naturelles représentent une superficie de 15 085 hectares, soit 0,32 % du territoire régional.



sommaire

Edito	1
Connaissance d'un milieu : Intérêts et limites de l'usage des drones pour les gestionnaires	2
Gestion d'un milieu : L'utilisation des données Lidar pour la restauration de milieux naturels	4
Gestion d'un milieu : De nouveaux outils pour inventorier les milieux forestiers	8
Portrait d'espèces : Suivi automatisé d'une colonie de chauves-souris	9
Portrait d'espèces : Utilisation du metabarcoding dans la gestion et la conservation des milieux naturels	10
Valorisation : Fréquentation humaine et surveillance, quels outils possibles ?	12
Brèves :	14

comment nous joindre ?

- Ballons comtois**
 Office national des forêts - Agence nord Franche-Comté : 03 84 30 09 78 / ag.nord-franche-comte@onf.fr
 Parc naturel régional des Ballons des Vosges : 03 84 20 49 84 / enc@parc-ballons-vosges.fr
- Bois du Parc**
 Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne : 03 45 02 75 84 / contact@cen-bourgogne.fr
- Combe Lavaux - Jean Roland**
 Communauté de Communes de Gevrey Chambertin : 03 80 51 01 70 / combe.lavaux@espaces-naturels.fr
 ONF Bourgogne Est : 03 80 76 88 01 / dt.bourgogne-champagne-ardenne@onf.fr
- Grotte de Gravelle et Grotte du Carroussel**
 Commission de protection des eaux, du patrimoine, de l'environnement, du sous-sol et des chiroptères : 03 81 88 66 71 / chiropteres@cpepesc.org
- Île du Girard**
 Dole environnement : 03 84 82 21 98 / girard@espaces-naturels.fr
- La Truchère-Ratenelle**
 Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne : 03 80 79 25 99 / contact@cen-bourgogne.fr
- Lac de Remoray**
 Les Amis de la Réserve naturelle du lac de Remoray : 03 81 69 35 99 / lac.remoray@espaces-naturels.fr
- Ravin de Valbois**
 Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté : Tél. : 03 81 62 14 14 / ravin.valbois@espaces-naturels.fr
- Sabot de Frotey**
 LPO de Franche-Comté : 03 81 50 43 10 / franche-comte@lpo.fr
- Val de Loire**
 Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne : 03 86 39 05 10 / reservenaturelle-valdeloire@wanadoo.fr
 Conservatoire d'espaces naturels du Centre-Val de Loire : 03 86 39 05 10 / reservenaturelle-valdeloire@wanadoo.fr
- Réserves naturelles régionales**
 Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté : 03 81 61 61 61 / www.bourgognefranche-comte.fr
- Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne**
 03 80 79 25 99 / contact@cen-bourgogne.fr
- Conservatoires d'espaces naturels de Franche-Comté**
 03 81 53 04 20 / contact@cen-franche-comte.org
- Parc national des forêts de Champagne et Bourgogne**
 GIP du futur Parc national : 03 80 93 10 92 / secretariat@gipecb-parcnational.fr

Directeur de publication : B. Tissot / Comité de rédaction :
 C. Aubert, L. Bettinelli, E. Bunod, A. Compagne, S. Coulette, C. Delteil,
 B. Fritsch, R. Gamelon, S. Gomez, M. Jouve, C. Maffli, D. Marage,
 D. Malécot, P. Notteghem, F. Ravenot, B. Tissot. /
Conception graphique : www.corinnesalvi.fr /
Impression : Simon Graphic / Imprimé sur papier recyclé /
 ISSN : 1774-7635 / **Contacts :** Conservatoire d'espaces naturels de
 Franche-Comté et Réserve naturelle du lac de Remoray.
 Revue téléchargeable sur :
 www.cen-franche-comte.org et www.maisondelareserve.fr