

Numéro spécial
Cours d'eau

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

l'Azur

Plus qu'une alternative d'aménagement, retenir l'eau dans les sols et tout particulièrement dans les milieux humides est devenu une nécessité pour faire face à la succession des épisodes de sécheresse que nous avons vécus et vivrons dans les années à venir.

Nous mesurons plus que jamais l'importance de mobiliser et convaincre tous les acteurs et usagers de l'eau, les citoyens comme les élus. L'intensité des phénomènes climatiques impose un changement de cap pour passer des économies d'eau à la sobriété en eau, du projet isolé de restauration de cours d'eau ou de zones humides à un vrai mouvement d'ensemble à l'échelle des bassins versants pour obtenir des résultats significatifs.

La restauration des milieux aquatiques et humides est non seulement le scénario pertinent pour le maintien en vie des écosystèmes et des espèces, mais aussi une solution fondée sur la nature pour garder de l'eau dans nos territoires.

Tout doit être mis en œuvre pour questionner nos pratiques, nos habitudes, nos ambitions. Tous les leviers doivent être activés en cohérence pour plus de transversalité et donc d'efficacité : le « Plan eau », une des priorités de la planification écologique du Gouvernement aux côtés du Fonds Vert pour accélérer la transition écologique dans les territoires, les Schémas directeurs d'aménagement et de gestion de l'eau (SDAGE) 2022-2027 des bassins Rhône-Méditerranée, Loire-Bretagne et Seine-Normandie, les 11^e programmes des Agences de l'eau, la Stratégie régionale de la biodiversité en Bourgogne-Franche-Comté 2020-2030... et surtout les initiatives et projets présentés dans ce nouveau numéro thématique de l'Azur.

Pour intensifier ces actions, il nous faut innover dans nos façons de partager, de construire et d'optimiser les projets, de communiquer et d'associer les citoyens, de mesurer et rendre compte des résultats. Ensemble, acteurs de l'eau et de la biodiversité sont au premier rang de ce mouvement.

Avec le soutien financier de



COFINANÇÉ
PAR L'UNION
EUROPÉENNE



Catherine PETIT

Cheffe du service planification
et connaissance à l'Agence de
l'eau Rhône Méditerranée Corse
Délégation de Besançon



Turbidité de la source du Lison en crue © P. Chauve et J. Mudry

Les particules argileuses en suspension transportent les polluants organiques et les micro-organismes déversés sur le bassin versant.

Karst

et qualité des cours d'eau

Le karst est un milieu spécifique aux roches solubles dans l'eau chargée en gaz carbonique (calcaires). La dissolution affecte les discontinuités (diaclasses et joints de stratification) des calcaires. La karstification se développe le long des grandes structures géologiques, elle relie de manière préférentielle l'amont à l'aval du massif. Les principaux affluents jurassiens de la Saône, du Doubs et de l'Ain naissent ainsi de sources karstiques.

Le karst est un milieu original, tant d'un point de vue hydraulique que géochimique. Ces deux facteurs se conjuguent pour impacter directement la qualité de l'eau de la source, donc celle du cours d'eau.

Propriétés hydrauliques influant sur la qualité

Dans les nappes alluviales, l'eau peut parcourir 1 km en une année. Dans le karst, les temps de transit peuvent être d'une heure ou d'une journée dans les drains où les vitesses peuvent atteindre 1 m/s.

Les drains présentent des ouvertures moyennes de 0,1 mm, certaines fissures atteignent 10 cm de largeur jusqu'à une taille de galeries de grottes pénétrables par l'humain. Les conséquences de l'organisation de ces vides en un réseau hydrographique tridimensionnel sont la grande vitesse de circulation de l'eau et son écoulement turbulent, en particulier en crue.

La nappe karstique est alimentée par deux voies d'infiltration de l'eau : l'infiltration concentrée (pertes de ruisseaux), ainsi que l'infiltration diffuse sur les affleurements calcaires.

Propriétés géochimiques et effets sur la réduction de la pollution

Trois propriétés des eaux karstiques jouent un rôle important dans leur qualité naturelle : la turbidité (matières en suspension), l'oxygénation et le caractère carbonaté.

En présence de bicarbonates, le fer ferreux (Fe^{2+}) et les autres éléments-traces métalliques (Mn^{2+} , Pb^{2+} ...) précipitent sous forme de carbonates, améliorant ainsi la qualité de l'eau.

Le karst comtois est un milieu ouvert sur l'atmosphère, permettant en théorie :

- d'oxyder l'ammonium et les nitrites apportés par l'élevage et les eaux usées urbaines ;
- de minéraliser des composés organiques naturels (acides humiques) ou ceux apportés par la pollution (urée, solvants, plastifiants, hydrocarbures, pesticides, médicaments...).

Cet abattement des pollutions organiques n'est en fait que théorique à cause du fonctionnement hydraulique du système.

Rôle de ces propriétés combinées sur le transfert de la pollution dans le karst

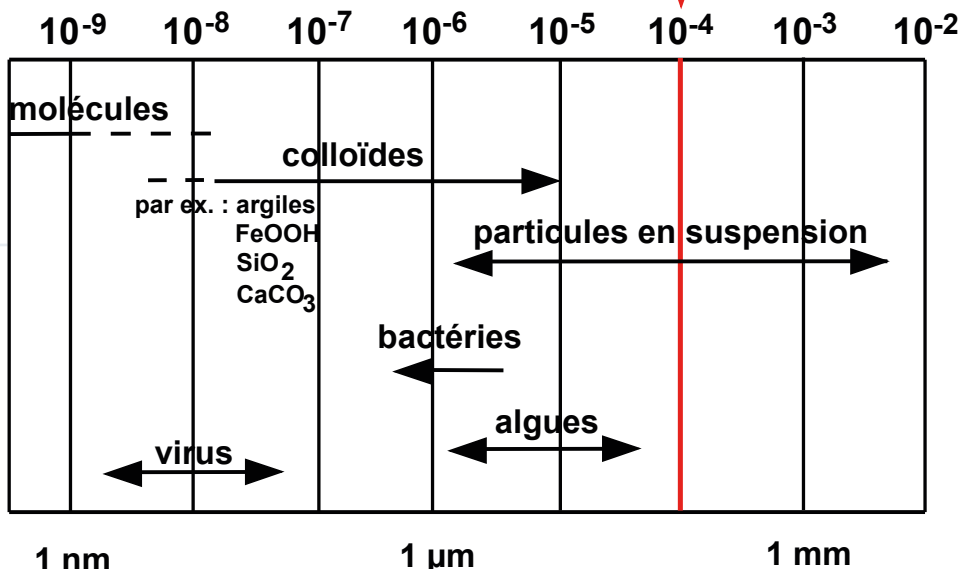
En crue, l'écoulement rapide et turbulent dans les conduits remobilise les fines particules solides (turbidité). La turbidité est aussi héritée de l'érosion des limons et argiles sur les bassins versants de surface. Or les particules solides servent de supports à de nombreux polluants organiques et microbiologiques (bactéries, virus, protozoaires, parasites).

Contrairement aux aquifères alluviaux où les pores entre les grains sont microscopiques, la grande ouverture des chenaux ne permet aucune filtration mécanique des particules argileuses ou microbiologiques.

La demi-vie d'une molécule organique ou celle d'un micro-organisme est le temps nécessaire pour en dégrader la moitié de la masse initiale. Dans le karst, le temps de transit rapide de l'eau du bassin versant à la source est généralement

ouverture moyenne des fissures

diamètre (m)



Taille des vides des particules minérales ou microbiologiques
© P. Chauve et J. Mudry (d'après West et al., 1998)

Les particules en suspension, en particulier microbiologiques, sont capables de transiter par les fissures de taille moyenne.

plus court que la demi-vie des micro-organismes (*Giardia* : 77 jours, salmonelles : 2 à 3 mois).

Rôle de ces propriétés combinées sur le transfert de la pollution dans le cours d'eau à l'aval du karst

Le karst est un milieu vulnérable, il joue donc peu le rôle de filtre, il est incapable d'abattre significativement les concentrations en polluants. Quand les zones d'affleurements calcaires sont couvertes de forêts, les eaux infiltrées sont protégées, mais lorsqu'il s'agit de prairies ou de cultures, les intrants agricoles (ammonitrate, lisier, herbicides, pesticides, etc.) sont transférés dans le réseau karstique.

Les processus de dégradation vont y prendre place, mais les vitesses de circulation empêcheront leur complétion.

Les engrais tels que l'ammonitrate se dissolvent en donnant des nitrates et de l'ammonium susceptible, en contact avec l'atmosphérique oxygénée, de se transformer en nitrates qui resteront en solution dans l'eau du ruisseau. La dissolution des engrais NPK produit non seulement de l'azote soluble, mais aussi de l'orthophosphate et du potassium, deux ions très solubles.

L'eutrophisation des cours d'eau est un apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux, qui entraîne une prolifération végétale, un appauvrissement en oxygène et un déséquilibre de l'écosystème. Il nécessite du carbone, de l'azote assimilable (nitrates, ammonium) et de l'orthophosphate ; les engrais sont donc la voie majeure de l'eutrophisation.

Les épandages de lisiers apportent eux aussi azote et phosphore en solution, ainsi que du carbone organique. Cocktail efficace pour l'eutrophisation ! Dans la zone de production laitière pour le comté, le cheptel n'a pas significativement augmenté ces dernières décennies, mais la productivité de chaque animal a augmenté, en même temps que son excréation azotée. Malheureusement, les sous-produits de l'élevage apportent aussi des micro-organismes parfois pathogènes pour l'humain (fièvre typhoïde) ou la faune aquatique (cyanobactéries, saprolégne).

La grande vitesse des écoulements, défaut majeur pour abattre les concentrations en polluants, est un avantage en

cas de pollution accidentelle au voisinage d'un drain : le flot pollué est intense, mais bref. Si les organismes aquatiques y résistent, ils bénéficieront rapidement d'une amélioration de la qualité de l'eau.

Conclusion

Le karst est un milieu aquifère à double alimentation. L'infiltration concentrée amène très rapidement aux drains, à la source et au cours d'eau, les pollutions liées aux rejets d'assainissement : rejets des stations d'épuration, déversoirs d'orage qui court-circuitent la station pendant les crues, et aux drainages agricoles transférant les intrants aux fossés.

L'infiltration diffuse met plus de temps pour atteindre les drains principaux, mais transfère sans épuration les molécules conservées telles que les nitrates.

Le karst est un milieu vulnérable, sensible aux dangers présents sur les bassins versants. Il contribue de manière majeure dans notre région à l'alimentation des cours d'eau mais aussi à leur pollution.

Jacques Mudry

Professeur honoraire, Laboratoire Chrono-Environnement
mudryjacques@gmail.com

Biblio

Chauve P. et Mudry J. 2023 (à paraître). Le karst franc-comtois, un paysage original, une ressource en eau majeure. *Bourgogne-Franche-Comté Nature*, Hors-série 21, 256 p.

Mudry J. 2022. Protection de la qualité des eaux captées dans le karst franc-comtois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, 99 : 33-38.

Villeneuve A., Humbert J.F., Berrebi R., Devaux A., Gaudin Ph., Pozet F., Massei N., Mudry J., Trevisan D., Lacroix G., Bornette G. et Verneaux V. 2012. Rapport d'expertise sur les mortalités de poissons et les efflorescences de cyanobactéries de la Loue. Étude du fonctionnement de la Loue et de son bassin versant. Rapport ONEMA. 32 p. et annexes. Disponible à www.doubs.gouv.fr/contenu/telechargement/6496/44306/file/rapport_d_expertise_cle0721e6-1.pdf.



Prélèvement d'une placette de 1/20^e de m²
à l'aide d'un filet Surber
© EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue

Évaluation

de la qualité des cours d'eau : évolution des protocoles basés sur la faune aquatique

Utilisation des macroinvertébrés benthiques

Les macroinvertébrés benthiques sont constitués de la faune du fond, invertébrée et visible à l'œil nu (larves ou imagos d'insectes, crustacés, sangues...). Ils sont particulièrement adaptés à l'analyse des cours d'eau : leur grande variété permet de balayer un large spectre de sensibilité à la qualité physico-chimique ou morphologique ; leur échantillonnage est relativement aisé et la détermination est assez abordable techniquement (au moins jusqu'au genre).

Ils constituent donc de bons intégrateurs de la qualité globale de l'écosystème aquatique et sont facilement exploitables.

Différentes méthodes d'analyses ont été développées à l'Université de Besançon : l'Indice biotique (IB, 1967), l'Indice de qualité biologique général (IQBG, 1976), et l'Indice biologique global (IBG, 1982) devenu Indice biologique global normalisé (IBGN) avec son homologation en 1992.

L'IBGN se base sur l'application d'un protocole de prélèvement standardisé, réparti afin de représenter les habitats présents (couple constitué du type de substrat – végétation, gravier, vase... – et vitesse d'écoulement). Chaque individu prélevé est trié, puis déterminé généralement à la famille.

L'analyse de la qualité d'un milieu et de son évolution est un enjeu majeur pour tous les gestionnaires de milieux naturels. Elle permet d'évaluer les opérations engagées, de les corriger et de mettre en avant d'autres actions indispensables au bon fonctionnement des milieux gérés.

Les organismes aquatiques sont soumis en permanence et à long terme à des pressions physico-chimiques (qualité de l'eau, température...) ou morphologiques (habitats aquatiques, hydrologie...). Le peuplement présent intègre l'ensemble des caractéristiques du milieu et non pas une situation à un temps donné.

Les indicateurs basés sur l'édifice biologique sont nombreux et plusieurs protocoles existent. Parmi ceux-ci, les macroinvertébrés benthiques et les poissons sont très communément utilisés.

L'évolution des connaissances et l'apparition de nouvelles techniques peuvent (ou doivent) conduire à une évolution des protocoles. Pour les milieux aquatiques, la mise en application de la Directive européenne cadre sur l'eau (DCE) a incité les États membres à évaluer la qualité et à standardiser les méthodes. Sans précaution, l'application de nouvelles méthodes peut cependant rendre difficile une lecture de l'évolution à long terme.



Macroinvertébrés benthiques utilisés pour la réalisation de l'IBGN ou de l'IZM2
© EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue

La méthode permet de calculer une note sur 20 à l'aide d'un tableau mettant en relation le nombre de taxons différents (schématiquement fonction de la diversité du milieu) et le groupe indicateur (qui donne une image de la sensibilité du peuplement à la qualité avec une note comprise entre 9 : sensible à la pollution et 1 : peu sensible à la pollution).

L'indice est conçu pour qu'un cours d'eau, naturel ou avec de très faibles perturbations, atteigne 20/20 (diversité importante et sensibilité élevée). Une note de 10/20 n'indique pas l'obtention d'un diplôme, mais une perte de 50 % du potentiel ! Mises à part quelques particularités (ruisseaux tourbeux, sources...), le 20/20 est théoriquement atteignable.

Bien que largement utilisé pendant de nombreuses années en France, l'IBGN présentait des points le rendant a priori difficilement compatible avec les exigences de la DCE. Un nouvel indice a été développé par l'Université de Metz et l'IRSTEA : l'Indice invertébrés multi-métriques (I2M2).

Le protocole de prélèvement a légèrement évolué et la détermination des taxons est plus exigeante : le genre est généralement imposé. Avec quelques précautions, les modalités de prélèvement et les listes taxonomiques obtenues restent compatibles avec le calcul de l'IBGN.

Le principe de calcul de l'I2M2 est très différent de l'IBGN et plus complexe (il est presque nécessaire d'utiliser des outils spécifiques développés sous forme de scripts informatiques).

Les listes faunistiques permettent le calcul de 5 métriques qui illustrent la structure du peuplement (variété taxonomique et indice de Shannon) ou traduisent sa sensibilité aux perturbations (ASPT score, polyvoltinisme, ovoviparité).

Les 5 métriques

- Variété taxonomique : correspond au nombre total de taxons récoltés au cours d'un prélèvement, qu'ils soient représentés par 1 ou plusieurs individus.
- Indice de Shannon : permet d'exprimer la diversité spécifique, c'est-à-dire le nombre plus ou moins grand d'espèces présentes dans un peuplement étudié.
- APT score : rend compte du niveau de polluosensibilité moyen.
- Polyvoltinisme : capacité du taxon à se reproduire plusieurs fois par an et qui a donc plus de chances de persister en milieu perturbé.
- Ovoviparité : présence d'espèces dont les œufs incubent dans l'abdomen, ce qui traduit une adaptation à la dégradation du milieu.

Ces métriques sont utilisées pour estimer 17 sous-indices illustrant les pressions anthropiques auxquelles le peuplement est soumis. Métriques et sous-indices sont exprimés en écart à une référence régionalisée (EQR Ecological quality ratio) de 0 (gros écart à la référence) à 1 (conforme à la référence). L'I2M2 est la moyenne arithmétique des 17 sous-catégories.

Utilisation des poissons

Avec à peine plus de 100 espèces sur le territoire métropolitain dont au moins un quart introduit, les poissons sont l'élément

le plus intégrateur de l'état de santé général du cours d'eau. Ils sont pour cela un indicateur très utile pour l'évaluation de sa qualité.

En rivière, la pêche électrique est une méthode de capture non létale. Sous l'application d'un champ électrique, le système nerveux des poissons est stimulé, ce qui le soumet à un phénomène de « nage forcée » en direction de l'anode. Proche de l'anode, le poisson est tétanisé. Il doit alors être rapidement capturé pour ne pas être endommagé.

Afin d'étudier le peuplement présent, un protocole fiable consiste à prospecter par pêche électrique l'ensemble d'une station (portion représentative du cours d'eau d'une longueur de 10 à 20 fois la largeur), de manière la plus complète possible. L'estimation des densités numériques et pondérales totales est calculée par l'application de méthodes statistiques qui nécessitent plusieurs passages successifs : un premier passage est réalisé, puis un second immédiatement, sans remise à l'eau des poissons (conservés vivants dans un vivier), puis éventuellement d'autres passages. Les poissons sont libérés après détermination et dénombrement pour chaque passage individuellement.



La portion de cours d'eau est parcourue, les poissons sont attirés vers l'anode et capturés
© EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue

La composition quantitative du peuplement observé peut être soit comparée entre stations, soit suivie temporellement, soit confrontée à un peuplement attendu pour un milieu du même type, non perturbé.

Comme l'IBGN, cette méthode a été jugée insatisfaisante avec l'application de la DCE. Un nouvel indice a ainsi été créé en 2001 à l'issue d'un travail piloté par le Conseil supérieur de la pêche (aujourd'hui intégré à l'Office français de la biodiversité) : l'Indice poisson rivière (IPR).

Le brochet capturé à l'électricité est pesé et mesuré,
puis remis à l'eau à la fin de l'opération
© EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue

À l'image de l'I2M2, son principe consiste à calculer des métriques qui mesurent des écarts à une référence. Elles sont basées sur la structure du peuplement (nombre total d'espèces, densité totale des individus) ou les caractéristiques des espèces présentes : nombre d'espèces lithophiles (affinité aux substrats minéraux), rhéophiles (affinité au courant), densité d'individus « tolérants » (sensibilité à la qualité d'eau) et densité d'individus. L'IPR est la somme des valeurs de ces métriques : 0 indique une situation jugée proche de la référence choisie, un score élevé illustre une déviation forte.

La première version de l'IPR présentait de nombreuses limites et était peu adaptée à certains types de cours d'eau. Une seconde version de l'IPR (IPR+) a été élaborée en 2014 par l'ONEMA et l'IRSTEA afin de chercher à solutionner certains de ces points faibles. Le principe se base toujours sur l'utilisation de métriques fonctionnelles confrontées à des indicateurs de perturbations, mais l'IPR+ est exprimé en écart à la référence (EQR) et varie de 0 à 1.

Le calcul de l'IPR ou de l'IPR+ ne nécessite qu'un seul passage, ce qui ne permet pas l'estimation statistique des densités numériques et pondérales totales. Si par oubli ou économie, un seul passage est réalisé, il n'est pas possible de comparer précisément les données obtenues avec des données antérieures. Le calcul de cet indice est en revanche possible en utilisant le premier passage des protocoles à passages successifs.

La méthodologie peut toujours présenter de nombreuses lacunes dans des milieux spécifiques.

La DCE et l'évolution des paramètres

La DCE a conduit à l'élaboration de nouveaux indices ou protocoles. Quels que soient ceux utilisés, ils ne sont pertinents qu'**accompagnés d'une expertise établie par un hydrobiologiste ayant une bonne connaissance du contexte, du fonctionnement du cours d'eau et de l'impact des perturbations sur les systèmes aquatiques**. Ils ne doivent pas être considérés comme un objectif, mais comme une aide à l'interprétation.

L'utilisation des indices retenus dans le cadre de la DCE peut s'avérer totalement inadaptée à l'évaluation précise du milieu ou à l'analyse de variations fines du peuplement. **Les protocoles doivent être judicieusement choisis et définis afin de répondre le plus précisément possible à la question que se pose le gestionnaire**. Ceux utilisés dans le cadre de la DCE ont pour principal objectif de vérifier si le cours d'eau répond aux exigences d'atteinte du bon état écologique tel que défini dans le cadre de la directive (et lui-même discutable).

Jean-Noël Resch
EPAGE Haut-Doubs Haute-Loue
jn.resch@eaudoubsloue.fr



Biblio

- Belliard J., Roset N. 2006. L'indice poissons rivière (IPR). Notice de présentation et d'utilisation. CSP. 20 p.
- Cabinet Gay Environnement. 1995. Indice biologique global normalisé IBGN NF - T90-350. Guide technique. Agence de l'eau. 69 p.
- Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- Mondy C.P., Villeneuve B., Archaïmbault V., Usseglio-Polatera P. 2012. A new macroinvertebrate-based multimetric index (I2M2) to evaluate ecological quality of French wadeable streams fulfilling the WFD demands: a taxonomical and trait approach. *Ecological indicators*, 18 : 452-467.
- Pont et al. 2013. Programme IPR+. Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE. IRSTEA. 208 p.
- Pottier G., Azam D., Beaulaton L., Vigneron T., Rives J., Marchand F., Pénil C. 2022. La pêche scientifique à l'électricité dans les milieux aquatiques continentaux. Office français de la biodiversité, collection Guides et protocoles. 136 p.
- Verneaux J. & coll. 1982. Une nouvelle méthode pratique d'évaluation de la qualité des eaux courantes - un indice biologique de qualité générale (I.B.G.). *Ann. Sci. Univ. Fr.-Comté, Besançon*, 4 (3) : 11-21.

Le suivi scientifique minimal



Depuis une vingtaine d'années, la **restauration hydromorphologique des cours d'eau** est en plein essor, générant une multiplication des réalisations sur le terrain et une abondante littérature scientifique. Cette dernière indique une amélioration globale de la biodiversité des cours d'eau attribuable aux restaurations, cependant **les résultats demeurent variables et difficiles à prévoir**. Le biais principal selon la littérature consiste en un **problème de conception des suivis** : trop courts, mal conçus, pas adaptés aux objectifs...

Dès 2010, l'Office français de la biodiversité et ses partenaires (Agences de l'eau, Inrae, Ministère en charge de l'écologie...) travaillent sur un **suivi standardisé** d'opération de restauration hydromorphologique en cours d'eau, baptisé **Suivi scientifique minimal (SSM)**. Ce suivi est déployé sur un réseau de sites de restauration : les **sites de démonstration (SDD)**. L'objectif est de produire des **données de suivis de qualité** permettant d'effectuer des retours d'expérience documentés, de pouvoir évaluer les effets de la restauration et l'efficacité des techniques de restauration. Les concepts du SSM ont été formalisés dans un **guide**, qui constitue une **boîte à outils** permettant d'élaborer des suivis robustes de restauration de l'hydromorphologie.

Exemple d'application sur le Sauzay (58)

Aujourd'hui, **cinquante sites de restauration** composent le réseau en France hexagonale. Certains sites bénéficient de plus de 10 ans de suivi, avant et après travaux. D'autres sites plus récents en sont à l'étape de **l'état initial avant travaux**. C'est une étape fondamentale permettant de définir les objectifs de restauration et de choisir un itinéraire technique adapté. C'est le cas du site du **Sauzay** à la Chapelle-Saint-André dans la Nièvre. Le projet, porté par le Syndicat mixte Yonne Beuvron consisterait en la **remise en fond de talweg** du Sauzay sur un linéaire de près d'un kilomètre. En 2021 et 2022, **quatre stations** ont été définies et ont fait l'objet de suivis élaborés selon les

préconisations du guide SSM. Les **résultats de ce diagnostic** confirment les altérations de l'hydromorphologie (réduction de la diversité et la fonctionnalité des habitats) et leurs effets sur les peuplements piscicoles et les macroinvertébrés. Le ruisseau bénéficie d'une eau fraîche toute l'année, dont la qualité physico-chimique ne semble pas constituer un facteur limitant.

Par conséquent, **une opération de restauration devrait être bénéfique** si elle est correctement dimensionnée, réalisée et qu'aucune altération ultérieure ne vienne remettre en cause ses bénéfices. Il est toutefois probable qu'il faille **plusieurs années** pour être en capacité d'évaluer la réponse biologique suite à l'intervention, ainsi le suivi devra être poursuivi après l'opération pour **comprendre la trajectoire de récupération du milieu**.

Anne Vivier, Julien Bouchard et Valérie Peeters
Office français de la biodiversité
anne.vivier@ofb.gouv.fr, julien.bouchard@ofb.gouv.fr,
valerie.peeters@ofb.gouv.fr

Protocole de suivi des cours d'eau CARHYCE
© P. Massit (OFB)

Le protocole CARHYCE (Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau) définit les données à acquérir et leur méthode d'acquisition. Adapté aux cours d'eau prospectables à pied, il permet d'obtenir un rendu de la situation du cours d'eau, de la géométrie et des substrats du lit jusqu'à la description des berges et du corridor rivulaire.

Biblio

Bouchard J. et Peeters V. 2023. Diagnostic écologique du Sauzay à la Chapelle-Saint-André – Etat initial 2021-2022. Rapport final OFB. Dijon, 63p.

Rolan-Meynard M. et al. 2019. Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau. Agence française pour la biodiversité, collection Guides et protocoles. 176 p. et annexes. Disponible à <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18966.80963>

Vivier A. et al. 2018. Réseau de sites de démonstration pour la restauration hydromorphologique des cours d'eau : vers une production mutualisée de données de suivi au service de la connaissance et de l'action. *Techniques sciences méthodes*, 3 : 43-54. Disponible à <https://doi.org/10.1051/tsm/201803043>

	Protocole Dispositif de suivi	Année	Conclusions principales
Hydrologie	Station hydrométrique H207 3110 01 "Le Sauzay à Corvol-l'Orgueilleux"	Depuis 1967	Attention, 2021-2022 : données brutes non validées
Physico-chimie	Type DCE, macro et micropolluants	2021	Prélèvements mensuels non encore analysés
		2022	
Morphologie	Carhyce	2018	Cours d'eau de faible dynamique alluviale. Une station présente l'Indicateur morphologique global le plus proche d'une situation de référence. Les 3 autres stations présentent des altérations marquées de la profondeur des mouilles et de la largeur plein bord. La quasi-absence de granulométrie type bloc peut être pénalisante pour les habitats de certaines espèces.
		2022	
Diatomées	NF T 90-354	2021	L'analyse des diatomées indique un cours d'eau en très bon état. On note une légère dégradation en 2022 avec des taxons indicateurs plus polluo-résistants.
		2022	
Macroinvertébrés	NF T 90-333	2021	Un état globalement bon, mais l'absence systématique de certains taxons affectionnant les vitesses de courant plus rapides indique un problème morphologique.
		2022	
Poissons	Pêche complète	2021	Peuplement globalement conforme à une situation référentielle mais un déficit (abondance et biomasse) marqué pour la truite sur les 3 stations altérées (avant travaux) ainsi que des populations déstructurées (présence uniquement de jeunes de l'année).
		2022	



Subimago de l'éphéméroptère *Metreletus balcanicus*
© J-P. G. Reding

Insectes aquatiques sans eau

Alors que la faune des éphéméroptères, plécoptères et trichoptères (EPT) des cours d'eau est bien connue de par son utilisation dans les indices biotiques, celle des milieux temporaires demeure peu explorée, malgré le fait que ceux-ci concentrent en eux une grande partie de la biodiversité en insectes aquatiques.

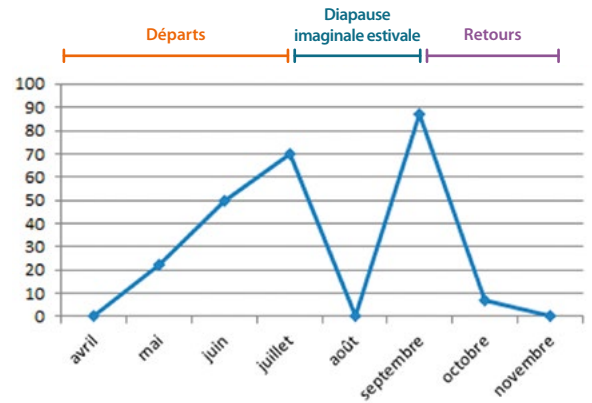
Parmi les 70 espèces de plécoptères peuplant le massif du Jura, plus d'un tiers sont inféodées aux milieux temporaires, et on y trouve aussi au moins 80 espèces de trichoptères (sur 535 en France métropolitaine). Les éphéméroptères y sont moins nombreux, mais sont représentés, en contrepartie, par des espèces très rares et spécialisées, comme *Metreletus balcanicus*, *Ameletus inopinatus*, *Arthroplea congener* et *Siphonurus aestivalis*.

Dans le massif du Jura, les biotopes aquatiques temporaires se trouvent typiquement dans les marais et les tourbières, les zones eulittorales des lacs sujets au marnage saisonnier, les zones latérales inondables (aulnaies) des cours d'eau, les ruisseaux temporaires et intermittents, les suintements. L'assèchement d'un milieu aquatique est, cependant, un phénomène « de surface » qui peut cacher des processus hyporhéiques complexes, surtout en milieu karstique jurassien.

Stratégies

Le grand nombre d'espèces d'EPT capables de peupler les eaux temporaires pointe vers une multitude de stratégies d'adaptation à ces conditions. Les résumer toutes sous le seul vocable de la « résistance à l'assèchement » n'est pas tout à fait correct, puisque l'assèchement du milieu aquatique est la condition *sine qua non* de la présence même de ces espèces, qui recherchent activement ce genre de milieu et ne pourraient pas vivre en dehors de lui.

La stratégie d'adaptation aux eaux temporaires la plus largement répandue est celle de la **diapause imaginale estivale** chez les trichoptères des genres *Limnephilus*, *Mesophylax* et *Glyphotaelius*. Lors de leur éclosion, qui a lieu à la fin du printemps, lorsque leurs biotopes larvaires s'assèchent, les adultes de ces genres sont encore immatures. Ils quittent alors leur lieu de développement larvaire (gouilles temporaires dans les marais, zones eulittorales) et s'envolent vers un lieu de repli dans un endroit frais et humide (forêts sénescents, grottes, zones boisées des marais), dont ils ne sortent qu'en automne, pour s'accoupler, lorsque les biotopes larvaires sont à nouveau en eau et que leur maturité sexuelle est atteinte. Durant cette diapause, les adultes ailés se trouvent dans une sorte de léthargie ou de dormance. Les ovaires de la femelle se développent et le mâle atteint sa maturité sexuelle. Le mécanisme des départs est déclenché par l'assèchement des biotopes larvaires, et celui des retours par la photopériode, tous parfaitement répercutés sur le diagramme des temps de vol.



Graphique des temps de vol du trichoptère *Glyphotaelius pellucidus* (entre 2010 et 2020) © J-P. G. Reding

Une autre stratégie pour passer la saison sèche est celle de la **diapause des œufs**, pondus soit à même le substrat, dans des poches humides, ou alors franchement en dehors



Gouille temporaire au Crossat
RNN du lac de Remoray



Ruisseau temporaire de haut-marais au printemps
Mouille de la Vraconnaz (Jura suisse vaudois)



Ruisseau intermittent
RNN du ravin de Valbois

de l'eau, accrochés à la végétation surplombant le biotope aquatique en assec, ou alors collés à la surface inférieure des pierres exondées. Ces œufs sont toujours encapsulés dans une masse gélatineuse qui les protège non seulement contre la dessiccation, mais procure également la nourriture aux embryons qui commencent à se développer. Le renflouement automnal des biotopes asséchés submerge les agglomérations d'œufs et libère les embryons dans le milieu aquatique reconstitué. Le trichoptère *Glyphotaenius pellucidus* combine même

les deux stratégies susmentionnées.



Masse d'œufs du trichoptère *Trichostegia minor*, accrochée à la végétation © J-P. G. Reding

Bien moins visible est la stratégie du développement larvaire dans les zones hyporhéiques. Les nombreuses espèces de plécoptères, surtout les *Leuctra*, peuplant les ruisseaux intermittents des combes, passent la saison sèche sous forme larvaire dans les zones hyporhéiques, nombreuses et profondes en milieu karstique. Des espèces comme *Leuctra major*, *Leuctra leptogaster* et *Leuctra cingulata*, dont les larves longues et filiformes sont pratiquement glabres et possèdent des fémurs atrophiés, vivent à des profondeurs comprises entre 50 et 90 cm sous le lit mineur. Fonte des neiges, orages estivaux et pluies d'automne contribuent ensuite à reconnecter les zones hyporhéiques aux eaux de surface, permettant aux larves matures de remonter.



Larve filiforme du plécoptère *Leuctra leptogaster* © J-P. G. Reding

L'éphéméroptère *Siphonurus aestivalis* poursuit une stratégie axée sur l'anadromie (vol vers l'amont) des adultes, qui remontent depuis leurs lieux d'éclosion – les grands lacs du Haut-Jura – jusqu'aux ruisseaux apicaux temporaires dans les marais et tourbières pour y déposer leurs œufs. Ensuite, au fur et à mesure de l'assèchement de ces milieux, les larves entament un mouvement catadrome (dérive active vers l'aval), qui les amène, au prix d'un long

Lexique

- **Hyporhéiques** : se dit des sédiments perméables saturés en eau, situés sous et à côté d'un cours d'eau.
- **Histosol** : sol constitué de matières végétales incomplètement décomposées et gorgé d'eau.
- **Zone eulittorale** : zone comprise entre les limites hautes et basses d'un lac. Par basses eaux, cette zone est en assec, et submergée par hautes eaux.

Mâle de *Rhadicleptus alpestris* - Pour l'identification des trichoptères, seule la forme des genitalia est discriminante (avec quelques rares exceptions)
© J-P. G. Reding



périple, jusqu'aux zones littorales des lacs, où elles achèvent leur développement dans des conditions thermiques favorables.

Les femelles des trichoptères *Hagenella clathrata* et *Rhadicleptus alpestris*, ainsi que du plécoptère *Nemoura dubitans*, pondent leurs œufs à la fin du printemps dans les gouilles résiduelles des marais. Après éclosion, les jeunes larves migrent dans l'histosol meuble, jusqu'à 30 cm sous la surface, et y passent non seulement la saison sèche mais aussi les frimas de l'hiver. Les larves matures de ces espèces remontent à la surface des marais lorsque la table d'eau atteint son seuil maximal au printemps, et se déverse dans le marais par l'intermédiaire d'excursions temporaires, offrant une porte de sortie aux larves matures.



Femelle de trichoptère des marais *Rhadicleptus alpestris*
© J-P. G. Reding

Sécheresses et canicules favorisent-elles les espèces inféodées aux eaux temporaires ?

En dépit de ce large éventail de stratégies, la règle de base est la même : toutes les espèces d'EPT vivant en milieu temporaire suivent un rythme de développement dicté par l'alternance saisonnière régulière de périodes humides et d'assec. L'assèchement prématuré des biotopes temporaires et l'épuisement des réserves hydriques souterraines perturbent fortement cet équilibre. Les épisodes caniculaires répétés de ces dernières années, loin de favoriser les « insectes aquatiques sans eau » ne contribuent qu'à rompre un équilibre déjà fragilisé par l'anthropisation de leurs biotopes, en particulier par le captage démesuré des sources, le drainage des marais et la chenalisation des cours d'eau. Voilà aussi la raison pour laquelle la renaturation de biotopes abritant (ou ayant abrité) des espèces d'EPT typiques des eaux temporaires ne devrait pas se limiter à retenir l'eau, voire à inonder le biotope, mais devrait bien plutôt chercher à restaurer l'alternance entre saturation et assèchement du milieu.

Jean-Paul G. Reding
Entomologiste indépendant
jean-paul.reding@bluewin.ch

Biblio

Reding J-P. G. 2022. *Ephéméroptères, plécoptères et trichoptères des milieux aquatiques atypiques du massif du Jura : guide de terrain, catalogue des espèces, éléments d'identification*. Chez l'auteur, Neuchâtel. 424 p. ISBN 978-2-8399-3698-9.

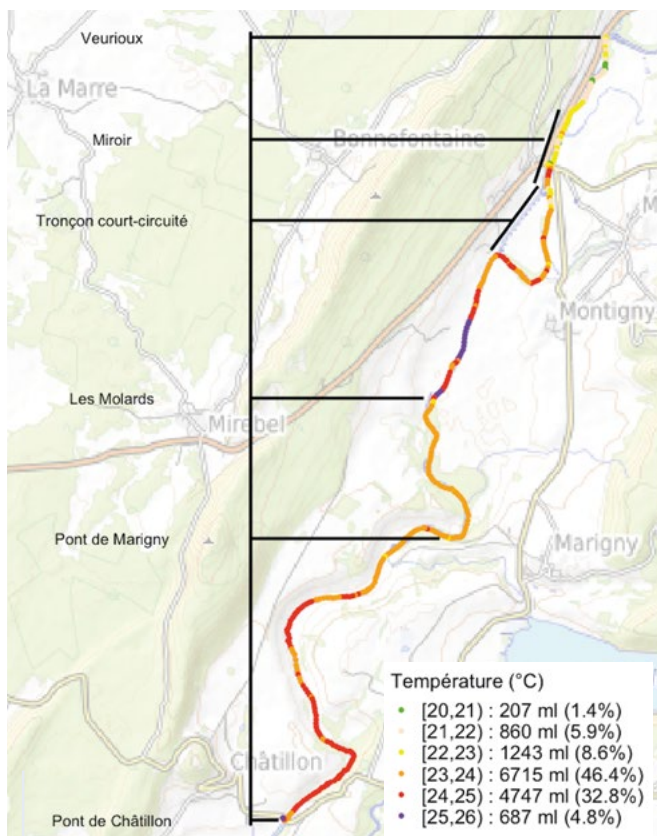
Gestion de l'étiage 2022 :

exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques

Nous avons été confrontés pendant la période estivale 2022 à d'intenses épisodes caniculaires et de faibles débits. La gestion de cette situation nécessitait des outils d'aide à la décision d'éventuelles restrictions par arrêté préfectoral. C'est dans cette optique que la Fédération du Jura pour la pêche et la protection des milieux aquatiques (FJPPMA) a poursuivi le travail engagé lors des étiages de 2018 et de 2020 afin de compléter les outils déjà disponibles.

Les prospections ponctuelles

Une première approche a consisté, pour deux opérateurs, à parcourir en canoë un linéaire d'environ 14 kilomètres sur la rivière d'Ain. Ce secteur salmonicole (truite fario *Salmo trutta fario* et ombre commun *Thymallus thymallus*) fait l'objet d'échauffements connus en périodes estivales et d'une utilisation par des sports de pagaie. L'objectif ici était d'évaluer l'intensité de cette élévation de température au regard de l'épisode exceptionnel en cours, ainsi que la variabilité spatiale au sein du tronçon concerné. Un capteur-enregistreur thermographique a été accroché derrière l'embarcation durant la descente du linéaire, dont la trace GPS a été enregistrée. Cela a permis de constater des valeurs supérieures à 25°C et aucune inférieure à 20°C.



Descente en canoë « Ain - Crotenay à Châtillon » du 28/07/2022 © FJPPMA

Le comportement des poissons a également été observé (sensibilité au dérangement, alimentation, mouvements erratiques, pathogènes type *Saprolegnia*, etc.). Les secteurs à enjeux de préservation prioritaires ont été identifiés à partir de ces résultats.

La construction de l'arrêté préfectoral cadre « sécheresse », au cours du printemps 2022, a permis l'ouverture d'un échange entre les services de l'État, certaines associations naturalistes, les collectivités locales et les professionnels ou clubs amateurs de canyoning. Ce cadre formel a permis l'installation durant 7 jours de sondes thermographiques au sein de trois canyons sur le Tacon et la Saine. La comparaison des valeurs mesurées aux exigences biologiques des espèces piscicoles de référence de ces tronçons a mis en évidence des plages horaires non satisfaisantes au cours de la journée, mais également des secteurs géographiques sans enjeu, ainsi que d'importants écarts au sein même d'un canyon. Ces observations constituent donc des aides à la décision quant à d'éventuelles interdictions de pratiques, totales ou partielles (localisations, temporalités, etc.).

Un troisième travail, engagé en partenariat avec le Parc naturel régional du Haut-Jura, consiste en un survol ponctuel (juillet 2022) en ULM de la Bienne (55 km) et de la majorité du linéaire de la rivière d'Ain situé dans le Jura (90 km), dans l'objectif de réaliser des prises de vues aériennes dans les domaines du visible et de l'infrarouge (altitudes de vol entre 300 et 400 m). Il est alors possible, grâce à l'installation sur site de thermographes de calibration, de transformer ces images de télédétection en mesures absolues de température de surface sur l'ensemble du linéaire concerné (hors zones couvertes par une canopée).



Thermographe
© FJPPMA

On peut extraire de cette cartographie thermique les refuges froids ou les points chauds. L'identification de ces zones, vraisemblablement stables durant plusieurs années, permet de prioriser les enjeux pour les espèces en fonction des secteurs géographiques. Cette approche visuelle et holistique dans son échantillonnage est simple à vulgariser, ce qui constitue par ailleurs un atout certain dans un contexte de prise de décision parfois tendu.

Les dispositifs déployés à moyen/long termes

L'Observatoire national des étiages (ONDE) est une démarche portée depuis 2012 par l'Office français de la biodiversité. La collecte de données est assurée par les agents de l'établissement, sans contribution externe. Ce réseau professionnel est complété depuis 2017 par une démarche semblable mais participative : « En quête d'eau ». Un réseau départemental est animé afin de coordonner le travail de collecte et de synthèse des données de suivi des étiages. Ainsi, une répartition spatiale entre les acteurs locaux volontaires (FJPPMA et acteurs GEMAPIens notamment) est établie, en cohérence spatiale avec les 42 stations du suivi ONDE. La synchronisation des observations entre les deux démarches permet d'obtenir une vue précise et plus complète (plus de 100 points d'observation) de l'état général des **écoulements des secteurs de tête de bassin versant** (description selon 5 modalités sur un réseau de points stables). Une valorisation commune des deux jeux de données est réalisée après chaque campagne, avec des représentations cartographiques, chronologiques et statistiques à différentes échelles spatiales.



En quête d'eau : sur le terrain, aucune mesure (par exemple, des mesures du débit) n'est mise en oeuvre. Le niveau d'écoulement des cours d'eau est apprécié visuellement, selon différentes modalités de perturbations d'écoulement : visible, non visible, assec, etc.
© FJPPMA

La dernière démarche engagée depuis 2018 est l'installation et la maintenance de **dispositifs de mesure et de télétransmission de données** (température, hauteur d'eau, oxygénation). Ces matériels, au fonctionnement autonome, permettent de limiter les interventions humaines tout en disposant d'un jeu de données beaucoup plus conséquent et donc robuste et représentatif. Quatre sites sont actuellement équipés, avec une télétransmission sur une infrastructure numérique disposant d'une interface de visualisation en ligne (accès restreint). Cet outil a vocation à s'étoffer au cours de l'année 2023 afin de permettre la consultation de données issues de nombreux autres capteurs déjà en place dans le département, gérés par différentes institutions publiques ou privées. Une vision départementale la plus complète possible sera alors offerte à l'utilisateur, quels que soient l'origine de la donnée, le matériel utilisé ou le protocole d'échange de données.



Dispositif de mesure et de télétransmission de données
© FJPPMA

Les éléments très précis détaillés précédemment et disponibles à tout moment alimentent les échanges de chaque cellule de veille sécheresse, instance départementale de concertation dédiée à la proposition de mesures de restriction des usages de l'eau au Préfet. Ils peuvent être complétés en fonction des situations par un catalogue photographique succinct.

Conclusion

Le travail de suivi de l'épisode d'étiage réalisé en 2022 a permis d'établir des **éléments factuels plus précis**, induisant une **prise de conscience locale des enjeux relatifs à l'état des milieux aquatiques dans ces conditions particulières**. La vulnérabilité de la ressource en eau pour l'usage humain est ainsi mieux associée à celle des habitats naturels et des espèces. Ces différents outils seront de nouveau mobilisés et amplifiés dans les années futures en fonction des conditions hydro-climatiques.

Jean-Baptiste Fagot

Fédération du Jura pour la pêche
et la protection des milieux aquatiques
jean-baptiste.fagot@peche-jura.com

Biblio

Fagot J.B. 2021. Réseau de suivi à distance de la température de la vallée de l'Ain (Jura). Rapport Fédération du Jura pour la pêche et la protection du milieu aquatique, mars 2021. Lons-le-Saunier, 19 p. et annexes.

Fagot J.B. 2022. Température de l'eau et activité de canyionisme - Année 2022 - Département du Jura. Rapport Fédération du Jura pour la pêche et la protection du milieu aquatique, août 2022. Lons-le-Saunier, 10 p. et annexes.

Fagot J.B. 2023. Suivi des étiages - Département du Jura - Volet 2022. Rapport Fédération du Jura pour la pêche et la protection du milieu aquatique, janvier 2023. Lons-le-Saunier, 13 p. et annexes.





Réunion de concertation sur le projet de désenrochement sur la RNR de la Loire bourguignonne
© N. Lecrivain (CEN Bourgogne)

La concertation

au cœur d'un projet de suppression d'un enrochement sur la Loire

Évaluer la faisabilité d'un tel projet sur une Réserve naturelle

La Réserve naturelle régionale (RNR) de la Loire bourguignonne (58) s'étend de part et d'autre des méandres de la Loire sur 740 ha. Une protection de berge de 650 m de long, construite à la fin du XX^e siècle pour préserver les terres agricoles de l'érosion, fait obstacle à la dynamique fluviale. Le

Conservatoire d'espaces naturels (CEN) de Bourgogne, gestionnaire de la RNR, a mandaté en 2022 une étude d'aide à la décision pour la suppression de cet ouvrage, avec un volet technique (évaluation des incidences hydro-géomorphologiques) et un volet socio-économique (évaluation de l'acceptation sociale). L'avancée conjointe et concertée de ces deux volets a permis la prise en compte des enjeux de concertation dans l'étude de faisabilité technique et inversement. Cette double étude, en amont de la décision de supprimer ou non l'enrochement, était nécessaire pour ne pas nuire à l'ancrage de la Réserve naturelle sur son territoire et alimenter la réflexion du décisionnaire (le comité consultatif de la RNR et la Région Bourgogne-Franche-Comté) pour la poursuite du projet.

Le dialogue territorial pour une vision commune du projet

Plusieurs approches existent pour organiser la concertation des publics autour d'un projet dont la **méthode du dialogue territorial** (DT). C'est une démarche de concertation multi-acteurs, entre toutes les parties prenantes concernées par un projet environnemental local pouvant les impacter dans leurs activités professionnelles ou privées, menée par un médiateur

formé, qui répond à un ensemble de principes et de règles. Pour mener à bien ce travail, c'est la Scop DialTer qui a été retenue.

Cette méthode repose sur :

- la reconnaissance mutuelle et le rapprochement entre les parties prenantes : elle privilégie l'expression et la compréhension mutuelle des perceptions (points de vue) et des besoins (préoccupations, motivations, intérêts) ;
- le dialogue de savoirs : il ne s'agit pas seulement du dialogue entre experts de disciplines ou d'horizons différents, mais du dialogue entre savoir scientifique (ou savoir de spécialiste) et savoir profane (ou savoir d'usage). L'animateur doit ainsi faciliter l'expression et la prise en compte des savoirs profanes souvent méprisés ;
- la prévalence de l'intérêt général en partant de l'intérêt de chacun : le dialogue multi-acteurs doit favoriser « l'élargissement des cercles de conscience » de chaque participant, mais ceci n'est possible que si chacun a pu partager des éléments de son cercle initial dans une atmosphère de respect, voire de bienveillance ;
- la posture à la fois neutre et multi-partiale de l'animateur, garantissant un cadre qui, accepté par tous, favorise la progression du groupe ;
- la co-construction de propositions pérennes.

Les grandes étapes de la concertation et son articulation avec l'étude technique

Le DT s'est organisé en trois principales étapes sur la RNR.

1 La préparation du dialogue

Le bureau d'études techniques (ici Véodis-3D), la Scop DialTer et le CEN Bourgogne se sont d'abord réunis pour définir les objets du dialogue et identifier des acteurs concernés. Une série d'entretiens entre le médiateur et chaque acteur a ensuite eu lieu. C'est une étape importante pour amorcer le processus de rapprochement et la construction de la confiance. Les besoins et perceptions de chacun concernant le projet de restauration, les perceptions du processus de dialogue à venir et les suggestions pour le favoriser, ont ainsi été récoltés. Le gestionnaire de la Réserve naturelle a lui aussi réalisé cet entretien pour définir clairement dès le début sa position dans la concertation, à savoir un avis favorable à la suppression de l'enrochement pour favoriser la dynamique alluviale sur laquelle l'état de conservation de beaucoup d'enjeux de préservation de la RNR repose (sous réserve des conclusions de l'étude technique et de la faisabilité sociale).

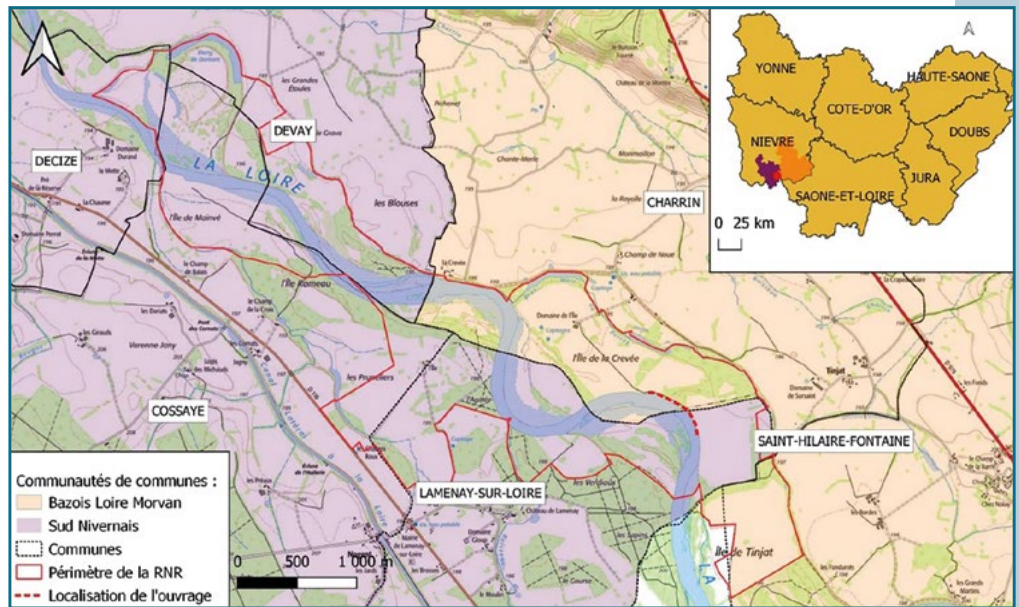
2 Le cœur de la concertation

C'est au cours de cette étape, réunissant autour de la table l'ensemble des acteurs, que l'articulation entre l'étude technique et la concertation prend toute son importance. Au cours des trois réunions de concertation réparties sur six mois, le bureau d'étude technique a présenté l'avancée des résultats scientifiques afin d'avoir une base de connaissances commune, robuste et incontestable. Ainsi certains amalgames et craintes, comme le risque inondation, ont pu être abordés et dépassés au profit d'un échange sur les attentes et besoins autour du projet. Les propositions relatives aux modalités de travaux émanant du groupe de concertation ont alimenté l'étude technique et valorisé ainsi l'expérience « profane » locale. Les objectifs du projet (amélioration de la dynamique fluviale, notion d'exemplarité du projet sur le territoire par exemple) semblent désormais mieux pris en compte.

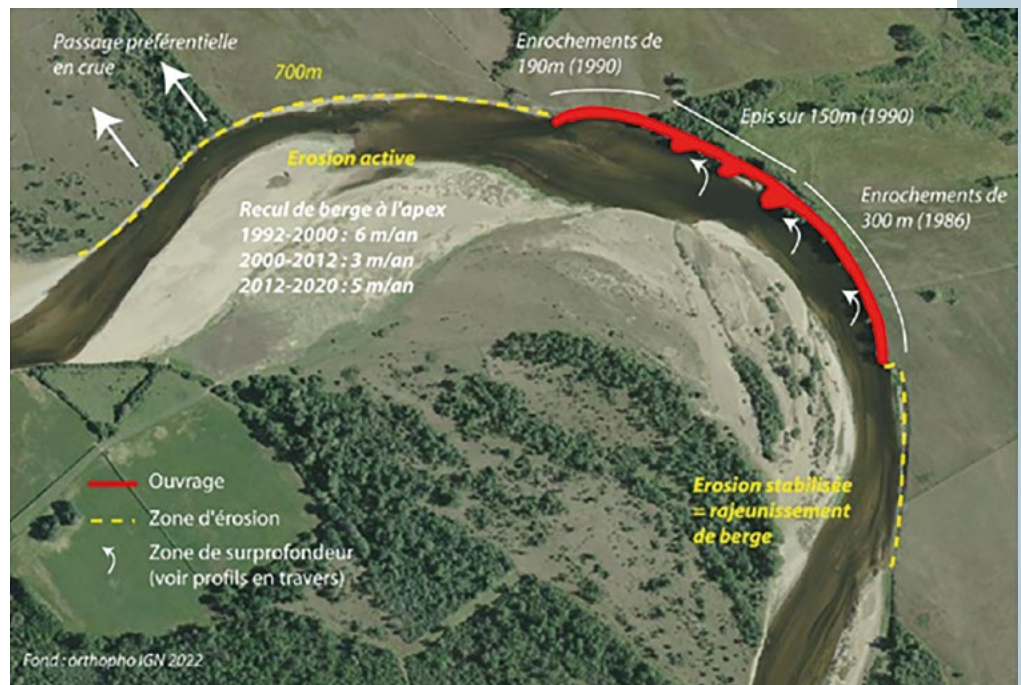
3 Préparer la suite

La dernière réunion de concertation a présenté de façon transparente la suite de la démarche : qui prendra la décision ou non de supprimer l'enrochement (le groupe de concertation n'est pas décisionnaire mais il aide le décisionnaire dans son processus de réflexion), comment s'inscrivent les apports de la concertation dans cette prise de décision, la poursuite ou non des échanges du groupe et sous quel format, etc.

Nathalie Lécrivain
Conservatoire d'espaces naturels
de Bourgogne
contact@cen-bourgogne.fr



Localisation de l'ouvrage dans la Réserve naturelle régionale de la Loire bourguignonne et limites administratives © CEN Bourgogne (sources : Scan25, BDCarto, IGN - QGIS)



Zones d'érosion actives au droit de l'ouvrage
© Veodis-3D (source : fond orthophoto IGN)

Avantages et inconvénients de cette étude

La méthode du DT a ici bien répondu aux besoins d'ancrage local de la Réserve naturelle. Les acteurs ont salué à l'unanimité cette démarche et les acteurs locaux se sont sentis valorisés par l'écoute de leurs savoirs et la prise en compte de leurs propositions dans l'étude technique. Les savoirs, tant scientifiques que « profanes », ont amélioré les connaissances autour du projet pour tous les acteurs. L'échange des savoirs a permis de transformer certaines oppositions franches en acceptation du projet sous certaines conditions et d'intégrer des éléments techniques (comme la sensibilité locale à l'impact carbone d'un tel projet) et sociaux (comme l'attachement social à l'ouvrage) non pris en compte initialement.

Cependant, le ressenti d'une « scission » entre les « gens de bureaux » (services de l'État, EPTB, collectivités publiques), majoritairement favorables au projet, et les « gens de terrain » (agriculteurs, pêcheurs, chasseurs), davantage opposés, symptomatique d'une divergence dans l'échelle d'approche du projet (globale vs locale), n'a pu être levé dans ce processus de concertation, même si les enjeux globaux sont mieux compris de tous.

À noter que l'étude est coûteuse et nécessite une implication forte sur une année du gestionnaire.

BUDGET
environ 45 000 € TTC
 Prestation technique : 25 260 € TTC
 Prestation concertation : 14 760 € TTC
 + Temps salariés CEN
 et frais de mission



Lit guide méandrique tracé après le comblement d'une partie du chenal de drainage rectiligne. On voit encore la trace de ce chenal 4 à 5 fois plus large qui passait entre les arbres sur la droite de la photo, en ligne droite en direction de la zone éclaircie © H-P. Savier (ONF)

LEXIQUE

Hydropériode : nombre de jours par an pendant lesquels une zone de terre est humide ou durée pendant laquelle il y a de l'eau apparente dans un cours d'eau.

Risberme : talus de protection d'un ouvrage destiné à le protéger de l'érosion de l'eau (affouillement).

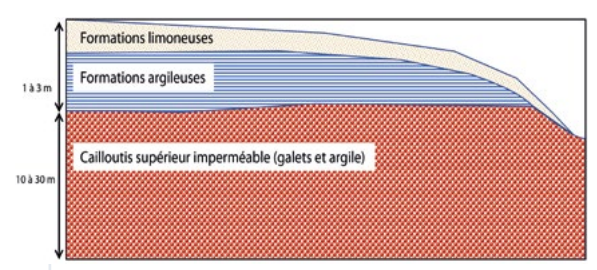
La Clauge : restauration d'un cours d'eau forestier et de ses affluents

La forêt de Chaux, deuxième massif forestier public feuillu de France métropolitaine, s'étend sur 22 000 ha de forêts domaniales et communales. Dans ce massif, plusieurs cours d'eau prennent naissance. Le principal est la Clauge, un affluent du Doubs de 36 km de long, dont 24 km s'écoulent en forêt.

D'importants travaux de drainage et de rectification des petits cours d'eau ont été réalisés au début du XX^e siècle et dans les années 1950-60 afin de drainer les parcelles à reboiser. Les conséquences ont été l'accélération des débits, de l'érosion, de la vitesse d'assèchement et de la perte de biodiversité.

En 2004, les chercheurs de l'Université de Franche-Comté et l'Office national des forêts (ONF) se sont associés pour expérimenter des méthodes de restauration des ruisseaux grâce au programme européen Life « Ruisseaux de tête de bassin et faune patrimoniale associée ». L'objectif est de restaurer les fonctionnalités des milieux humides alluviaux de ce cours d'eau temporaire qu'est La Clauge, en remettant les ruisseaux dans leur lit méandrique d'origine.

30 m d'épaisseur pris dans un matériau argileux imperméable d'origine alpine. Il en résulte des sols pauvres (acides), qui présentent un engorgement durant une partie de l'année.



Formations géologiques du massif de Chaux © E. Lucot et F. Degiorgi

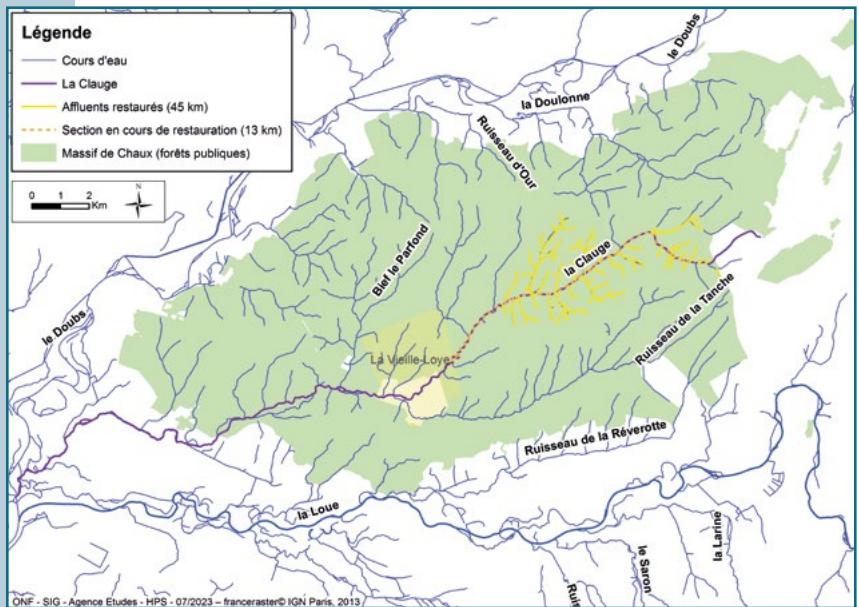
De plus, dès 50 cm à 1,5 m de profondeur apparaît le fragipan, horizon compacté formé en contexte périglaciaire. Cet horizon est peu perméable et limite la prospection racinaire. Les périodes d'engorgement sont importantes sur environ 30 % de la forêt. Les cours d'eau du massif sont majoritairement alimentés par ces nappes qui s'installent dans les sols et s'écoulent latéralement.

Des travaux d'assainissement de grande ampleur aux conséquences néfastes

Georges Plaisance, ingénieur forestier, a travaillé en forêt de Chaux entre 1943 et 1966. Il est à l'origine de la création d'une grande partie du réseau de drainage dans le but d'améliorer la production forestière. Il s'agissait à l'époque de restaurer une forêt appauvrie par les besoins industriels des Salines et des forges au cours des siècles précédents et difficile à exploiter en raison de l'engorgement prolongé en eau des sols.

Ainsi, de 1950 à 1970, près de 80 % du linéaire de cours d'eau a été rectifié pour désengorger les sols.

Ce drainage a été insuffisant pour lever la contrainte d'engorgement et permettre l'enracinement profond mais a créé les conditions favorables à une sécheresse estivale des horizons de surface, accentuée par le changement climatique. Comme indiqué précédemment, la rectification des cours d'eau a entraîné en cascade l'accélération des débits, l'incision du lit des ruisseaux et la migration des sédiments vers l'aval. Les cours d'eau de tête de bassin ne s'écoulent plus aujourd'hui que quelques jours à l'occasion d'épisodes pluvieux contre quelques semaines auparavant. À l'échelle du massif, le point où la Clauge était permanente est descendu de plus de 7 km vers l'aval depuis 1973.



Situation de la Clauge et linéaires de restauration dans le massif de Chaux depuis 2007 © ONF

Des sols contraignants pour la forêt

Les sols de la forêt de Chaux sont développés dans un matériau géologique constitué de 3 couches : en surface des dépôts limoneux de 0,5 à 1,5 m d'épaisseur qui recouvrent une couche argileuse reposant elle-même sur un cailloutis siliceux de 10 à

Vers une restauration du fonctionnement du bassin versant forestier

Pour reconstituer une partie des réserves en eau du bassin versant de la Clauge, un programme de restauration des affluents temporaires de ce cours d'eau a été initié en 2007 dans le cadre du programme Life « Ruisseaux de têtes de bassin versant et faune patrimoniale associée ». Il a été poursuivi et amplifié de 2014 à 2019 grâce à la collaboration étroite entre l'ONF, l'Université de Franche-Comté et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. Ces opérations ont d'ores et déjà permis de restaurer une quarantaine d'affluents de la Clauge amont sur un linéaire d'environ 45 km avec des effets significatifs sur la nappe d'eau.

Actuellement, les travaux se concentrent sur 13 km du cours principal de la Clauge dans le prolongement des affluents restaurés, à l'amont du village de la Vieille Loye. Les principes de restauration ont été validés en comité de pilotage et ont fait l'objet d'un dossier de déclaration environnementale assorti d'une notice d'incidence Natura 2000. En outre, une phase de concertation a été organisée avec les usagers du massif en fin d'année 2022 afin de présenter les modalités d'effacement de la retenue du Sauget, placée en barrage sur le cours d'eau.

Objectifs des travaux sur les affluents : augmenter l'hydropériode du cours d'eau

La restauration des débits d'étiage a nécessité la rehausse et le resserrement de la lame d'eau afin de relever le niveau minimal de la nappe d'accompagnement :

- mise en place de bouchons aux intersections chenal – anciens méandres,
- recharge sédimentaire,
- création d'embâcles semi-perméables.

Les contre-bouchons évitent que les pertes de charge entre les anciens méandres perchés et le lit chenalisé ne court-circuitent l'ensemble du dispositif de bouchons.

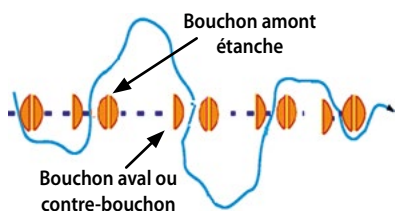


Schéma de principe des bouchons et contre-bouchons dans le chenal rectifié © F. Degiorgi

Biblio

Plaisance G., 1954. Observation sur les sous-sols marmoroides de certains sols de limons. *Revue géographique de Lyon*, 29 (2) : 165-166.

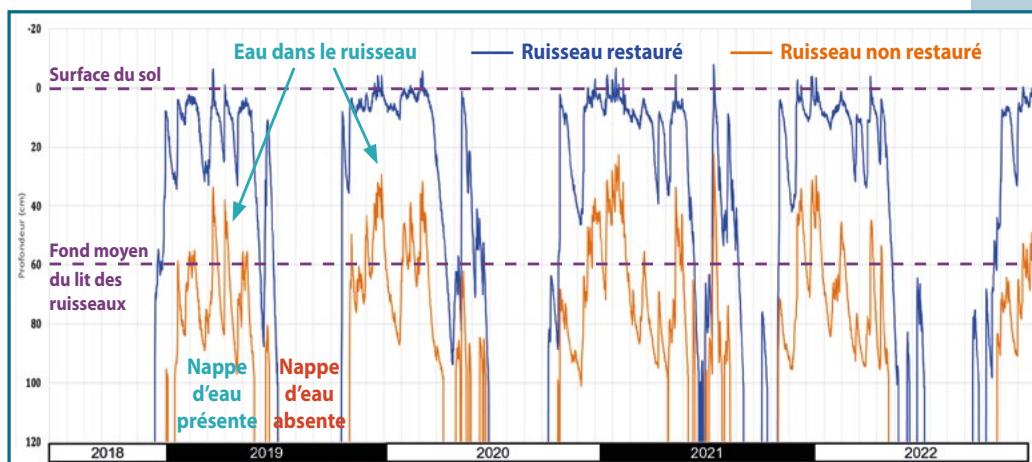
Stratégie et techniques de restauration sur la Clauge amont (2021-2023)

- Resserrement et rehaussement du lit à l'aide de risbermes végétalisées en vis-à-vis ;
- Recharge de fond à l'aide de matériaux graveleux extraits sur place et disposés en série de trois bancs alternés pour resserrer le lit ;
- Comblement ponctuel du lit surélargi et incisé pour réamorcer ou recréer les méandres au ras du terrain ;
- Le pas de répétition des ouvrages est calqué sur une répétition de la succession naturelle des faciès du cours d'eau.

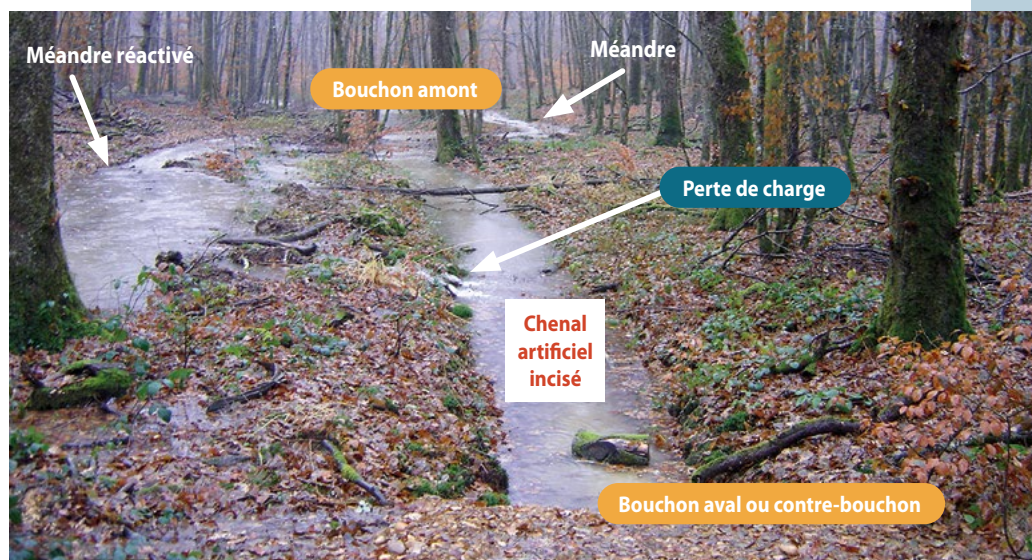
Pour faire suite à ces travaux, des suivis sont menés par l'Université de Franche-Comté, la Fédération départementale de pêche du Jura et l'ONF.

Ils portent sur les variations de niveaux de nappes, la croissance des arbres, l'évolution des conditions microclimatiques du massif forestier, les portions de cours d'eau en assec, les amphibiens, les macroinvertébrés aquatiques, l'habitat et les populations piscicoles, la flore, l'avifaune, les chiroptères et les coléoptères.

Henri-Pierre Savier
Office national des forêts
henri-pierre.savier@onf.fr



Variations de hauteurs de nappes d'eau sur un ruisseau restauré et sur un ruisseau non restauré © E. Lucot



Comportement d'un affluent restauré en période de hautes eaux © E. Lucot



Restauration hydromorphologique du lit du Branlin : à gauche - avant suppression du seuil existant (poteau électrique) ; à droite - un an après travaux © EPAGE Bassin du Loing

La restauration du Branlin à Mézilles (89) : décryptage d'une réussite

En 2021, l'Établissement public d'aménagement et de gestion des eaux (EPAGE) du Bassin du Loing a réalisé des travaux sur le cours d'eau du Branlin pour **restaurer la continuité écologique et améliorer l'hydromorphologie de la rivière** dans le centre-bourg de Mézilles (89). Le Branlin est un cours d'eau de tête de bassin, affluent de l'Ouanne, et classé en liste 1 au titre de la continuité écologique.

L'étude du projet

Avant les travaux, le Branlin dans le centre de Mézilles était entravé par trois obstacles (seuils) constitués de pylônes électriques, entraînant **une surlargeur**, favorisant une **faible lame d'eau** ainsi qu'une réduction des vitesses d'écoulement s'accompagnant d'une prolifération d'algues. Le fond du lit était **colmaté et homogène** avec une mosaïque d'habitats très faible. De plus, un moulin et un ouvrage en amont du centre-bourg bloquaient la continuité écologique sur ce cours d'eau.

LEXIQUE

Restauration de la continuité écologique : elle consiste à rétablir la libre circulation des organismes vivants (accès aux zones indispensables à leur cycle de vie) ainsi que les transports sédimentaires.

Hydromorphologie : c'est l'étude de la forme et de la dynamique des cours d'eau.

Ainsi, quatre ans ont été consacrés à l'étude du projet avec différentes phases : diagnostic, avant-projet sommaire, avant-projet détaillé et projet. Divers facteurs ont été pris en compte pour sa réalisation, avec notamment la présence d'un centre-ville historique classé, d'un site Natura 2000 à proximité (Vallée du Branlin) et l'existence d'une espèce protégée, la mulette épaisse (*Unio crassus*).

Toutes ces phases se sont déroulées en concertation avec la commune, l'architecte des Bâtiments de France, les partenaires techniques et les financeurs du projet ; la Fédération de l'Yonne pour la pêche et la protection du milieu aquatique, l'Agence de l'eau Seine-Normandie, l'animateur du site Natura 2000, la Direction départementale des territoires 89 et l'Office français de la biodiversité 89. À l'issue du diagnostic, la solution technique retenue assure le meilleur compromis entre les objectifs techniques, les contraintes et les enjeux présents sur le site, tout en satisfaisant les attentes locales.

Suite à l'étude de projet, la phase d'instruction réglementaire du dossier d'autorisation s'est étalée sur dix mois en intégrant une phase d'enquête publique.

En raison de la **présence de la mulette épaisse dans le fond du lit**, un inventaire et un dénombrement des individus sur le tronçon impacté ont dû être réalisés avant les travaux. Effectivement, même si la renaturation du Branlin sera bénéfique aux mulettes, elle peut provoquer à court terme une augmentation de la mortalité des spécimens. Sur le site, celle-ci pourrait provenir de l'ensevelissement des individus ou de l'augmentation de la charge mobile et de l'exondation des spécimens, par exemple, sur les berges. Ainsi, **les travaux ont débuté après le déplacement des individus qui ont été réintroduits sur un site en amont du projet**, où d'autres individus étaient déjà présents. Les prospections « mulettes » ne peuvent être réalisées que lorsque l'eau est claire et de faible profondeur, ce qui a retardé le chantier en 2021 suite à différents passages pluvieux ayant rendu l'eau turbide.

Financeurs	Taux de subvention	Montant ETUDE (TTC)
Agence de l'eau Seine-Normandie	80 %	16 656 €
Auto-financement EPAGE	20 %	4 164 €
Total	100 %	20 820 €

Chiffres clés pour l'étude du projet © EPAGE Bassin du Loing

Les travaux de restauration du Branlin

Les **travaux ont été réalisés sous la maîtrise d'ouvrage de l'EPAGE du Bassin du Loing**, en collaboration avec le bureau d'études ARTELIA pour la maîtrise d'œuvre et de l'entreprise SA Bongard Bazot pour les travaux. Ils ont été réalisés sur quatre mois.

- Deux mois pour la **création d'un bras de contournement** d'environ 200 mètres linéaires (ml) au droit de l'ouvrage de répartition. Cette opération a permis de réaliser un bras présentant une pente adaptée à la libre circulation des espèces piscicoles et au passage d'une partie du transit sédimentaire. Ce bras constitue également de nouveaux habitats aquatiques. Des sections de contrôle fonctionnant comme des tirants ont été installées afin de conserver des tirants d'eau suffisants à bas débits. Les radiers ont une hauteur de 10 à 15 cm, avec une largeur mouillée de 40 cm environ, de manière à garantir une lame d'eau de l'ordre de 15 à 20 cm à l'étiage. Ils sont espacés d'une distance de 20 m environ, entre chaque méandre.

Cette disposition permet de retrouver une configuration proche d'un ruisseau naturel. Des zones plus profondes en extrados de méandre ainsi que des blocs ont été intégrés dans le lit afin de diversifier les faciès d'écoulement. La rivière de contournement est équipée d'une prise d'eau amont afin de réguler le débit d'alimentation du dispositif. La prise d'eau est constituée d'un voile en béton muni d'un orifice de largeur 1 m et de hauteur 0,70 m.

- Deux mois pour la **restauration hydromorphologique du lit du Branlin sur 200 ml** dans le centre du village. Les travaux ont consisté à **retirer les seuils existants** (poteaux électriques) et à **réduire la largeur du lit mineur** avec la mise en place de banquettes végétalisées. Le gabarit concentre les écoulements jusque 170 L/s environ, avec une hauteur d'eau en étiage variant entre 10 et 20 cm selon le tronçon. Au-delà, les écoulements débordent du lit d'étiage pour submerger les banquettes latérales. **Le gué et le radier du pont à l'aval ont été réaménagés** pour assurer une bonne continuité écologique. Ainsi, le gué a été équipé d'un ouvrage de type dalot afin de permettre au Branlin de s'écouler sous le gué et ainsi éviter les passages des véhicules dans la rivière. À l'intérieur de cet ouvrage, de la grave a été déposée afin de reconstituer un fond naturel.

Financiers	Taux de subvention	Montant TRAVAUX (TTC)
Agence de l'eau Seine-Normandie	70 %	147 815 €
Commune de Mézilles	18 %	37 730 €
Auto-financement EPAGE	12 %	24 112 €
Total	100 %	209 658 €

Chiffres clés pour la réalisation des travaux © EPAGE Bassin du Loing

Conclusion

Cette opération a permis le **décloisonnement du cours d'eau sur environ 2 km** et une diversification des habitats et des substrats du Branlin.

Sur le bras de contournement, on constate une **évolution naturelle de la granulométrie et de la végétation aquatique** permettant de diversifier les habitats. L'échancrure du voile

béton qui permet l'alimentation de la rivière de contournement peut néanmoins être obstrué rapidement.

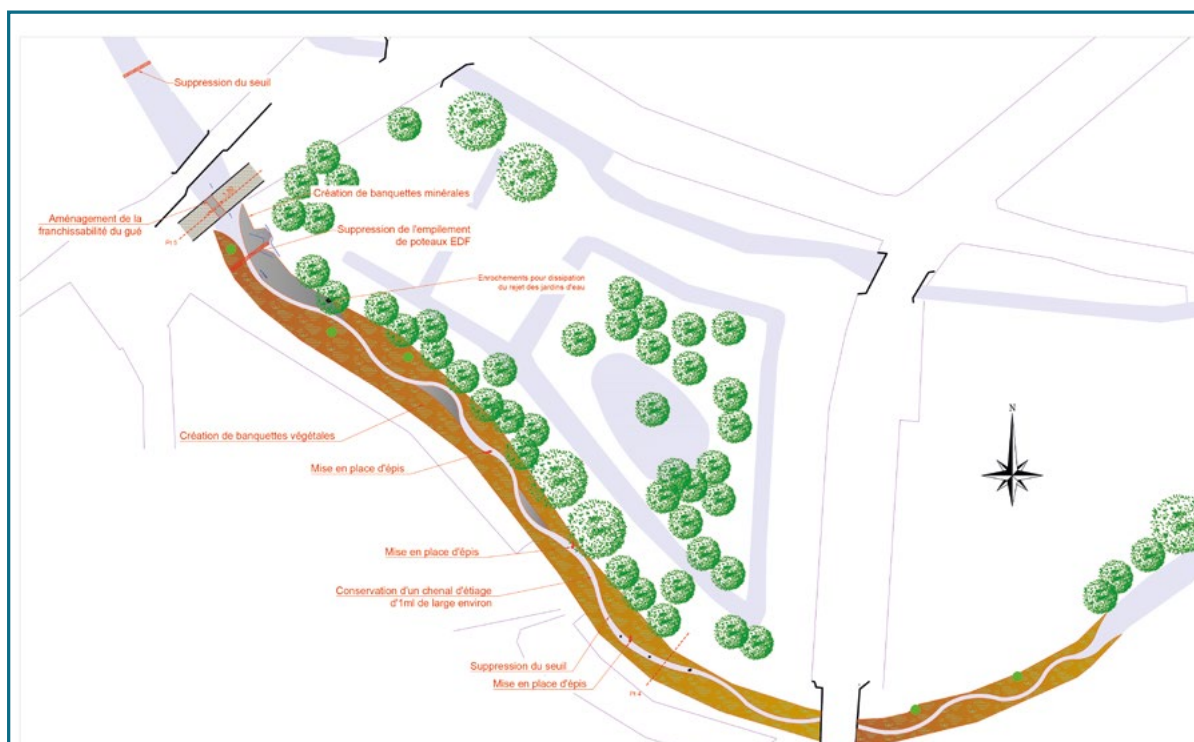
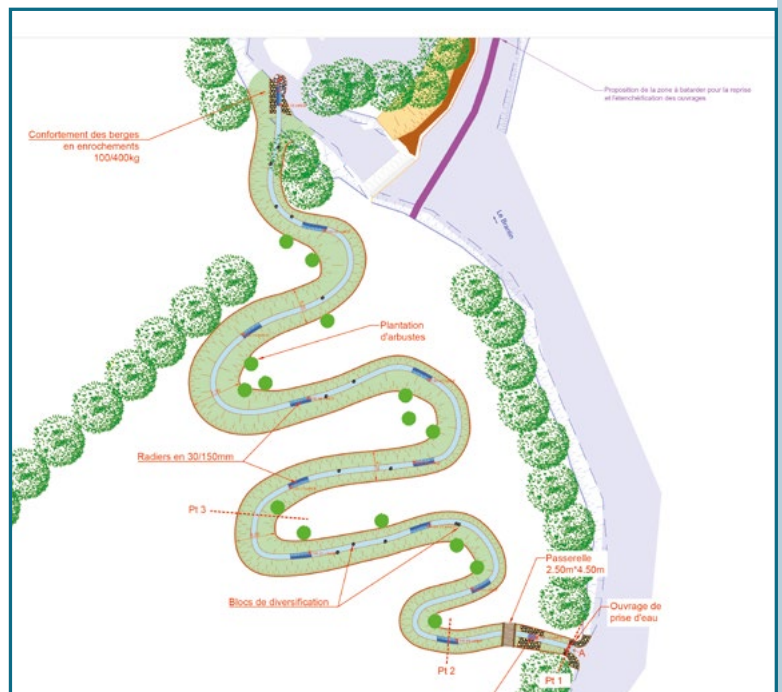
La renaturation du centre-bourg est un succès :

- six mois après travaux, une pêche de suivi réalisée par la Fédération de pêche de l'Yonne a mis en évidence une **réponse très rapide du peuplement piscicole** présent dans le Branlin avec notamment une **augmentation significative du peuplement piscicole** (population de chabots multipliée par 119, population de loches par 14 et population de vairons par 413) ;
- un an après travaux, la **végétation aquatique naturelle** (rubanier, joncs, iris...) **est revenue coloniser les banquettes submersibles** et les matériaux (silex, graviers, sables...) se sont déposés naturellement au gré des variations du débit du Branlin.

Noémie Bertrand
EPAGE du Bassin du Loing
n.bertrand@epageloing.fr



Bras de contournement, 1^{er} méandre, 6 mois après travaux © EPAGE Bassin du Loing



Aménagement du bras de contournement © EPAGE Bassin du Loing (échelle : 1/400)

Restauration de la traversée hydraulique du bourg de Mézilles (89) © EPAGE Bassin du Loing (échelle : 1/650)



Le ruisseau de Panesière après travaux (juin 2019)

© JBB (FDC39)

Restauration du ruisseau et du marais de Panesière : *premiers résultats des suivis après travaux*

Rappel du contexte

Situé sur la commune de Châtelneuf (39), à proximité du site des 4 lacs, le ruisseau de Panesière traverse un marais de 18 ha, aujourd'hui labellisé Espace naturel sensible par le Département du Jura, qui a été fortement dégradé par les activités humaines au cours de son histoire.

La construction d'une digue a permis la création d'un étang dès le XVI^e siècle. Cette dernière est ensuite percée en 1911 pour une exploitation en sylviculture. Le cours d'eau est alors rectifié et de nombreux fossés sont creusés pour assécher le marais.

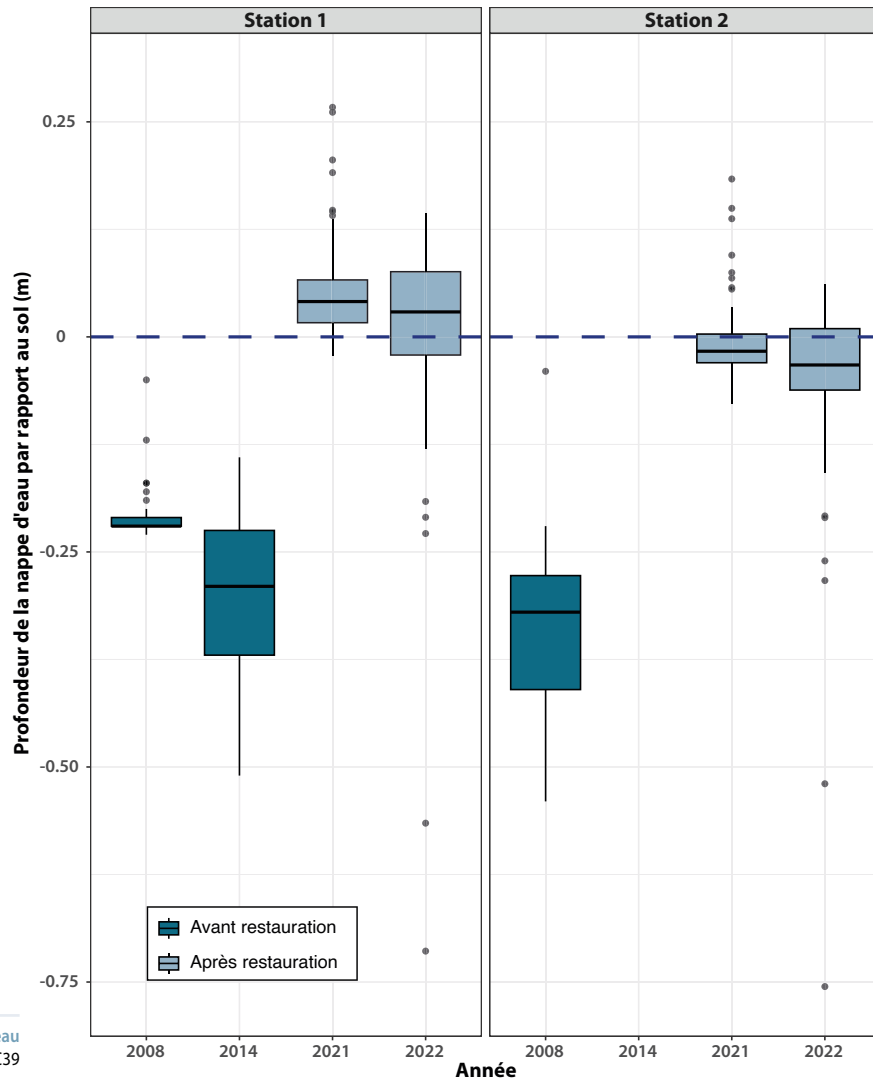
C'est dans une optique de restauration du milieu que la Fédération départementale des chasseurs du Jura (FDC39) élabore, à la fin des années 1990, une stratégie d'animation foncière sur la zone et l'acquiert à travers une indivision regroupant la Fondation pour la protection des habitats de la faune sauvage et la commune de Châtelneuf. Après une première période d'étude et de développement du projet, d'importants travaux de restauration sont lancés à l'automne 2016 : 12 ha de végétation sont broyés, 2 000 m de drains sont comblés et le lit du cours d'eau est redessiné. Ce dernier est déplacé dans les points bas du marais et sous-dimensionné, sur un linéaire de 2 700 m gagnant ainsi 1 300 m de longueur.

Cinq ans après la fin de ces travaux, les nombreuses données issues des suivis pré- et post-travaux permettent de dresser un premier bilan de la restauration, notamment sur les fonctionnalités du cours d'eau et du marais. En 2022, le ruisseau de Panesière a été labellisé « Rivière en bon état » par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

Suivis piézométriques

Le suivi du niveau de la nappe d'eau dans le marais est assuré par sept sondes piézométriques enregistrant une mesure toutes les 30 minutes. Réparties sur l'ensemble du site, elles permettent d'avoir un bon aperçu du fonctionnement hydrologique post-restauration des milieux. L'emplacement de deux d'entre elles permet de comparer les données récemment acquises à des valeurs plus anciennes, antérieures aux travaux de restauration.

La comparaison des années couvertes par les suivis met en évidence une **remontée de la nappe d'environ 25 cm** après les travaux.



Ces résultats montrent que le lit guide du cours d'eau restauré, volontairement sous-dimensionné, n'est plus drainant mais qu'il favorise, au contraire, la connectivité entre le milieu aquatique et le marais. L'enneigement régulier et cette hausse globale du niveau de la nappe se sont également traduits par le retour d'une végétation spécifique aux milieux humides : la surface de recouvrement des habitats humides passe de **45 % du site en 2013 à 66 % en 2019**. En extrapolant cette remontée de 25 cm de la nappe à l'ensemble du marais et en distinguant la porosité des sols organo-minéraux et histiques, le site **stockerait aujourd'hui 30 000 m³ d'eau de plus** qu'avant sa restauration.

Suivis thermiques

En lien étroit avec le stockage d'eau supplémentaire dans le marais, les suivis de la température du cours d'eau réalisés depuis 2012 mettent en évidence une nette diminution des températures après travaux.

Par exemple, la moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds (Tmm30) montre une baisse relativement importante, avec, en moyenne, une Tmm30 qui est passée de 22,1°C avant travaux à 16,2°C après travaux, soit une **diminution de près de 6°C**. De la même manière, les écarts thermiques nyctéméraux (durée comprenant un jour et une nuit) ont largement été réduits, puisque les moyennes des amplitudes thermiques journalières sur la période des 30 jours consécutifs les plus chauds (Ajm30) sont passées d'environ 7,8°C avant travaux à 4,2°C après travaux.

Cette diminution et la meilleure stabilité des températures témoignent d'une meilleure connexion et des nombreux échanges entre le cours d'eau et sa nappe d'accompagnement. L'augmentation de la capacité de stockage d'eau dans le marais constitue un réservoir d'eau fraîche pour le ruisseau, qui alimente à son tour la Lemme située plus en aval.

Les travaux ont ainsi permis une amélioration de la résilience du système face aux étiages estivaux de plus en plus marqués dans le contexte de changements climatiques globaux. Cependant, le débit du ruisseau reste encore largement tributaire des précipitations et de l'évolution future de la fonctionnalité du marais suite aux récents travaux. Le ruisseau a notamment connu une phase d'assec à la fin de l'étiage sévère de 2022.

Suivis des macroinvertébrés benthiques

Des suivis pré- (2013) et post-travaux (2021) des macroinvertébrés benthiques ont été effectués pour évaluer l'efficacité des aménagements sur le compartiment biologique du cours d'eau. En termes de résultats, l'ordre des plécoptères, qui regroupe des genres particulièrement fragiles, a fait son apparition. D'une manière plus générale, les ordres réputés les plus sensibles, à savoir les EPT (éphéméroptères, plécoptères et trichoptères), ont tous augmenté en diversité générique. Ces observations se traduisent par une augmentation de 4 points de la note IBG (Indice biologique général), passant de 13/20 à 17/20.

Ces premiers résultats tendent à montrer une **amélioration globale de l'attractivité du cours d'eau**. Cette tendance reste tout de même à confirmer, puisque l'année des prélèvements post-travaux (2021) a été marquée par une hydrologie particulièrement favorable.

Conclusion

Le suivi engagé après les travaux de restauration du ruisseau de Panesière met en évidence une **réponse rapide et positive** des milieux aquatiques et humides. La connectivité hydrologique apparaît comme un élément essentiel pour l'amélioration des fonctionnalités de l'ensemble des milieux du site. Pour autant, les travaux de restauration sont récents et il convient de **poursuivre les suivis à long terme**, afin de mettre en place des actions pour pallier les variations climatiques annuelles et d'apprécier l'évolution progressive de la réponse des milieux.

Lucien Babel, Aurélie Blanc, Loïc Bailly et Arthur Jacquemin
Fédération départementale des chasseurs du Jura
contact@chasseurdujura.com

Biblio

Beaufort A. 2015. Température des cours d'eau : analyse des données et modélisation : application au bassin de la Loire. Université François-Rabelais de Tours, Laboratoire GéHCO - GéoHydro-systèmes Continentaux - EA 6293, mars 2015. Tours, 66 p.

Verneaux J. 1973. *Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura) : Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs - essai de biotypologie*. Ann. Scient. Univ. Fr. Comté, Biol. Anim. 3 (9) : 260 p.

	Avant travaux				Après travaux	
	2012	2013	2014	2015	2021	2022
Tmm30	22,2	22	21,7	22,7	15,3	17
Ajm30	6,8	7,6	8,9	7,7	3,7	4,6

Résultats des indicateurs Tmm30 (°C) et Ajm30 © FDC39 (données 2012-2015 : Fédération départementale de pêche du Jura (FJPPMA) - données 2021-2022 : FDC39)

	Avant travaux 2013	Après travaux 2021
Calcul IBG-DCE sur les 8 prélèvements des phases A et B		
Variété taxonomique	20	29
Taxon indicateur (GI)	<i>Odontoceridae</i> (8)	<i>Perlodidae</i> (9)
IBG (/20)	13	17
Robustesse taxon indicateur (GI)	<i>Ephemeridae</i> (6)	<i>Leuctridae</i> (7)
Robustesse IBGN (/20)	11	15
Sur les 12 prélèvements		
Variété générique	24	42
Variété générique plécoptères	0	4
Variété générique éphéméroptères	7	8
Variété générique trichoptères	2	5
Abondance	7 013	4 690

Suivis des macroinvertébrés benthiques © FDC39 (données 2013 : FJPPMA - données 2021 : FDC39)

Suivi de la population nicheuse d'œdicnème criard du site Natura 2000 de la Basse vallée du Doubs



Contexte de l'opération

En 2021, en concertation avec la Ligue pour la protection des oiseaux de Bourgogne-Franche-Comté (LPO BFC), l'Établissement public territorial du bassin Saône et Doubs, animateur des sites Natura 2000 de la Basse vallée du Doubs (Jura et Saône-et-Loire), a déposé une demande de financement auprès de la Direction départementale des territoires de Saône-et-Loire afin d'intégrer le **Programme national de suivi de l'œdicnème criard** coordonné par le Dr Steve AUGIRON (chercheur) et le Centre de recherche biologique et de protection des oiseaux. Cette opération, réalisée par la LPO BFC, bénéficie d'un financement de l'État, de l'Europe (FEADER), de dons et de mécénats d'entreprises.

Quel est cet oiseau ?

L'œdicnème criard (*Burhinus oedicnemus*) appartient à l'ordre des charadriiformes (limicoles terrestres). Relativement discret et farouche, il s'active à la tombée du jour à la recherche d'invertébrés. Il pousse un cri rappelant celui du courlis cendré lui valant le surnom de courlis de terre.

La France accueille environ 8 000 couples, soit 21% de la population de cette espèce européenne (annexe I Directive Oiseaux), principalement dans l'ouest du pays. En Bourgogne-Franche-Comté, elle est présente en zone agricole (plateaux de l'Yonne et de la Nièvre et bassin minier en Saône-et-Loire) et le long des vallées alluviales (Loire, Allier, Doubs). Elle est classée « vulnérable » en Bourgogne et « en danger critique d'extinction » en Franche-Comté, sur la liste rouge des oiseaux nicheurs.

Oiseau migrateur, il arrive en France dès la seconde quinzaine de février et repart durant l'automne vers le sud de l'Espagne et le nord de l'Afrique. Inféodé aux milieux « stepiques » (cultures intensives, zones caillouteuses, cultures rases, vignes, pelouses sèches), il trouve dans le lit du Doubs les milieux propices à son installation. **Au sein du site Natura 2000, une population composée d'une dizaine de couples se reproduit chaque année sur les îles et bancs de graviers présents sur la rivière ou dans les sites d'extraction de matériaux.** Il pond généralement deux œufs à même les cailloux dans une cuvette sommaire. Sa présence dans ce type de milieu naturel est exceptionnelle et intimement liée à la dynamique naturelle de la rivière. À l'automne, avant d'entamer leur migration, les oiseaux se rassemblent sur des sites dits « post-nuptiaux ». Depuis 2002, la LPO suit un dortoir qui accueille une soixantaine d'individus sur une commune du Jura, en bordure de rivière.

Objectifs du suivi

Ce **projet national collaboratif**, débuté en 2019, vise à effectuer une campagne de suivi à large échelle de cette **espèce emblématique en intégrant différentes populations reproductrices**. Il combine des analyses démographiques, toxicologiques et d'écologie spatiale, pour permettre sa conservation. Plus spécifiquement **sur le Doubs**, le suivi des oiseaux va permettre de **mieux comprendre leurs besoins lors de la reproduction, leur fidélité aux sites de nidification, leur comportement de nourrissage, etc.** Ainsi des compléments aux moyens de protection déjà existants pourront être envisagés pour assurer le renouvellement de la population. À ce titre, un Arrêté préfectoral de protection de biotope interdit l'accès aux grèves entre le 1^{er} mars et le 31 juillet.

Principe des suivis

L'opération a été réalisée dans le strict respect des milieux et des espèces, encadrée par l'État et autorisée par le Muséum national d'histoire naturelle.

Afin de collecter un maximum d'informations, ce sont 22 oiseaux adultes ou subadultes qui ont été capturés entre mai 2022 et mai 2023 à l'aide de filets tombants, installés sur les sites de nidification connus sur le Doubs ou de rassemblements post-nuptiaux. L'opération est prévue pour se poursuivre à minima jusqu'à fin 2023.

Chaque oiseau a été mesuré, pesé, photographié, identifié grâce aux bagues du Muséum sur le tarse et équipé de bagues bleues type DARVIC sur les deux tibias permettant un suivi visuel. Cinq d'entre eux, les plus lourds, ont également reçu une balise GPS solaire installée au niveau du dos, entre les ailes, à l'aide d'une sangle en Teflon® qui s'use naturellement et tombe au bout de deux à trois ans.



Camp de bague et de mesures avec (de gauche à droite) S. Augiron, B. Grand, A. Revillon © S. Horent

Premiers résultats

En période de reproduction :

- Les oiseaux capturés le long du Doubs semblent significativement plus lourds que des oiseaux vivant exclusivement en zones agricoles. Des analyses sont en cours en lien avec les autres sites suivis en France pour étudier ce phénomène (abondance et qualité de la nourriture par exemple) ;
- Les suivis GPS révèlent une fidélité des oiseaux nicheurs à la grève sur laquelle ils élèvent leurs jeunes et une recherche de nourriture dans un rayon très proche de la zone de reproduction (quelques centaines de mètres dans les cultures, bords de chemin) ;
- Les mouvements en journée sont révélateurs des dérangements subis par l'espèce (circulation motorisée, piétons, embarcations, bétail) ;
- Des couples ont été détectés grâce aux balises GPS dans la plaine céréalière du Finage et alentour laissant à penser que la population est sous-estimée. Des opérations de protection des nids sont mises en place en lien avec les agriculteurs (protocole de mise en défens défini par le programme).

En période de rassemblement post-nuptial :

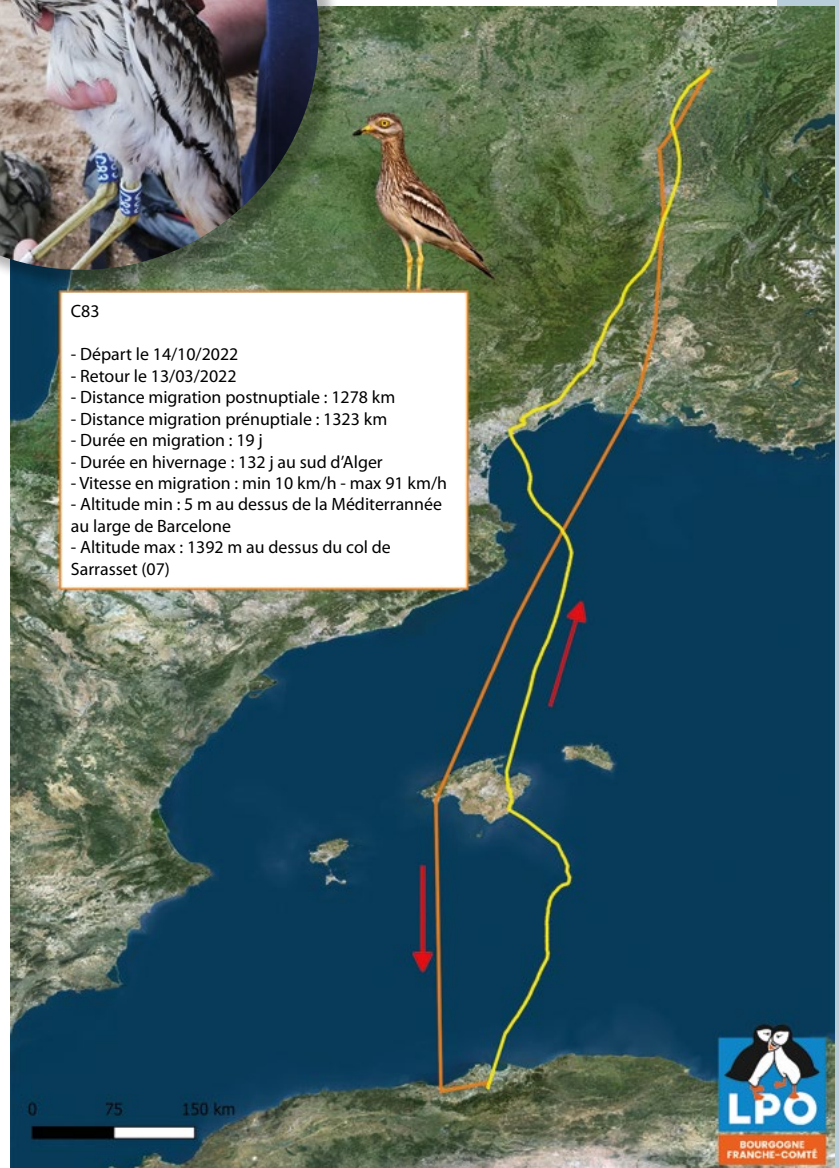
- Les balises GPS posées en 2022 ont permis de découvrir des sites de rassemblement satellites non détectés jusque-là, tous situés dans des labours en périphérie de village, à proximité de zones habitées (en cours d'identification).

En période de migration :

- En 2022, trois oiseaux équipés de GPS sont partis en migration entre fin octobre et début novembre, révélant des stratégies migratoires très disparates d'un individu à l'autre : un oiseau est allé à Palma de Majorque, un autre au sud d'Alger et le troisième dans le Sahara algérien où il a cessé d'émettre fin novembre. Les deux premiers sont revenus début mars 2023 sur les grèves du Doubs ;
- Les analyses des données de vol donnent des indications sur les capacités physiques de ces oiseaux (voir infographie) ;
- En mai 2023, 9 oiseaux ont été contrôlés sur les 18 oiseaux bagués en 2022 (dont 16 sont potentiellement encore vivants). Et 13 oiseaux ont été contrôlés sur les 22 bagués au total (dont 20 sont théoriquement encore vivants).



Individu C83 bagué et balisé en 2022 puis contrôlé en 2023
© B. Grand



Infographie de la migration aller/retour de l'individu C83 © LPO BFC

Conclusion

Ces premiers résultats apportent un nouveau regard sur cette espèce très discrète et dont la population semble se maintenir malgré des aléas nombreux (inondations, dérangement...). Cette étude sera poursuivie tant que les oiseaux balisés émettront et que des contrôles de bagues seront possibles. Cela permettra de mieux comprendre les facteurs de succès de reproduction, la survie des adultes, le rôle de la dynamique alluviale, les interactions avec le milieu agricole et ainsi d'améliorer la protection de cette unique population de la Basse vallée du Doubs.

Sophie Horent

Établissement public territorial du bassin Saône et Doubs
sophie.horent@eptb-saone-doubs.fr

Alexis Revillon

Ligue pour la protection des oiseaux de Bourgogne-Franche-Comté
alexis.revillon@lpo.fr

Biblio

Programme national œdicnème criard. Site institutionnel du programme national de suivi. Disponible à www.oedicneme-criard.ovh.

Programme national œdicnème criard. Transmission des observations des oiseaux bagués. Disponible à <http://oedicneme.com>.

Programme national œdicnème criard. 2023. Les vidéos du colloque Œdicnème criard du 09/03/2023 à Montpellier. Disponible à www.youtube.com/watch?v=X7exBYBqf8I.

LPO BFC. 2022. Opération de suivi de l'œdicnème criard en Bourgogne-Franche-Comté. Vidéo de présentation des opérations menées en Basse vallée du Doubs. Disponible à www.youtube.com/watch?v=9Juiz-WZYZM.

Castor d'Europe
(*Castor fiber*)
© Depositphotos

Le castor, architecte d'actions pédagogiques

Animal atypique et très identifiable, le castor est souvent représenté, tant dans la littérature que dans la symbolique culturelle. Ce rongeur joue également un rôle intéressant dans les actions pédagogiques (animations nature, développement de médias d'interprétation...) liées à son milieu naturel.

Depuis quelques dizaines d'années, il est de retour en Franche-Comté. Même si certains conflits d'usage peuvent exister, cette espèce est généralement bien perçue par les publics.

Une espèce emblématique pour des milieux naturels méconnus

Le castor est un animal mystérieux et sympathique : malgré des indices visibles, il est actif la nuit et sa présence passe souvent inaperçue auprès du grand public. En effet, en dehors des pêcheurs et des chasseurs, les bords de cours d'eau sont peu fréquentés. La découverte du castor est une porte d'entrée idéale pour proposer des visites accompagnées de son habitat. Les milieux alluviaux sont souvent inaccessibles : vu qu'il n'est pas aisé de s'y balader, ils sont aperçus de loin et ne suscitent pas spécialement l'envie de s'y aventurer. Ils présentent pourtant un fort intérêt écologique.

Rongeur exigeant, le castor va chercher un habitat diversifié qui répond à ses besoins et peut même transformer la zone dans laquelle il évolue pour l'adapter à son écologie. Ses capacités de bâtisseur (huttes, barrages) fascinent mais inquiètent parfois. Son retour au bord de nos rivières peut ainsi susciter la méfiance, notamment des agriculteurs et propriétaires privés (peupleraies, vergers...) puisqu'il peut provoquer de sérieux changements dans le milieu.

Pourtant, il multiplie les formations de bois tendres le long des berges et contribue ainsi à leur stabilité.

Aller à la rencontre de ces acteurs, pour évoquer la situation de cette espèce, son fonctionnement, la réglementation, des pistes de gestion et les partenaires concernés à contacter, est donc primordial.

Quelles actions ?

En suscitant l'intérêt et le questionnement, le castor se prête bien à des actions de sensibilisation pour tous les publics, qui peuvent être réalisées tout au long de l'année et avec des approches diversifiées.

Côté salle / Il est aisé de proposer des temps d'échange en intérieur sur cette thématique (conférences, projections, débats...). Cela permet de rencontrer des personnes qui ne viendraient pas forcément sur le terrain en extérieur et d'utiliser des outils simples de démonstration : objets récoltés sur site (bois rongés, empreintes moulées), vidéos de présentation de l'espèce dans son milieu (effet « waouh » garanti).

Côté site / Contrairement à d'autres espèces, le castor nous fait le plaisir de laisser derrière lui des traces faciles à repérer et de façon systématique lorsqu'il est présent. Les publics peuvent donc eux-mêmes se prêter au jeu de la recherche d'indices mystérieux (toboggans, crayons, empreintes...), activant ainsi la curiosité qui est un vrai moteur à l'apprentissage (l'envie d'apprendre, c'est déjà apprendre !).

Conclusion

Les actions pédagogiques en lien avec le castor sont souvent un succès, même dans les territoires où les habitants se mobilisent habituellement peu. De plus, les évolutions favorables de populations d'une espèce sont peu fréquentes : son retour est une aubaine pour aborder la biodiversité sous un angle positif. En effet, le ton est souvent grave, les espèces disparaissent plus qu'elles ne s'épanouissent. Le sujet du castor permet de souligner un aspect heureux du vivant dans la région.

Les changements structurels d'habitat que cette espèce provoque soulèvent également un questionnement plus global sur la cohabitation des activités humaines avec cet ensauvagement peu contrôlable. Se ferait-il gestionnaire à la place du gestionnaire ? Sous un angle pédagogique, cela offre un parallèle intéressant sur différents modes de gestion interventionnistes. Et si on imagine ce même milieu sans le castor, comment évolue-t-il ? Est-ce positif à travers le prisme de la biodiversité ?

Clémence Lapprand

Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté
clemence.lapprand@cen-franchemonte.org

Valentin Henniaux

Maison de la nature des Vosges Saônoises
valentin.henniaux@mnvs.fr

Les incontournables d'une action pédagogique sur le castor :

- avoir dans sa besace des indices (préalablement repérés ou récoltés sur le terrain),
- ne pas oublier de le différencier du ragondin qui a des moustaches blanches bien visibles,
- l'approche d'investigation (deviner l'origine d'un morceau de bois rongé ou d'une trace au sol),
- des images/vidéos de l'espèce bien visible et en activité pour compenser ce qui ne peut pas être observé.

Animation
grand public
© C. Lapprand
(CEN Franche-Comté)



Le sujet du castor implique une grande diversité d'acteurs territoriaux.

Afin de multiplier des actions pédagogiques, les acteurs de l'éducation à l'environnement peuvent appuyer ce réseau : un outil pédagogique partagé mériterait-il de voir le jour ? Le GRAINE BFC, le réseau régional d'éducation à l'environnement, fournit un annuaire de ses adhérents sur son site internet :

www.graine-bourgogne-franche-comte.fr

Utilité sociale : un atout en plus pour faire émerger les projets ?

Les seuls argumentaires écologiques pour la restauration des milieux aquatiques peinent parfois à convaincre les acteurs des territoires. Et si la clef de la réussite de cette politique publique passait par la valorisation de son utilité sociale pour le bien-être de la société ? Notion généralement déclinée dans la sphère de l'économie sociale et solidaire, elle est testée ici au service d'une dizaine de projets « atelier » dans le cadre d'une démarche portée par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse entourée de bureaux d'études spécialisés.

Trois documents pour aller plus loin :

- L'utilité sociale et territoriale, une opportunité pour les projets du grand cycle de l'eau : https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_117287/fr/utilite-sociale-et-territoriale
- Utilité sociale - accompagnement d'une expérimentation sur la Bouzaize à Beaune : <https://cen-franchecomte.org/app/uploads/2023/09/Note-Bouzaize-VF.pdf>
- Utilité sociale - accompagnement d'une expérimentation sur le Bief d'Ainson et sa chaîne d'étangs : https://cen-franchecomte.org/app/uploads/2023/09/FicheREXBiefAinson_2.pdf

Vincent Porteret

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse

Une maquette hydraulique et sédimentaire d'un bassin versant pour l'éducation à l'environnement

De 4,8 m de long pour une largeur de 2,4 m, cette maquette représente de manière réaliste un bassin versant et son réseau hydrographique. Elle a été imaginée par Benoît Dumain, technicien à la Fédération de Haute-Saône pour la pêche et la protection du milieu aquatique, et construite par Thomas Chatain, artisan maquettiste à Ei-Test.



© B. Dumain

Hydraulique et pédagogique, l'outil peut simuler des crues, des débordements et mettre en mouvement une véritable charge sédimentaire reproduisant des mécanismes naturels qui ont été profondément modifiés par l'humain.

Pour en savoir plus : http://www.irma-grenoble.com/01actualite/01articles_afficher.php?id_actualite=707

Changement climatique et restauration des milieux aquatiques

La problématique de la restauration écologique des rivières dans le contexte du changement climatique a donné lieu à une journée d'échanges à Dole en octobre 2022. Le cas de la

restauration de la Clauge en forêt de Chauv (voir pages 14-15) complété des regards croisés des techniciens qui exercent la compétence GEMAPI avec les bureaux d'études qui œuvrent à la définition des projets questionnent de notre capacité à relever ces défis...

Accéder aux éléments : https://www.eaurmc.fr/jcms/pro_109586/fr/journee-d-echanges-changement-climatique-et-restauration-des-milieux-aquatiques-dole-12-octobre-2022

Vincent Porteret

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse

Le recueil « Agir pour la Loire et ses milieux naturels : expériences choisies »

Cet ouvrage, paru en mars 2022, illustre, à travers une vingtaine d'expériences, les actions menées par différentes structures sur le bassin de la Loire. Il se concentre sur les axes « Retrouver un fonctionnement plus naturel des milieux aquatiques » et « Mettre en valeur les atouts du patrimoine » du plan Loire IV.

Découvrir le document : <https://centrederesources-loirenature.com/fr/plan-loire-grandeur-nature/plan-loire>

Les cours d'eau de Bourgogne-Franche-Comté... 48 000 km vivants ?

En septembre 2022, les 18^e Rencontres BFC Nature ont réuni naturalistes, scientifiques, amateurs et passionnés à la Maison du Parc naturel régional du Morvan (Nièvre). Deux journées au cours desquelles 19 conférences ont permis d'ouvrir le débat sur les cours d'eau de Bourgogne-Franche-Comté et de découvrir les activités et travaux de plusieurs structures du territoire.

Accéder au replay : <https://bfcnature.fr/les-rencontres>

Directeur de publication : on tourne !

À l'origine de la première lettre d'information du réseau des Réserves naturelles de Franche-Comté en 2002, Bruno Tissot, conservateur de la Réserve naturelle nationale du lac de Remoray, a ensuite œuvré, parmi d'autres, à la création de la revue « L'Azuré » en juillet 2005. Il a participé activement à son développement en devenant directeur de publication en 2015. Depuis, 15 numéros de L'Azuré ont vu le jour...

Merci à toi, Bruno, pour avoir veillé à conserver l'esprit convivial et fédérateur de cette revue que bien des régions françaises nous envient aujourd'hui !

En accord avec le comité de rédaction, Bruno a tenu à me passer le relais. Je le remercie pour sa confiance et veillerai à poursuivre, avec vous toutes et tous, le travail engagé depuis plus de 20 ans désormais.

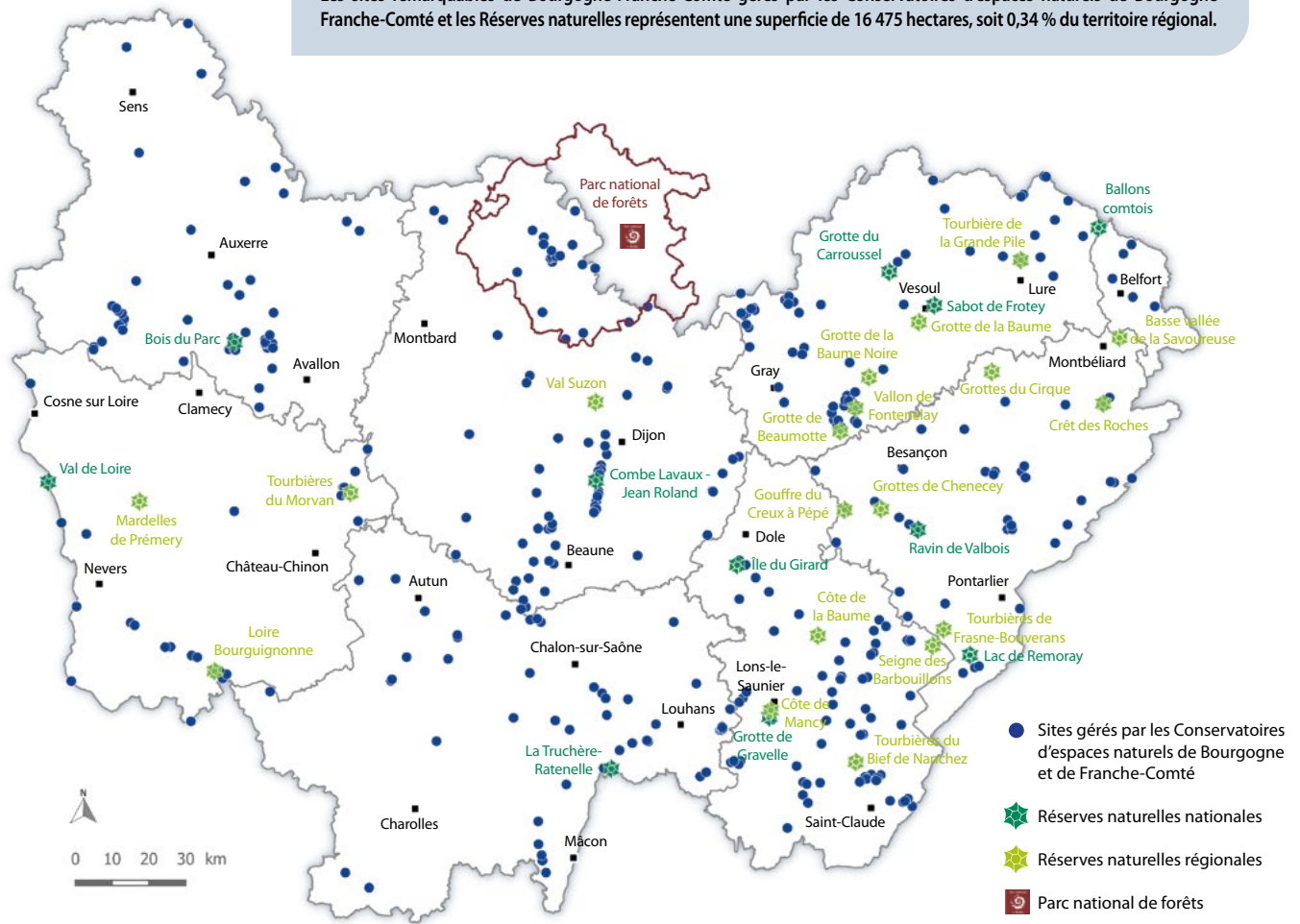
Frédéric Ravenot

Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté



© F. Ravenot
(CEN Franche-Comté)

Les sites remarquables de Bourgogne-Franche-Comté gérés par les Conservatoires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté et les Réserves naturelles représentent une superficie de 16 475 hectares, soit 0,34 % du territoire régional.



sommaire

Édito	1
Connaissance d'un milieu	
Karst et qualité des cours d'eau	2
Évaluation de la qualité des cours d'eau : évolution des protocoles basés sur la faune aquatique	4
Le suivi scientifique minimal	7
Insectes aquatiques sans eau	8
Gestion de l'étiage 2022 : exemples d'outils de suivi des milieux aquatiques	10
Gestion d'un milieu	
La concertation au cœur d'un projet de suppression d'un enrochement sur la Loire	12
La Clauge : restauration d'un cours d'eau forestier et de ses affluents	14
La restauration du Branlin à Mézilles (89) : décryptage d'une réussite	16
Restauration du ruisseau et du marais de Panesière : premiers résultats des suivis après travaux	18
Espèce et gestion	
Suivi de la population nicheuse d'œdicnème criard du site Natura 2000 de la Basse vallée du Doubs	20
Valorisation	
Le castor, architecte d'actions pédagogiques	22
Brèves	23

Directeur de publication : F. Ravenot / Comité de rédaction : C. Aubert, M. Baconnet, L. Bettinelli, A. Compagne, S. Coulette, C. Curlier, R. Gamelon, S. Gomez, A. Groffod, S. Lamberti, D. Malécot, C. Najean, P. Pagniez, F. Ravenot, B. Tissot, M. Treca, R. Vauthier /
 Conception graphique : www.corinnesalvi.fr/
 Mise en page : Clémence Curlier (CEN Franche-Comté) /
 Impression : Simon Graphic / Imprimé sur papier recyclé /
 ISSN : 1774-7635
 Contacts : Conservatoire d'espaces naturels de Franche-Comté
 Revue téléchargeable sur : www.cen-franchemonte.org



Odontocerum albicorne
 © F. Ravenot (CEN Franche-Comté)

comment nous joindre ?

- **Réserves naturelles nationales et régionales**
www.reserves-naturelles.org
- **Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne**
www.cen-bourgogne.fr
- **Conservatoires d'espaces naturels de Franche-Comté**
www.cen-franchemonte.org
- **Parc national de forêts**
www.forets-parcnational.fr
- **DREAL Bourgogne-Franche-Comté**
www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr
- **Région Bourgogne-Franche-Comté**
www.bourgognefranchecomte.fr/biodiversite-agir-aujourd'hui-pour-demain