



Avec la collaboration de :



Analyse de la situation et réflexions sur la conservation de l'apron dans le Doubs

Etude de faisabilité d'un programme de repeuplement



Neuchâtel, le 21 novembre 2025

Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Mentions légales

Mandant :

Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Eaux, CH-3003 Berne.

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Mandataires :

Aquarius

BP 1767

CH-2001 Neuchâtel

Aquabios Sàrl

Les Fermes 57

CH-1792 Cordast

Auteurs :

Jérôme Plomb

Pascal Vonlanthen

Accompagnement et contributions OFEV :

Thierry Arnet

Carmela Doenz

Experts contributeurs :

Dr. Christine Grossen (WSL)

Dr. Martin Fischer (ETHZ et OFEV)

Remarque :

La présente étude a été réalisée sur mandat de l'OFEV. Seul le mandataire porte la responsabilité de son contenu.

• Table des matières

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
1.1	Contexte de l'étude	1
1.2	Objectifs de l'étude.....	2
2.	BIOLOGIE DE L'APRON	3
2.1	Systématique, morphologie	3
2.2	Comportement	4
2.3	Régime alimentaire	4
2.4	Habitats, exigences écologiques	6
2.5	Reproduction	7
2.6.	Distribution générale et actuelle	8
2.6.1	France	8
2.6.2	Suisse	9
2.6.3	Evolution des populations sur le Doubs suisse	12
2.7	Caractéristiques génétique des populations d'apron.....	13
2.8	Menaces	14
2.8.1	Qualité de l'habitat	15
2.8.1.1	Atteintes écomorphologiques (Ecomorphologie niveau R)	15
2.8.1.2	Régime de charriage	15
2.8.1.3	Qualité du substrat	17
2.8.1.4	Déficits de connectivité longitudinale	18
2.8.1.5	Travaux dans le lit du cours d'eau.....	20
2.8.1.6	Régime hydrologique	20
2.8.1.7	Qualité physico-chimique de l'eau	22
2.8.1.8	Qualité biologique de l'eau (macroinvertébrés benthiques)	23
2.8.2	Appauvrissement génétique.....	25
2.8.3	Pathogènes	25
2.8.4	Espèces invasives	26
2.8.5	Impact des activités récréatives et de loisirs	27
2.8.6	Synthèse des menaces	28
2.9	Conservation des aprons du Doubs en Aquarium.....	29
2.9.1	Généralités	29
2.9.2	Qualité de la reproduction en captivité.....	29
3.	ASPECTS JURIDIQUES	31
3.1	Cadre légale	31
3.2	Statut.....	31
3.3	Mesures de protections PAND.....	31
3.3.1	Généralités	31
3.3.2	Mesures planifiées.....	32
3.3.3	Effet des mesures	32
4.	FAISABILITE D'UN PROGRAMME DE REPEUPLEMENT	33
4.1	Définition et classification selon l'UICN.....	33
4.2	Retours d'expérience de l'essai de réintroduction mené sur la Drôme	34
4.3	Modalité de reproduction, capacité d'élevage.....	34
4.4	Réflexions du point de vue génétique sur un programme de repeuplement (chapitre rédigé par Christine Grosse et Martin Fischer).....	35
4.5	Durée d'un programme de repeuplement (contraintes et possibilités).....	36
4.6	Définition d'un périmètre de rempoissonnement	38
4.7	Stade de développement préconisé pour le repeuplement et quantité de poissons introduits	40
4.7.1	Stade de développement préconisé pour le repeuplement	40

4.7.2	Quantité de poissons envisagés d'être relâchés.....	41
4.8	<i>Contrôle d'efficacité</i>	43
4.8.1	Objectifs de contrôle	43
4.8.2	Méthodes de contrôle préconisées	43
4.8.3	Indicateurs de réussite et durée d'évaluation	44
4.9	<i>Evaluation des risques</i>	46
4.9.1	Génétique (chapitre rédigé par Christine Grosse et et Martin Fischer).....	46
4.9.2	Evènements majeurs imprévisibles	51
4.9.7.1	<i>Evènements hydrologiques extrêmes</i>	51
4.9.7.2	<i>Pollutions accidentelles</i>	51
4.9.7.3	<i>Risque lié à la « non » réalisation des mesures du PAND ou dans le plan d'action français</i>	51
4.9.7.4	<i>Risque lié à l'apparition de pathogènes et d'espèce exogènes problématiques ..</i>	51
4.9.7.5	<i>Risque lié à l'aquaculture</i>	52
4.9.3	Changement climatique.....	52
5.	ESTIMATION DES COUTS	55
6.	SYNTHESE ET CONCLUSION	57
7.	BIBLIOGRAPHIE	58
8.	ANNEXES	65

Un résumé du présent rapport est fourni à la fin du document.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

1.1 Contexte de l'étude

Le Doubs présente une forte valeur paysagère et naturelle et abrite un grand nombre d'espèces de poissons, dont l'apron du Rhône (*Zingel asper*), une espèce rare, protégée et menacée au niveau national et européen (chapitre 3.1). En Suisse, l'apron n'est présent que dans la boucle jurassienne du Doubs (canton du Jura), alors qu'il subsiste plusieurs autres populations de cette espèce en France (chapitre 2.6) répartis dans différents bassins versants.

En 2011, plusieurs ONG ont déposé une plainte auprès du Conseil de l'Europe pour dénoncer une possible violation de la Convention de Berne concernant l'apron du Rhône dans le Doubs ([lien vers la plainte](#)). Sur la base d'une expertise internationale, le Comité permanent de la Convention de Berne a, en 2013, émis plusieurs recommandations visant à assurer la survie de l'apron dans le Doubs, dont dix pour la Suisse et la France et quatre spécifiques pour la Suisse ([lien vers les recommandations](#)).

En réponse aux recommandations formulées par le comité permanent, l'office fédérale de l'environnement a développé en collaboration avec des cantons de Neuchâtel et du Jura et de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) ainsi qu'en concertation avec les ONG et le Parc Naturel Régional du Doubs, le Plan d'action national en faveur du Doubs (PAND). Ce plan d'action vise à améliorer l'état écologique du Doubs dans le but de conserver la population d'apron du Rhône (stratégie de conservation in situ).

Malgré la mise en œuvre progressive de plusieurs mesures du PAND, la population d'apron dans le Doubs n'a cessé de diminuer. Un suivi standardisé visant à établir l'état de la population est effectué depuis 2000. Lors des campagnes de recherche réalisées entre 2020 et 2021, seuls un apron a été observé alors que la population d'apron était estimée entre 80 et 160 individus en 1999 (Aquarius 1999).

Consécutivement aux résultats des campagnes de recherche (prospections) de 2020 et 2021 et à l'urgence de la situation, les autorités et les ONG ont mené, en 2023, différentes réflexions sur les stratégies de conservation encore possibles : poursuite du monitoring, tentative de constituer une souche captive d'apron du Doubs ; tentative de constituer une souche captive d'apron du Doubs et hybridation avec une autre souche ; tentative d'introduction de l'espèce à l'aide d'une souche exogène. Une étude réalisée en 2023 a conclu de suivre une stratégie adaptative dépendante du nombre d'apron(s) trouvé(s) au moyen de prospections intensives ciblées (Aquarius, 2023).

Malgré des efforts de recherche très importants effectués en 2023 et 2024 (Figure 8), un seul individu a pu être observé en 2023, il s'agit d'une femelle apron de 22 cm dont l'âge a été estimé à environ 6 ans. Cet individu a été capturé, puis transférée en aquarium à Lausanne où elle y réside encore actuellement (cf. chapitre 2.9 Conservation des aprons du Doubs en Aquarium).

Le résultat de ces campagnes de recherche aboutit au constat qu'un programme de conservation d'une souche 100% Doubs n'est plus possible. En revanche, la découverte de l'individu femelle permet possiblement d'envisager un programme d'élevage en mesure de conserver une partie des spécificités génétiques de l'apron du Doubs, en effectuant des croisements avec des individus issus d'autres populations.

Les individus issus de cet élevage et possédant un patrimoine génétique hybride pourraient être introduits dans le Doubs sur plusieurs années dans le but de reconstituer une population viable. L'évaluation de la faisabilité de ce programme d'élevage mais également du programme de repeuplement fait l'objet du présent document.

1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude de faisabilité consiste à :

- Présenter la situation actuelle
- Evaluer la faisabilité d'un programme de repeuplement avec une souche hybride qui a comme point de départ une femelle du Doubs. Ceci dans le but de reconstituer une population d'apron autonome avec une partie du patrimoine génétique du Doubs
- Évaluer les risques que le programme n'atteigne pas ses objectifs et/ou causes des effets indésirables.
- Décrire les modalités d'un programme de repeuplement (élevage/repeuplement/suivi).

2. BIOLOGIE DE L'APRON

L'acquisition des connaissances sur la biologie de l'apron n'a véritablement débutée qu'à partir des années 80 et a notamment été affinée dans le cadre de la mise en œuvre en France des programmes LIFE à la fin des années 90 (PNA 2011). Il est dans ce contexte admis que les connaissances scientifiques ainsi rassemblées et ciblées au bassin du Rhône français s'appliquent également à la population d'apron du Doubs, laquelle dispose de données globalement limitées en raison de la raréfaction de l'espèce constatée dès les années 90.

2.1 Systématique, morphologie

L'apron (*Zingel asper*, L.) est un poisson endémique au bassin versant du Rhône appartenant à la famille des percidés (au même titre que la perche (*Perca fluviatilis*) et le sandre (*Sander lucioperca*)). Il possède entre autres caractéristiques morphologiques communes avec ces dernières espèces des écailles dites « cténoides » rendant son contact « rugueux » au toucher.

L'apron est un poisson de petite taille qui, à l'âge adulte, atteint généralement entre 15 cm à 20 cm de longueur totale. Le plus grand apron observé sur le Doubs mesurait 23 cm.

Sa coloration varie d'un brun jaunâtre à un gris clair et est caractérisée par la présence de trois à quatre bandes noires entourant la partie postérieure de son corps. Son corps est élancé et son museau arrondi avec une bouche se situant en position infère. Sa tête aplatie dorso-ventralement s'élargit vers l'arrière. Les yeux, placés au-dessus de la tête, sont assez éloignés l'un de l'autre. La première nageoire dorsale prend naissance au-dessus du milieu des nageoires pelviennes, la deuxième commence à l'aplomb de la nageoire anale et se termine un peu après. La nageoire caudale est assez large et légèrement échancrée. Les nageoires pectorales sont arrondies et souples (utilisation pour la nage). Les nageoires pelviennes en revanche sont épaisses et leurs rayons médians très développés, ce qui permet à l'apron de les utiliser comme appui sur le substrat.



Figure 1 Apron du Doubs. Source : Aquarius, 2017.

Visuellement, l'apron peut être confondu avec le chabot (*Cottus gobio*), une espèce plus répandue et souvent abondante sur certains cours d'eau où il est présent, notamment dans les cours d'eau à apron.



Figure 2 Chabot du Doubs. Source : Aquarius, 2016.

L'apron a une espérance de vie qui est en moyenne de trois à cinq ans dans la nature. Des individus plus âgés de 6 à 7 ans ont toutefois déjà été observés, notamment sur le Verdon (Chappaz et Dubut, 2018). En captivité, l'âge de certains aprons peut dépasser les 8 ans (Béjean, 2018).

2.2 Comportement

L'apron est un poisson benthique dépourvu de vessie gazeuse (il vit et se déplace sur le fond). De mœurs principalement nocturnes, il a un comportement territorial marqué. On observe rarement des rassemblements de plusieurs individus en dehors de la période de reproduction. Majoritairement sédentaire, l'apron est considéré comme un poisson ayant de faibles capacités natatoires. Il effectue généralement des déplacements de petites distances mais peut néanmoins effectuer des migrations de plusieurs kilomètres (Labonne, 2002, Labonne et Gaudin, 2005). Peu craintif, il est généralement possible de l'approcher facilement avant qu'il ne prenne la fuite.

2.3 Régime alimentaire

L'apron se nourrit d'invertébrés aquatiques. Plusieurs recherches (Villsen et al., 2021, Archambaud-Suard, 2019) ont été effectuées afin de mieux comprendre le régime alimentaire de l'apron du Rhône. Grâce à l'analyse par métabarcoding de plus de 500 fèces d'apron des bassins de la Durance, du Verdon, de l'Ardèche et de la Loue.

Cette approche, non destructrice, a permis d'obtenir une identification taxonomique fine des proies consommées par l'apron. Les résultats issus ont montré que l'apron préfère des proies épibenthiques (se trouvant à la surface du substrat) constituées de larves d'insectes des ordres Ephéméroptères, Diptères et Trichoptères.

Parmi les Ephéméroptères l'analyse hiérarchique a révélé trois groupes distincts caractérisés par quelques types de proies qui ont été distribuées en 3 clusters (cf. figure ci-après) : Cluster 1 dominé par *Baetis fuscatus* (famille des *Baetidae*) constitue la proie principale de l'apron ; cluster 2 dominé par les espèces du genre *Ecdyonurus* (Ephéméroptères de la famille *Heptageniidae*) et cluster 3 dominé par les Diptères de la sous-famille *Orthocladinae* constituent des proies secondaires importantes de son régime alimentaire. Les autres taxons formant des proies accessoires. Les espèces/taxons de ces 3 clusters sont présents sur la boucle jurassienne du Doubs.

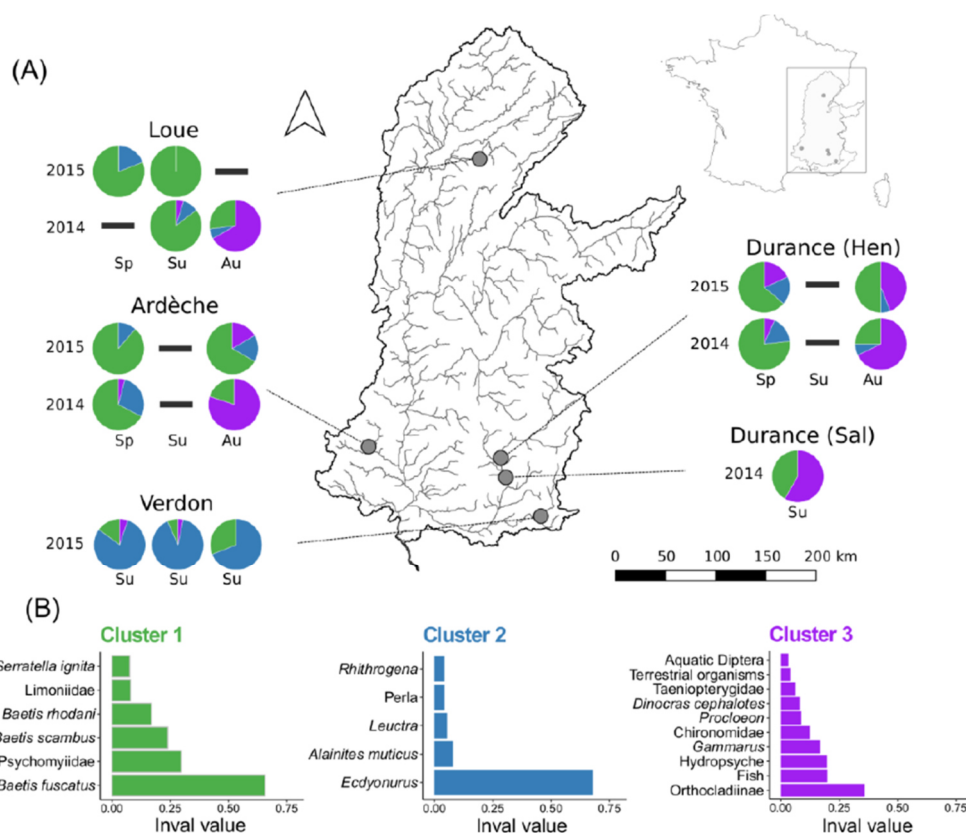


Figure 3 Groupes de régimes alimentaires des populations de *Zingel asper* (A) et histogramme de la valeur (Inval) de l'espèce indicatrice pour chaque groupe alimentaire (B). Source : Villsen K, 2021.

En outre, des variations interindividuelles, interpopulationnelles et saisonnières du régime alimentaire de l'apron a pu être caractérisée. En automne, le régime alimentaire est moins spécialisé et montre une variabilité interindividuelle importante. Des résultats préliminaires indiqueraient une prédominance de chironomes dans le régime alimentaire des juvéniles (Archambaud-Suard et Corse, 2018).

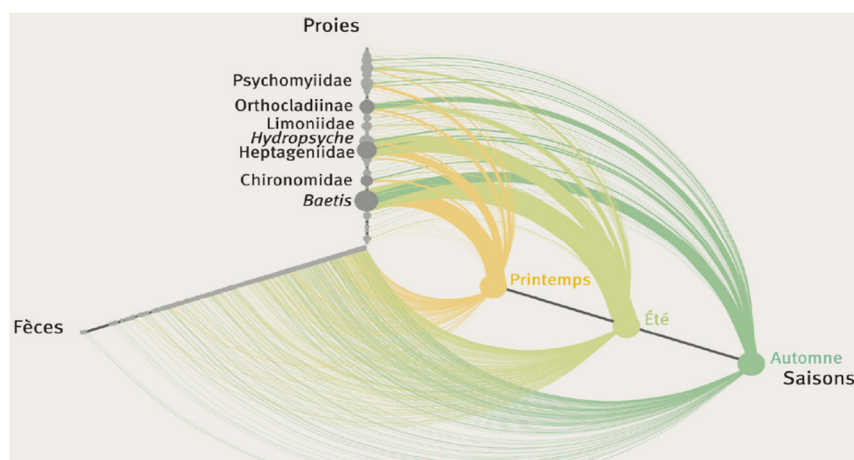


Figure 4 Réseaux des relations entre régime alimentaire, saison et proies ingérées par l'apron. Source : Archambaud-Suard, 2019.

2.4 Habitats, exigences écologiques

Selon le plan national d'action 2020-2030 en faveur de l'apron du Rhône (PNA, 2021), l'apron occupe des rivières entre 30 et 700 m d'altitude possédant un fond mixte de galets et graviers avec des blocs épars, et présentant une alternance de zones de courants et de zones plus profondes (faciès mouille/radiers). Il s'agit de cours d'eau de taille moyenne avec des débits moyens compris entre 6 et 60 m³/s. Les cours d'eau abritant encore des aprons ont majoritairement un régime de type pluvial avec des variabilités pouvant d'être importantes d'une région à l'autre (composantes nivo-pluvial, pluvial-cévenol, nivo-pluvial jurassien, etc.).

Selon la classification de HUET (1949), l'apron se situerait majoritairement à l'interface de la zone à ombre et de celle à barbeau. Cela signifie que l'apron préfère les zones un peu moins courantes que la zone typique de la truite et qu'il partage son habitat avec d'autres espèces telles que l'ombre de rivière et plusieurs cyprinidés d'eau vive (chevaine, barbeau, blageon, toxostome, etc.). En ce qui concerne le régime thermique des eaux, on trouve des situations très diversifiées avec des cours d'eau du Sud de la France pouvant présenter des températures estivales importantes pouvant localement dépasser les 28°C comme sur l'Ardèche et des cours d'eau présentant des températures plus fraîches comme la Loue et le Doubs.

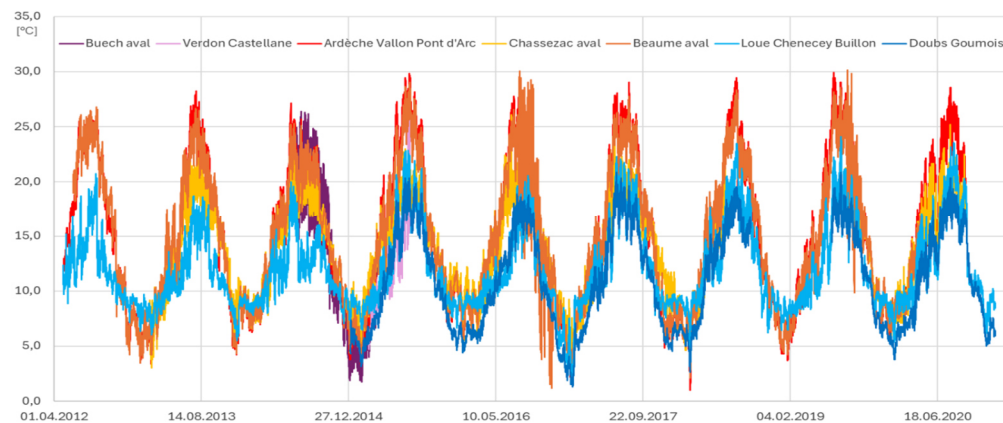


Figure 5 Profils thermiques comparés de différents cours d'eau abritant ou ayant abrité des populations d'apron. Source : Téléos, 2024 (non publié).

2.5 Reproduction

L'apron, généralement mature à l'âge de 2 ans, se reproduit une fois par an, entre fin-février et mi-mai à des températures comprises entre 8 et 12 °C. L'activité maximale observée s'échelonne généralement entre les mois de mars-avril lorsque la température de l'eau atteint 10 à 11 °C. L'apron dépose des œufs adhérents à des cailloux et galets propres. Une femelle peut pondre de trois cents à deux mille œufs selon sa taille (Béjean, 2009).

En l'état actuel des connaissances (basées sur des observations de rassemblements d'aprons dans les populations française), les frayères se situent majoritairement sur des plats courants (également en tête de radier ou en fin de mouille) avec un substrat composé de graviers et de pierres non colmatés (8-128 mm).

Sur la Loue, les frayères ont une hauteur d'eau moyenne comprise entre 50 et 75 cm pour des vitesses moyennes sur le fond de 0,33 m/s et en surface de 0.75 m/s. Les femelles se déplacent sur la frayère où les mâles les attendent, sinon elles préfèrent durant cette période spécifique les zones lenticules ou des mouilles (zones plus profondes) se situant à proximité.

Sur le Doubs, aucun rassemblement de plus de 2 individus ni de rassemblement assimilable à une activité de fraye n'a jamais été observé au cours des 25 dernières années.

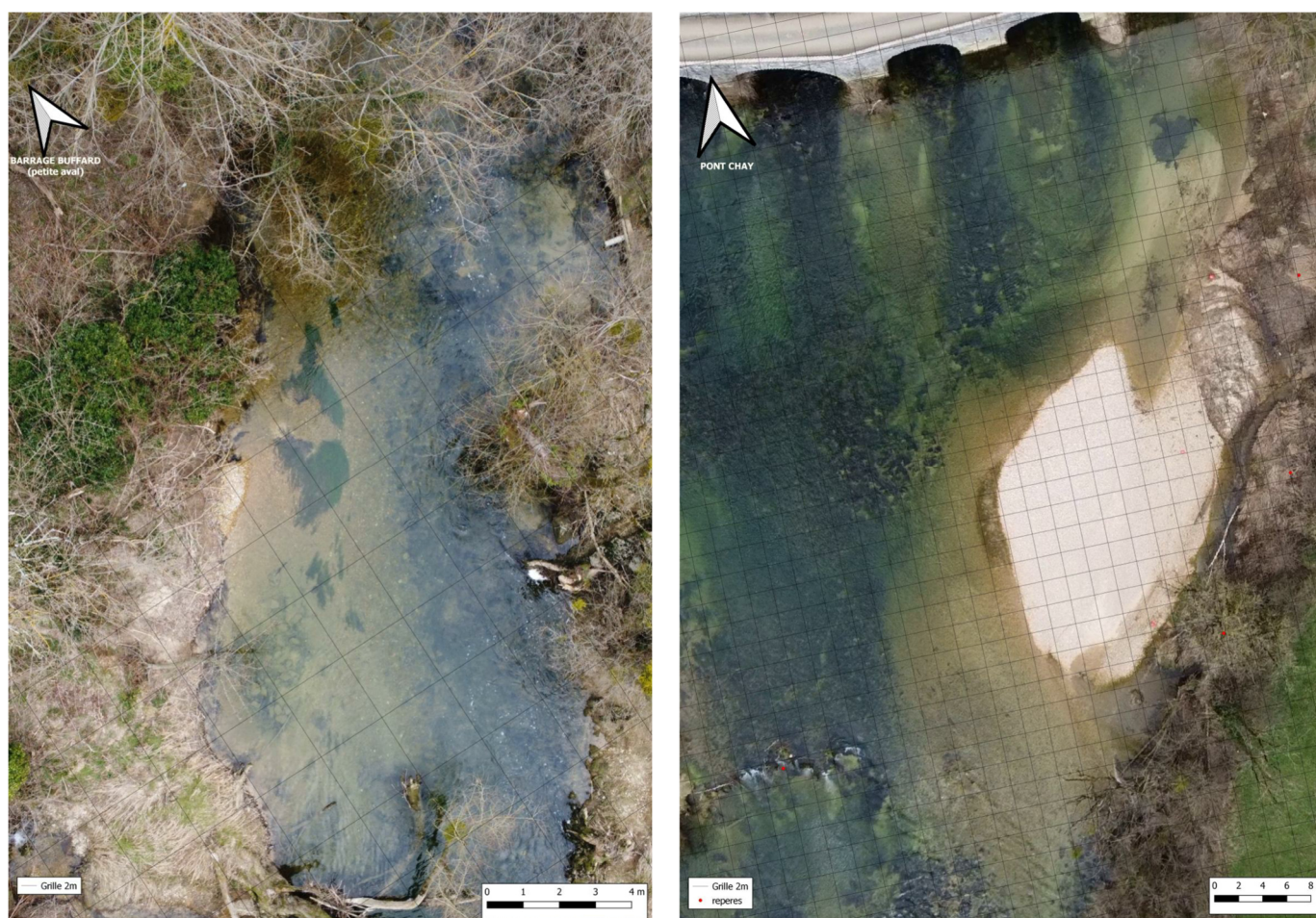


Figure 6 Exemple de secteurs sur la Loue sur lesquels des frayères ont été recherchées et où des rassemblements d'aprons ont été observés. Source : Eaux Continentale, 2023.

2.6. Distribution générale et actuelle

On estime qu'il y a plusieurs millions d'années, les ancêtres de l'apron du Rhône seraient originaires d'une zone géographique couvrant les bassins du Rhône et du Danube (PNA 2011). Les glaciations auraient ensuite isolé ces populations. Actuellement, l'apron du Rhône est une espèce endémique du bassin du Rhône et on trouve 2 autres espèces du genre *Zingel* (*Zingel zingel* et *Zingel streber*) dans le bassin du Danube.

2.6.1 France

L'apron a vu ses populations gravement décliner au cours du 20^{ème} siècle : en 1900, on estime que l'espèce était encore présente sur 2'200 km de cours d'eau, alors que dans les années 80, seulement 380 km étaient encore peuplés d'après Boutitie (1984). En 2010, le linéaire colonisé par l'apron était estimé à 240 km. En 2022, avec les actions entreprises en faveur de l'espèce et l'intensification des efforts de recherche, il est estimé à 365 km répartis en plusieurs systèmes/bassins hydrographiques.

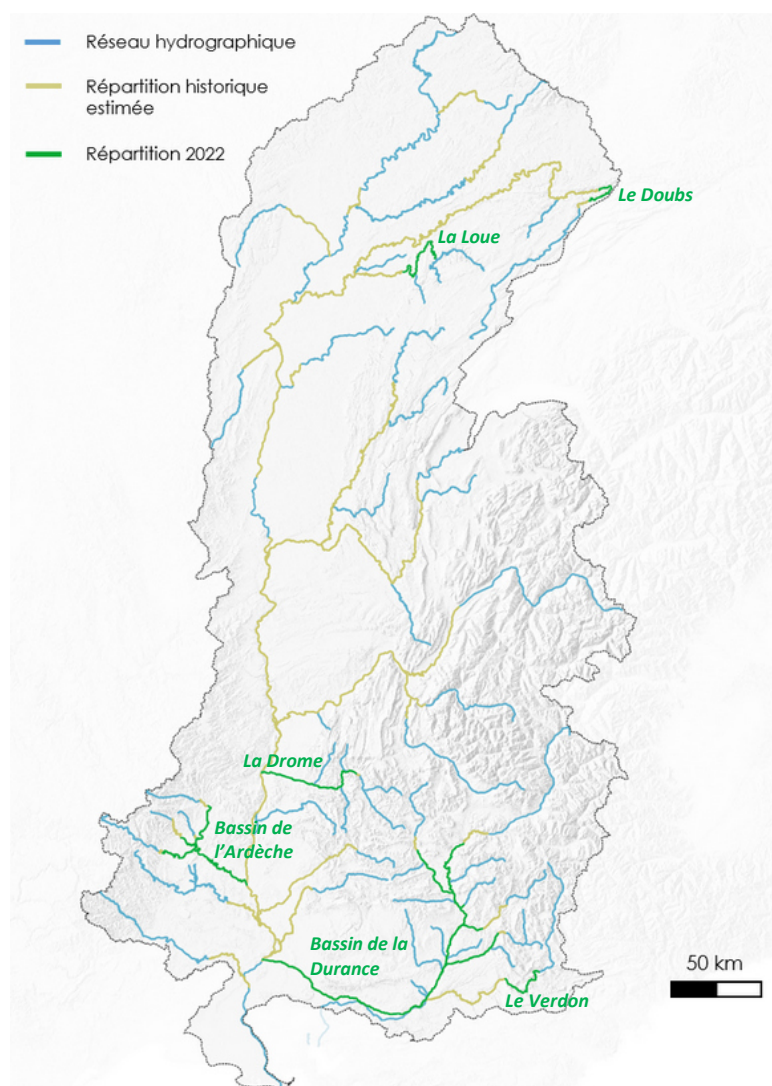


Figure 7 Distribution de l'apron du Rhône en 2022. Source : CEN Rhône-Alpes.

Situation actuelle (PNA, 2021)

La population du **bassin de la Durance** est la plus importante en termes de linéaire de présence supposée (environ 100 km). Il s'agit également de la population qui présente la plus grande diversité génétique. Des observations récentes suggèrent qu'un linéaire plus important est possiblement colonisé.

Le Verdon quant à lui est colonisé sur environ 31 km (dont 7 km supplémentaires considérés comme potentiels). Totalement isolée depuis plus d'un siècle de la population de la Durance en raison d'obstacles liés à l'exploitation de la force hydroélectrique, cette population a une faible diversité génétique, mais possède une espérance de vie plus élevée et atteint des tailles plus importantes.

L'Ardèche constitue, avec 73 km de présence supposée (dont 6 km supplémentaires considérés comme potentiels), la seconde population d'apron la plus importante du bassin rhodanien. On constate ces dernières années une progression du linéaire colonisé sur ce bassin versant (doublement des indices de présence en 10 ans). La Beaume et le Chassezac sont 2 affluents de l'Ardèche qui comporte également des aprons sur un linéaire cumulé supposé de 31 km.

L'apron est présent sur **la Loue** sur un secteur d'environ 48 km. Une très forte régression des densités est toutefois observée ces dernières années (précisions selon Jordy Gil).

Tentative de réintroduction dans la Drôme

La population d'origine dans la Drôme est éteinte en 2006 (date de la dernière observation d'un apron sauvage). La présence actuelle de l'apron sur **la Drôme** est à mettre en lien avec les actions de réintroductions effectuées entre 2006 et 2018. En total, 30'481 aprons de deux souches génétiques différenciées ont été utilisés pour la reproduction : d'abord des aprons sauvages de la rivière Beaume puis de la rivière Durance. Les reproducteurs ont été renouvelés annuellement entre 2015 et 2017. Un monitoring génétique avec de microsatellites a permis d'identifier des hybrides Beaume-Durance dans la Drôme, ce qui prouve que les aprons se sont reproduits dans cette rivière. Le linéaire colonisé après les réintroductions était estimé à 35 km.

Actuellement, la dynamique de cette population réintroduite semble évoluer négativement (J. Gil, communication personnelle), puisque qu'aucun apron n'y a été observé en 2023 (une première depuis la fin des réintroductions) et seulement 3 individus ont été recensés en 2024. Les raisons de cette raréfaction ne sont toutefois pas clairement déterminées.

2.6.2 Suisse

L'apron n'est présent historiquement en Suisse que dans le Doubs suisse et franco-suisse, site qui constituent actuellement la population la plus septentrionale de cette espèce (la population de la Lanterne, rivière située encore plus au Nord en France s'est à priori éteinte entre la fin des années 80 et le début des années 90). Selon les données bibliographiques (Aquarius 1999), la zone de distribution de l'apron était, vers les années 1930, déjà limitée à un linéaire d'environ 40 km située entre Goumois et la frontière à Brémencourt.

A l'amont de Goumois, il est probable que la migration des poissons est été entravée depuis des temps historiques par les seuils du Theusseret et de la Goule.

A l'aval de la frontière, les données sur la distribution de l'apron sur le Doubs français sont peu précises. Selon Boutitie (1984), l'espèce peuplait anciennement toute la région du Doubs ainsi que celle de la Saône. Actuellement l'apron ne peut coloniser le Doubs français à l'aval de la frontière qu'environ 6 km. En effet, plus à l'aval, deux centrales hydroélectriques avec un bassin d'accumulation long de plusieurs kilomètres (Vaufrey et Grosbois) modifient profondément la dynamique et la morphologie du Doubs, de sorte qu'il ne reste plus d'habitats favorables pour l'apron dans ce secteur.

Les premiers recensements de l'apron du Rhône « organisés & systématiques » dans le Doubs suisse et franco-suisse ont été pratiqués dès les années 80 mais ne couvraient que le Doubs jurassien. Ces investigations ont permis de déterminer déjà à l'époque l'extrême faiblesse des populations d'apron dans le Doubs suisse (Aquarius, 1999). La poursuite de ces monitorings (Aquarius 2020) a montré une diminution constante des effectifs de ce poisson sur le Doubs ainsi qu'une réduction de son aire de répartition (Cf. Situation de la page suivante). A partir de 2012, malgré une intensification des efforts de recherche et la diversification des techniques employées, plus aucun apron n'a été observé sur le Doubs suisse à l'aval de Bellefontaine. Les prospections ciblées effectuées sur le Doubs franco-suisse (Boismartel, 2009, Sandoz, 2015) n'avait également pas permis de mettre en évidence d'apron. Le linéaire où la présence de l'apron pouvait être confirmée n'était déjà plus que de 20 km en 2015.

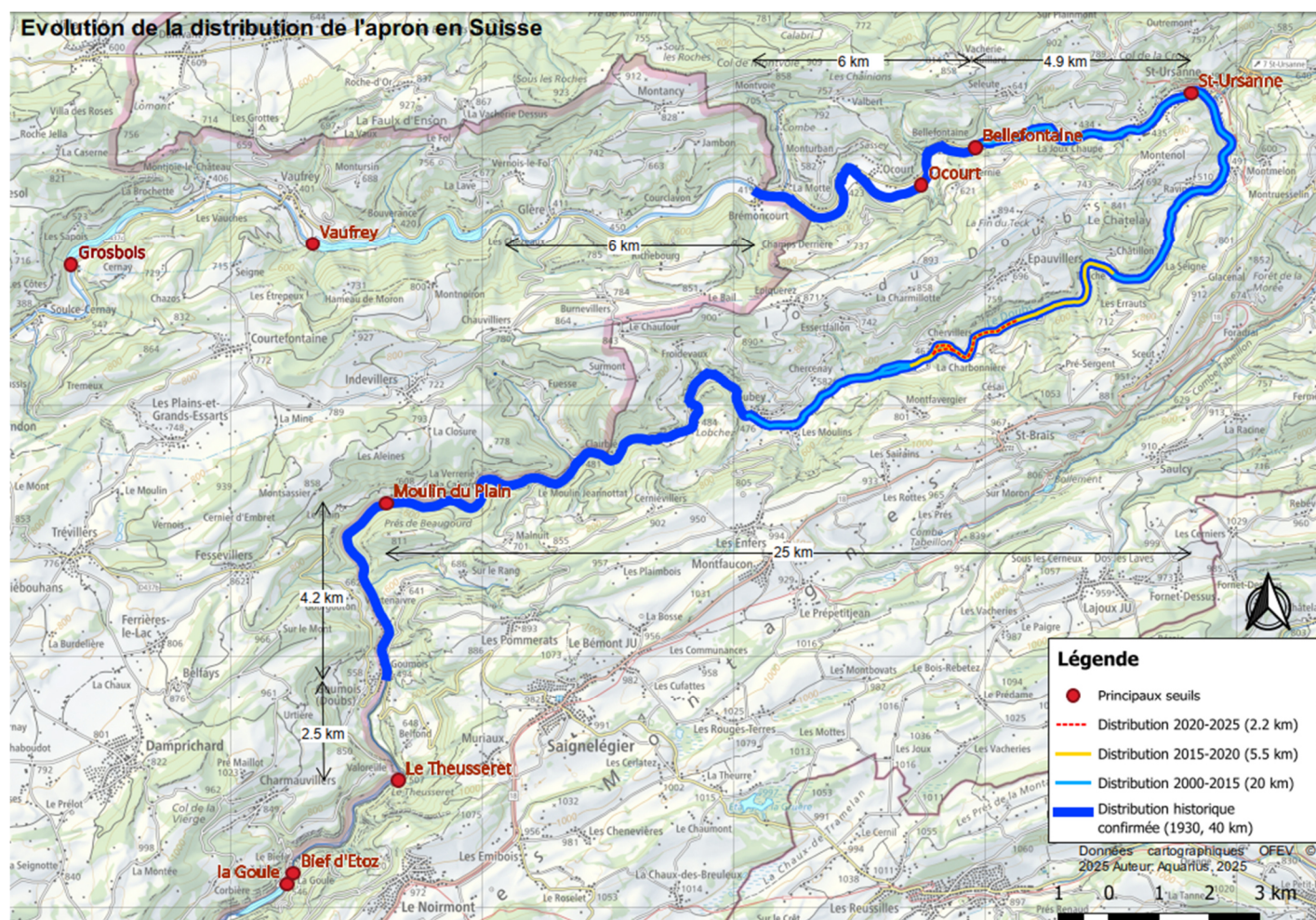
Une étude de détection de l'apron par l'ADNe sur le Doubs franco-suisse et suisse, réalisée sur un linéaire d'environ 18 km à l'amont du linéaire de présence confirmée (de Soubey à Goumois), donnait en 2017 des résultats positifs sur 3 stations. Malheureusement, malgré des recherches intensives, aucun apron n'a pu être observé.

En 2018, un seul apron a été observé au niveau de Tariche à l'occasion de 27 prospections effectuées de Goumois à Bellefontaine. En 2019, alors qu'une nouvelle campagne de recherches par ADNe ne donnait aucun résultat positif, un apron a été observé en plongée à Tariche. En 2020, aucun apron n'a été observé, malgré des recherches ciblées sur les dernières stations d'observation 2015-2019, et aucun apron n'a été capturé lors de pêches électriques exhaustives sur 3 stations de référence. Le suivi du dispositif de montaison à St-Ursanne n'a pas non plus permis de mettre en évidence d'apron.

Après plusieurs prospections sur 13 stations réparties sur 18 km du Doubs jurassien, un apron a été à nouveau observé dans le secteur de la Charbonnière le 29 août 2021. Un second apron était observé en août 2023 environ 1.5 km à l'aval de ce secteur. Ce dernier individu a été capturé et déplacé à l'aquarium de Lausanne Aquatis. En 2024, malgré d'intenses recherches, aucun apron n'a pu être observé.

Une situation de l'évolution de la distribution de l'apron sur le Doubs figure à la page suivante.

Situation A3



2.6.3 Evolution des populations sur le Doubs suisse

Si des observations d'aprons sont réalisées depuis de nombreuses années, des informations concernant la dynamique de la population ne sont collectées que depuis le début des années 2000, grâce à l'intensification et la quantification des efforts de recherche. Ce suivi a très majoritairement été réalisé au moyen d'observations directes (en plongée diurne ainsi qu'en prospections nocturne à la lampe) et plus secondairement au moyen de captures par pêches électriques.

Les résultats du suivi pour la période montrent non seulement une réduction de l'aire de distribution (cf. chapitre 2.6.2 Suisse), mais également une diminution importante de la densité d'aprons par rapport à l'effort de recherche. D'un point de vue temporel, on peut établir que la densité de la population a régressé plus rapidement que l'aire de distribution. On peut émettre l'hypothèse que la colonisation par dévalaison a permis de maintenir une distribution « relativement étendue » alors que les effectifs d'apron ont régressé de manière importante.

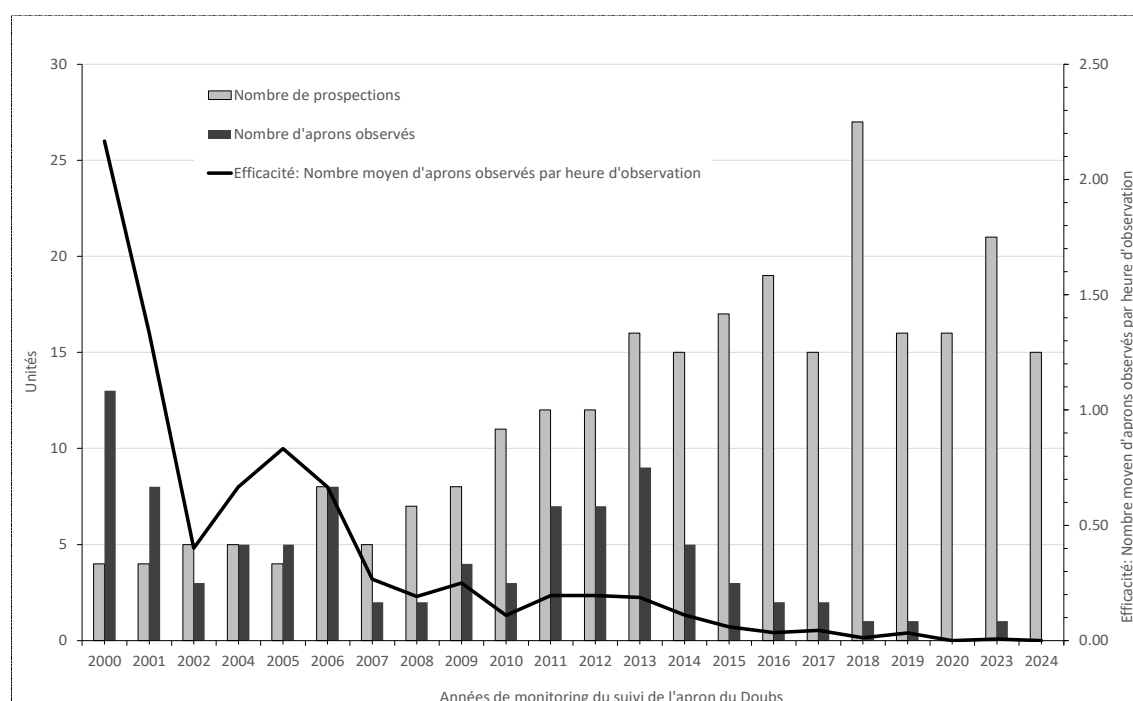


Figure 8 Effort de prospection/résultats des observations d'aprons pour la période de monitoring 2000-2024 pour le Doubs suisse. Source : Aquarius, 2024.

Les prospections réalisées entre 1996 et 1997 en plongée avaient permis de trouver un total de 39 aprons. A cette époque, l'effort pour trouver un apron, toute méthode confondue, était d'environ 1.28 h/apron. En 2023, cet effort était de 156h/apron.

En termes de densités, bien que l'apron ait toujours été sur le Doubs un poisson peu abondant, il n'était pas rare d'observer avant les années 2000 plus de 5 individus sur les espaces relativement restreints aussi bien sur la station de la Charbonnière que les stations de Tariche, Ravine et de Bellefontaine. Ces densités ont très fortement régressé au début des années 2000 et il est progressivement devenu toujours plus difficile d'observer plus de 2 à 3 individus sur une station. En 2010, en raison du très faible nombre d'observations, il a été décidé par l'OFEV d'augmenter les efforts de prospections et de diversifier les méthodes de recherche.

2.7 Caractéristiques génétique des populations d'apron

L'étude de Dubut (2017) a identifié six populations d'apron selon les analyses génétiques basé sur 50 microsatellites : la Durance, le Verdon, l'Ardèche et la Beauce, la Loue, et le Doubs suisse, la Drôme (population éteinte). Les analyses réalisées indiquent une forte différenciation génétique à l'échelle du bassin du Rhône. Cela tend à confirmer que les flux génétiques entre populations auraient été très limités ou interrompus au cours du 20ème siècle, ce qui aurait engendré une forte différenciation entre les populations.

Chaque population présente donc une démographie indépendante correspondant à six Unités de Gestion (UG) distinctes (*Management Unit* ; Moritz 1994).

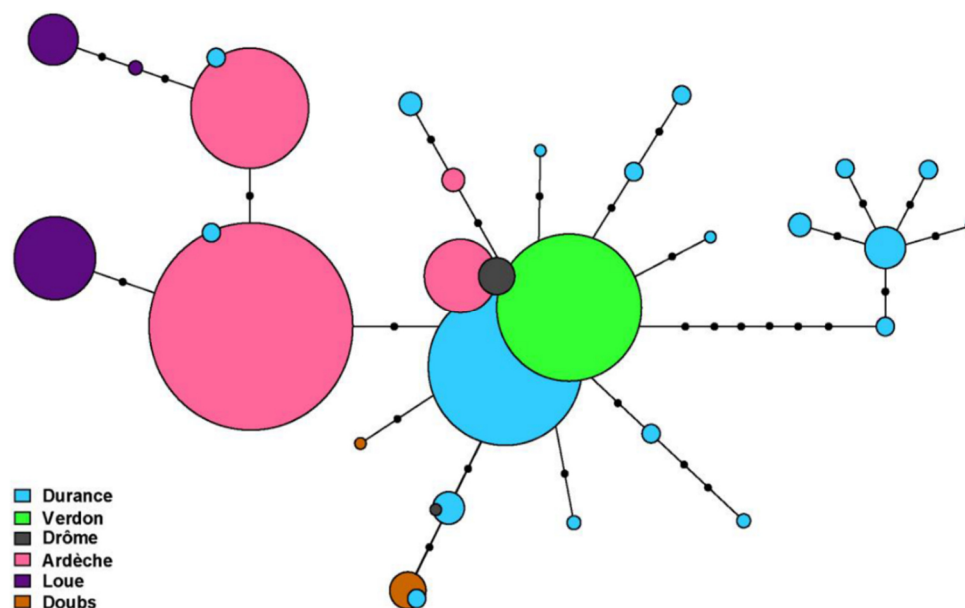


Figure 9 Réseau de parenté des allèles de l'ADN mitochondrial (gène du Cytochrome b) construit par Median-Joining. Source : Dubut, 2017.

L'UG qui présente les indices de diversité génétique les plus forts regroupe les populations de la Durance, que ce soit pour l'ADNmt ou les 50 microsatellites neutres. Ces résultats soulignent le potentiel adaptatif de la Durance, qui est vraisemblablement supérieur à celui des autres populations du Bassin du Rhône. Pour l'ADNmt, ce sont les populations du Verdon qui présentent les indices de diversité les plus faibles. L'UG que constitue le Doubs suisse présente des indices de diversité de l'ADNmt faibles dont les valeurs sont comparables à celles observées dans la population éteinte de la Drôme. En ce qui concerne les microsatellites neutres, l'UG de la Durance présente les plus fortes richesses alléliques et en allèles privés suivie par l'UG du Bassin de l'Ardèche qui présente une richesse en allèles privés similaire à celle de la Durance.

À l'opposé, le Doubs présente les indices les plus faibles des populations encore existantes, associés à un effectif efficace très faible et proche à celui déterminé pour la population éteinte de la Drôme et 20 fois inférieur à celui de l'UG de la Loue. Globalement, le Doubs apparaît donc comme une des populations d'apron présentant des diversités génétiques les plus faibles.

Associés à un effectif efficace très faible, ces éléments confirment la très forte fragilisation démographique de cette population (Dubut 2017).

	ADNmt				Microsatellites			
	H	Hr	$\theta\pi$	θk	He	Ar	Ap	Ne
DUR	0,76	6,52	3,57	6,48	0,49	3,18	0,353	2290
VER	0,00	1,00	0,00	0,00	0,44	2,33	0,155	440
DRO	0,15	2,00	0,15	0,38	0,52	2,52	0,203	6
ARD	0,62	3,26	0,79	0,58	0,43	2,71	0,352	200
LOU	0,51	2,39	1,94	0,49	0,47	2,30	0,154	460
DOU	0,14	1,93	0,43	0,37	0,47	2,04	0,115	21

Figure 10 Indices de diversité génétique pour les différentes populations d'apron selon l'étude de Dubut (2017).

2.8 Menaces

L'identification des menaces qui pèsent sur une espèce font partie des évaluations nécessaires pour déterminer la faisabilité d'une réintroduction (UICN, 2012). Cette analyse requiert concernant l'apron une bonne compréhension des causes qui sont à l'origine de la régression de ses populations, or ce n'est pas toujours le cas. En effet, comme les connaissances sur l'apron du Rhône sont globalement récentes, il apparaît que le rôle et l'importance individuelle ou cumulée de certaines causes dans la raréfaction de l'espèce sont parfois encore insuffisamment comprises.

Les principales menaces identifiées actuellement sur la conservation de l'apron du Rhône sont ainsi régulièrement regroupées dans les catégories suivantes (PNAI, PNAII, Aquarius 1999) :

- Qualité de l'habitat
 - Atteintes écomorphologiques
 - Régime de charriage
 - Qualité du substrat
 - Déficits de connectivité longitudinale
 - Travaux dans le lit du cours d'eau
 - Régime hydrologique
 - Qualité physico-chimique de l'eau
 - Qualité biologique de l'eau
- Appauvrissement génétique
- Pathogènes
- Espèces invasives
- Impact des activités récréatives et de loisirs

Ces menaces sont reprises et évaluées ci-après pour le Doubs historiquement colonisé par l'apron

2.8.1 Qualité de l'habitat

2.8.1.1 Atteintes écomorphologiques (Ecomorphologie niveau R)

L'état écomorphologique du Doubs franco-jurassien et jurassien selon le système modulaire gradué (SMG) de la Confédération (OFEFP, 1998) peut être considéré comme bon à très bon puisque 40 % du linéaire sont naturels (classe I), 53 % sont peu atteints (classe II) et seuls 7 % du linéaire sont considérés comme très atteints (classe III). Dans cette dernière classe très atteinte, le lit du Doubs demeure néanmoins majoritairement naturel

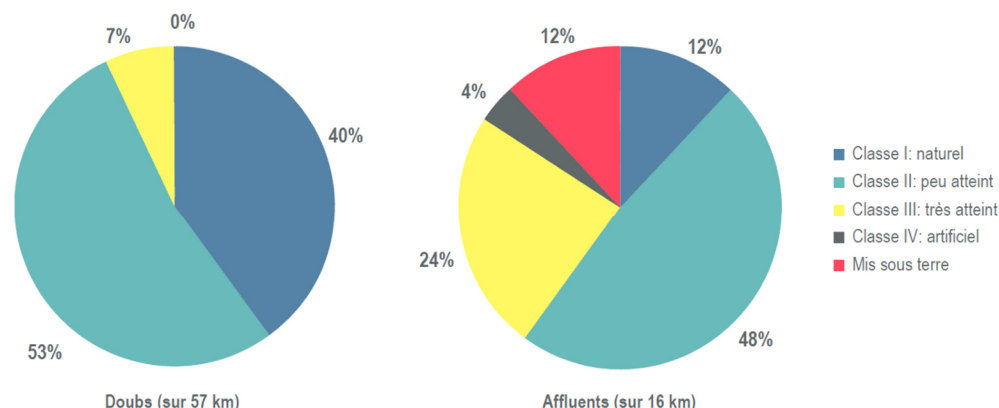


Figure 11 Etat écomorphologique du Doubs jurassien et franco-jurassien ainsi que ses affluents selon la classification du module écomorphologique niveau R de la Confédération. Source : plan sectoriel des eaux du canton du Jura, 2011.

Il est toutefois à relever que certaines retenues présentes à l'amont de seuils artificiels, telle que la retenue de Bellefontaine, peuvent revêtir une écomorphologie peu atteinte à naturelle mais modifient l'habitat défavorablement pour l'apron (éliminations des faciès de mouilles/radier par un habitat lenthique avec accumulation de sédiments fins). Sur le Doubs jurassien, ces retenues représentent approximativement 5 % du linéaire.

Si l'écomorphologie du Doubs est globalement bonne, ce n'est pas le cas des affluents et plus particulièrement de leur connectivité avec le Doubs qui n'est pas toujours garantie de manière optimale (par exemple le Rière Château à St-Ursanne et un peu plus à l'aval, le ruisseau de la Vanoge et le ruisseau d'Oisonfontaine). On notera cependant que sur le bassin versant concerné, aucun affluent ne présente des caractéristiques typologiques, morphologiques et hydrologiques propices à l'apron. En effet, il s'agit majoritairement de petits affluents assimilés à la zone à truites.

En synthèse, l'état morphologique générale du Doubs est bon à très bon et ne s'est pas dégradée au cours des dernières décennies. Il est par conséquent considéré que l'état écomorphologie du Doubs selon le SMG constitue une menace faible à moyenne pour l'apron.

2.8.1.2 Régime de charriage

Du point de vue du régime de charriage et par rapport à des cours d'eau alpins, le Doubs transporte naturellement relativement peu de matériaux grossiers (graviers) et conserve une géomorphologie assez stable.

Dans le cadre de la planification stratégique du régime de charriage (Flussbau, 2014), il a été mis en évidence que plusieurs barrages/seuils artificiels provoquaient une atteinte grave en piégeant notamment les alluvions grossières dans leurs retenues. Selon cette étude, les ouvrages problématiques pour le régime de charriage se situent tous à l'amont de Goumois et impactent donc l'entier de l'aire historique de l'apron qui se situe en aval. Le principe d'assainissement proposé dans la planification stratégique cantonale consiste à combiner le démantèlement de certains de ces ouvrages (seuils de la Rasse et du Theusseret) avec le déversement de graviers en des endroits adéquats (Flussbau, 2014). D'autres atteintes et mesures sont également identifiées sur certains affluents.

Des projets d'assainissement des seuils du Theusseret et du moulin du plain sont actuellement en cours. La mise en œuvre de ces projets devraient, s'ils s'orientent vers un effacement, améliorer la situation. À l'heure actuelle et selon l'avancée de ces projets, il n'est toutefois pas possible de quantifier le bénéfice que ces projets apporteront au cours d'eau.



Figure 12 Extrait de la planification stratégique cantonale d'assainissement du régime de charriage (Flussbau, 2014).

Sur l'aire principale de répartition de l'apron du Doubs, le régime de charriage doit être considéré comme moyennement à fortement altéré. On notera que des projets d'assainissement du régime de charriage sont prévus à plus ou moins court terme sur les tronçons où le régime est le plus fortement atteint avec des effets qui ne sont toutefois temporellement et quantitativement pas connus à ce stade. La menace est jugée de moyenne à forte.

2.8.1.3 Qualité du substrat

Bien que l'atteinte sur le régime de charriage soit considérée comme moyenne à importante, les observations et suivis de frayères montrent néanmoins que plusieurs espèces lithoréophiles (notamment les ombres et les truites de rivière) réussissent à trouver des conditions favorables pour leur reproduction (Aquarius, 2011, Aquarius, 2016, Aquarius 2017, Périat et al., 2023). On notera dans ce contexte que, selon les données de la littérature (Labonne et al., 2000, Danacher et al., 2004, Louis, 2013, Eaux continentales, 2023), les graviers propres qui répondent aux besoins de l'apron pour sa reproduction et qui sont localisées essentiellement sur des plats courants et en en-tête de radiers sont également présentes sur le Doubs. Malgré la présence de ces faciès sur l'aire de répartition de l'apron en Suisse, aucun comportement de reproduction, ni aucune frayère n'ont été jamais observés sur le Doubs. Les connaissances à ce sujet demeurent par conséquent lacunaires. Il est toutefois constaté depuis plusieurs années, sur les faciès précités, des phénomènes chroniques importants de colmatage potentiellement impactant. Ce colmatage est lié à la conjonction de plusieurs facteurs hydrologiques, climatiques et physico-chimiques. On constate ainsi :

- Un colmatage sédimentaire lié à la diminution d'intensité des épisodes de hautes eaux et crues (abrasion de surface, mobilisation, érosion et dépôts d'alluvions), cf. figure ci-après.
- Un colmatage organique lié à une prolifération algales résultant de la combinaison de plusieurs facteurs : Présence de nutriments en suffisance ; important rayonnement solaire ; températures élevées, faibles débits (Périat, 2024).
- Un colmatage minéral lié à la précipitation de carbonate de calcium qui provoque un « encroutement » plus ou moins marqué du substrat. Ce phénomène est localement si important que le substrat se transforme progressivement en blocs ou dalles compactes peu biogènes.

Ces différents types de colmatage pourraient avoir un impact négatif notable sur la disponibilité ainsi que la fonctionnalité des frayères à apron. Cela n'a toutefois jamais pu être démontré et n'a pas non plus été étudié sur le Doubs durant la période de reproduction de l'apron.

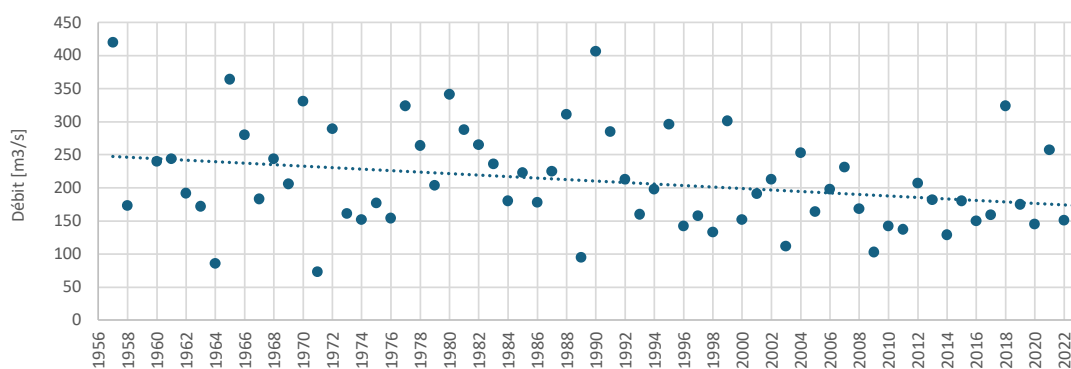


Figure 13 Maxima instantanés interannuels (QIXM) pour la station de Goumois pour la période 1956-2023.

Le manque de connaissance la fonctionnalité des sites de reproduction de l'apron sur le Doubs ne permettent pas d'évaluer et quantifier avec précision l'incidence des processus de colmatage sur cette espèce, c'est la raison pour laquelle cette menace est considérée comme moyenne à forte.

2.8.1.4 *Déficits de connectivité longitudinale*

L'aire de distribution de l'apron, qui s'étendait historiquement en Suisse de la frontière à Brémontcourt jusqu'à Goumois (Aquarius, 1999), présente plusieurs obstacles. A l'amont proche de Goumois se trouve le barrage artificiel du Theusseret et un peu plus à l'amont les seuils naturels du Bief d'Etoz et de la Goule (ce dernier, issu d'un éboulement en 1356, a été surélevé pour la production hydroélectrique).



Figure 14 *Vue du seuil naturel du Bief d'Etoz, considéré comme étant un seuil naturel infranchissable pour l'apron (Aquarius, 2014).*

A l'aval proche de Goumois, le seuil de Moulin du Plain est considéré comme partiellement franchissable. Les seuils du Theusseret et de Moulin du Plain devraient, si les projets avancent selon la planification attendue, être assainis dans les cinq prochaines années, soit à l'horizon 2030 (Thierry Arnet, communication personnelle). Plus à l'aval, le seuil artificiel de St-Ursanne a été assaini en 2018 avec la construction d'une rivière de contournement.



Figure 15 *Vue de l'entrée de la rivière de contournement de St-Ursanne (Aquarius, 2020).*

Bien qu'aucun apron n'ait été capturé lors du contrôle des effets, cet ouvrage est considéré comme franchissable pour l'apron. Toutefois les aprons accèdent en amont de la retenue dans un habitat qui n'est pas optimal. Exploité pour la force hydraulique, un assainissement de la dévalaison doit encore être réalisé sur ce seuil.

Sur la partie inférieure du Doubs jurassien se trouvent les seuils artificiels de Bellefontaine et d'Ocourt considérés comme infranchissables pour l'apron. Ces seuils qui ne servent plus à l'utilisation de la force hydraulique sont également prévus d'être assainis. Dans ce contexte, la solution de l'arasement constitue la mesure la plus intéressante pour l'apron puisqu'elle permet également de restaurer des habitats lotiques plus caractéristiques de ses préférences habitationnelles. Environ 10 km à l'aval de la frontière jurassienne se trouve le barrage de Vauffrey qui constitue également un obstacle artificiel infranchissable. Toutefois en raison de la retenue générée par ce barrage, le linéaire en amont considéré comme réellement favorable à l'apron est de l'ordre de 6 kilomètres (cf. chapitre 2.6.2 Suisse).

L'impact de ces obstacles artificiels sur le continuum longitudinal peut être déterminant pour la pérennité de nombreuses espèces piscicoles, notamment en raison de la fragmentation de l'habitat et l'isolement des populations qui en résulte. En effet, les échanges sont réduits à la migration vers l'aval d'une partie des individus, tandis que les possibilités de migration vers l'amont pour accéder à des habitats refuges ou des sites de reproduction par exemple sont compromises, ce qui contribue à une fragilisation des groupes ainsi qu'à un appauvrissement génétique. L'impact de ce cloisonnement sur la diversité génétique des aprons a bien été mis en évidence lors des suivis réalisés sur plusieurs populations françaises (PNA, 2011). Sur le Doubs, où des investigations génétiques ont également été réalisées, le nombre d'individus analysés n'était malheureusement pas suffisant pour effectuer une évaluation aussi fine. On notera que la raréfaction des aprons s'est observée en premier sur les tronçons les plus fragmentés et que les derniers individus ont tous été observés sur le tronçon continu le plus long à l'amont de St-Ursanne (Aquarius, 2020, cf. chapitre 2.6.2 Suisse).

En synthèse, le linéaire pouvant être considéré comme continu pour l'apron mesure aujourd'hui environ 30 km (25 km avant l'assainissement du seuil de St-Ursanne). Si les obstacles artificiels de Ocourt, Bellefontaine, Moulin du Plain et du Theusseret étaient assainis, ce linéaire serait de plus de 45 km (> 51 km si l'on ajoute le linéaire à l'aval de Brémencourt sur le territoire français et que l'on remonte jusqu'au secteur de la Goule), soit près du double de la situation prévalant avant 2018.

Selon le PNA 2020-2030 (PNA, 2021), les linéaires colonisés par l'apron sur les cours d'eau français varient de 31 km sur le Verdon (38 km potentiel) à plus de 100 km sur la Durance et l'Ardèche si l'on prend en compte leurs affluents. Bien qu'il ne soit pas possible de déterminer avec précision le linéaire minimal nécessaire au maintien d'une population pérenne d'apron du Doubs, il est déterminant que ce linéaire soit le plus élevé possible puisque la population du Doubs n'est connectée à aucune autre. Compte tenu des projets d'assainissement de seuils à l'étude, la connectivité longitudinale sera améliorée. Ces assainissements prendront cependant plusieurs années avant d'être concrétisés et de pouvoir développer leurs effets. Par conséquent, le déficit de connectivité longitudinale constaté sur le Doubs est considéré comme une menace moyenne à forte pour l'apron.

2.8.1.5 Travaux dans le lit du cours d'eau

Contrairement à certaines rivières qui doivent régulièrement faire l'objet de travaux de curage, vidanges ou extractions de matériaux en particulier après des crues, le Doubs ne fait pas l'objet d'interventions périodiques, ni de travaux spéciaux.

Il est par conséquent considéré que les travaux dans le lit du cours d'eau constituent une menace faible pour l'apron.

2.8.1.6 Régime hydrologique

Le régime hydrologique du Doubs est naturellement de type nivo-pluvial jurassien. Actuellement, ce régime est artificiel et influencé par l'exploitation de 3 installations hydroélectriques le long du Doubs frontière, à savoir, d'amont vers l'aval : Le Châtelot, Le Refrain et La Goule. Le Châtelot, ouvrage mis en service en 1953, constitue l'ouvrage le plus important de cette chaîne en termes de capacité de stockage et de turbinage. Son fonctionnement consiste à stocker de l'eau dans sa retenue afin de la turbiner lorsque la demande en électricité est forte ce qui soumet le régime hydrologique du Doubs à des variations rapides et artificielles de débits (éclusées).

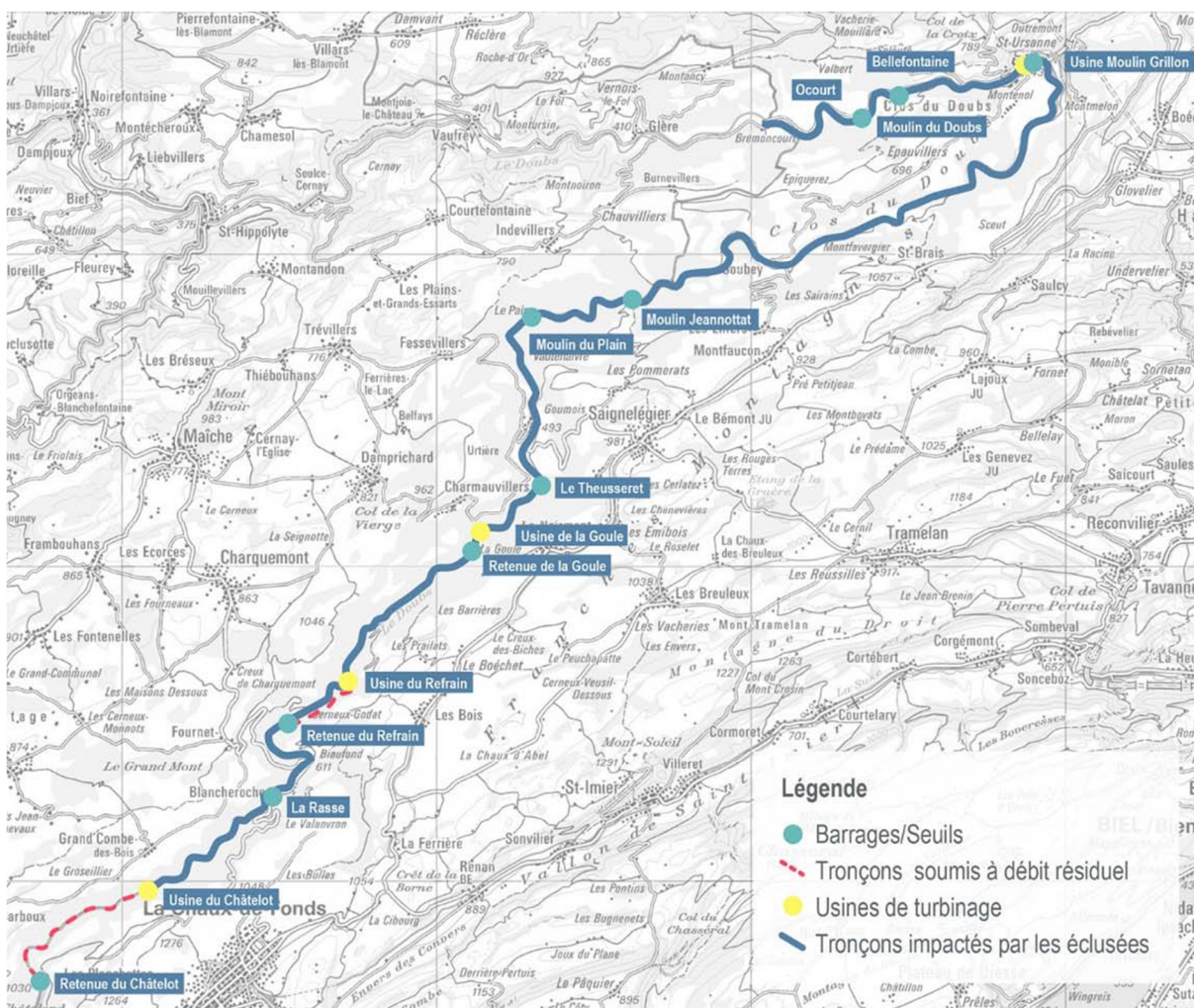


Figure 16 Ouvrages hydroélectriques et seuils sur le Doubs frontière et jurassien (Aqarius & BG, 2015).

L'impact de ces éclusées sur les biocénoses aquatiques et riveraines du Doubs est documenté depuis les années 80 environ (Bouvier 1989). Une intensification des éclusées (fréquence et amplitude) a été mise en évidence à partir des années 2000 (Aquarius et al. 2012), en raison notamment de la libéralisation progressive du marché de l'électricité. Dès 2012, différents essais et suivis ont été réalisés afin de réduire l'impact de ces éclusées. Ces essais ont débouché en 2017 sur la signature et la mise en œuvre d'un nouveau règlement d'eau dans lequel les centrales du Refrain et de la Goule effectuent une gestion qui permet d'absorber successivement une partie du volume des éclusées ce qui réduit de manière importante l'amplitude de ces dernières.

A l'heure actuelle, des atteintes hydrologiques et écologiques fortes subsistent uniquement à l'amont de l'aire d'occupation historique de l'apron mais grâce au nouveau règlement d'eau, le linéaire situé à l'aval de la Goule ainsi que sur l'intégralité de l'aire historique occupée par l'apron n'est plus que faiblement influencé du point de vue de son régime hydrologique (Périer et al. 2023), comme le montre la ligne grise sur la Figure 17. On constate même que la pratique actuelle de gestion des débits contribue à opérer un soutien d'étiage durant certaines périodes (Périer et al. 2023).

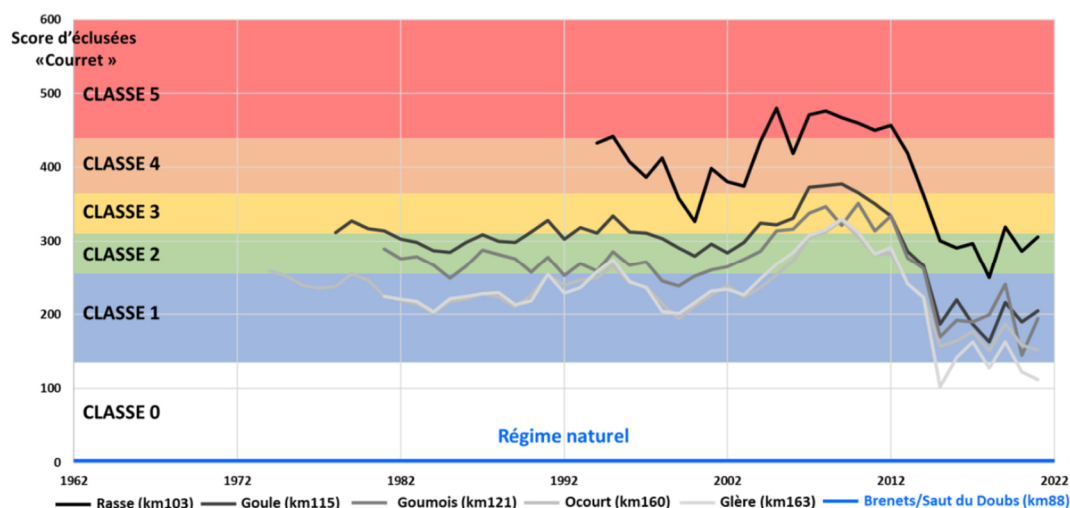


Figure 17 Score de perturbation du régime hydrologique « Courret » du Doubs sur les secteurs soumis à éclusées de janvier 1974 à décembre 2021. Cinq paramètres servent à calculer le score : le nombre d'éclusées, l'amplitude, le débit de base lors de l'écluse, le débit maximum atteint et la vitesse de changement de débit (gradient) (Périer et al., 2023).

On constate que la régression la plus forte des observations d'aprons en 2000 et 2007 (Aquarius, 2020) coïncide avec la période où les éclusées avaient l'effet hydrologique le plus perturbant (cf. Figure 17). Les connaissances sont toutefois insuffisantes pour déterminer avec précision de quelle manière la perturbation du régime hydrologique a affecté les populations d'apron et si cela a pu avoir un impact prépondérant.

Bien que les pratiques passées de gestion des débits du Doubs aient négativement affecté les biocénoses aquatiques, dont très probablement l'apron, le règlement d'eau de 2017 permet d'obtenir une hydrologie proche du régime naturel à l'aval de Goumois. Pour cette raison, le régime hydrologique est actuellement considéré comme une menace faible pour l'apron.

2.8.1.7 Qualité physico-chimique de l'eau

L'appréciation de la qualité de l'eau est un sujet complexe. Cette évaluation est réalisée au travers de suivis de routine basés sur des approches et indicateurs standardisés ainsi qu'au travers d'études ponctuelles visant des objectifs précis.

Plusieurs évaluations ont été réalisées sur la sensibilité et les sources de perturbation de la qualité des eaux sur le bassin versant du Doubs (EPTB, 2011, Aquarius et al., 2012, Boismartel, 2015, Walther, 2017, McCall et al., 2019). Ces études montrent que le bassin du Doubs présente une sensibilité élevée liée notamment au système géologique karstique qui le caractérise. Ainsi, les substances produites par les activités anthropiques sont transférées plus ou moins rapidement dans les aquifères qui alimentent le Doubs et peuvent avoir des répercussions situées à des distances considérables des sources de pollution. Les flux de polluants arrivant dans le Doubs proviennent par conséquent aussi bien de sources ponctuelles (rejets de stations d'épuration par exemple) que diffuses (agriculture). Les analyses de qualité des eaux mettent également en évidence la présence de polluants d'origines sylvicole et industrielle. (Lièvre et al., 2004, Walther, 2017, McCall et al., 2019).

Les suivis physico-chimiques réalisés selon les standards suisses ne mettent pas en évidence de déficit majeur en matière de qualité des eaux sur la boucle jurassienne du Doubs selon les exigences légales (ENV, 2021, ENV, 2022, ENV, 2023, programme NAWA). Les classes d'appréciation globales de la qualité des eaux oscillent ces dernières années systématiquement entre bon et très bon. Des améliorations ont par ailleurs été apportées dans le traitement des rejets d'eaux usées, la mise en place de système séparatif et la meilleure compréhension des rejets industrielles (OFEV, 2025).

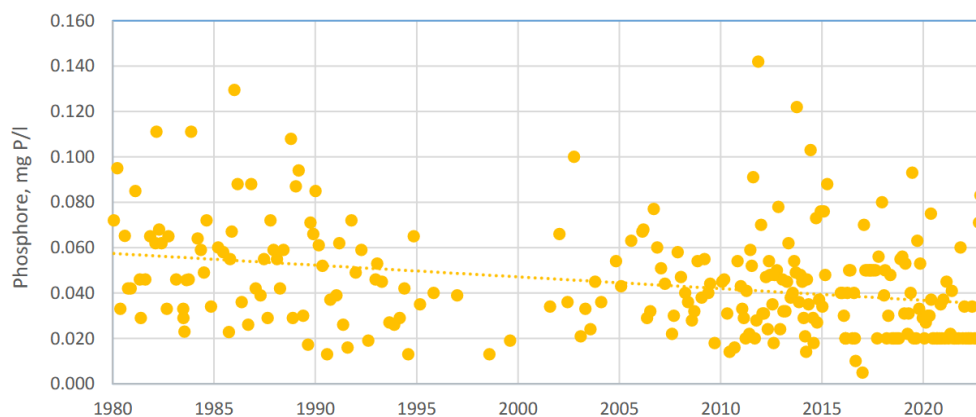


Figure 18 Evolution du phosphore total dans le Doubs à Ocourt, de 1980 à 2022. Source : ENV, 2023.

On constate néanmoins des charges en nutriments suffisantes pour engendrer de manière chronique un fort développement algal (Périal, 2024) dont les effets sur les biocénoses aquatiques sont amplifiés en situation d'étiage et lorsque les températures sont élevées (Stucki et al. 2018). Ce phénomène de prolifération algale est attribuable essentiellement à des colonies de *Vaucheria* et *Cladophora*. Certaines études (Périal, non publié) mettent également en évidence une augmentation possiblement problématique des concentrations de nitrates sur le Doubs franco-suisse. Bien que ce phénomène soit également constaté sur le Doubs jurassien, les concentrations rencontrées respectent les exigences légales et sont proches des valeurs enregistrées sur l'Ardèche et la Durance (Périal, non publié).

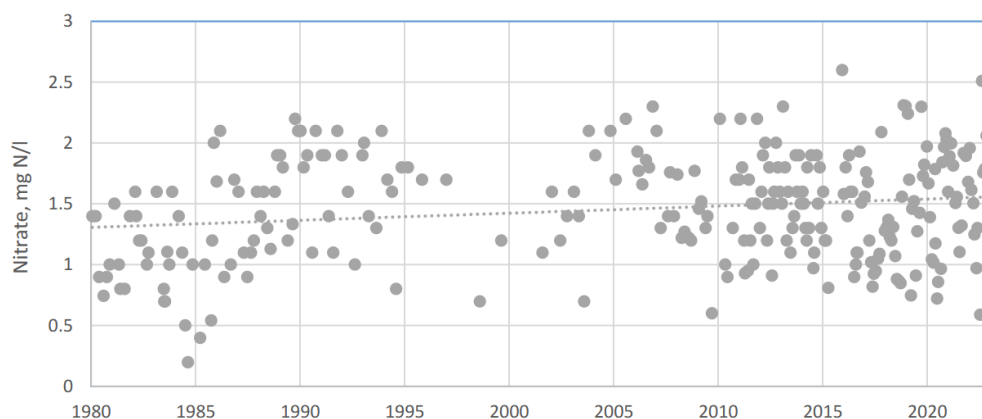


Figure 19 Evolution des nitrates dans le Doubs à Ocourt, de 1980 à 2022. Source : ENV, 2023.

Concernant les micropolluants, les suivis effectués par le canton indiquent sur la boucle jurassienne la présence de substances problématiques dans des concentrations globalement faibles et conformes aux exigences légales. (ENV, 2021, ENV, 2022, ENV, 2023). Plusieurs études ponctuelles sur les micropolluants (Lièvre et al., 2004, Walther, 2017, McCall et al., 2019) mettent néanmoins en évidence une large gamme de substances concernées (plus de 30 pesticides, dont plusieurs interdits), et évoquent la possibilité d'effets indésirables sur certaines communautés aquatiques de contaminations chroniques. Par exemple en 2019 à Ocourt, 3 pyréthrinoïdes dépassaient les critères de qualité chronique et 1 le critère de qualité aigüe (Heinz et al., 2020).

Les monitorings de la qualité chimique des eaux de surface réalisés par les autorités de surveillance (ENV, 2021, ENV, 2022, ENV, 2023, programme NAWA) montrent que les indicateurs d'appréciation employés peuvent être qualifiés de bons à très bons. Cependant, les connaissances ne sont actuellement pas encore suffisantes pour évaluer avec une bonne fiabilité si ces résultats de qualité physico-chimique de l'eau du Doubs sont assez bons pour garantir pour la conservation de l'apron. En l'occurrence, les avis des scientifiques diffèrent parfois de manière importante sur ce sujet, c'est la raison pour laquelle cette menace est qualifiée de faible à potentiellement forte.

2.8.1.8 Qualité biologique de l'eau (macroinvertébrés benthiques)

Le Doubs dispose d'un réseau de stations d'évaluation de la qualité de l'eau basée sur une méthode standardisée d'appréciation des macroinvertébrés benthiques (OFEV, 2019). Ces organismes, en plus d'être de précieux bioindicateurs par leur caractère intégrateur, constituent la principale ressource alimentaire de l'apron (cf. chapitre 2.3 Régime alimentaire).

On notera que sur le Doubs, les méthodes d'échantillonnage et d'évaluation utilisées ont évolué au cours du temps et diffèrent selon les pays et les objectifs de suivis, ce qui peut parfois expliquer des résultats différents :

- Sur le Doubs franco-suisse, les résultats comparés selon l'indice français IBGN (AFNO,r, 2004) entre les années 2004 et 2020 sur le Doubs franco-suisse (Périal et al., 2023) indiquent une qualité biologique qui varie de moyen à bon.
- Sur le Doubs neuchâtelois et jurassien, l'indice de qualité IBCH indique systématiquement des valeurs de qualité comprises entre bon et très bon.

Les suivis de routines réalisés entre 2010 et 2024 (Stucki 2024) mettent en évidence un trend légèrement positif de l’abondance et de la diversité des invertébrés aquatiques. Il est toutefois important de mentionner qu’au cours des cinquante dernières années, certaines espèces sténothermes qualifiées de polluo-sensibles, à l’image de *Perla marginata* ont fortement régressé sur la boucle jurassienne du Doubs (Verneaux, 1973, Stucki, communication personnelle). En synthèse, l’appréciation des macroinvertébrés benthiques selon les méthodes normées sur l’aire de répartition de l’apron du Doubs indiquent une qualité allant de moyenne à très bonne mais très majoritairement bonne. Cette appréciation est toutefois à nuancer car elle ne reflète pas, ni ne compare la composition actuelle des invertébrés benthique avec la situation historique. Dans le but de documenter temporellement de manière plus précise l’évolution de la qualité biologique des eaux du Doubs, un suivi annuel basé sur la macrofaune benthique a été mis en place sur les stations des Gravieres et d’Ocourt. Ces stations sont suivies annuellement depuis 2024. Les résultats 2024 sont présentés ci-après.

	Doubs, Ocourt 2024	Doubs, St-Ursanne aval STEP 2022	Doubs, Lomenne 2022	Doubs, Clairbief limnigraphe 2022	Doubs, Le Theusseret 2022	Doubs, Le Refrain TCC 2021	Doubs, La Rasse 2021	Doubs, Les Gravieres 2024	Moyenne
2021-24									
Σ Abondances :	5464	5246	5781	4345	2975	4354	3334	5440	4617.4
Σ Taxons nobservé	43	45	42	41	35	43	36	49	42
SPEAR_2019.11	36.8	36.6	40.0	32.1	34.0	30.3	30.1	25.4	33.17
VT	0.68	0.77	0.68	0.68	0.60	0.68	0.60	0.77	0.68
GI	0.97	0.97	0.97	0.84	0.84	0.70	1.00	1.00	0.91
IBCH_2019	0.79	0.85	0.79	0.74	0.69	0.69	0.75	0.86	0.77
IBCH_2019_R	0.79	0.69	0.79	0.69	0.69	0.63	0.63	0.74	0.71

Figure 20 Résultats 2014 des indicateurs IBCH à Ocourt et aux Gravieres et comparaison avec les dernières données des stations de monitoring cantonales situées entre les deux (IBCH-Doubs 2021-2024). Classes de qualité : I très bonne (bleu), II bonne (vert), Σ Abondances : nombre total d’invertébrés récoltés sur 0.5 m2. Σ Taxons observés : nombre total de taxons IBCH. SPEAR_2019.11 : indice SPEARpesticides, VT : classe de variété adaptée au régime IBCH. GI : groupe indicateur le plus élevé. IBCH_2019 : valeur de l’indice de qualité biologique. IBCH_2019_R : test de robustesse. Source : Stucki, 2024.

Concernant les ressources alimentaires de l’apron, les espèces/taxons d’invertébrés aquatiques entrant dans le régime alimentaire des aprons analysés sur la Durance, le Verdon, l’Ardèche et la Loue, sont actuellement présents sur la boucle jurassienne du Doubs (cf. chapitre 2.3 Régime alimentaire).

La composition de la macrofaune benthique n’a pas notablement changé ces 15 dernières années, un trend légèrement positif est même observé sur la boucle jurassienne. Cela semble démontrer que la qualité d’eau est restée stable au cours des dernières années, ce qui va dans le même sens que les résultats de l’appréciation de la qualité physico-chimique de l’eau (cf chapitre 2.8.1.7 Qualité physico-chimique de l’eau). La composition actuelle des macroinvertébrés benthiques diffère cependant du référentiel historique notamment mis en évidence par Verneaux (1973). Comme pour la qualité physico-chimique, le manque de connaissance sur la relation entre la composition des macroinvertébrés benthiques et la conservation de l’apron ne permettent pas d’établir un degré de menace précis. En l’occurrence, les avis des scientifiques diffèrent parfois de manière importante sur ce sujet, c’est la raison pour laquelle cette menace est qualifiée de faible à potentiellement forte.

2.8.2 Appauvrissement génétique

La fragmentation de l'habitat isole des groupes et réduit les échanges au sein de la population initiale ce qui conduit à une perte progressive de diversité génétique et une différenciation génétique entre les populations. Les analyses génétiques réalisées sur l'apron montrent que les flux entre populations auraient été très limités entre les 19^{ème} et 20^{ème} siècle, ce qui aurait engendré une forte différenciation entre les populations (PNA, 2011, 20, PNA 2021).

Sur le Doubs, ces résultats génétiques (Dubut, 2017) indiquent que la population d'apron du Doubs présentait déjà entre 2012 et 2014 une très faible diversité génétique avec un indice effectif efficace très bas (21 individus théoriques participant à la reproduction (N_E)), comparable au N_E de la population dans la Drôme avant son extinction ($N_E = 6$). Une perte de la diversité génétique peut conduire à long terme à des difficultés d'adaptation aux modifications de l'environnement et à des problèmes liés à la consanguinité (Dubut et al., 2011). Il n'est toutefois pas clair si la diversité génétique de l'apron du Doubs est une cause du déclin de la population dans cette rivière ou une conséquence de sa raréfaction. Les avis des experts divergent sur ce sujet.

Le cas du nase en suisse est un exemple pour lequel un manque de diversité génétique ne constitue probablement pas la cause d'extinction, mais est plutôt une conséquence d'une diminution forte des tailles de population (effets bottleneck) (Hudson et al. 2014). Mais, contrairement à la situation génétique de la population d'apron du Doubs ou dans la Drôme (Dubut, 2017), la population de nase qui s'est éteinte présentait une diversité génétique et une hétérozygote similaire aux autres populations (Hudson et al. 2014). Pour résumer, il est possible que ces problèmes (faible diversité génétique et consanguinité marquée) ne se manifestent que sur des populations extrêmement réduites (comme c'est le cas aujourd'hui sur le Doubs) et sur celles qui disparaissent en quelques générations.

Il n'est pas clair si l'appauvrissement génétique est une cause majeure de la raréfaction des aprons dans le Doubs. Cependant, la très faible densité des individus fragilise la population et engendre des phénomènes de consanguinités. Il s'agit par conséquent d'une menace considérée comme moyenne à forte.

2.8.3 Pathogènes

Les pathologies affectant la faune piscicole sont nombreuses et les connaissances encore très partielles. Les investigations réalisées sont souvent liées à des observations de symptômes bien visibles ou à des mortalités notables, parfois massives. On notera que l'expression d'un agent pathogène chez un poissons est très souvent la conséquence d'un stress (Bruno et al., 1999), dont la ou les causes peuvent être multiples. Les effets de ces pathologies peuvent être très variables selon les espèces, les stades et les saisons. Des observations de poissons affectés par différentes pathologies sont régulièrement réalisées sur le Doubs mais également sur d'autres cours d'eau du massif jurassien comme la Loue. Depuis le printemps 2010, des épisodes récurrents de mortalité aigue de poissons ont été observés sur tout le linéaire du Doubs. Des investigations (Paul et al. 2012) ont permis d'identifier la présence d'une souche particulièrement virulente d'un oomycète du genre *Saprolegnia* (du groupe *parasitica*) dont l'origine reste à ce jour indéterminée. Il s'agit d'une pathologie qui touche essentiellement les

salmonidés (truite et ombre) mais d'autres espèces (barbeau, chabot, etc.) peuvent également être affectées (Philipps et al., 2008). A notre connaissance, aucune observation n'a été réalisée sur les percidés présent sur le Doubs.

A l'heure actuelle, on ne dispose pas de liste de pathogènes affectant l'apron. Seuls 2 aprons morts ont été documentés de manière précise ces 30 dernières années dans le Doubs. Aucune lésion ni symptôme visible n'ont été observés sur le premier individu trouvé en 1997 à Ocourt. Le second apron a été trouvé mort en 2015 à la Côte des Rosées et présentait une lésion. Des analyses complémentaires ont confirmé la présence de l'agent pathogène « *Saprolegnia parasitica* » sur la peau du poisson, malgré l'autolyse avancée des tissus. Il n'est toutefois pas possible de déterminer si ce pathogène est responsable de la mort de l'apron concerné.

Plusieurs investigations ont été menées sur le Doubs et divers cours d'eau franc-comtois similaires (Villeneuve et al. 2012, Baud et al., 2012, Straub, 2003, Straub, 2004, Straub et al., 2011) afin de déterminer si des efflorescences parfois spectaculaires de cyanobactéries pouvaient être la cause de certains épisodes de mortalités piscicoles. Bien qu'il ne puisse pas être totalement exclus que de tels événements puissent se produire, les épisodes ayant été analysés ne montrent pas de circonstances pouvant justifier les mortalités observées sur le Doubs, notamment par la production de toxines.

Sur la base des études disponibles ainsi que des observations réalisées, il n'est pas identifié de pathogènes particulièrement problématiques pour l'apron. Il s'agit par conséquent d'une menace considérée comme faible

2.8.4 Espèces invasives

Plusieurs espèces néozoaires problématiques sont signalées dans les cours d'eau français où vit actuellement l'apron tels que le poisson-chat, la perche soleil, le pseudorasbora ou plus récemment le gobie à tache noire sur la Durance. Sur la base des observations réalisées sur le Rhin en particulier (Bussmann, 2022) le gobie à tache noire représenterait actuellement l'espèce susceptible d'être la plus problématique pour l'apron mais également pour plusieurs autres espèces caractéristiques du Doubs. Plusieurs invertébrés envahissants sont également présents sur l'aire de répartition de l'apron du Rhône, comme l'écrevisse signal et l'écrevisse américaine.

Sur le Doubs, plusieurs espèces non stationnelles (non natives du bassin du Doubs) ont été introduites à des fins halieutiques sur la partie française du Doubs, il s'agit notamment de la truite atlantique, de la truite arc-en-ciel, du silure et du sandre. Le nase (hotu) quant à lui colonise le Doubs depuis l'aval de Brémencourt.



Figure 21 Juvénile de nase. Aquarius, 2021.

Des observations récentes confirment que des espèces exotiques semblent également avoir été introduites intentionnellement comme l'esturgeon et le black-bass. Ces espèces n'ont toutefois

jamais été retrouvées dans les pêches de monitoring réalisées sur le Doubs suisse et franco-suisse. Les espèces néozoaires considérées comme les plus problématiques au niveau de la faune piscicole ainsi que des invertébrés aquatiques ne sont par ailleurs pas encore signalées sur l'aire historique de distribution de l'apron.

Sur la base des études disponibles ainsi que des observations réalisées, les espèces invasives sont considérées, à l'heure actuelle, comme une menace faible pour l'apron.

2.8.5 Impact des activités récréatives et de loisirs

Le Doubs et sa région constitue un important pôle d'attraction pour le tourisme et les activités récréatives et de détente. Durant la belle saison en particulier, d'intenses activités de loisirs s'exercent autour et dans le Doubs (baignade, camping, canoë, pêche, etc.). Ces activités sont susceptibles d'exercer localement et temporairement une pression sur les milieux naturels. En France, des études menées par le parc naturel du Verdon (MRE, 2017) ont mis en évidence des impacts avérés au niveau de l'habitat et des invertébrés aquatiques en particulier. Sur le Doubs, il n'existe aucune étude comparable. On notera cependant que la fréquentation du Doubs est considérablement plus faible que celles de l'Ardèche ou du Verdon (plusieurs millions de visiteurs annuellement). Par ailleurs, sur le Doubs, les activités dans le lit de la rivière sont globalement concentrées sur des sites bien délimités et réglementés. Aucun apron n'a été signalé comme pêché à la ligne ces 30 dernières années. Finalement, parmi les dernières observations d'apron, plusieurs ont été réalisées sur le site de Tariche où les activités de loisirs et les impacts liés au piétinement sont parmi les plus importants de la boucle jurassienne du Doubs.



Figure 22 Seuil indésirable construit à l'entrée de la rivière de contournement. Source : Valentin Iseli, 2020.

Hormis des cas particuliers tels l'aménagements récréatif de seuils en pierres à l'entrée de la passe à poissons de St-Ursanne, l'impact des activités de loisirs est considéré comme une menace faible sur l'apron.

2.8.6 Synthèse des menaces

L'identification des principales menaces qui peuvent peser sur l'apron repose sur les études réalisées dans le cadre des plan nationaux d'actions français en faveur de l'apron du Rhône, ainsi que sur les études réalisées sur la boucle jurassienne. Ces menaces sont listées dans le tableau ci-après.

Identification de la menace	Evaluation de la menace
Qualité de l'habitat	
Atteintes écomorphologiques	Faible à moyenne
Régime de charriage, qualité du substrat	Moyenne à forte
Déficits de connectivité longitudinale	Moyenne à forte
Travaux dans le lit du cours d'eau	Faible
Régime hydrologique	Faible
Qualité de l'eau	Faible à forte
Appauvrissement génétique	Moyenne à forte
Pathogènes	Faible
Espèces invasives	Faible
Impact des activités récréatives et de loisirs	Faible

Tableau 1 Identification et évaluation des principales menaces à la conservation de l'apron du Doubs.

2.9 Conservation des aprons du Doubs en Aquarium

2.9.1 Généralités

La femelle capturée dans le Doubs lors de l'été 2023 a été transférée dans les aquariums d'Aquatis (Lausanne, CH). Pour des raisons liées à la survie du poisson, au bien-être animal, et également dans le but de maintenir ouvertes les voies de conservation, une reproduction a été provoquée au printemps 2024 entre la femelle capturée dans le Doubs et des mâles originaires de la Durance (lot₁). Ces derniers individus étaient de première génération, nés en captivité de parents sauvages.

Cette reproduction a permis d'obtenir 300 individus (hybrides F1 Doubs F0 x Durance). L'analyse génétique de parenté (microsatellites) réalisée sur une partie des juvéniles a démontré que la femelle du Doubs et 3 mâles au minimum de la Durance avaient participé à cette reproduction. A l'été 2025, les 300 individus issus de la reproduction 2024 ont été répartis entre les aquariums d'Aquatis et ceux du zoo de Bâle (gestion et répartition des risques).

En janvier 2025, la femelle du Doubs a été transférée de Lausanne (CH) au Muséum de Besançon (FR), où elle y réside encore actuellement. Pour les mêmes raisons qu'en 2024, une reproduction a été réalisée en avril 2025 avec la femelle sauvage du Doubs. Pour des raisons génétiques (cf. chapitre 4.9.1 Génétique) la reproduction a été effectuée avec un nouveau groupe de mâle originaire de la Durance (lot₂) également nés en captivité de parents sauvages. Les quelques 50 juvéniles issus de cette reproduction (hybrides F1 Doubs x Durance) se trouvent actuellement au Muséum de Besançon. Une analyse de parenté est prévue sur les juvéniles issus de la reproduction de 2025. A l'heure actuelle, les résultats ne sont pas encore connus.

En résumé, en date du 1.11.2025, les descendants de la femelle du Doubs nés en captivité se répartissent comme suit :

- Environ 300 aprons nés en 2024 issus de la femelle du Doubs et de mâles originaires de la Durance, lot₁ " hybrides F1 Doubs x Durance₁". Ces aprons sont répartis entre les aquariums d'Aquatis à Lausanne (2/3) et de Bâle (1/3).
- Environ 50 aprons juvéniles (nés en 2025) issu de la femelle F0 du Doubs et de mâles F1 originaires de la Durance, lot₂ " hybrides F1 Doubs x Durance" (analyse génétique à réaliser). Ces individus se trouvent à Lausanne.

2.9.2 Qualité de la reproduction en captivité

Pour les reproductions 2024 et 2025, le pourcentage de réussite de l'incubation oscille autour de 30%. Ce taux est, malgré le respect du même protocole, largement inférieur aux standards obtenus au muséum de Besançon (Béjean 2019) avec des individus de la Durance (taux de réussite de l'incubation : 80%). Les hypothèses pouvant expliquer ce faible taux de réussite sont les suivantes :

1. Cycle thermique appliqué non adapté à la souche du Doubs
2. Reproducteur trop âgés (mâles, femelle, mâle et femelle)
3. Anomalie, handicap de la femelle du Doubs
4. Incompatibilité des souches (entre souche Doubs et souche Durance)
5. Cause(s) indéterminée(s)

Dans la mesure où seulement deux reproductions ont été réalisées (avec un seul individu femelle), il est difficile, voire impossible de mettre en évidence avec précision la raison de ce faible taux de réussite.

3. ASPECTS JURIDIQUES

3.1 Cadre légale

L'apron figure sur la liste rouge de la Suisse comme espèce au bord de l'extinction et à l'annexe II de la Convention de Berne comme espèce strictement protégée. Sur la liste des espèces prioritaires nationales de Suisse, il figure dans la catégorie de priorité la plus élevée. Selon la Constitution fédérale (art. 78, al. 4, 2e phrase, Cst. ; RS 101), la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (art. 18, al. 1, LPN ; RS 451), la loi fédérale sur la pêche (art. 1, al. 1, let. a et b, LFSP ; RS 923) et la Convention de Berne (art. 6 de la Convention de Berne ; RS 0.455), la Confédération et les cantons ont pour mission de prévenir l'extinction d'une espèce ou de la protéger contre celle-ci, notamment en protégeant et en conservant cette espèce et son habitat naturel. Le droit fédéral prescrit donc que des mesures doivent être prises pour éviter l'extinction, mais il ne donne aucune indication quant aux mesures concrètes, laissant ainsi une marge d'appréciation.

L'amélioration de l'habitat n'a pas encore permis d'enrayer le déclin de l'Apron. Découlant de la LPN (art. 18, al. 1) et de la LFSP (art. 1, al. 1 ; art. 5 et 7 LFSP), d'autres mesures devraient donc être examinées et mises en œuvre dans le sens de la conservation de l'espèce.

Dans ce contexte, la préservation de la diversité génétique de la population d'aprons du Doubs correspond aux objectifs de la COP15 (objectifs A2 et A3 de la Conférence des Nations Unies sur la biodiversité, Montréal 2022).

3.2 Statut

Le statut de menace de l'apron diffère entre l'union européen (UICN) et la Suisse.

- En Suisse, l'apron présente le statut de menace : CR (critically Endangered).
- Sur la Liste rouge mondiale des espèces menacées de l'UICN, l'apron présente le statut de menace : EN (Endangered).

3.3 Mesures de protections PAND

3.3.1 Généralités

Le plan d'action national, qui vise à améliorer les conditions environnementales du Doubs (PAND) et ainsi, conserver l'unique population d'apron de Suisse, est entré en vigueur en 2016 et devait, tel qu'initialement prévu, s'étendre jusqu'en 2024. Malgré les importants efforts réalisés, toutes les mesures n'ont pu être achevées en 2024. Par conséquent, l'Office fédéral de l'environnement ainsi que les cantons du Jura et de Neuchâtel ont décidé de prolonger le plan d'action, sous forme d'un PAND II, jusqu'en 2030. Cette prolongation a pour principal objectif de finaliser les mesures en cours.

Les mesures du PAND réalisées au 1 février 2025 s'articulent autour des trois axes suivants :

- les études ;
- les monitoring ;
- les réalisations.

Les 51 mesures que compte le PAND se répartissent comme suit : 13 études ; 12 monitorings ; 26 projets de réalisation.

A ce jour, 34 mesures ont été réalisées, 13 mesures sont en cours et 4 mesures se développent de manière continue (p. ex. mis en place du réseau séparatif, cf. annexe 1). Parmi les mesures prévues dans le PAND, les projets suivants, particulièrement importants pour la population d'apron, ont déjà été réalisés :

- Révision du règlement d'eau et réduction de l'atteinte des éclusées sur l'écosystème du Doubs – 2017.
- Assainissement de la migration piscicole (montaison) sur le seuil de Moulin Grillon (St-Ursanne, JU) – 2018.
- Aménagement d'un dispositif de traitement des micropolluants à la STEP de la Chaux-de-Fonds (NE) – 2023.

Davantage d'information est disponible dans le rapport intermédiaire du plan national d'action ([lien vers le rapport](#)).

3.3.2 Mesures planifiées

Au cours des prochaines années, plusieurs mesures inscrites dans le PAND seront réalisées. Parmi elles, celles concernant la construction de la nouvelle STEP du Locle (avec traitement des micropolluants) et l'assainissement de la migration piscicole au travers des seuils d'Ocourt et de Bellefontaine seront particulièrement favorables pour l'apron.

Il est important de souligner que la France travaille également sur différents projets favorables au Doubs. On peut notamment mentionner l'assainissement des seuils du Moulin du Plain et du Theusseret. Ces derniers sont situés sur le territoire français, à quelques kilomètres en amont des dernières stations où l'apron a été observé. L'assainissement de ces ouvrages contribuera à rétablir la continuité piscicole et écologique sur plusieurs kilomètres.

3.3.3 Effet des mesures

Les mesures réalisées jusqu'à présents et celles prévues au cours des cinq prochaines années (2030) participent à réduire de manière importante les atteintes qui affectent en particulier les domaines en lien avec le régime hydrologique, la continuité longitudinale et la qualité de l'eau. Le bénéfice obtenu grâce à ces améliorations n'est toutefois actuellement pas quantifié.

Au-delà de cette période, aucune amélioration supplémentaire notable n'est à attendre.

4. FAISABILITÉ D'UN PROGRAMME DE REPEUPLEMENT

4.1 Définition et classification selon l'UICN

Le programme de repeuplement évalué dans la présente étude consiste en un transfert d'apron depuis un site vers un autre emplacement à des fins de sauvegarde. Les sites de prélèvement sont les aquarium de Lausanne (Aquatris), le zoo de Bâle et Le Muséum d'histoire naturelle de Besançon (cf. chapitre 4.3 Modalité de reproduction, capacité d'élevage). L'emplacement de relâcher est la boucle jurassienne du Doubs (correspondant à l'aire de colonisation historique de l'apron en Suisse). Du point de vue de la terminologie de l'UICN (2012), qui formule des lignes directrices concernant ces transferts, le relâcher projeté correspond soit à une réintroduction, soit à un renforcement :

Réintroduction d'espèce (UICN, 2012) :

Le déplacement intentionnel d'un organisme pour le relâcher dans un site de son aire de répartition originelle dont il a disparu. La réintroduction vise à rétablir une population viable de l'espèce ciblée à l'intérieur de son aire de répartition originelle.

Renforcement (UICN, 2012) :

Le déplacement intentionnel d'un organisme pour le relâcher dans une population existante de ses congénères. Un renforcement vise à améliorer la viabilité d'une population, notamment en augmentant la taille de celle-ci, sa diversité génétique ou la représentation, au sein de celle-ci, de groupes ou stades spécifiques.

Compte tenu des données de monitoring disponibles sur le Doubs et repris ci-après (cf. également Figure 8) :

- 2020 → aucun apron observé (prospection à pied, en plongé et en pêche électrique)
- 2021 → 1 apron observé (prospection à pied et en plongé)
- 2022 → pas de prospection
- 2023 → 1 individu identifié (prospection à pied et en plongé)
- 2024 → aucun apron observé (prospection à pied et en plongé)

Il n'est actuellement pas possible d'affirmer que l'apron a définitivement disparu et que le dernier individu est mort. Par conséquent l'application de la terminologie « réintroduction » décrite ci-avant ne peut actuellement pas s'appliquer. Le transfert envisagé s'apparenterait donc plus à un renforcement. Toutefois, en raison de la très faible densité d'apron observée ces 5 dernières années, il est peu probable que le relâche d'aprons puisse contribuer de manière déterminante à renforcer le reliquat de population potentiellement encore présente. Il est possible que les individus introduits remplacent la population originaire du Doubs. De plus, les aprons projetés d'être introduits sont des hybrides résultant d'un croisement avec une source génétique n'appartenant pas à la même unité de gestion que le Doubs (Dubut, 2017). Il n'est par conséquent pas non plus totalement adapté d'utiliser le terme « renforcement ».

Ainsi, pour les raisons évoquées ci-avant, la terminologie privilégiée dans la présente étude pour décrire le projet est : **repeuplement avec une souche hybride**. L'objectif reste toutefois

identique à un renforcement à savoir : améliorer la viabilité d'une population, notamment en augmentant la taille de celle-ci ainsi que sa diversité génétique.

4.2 Retours d'expérience de l'essai de réintroduction mené sur la Drôme

A ce jour, une seule tentative de réintroduction d'apron a été menée. Elle a été réalisée sur la Drôme en France. Les lâchers qui ont débutés en 2006 avec l'introduction de quelques dizaines de poissons adultes, se sont progressivement intensifiées, notamment grâce à l'amélioration de la maîtrise de la reproduction artificielle (Béjean 2019). Ce programme de rempoissonnement pilote, s'est ainsi poursuivi jusqu'en 2018 avec un total d'environ 30'000 individus introduits (différents stades, majoritairement des poissons juvéniles).

Le bilan de cette réintroduction ne peut à ce jour pas être considéré comme concluant. En effet, bien que les contrôles d'efficacité aient pu montrer temporairement des reproductions issues des aprons relâchés, une extension du linéaire colonisé et des densités parfois importantes sur certains secteurs (partie aval du cours d'eau), seuls 3 aprons ont été observés en 2024 lors des dernières recherches (PNA Apron (2020-2030)). Les causes de cette régression ne sont pas clairement identifiées mais des conditions environnementales défavorables tels que des étiages avec des assecs ont très probablement joué un rôle dans la survie des aprons réintroduits. En 2025, le comité scientifique du Plan nation d'action en faveur de l'apron (PNA) se penche sur la suite à donner à cette tentative de réintroduction (prolongation, arrêt).

4.3 Modalité de reproduction, capacité d'élevage

Modalité de reproduction

L'étape de la reproduction en captivité est aujourd'hui bien maîtrisée grâce aux recherches et essais de reproduction réalisés au Muséum d'histoire naturelle de Besançon (Béjean, 2019, Degen, 2022). Pour rappel, chez l'apron, le stripping (extraction manuelle des ovules par légère pression sur le ventre) n'est pas possible. La technique utilisée habituellement chez les salmonidés pour croiser les souches n'est donc pas possible pour l'apron. En milieu contrôlé les aprons se reproduisent en groupe sur des frayères artificielles.

Sites d'élevage

Aujourd'hui, plusieurs sites effectuent des opérations de reproduction ou d'élevage avec l'apron du Rhône. Les principaux concernés par la présente étude sont :

- Le Muséum d'histoire naturelle de Besançon (Besançon, FR)
- Aquatis (Lausanne, CH)
- Le zoo de Bâle (Bâle, CH).

Sous la direction de Mickaël Béjean (expert dans la reproduction de l'apron), le muséum d'histoire naturelle de Besançon constitue actuellement le site le mieux équipé pour produire d'importantes quantités de juvéniles. Entre 2006 et 2018, lors de la tentative de

réintroduction de l'apron dans la Drôme, le Muséum de Besançon est parvenu à produire jusqu'à 7'000 alevins par an (Degen, 2022).

Aquatis et le zoo de Bâle possèdent également les compétences et les ressources nécessaires pour réaliser des reproductions d'aprons. La capacité de production pour ces sites est actuellement d'environ 1'000 alevins/an. Néanmoins, cette capacité peut très rapidement être augmentée dans le cadre d'un programme de conservation (S. Wirtz, communication personnelle).

En résumé, la reproduction de l'apron est aujourd'hui bien maîtrisée. Le Muséum de Besançon constitue actuellement le site qui abrite les plus grandes installations et possède la plus grande expérience en matière de multiplication des aprons.

Aquatis possède l'expérience et les ressources pour devenir, selon les orientations prises pour la conservation de l'apron du Doubs, le principal site de gestion et de multiplication des aprons. Si un programme de conservation est retenu et afin de répartir les risques, nous recommandons de réaliser la détention des adultes, la reproduction et l'élevage sur plusieurs sites, comme cela est pratiqué pour le saumon en Suisse et ailleurs en Europe.

4.4 Réflexions du point de vue génétique sur un programme de repeuplement (chapitre rédigé par Christine Grosse et Martin Fischer)

La question centrale du point de vue de la génétique de la conservation consiste à savoir s'il est possible (réalisable) de reconstituer de manière viable une population d'apron dans le Doubs avec un patrimoine génétique spécifique au Doubs. Cette question a été posée aux experts en génétique de la conservation, Dr. Christine Grossen (WSL) et Dr. Martin Fischer (ETHZ, OFEV) qui ont répondu comme suit.

La population d'apron du Doubs est la plus septentrionale de l'ensemble des populations encore présente et comprend possiblement des spécificités génétiques adaptées aux conditions locales qui devraient être conservées.

La diversité génétique de la population du Doubs est actuellement très faible, ce qui entraîne une forte probabilité d'effets négatifs, tels que des effets de consanguinité ou un manque de possibilités génétiques d'adaptation aux changements environnementaux. Conserver la génétique exacte spécifique au Doubs avec un programme d'élevage en aquarium et de repeuplement est presque impossible, et pas forcément souhaitable en raison des effets négatifs de la faible diversité génétique. Il semble toutefois faisable et judicieux qu'une partie de la diversité génétique spécifique au Doubs soit conservée par le biais des croisements avec la seule femelle originaire du Doubs (mosaïque génétique). En prenant l'exemple des corégones, Frei et al. (2023) ont montré que la diversité génétique d'une espèce éteinte qui s'est croisée avec des espèces survivantes peut également contribuer à l'adaptation à des niches écologiques locales ou à des conditions environnementales changeantes.

Pour que la nouvelle population issue d'un programme d'élevage en aquarium et de repeuplement soit génétiquement viable à long terme, il faut apporter suffisamment de diversité génétique. Cela peut être réalisé en croisant les descendants de la femelle du Doubs

avec des individus issus de la population de la Durance (voir schéma de croisement, Figure 23Tableau 4). Car le risque de dépression de consanguinité (les animaux se reproduisent mal et la population n'augmente pas ou peu, voir par exemple Keller & Waller 2002, Bozzuto et al. 2019) est très important avec une femelle. La population dans le Doubs devrait en outre atteindre le plus rapidement possible une taille importante et demeurer stable dans le temps (voir chapitre inbreeding/consanguinité).

D'un point de vue génétique (purement théorique), les perspectives d'avenir d'une population résiduelle aussi petite, mais également dans le cas d'une future population liée à un repeuplement, sont incertaines. La population d'apron dans le Doubs sera isolée des autres populations et il est difficile d'évaluer si le Doubs peut supporter une population autonome dans son état écologique actuel. Dans ces conditions, le risque que la diversité génétique de la population diminue à l'avenir en raison de processus aléatoires (dérive génétique) (Willi et al. 2022) est élevé. Cet appauvrissement génétique constitue un risque vis-à-vis de son adaptation par rapport aux changements climatiques et autres changements environnementaux. Toutefois, le bouquetin et le castor ont réussi (jusqu'à présent) malgré une faible diversité génétique (Grossen et al. 2018 ; Grossen et al. 2020 ; Biebach & Keller 2009, Minning et al. 2016).

Il existe de nombreuses populations de poissons qui ont établi à partir de petites populations fondatrices (e.g. Ferchaud et al. 2020, Barluenga et al. 2006). En ce qui concerne le lynx (Ryser-Degiorgis et al. 2020 ; Niehaus et al., 2025) et le gypaète barbu (Kalberer et al., in prep), il est très probable que nous soyons confrontés dans les Alpes à des problèmes liés à la faible diversité génétique et à la consanguinité. Des mesures supplémentaires visant à augmenter la diversité génétique seront probablement nécessaires. Il est donc difficile de faire des prévisions d'un point de vue génétique pour la population d'apron du Doubs, mais elles dépendent aussi fortement du schéma de croisement choisi (voir les recommandations Figure 23Tableau 4Tableau 1).

La réintroduction de la population de la Drôme en France n'a probablement pas été un échec pour des raisons génétiques (PNA 2020-2030). De manière générale, il sera particulièrement important pour la population d'apron du Doubs d'améliorer et de protéger son habitat.

Il est clair qu'un individu n'est pas une population, mais que c'est probablement la dernière chance de préserver au moins une partie de la diversité génétique de la population originelle du Doubs par un schéma de croisement intelligent avant que cette diversité ne disparaisse à jamais.

4.5 Durée d'un programme de repeuplement (contraintes et possibilités)

La durée d'un programme de repeuplement ainsi que le nombre de juvéniles pouvant être produits est dépendent du nombre et de l'âge des géniteurs disponibles. Dans le cas particulier du Doubs, deux paramètres sont particulièrement importants à prendre en considération dans la planification des opérations.

1. Génétique souhaitée

Le présent programme a pour objectif de conserver ou de restaurer une population d'aprons contenant une partie du patrimoine génétique spécifique du Doubs. Il ne peut donc être réalisé qu'avec des géniteurs possédant des gènes du Doubs. Par conséquent, les descendants de la femelle capturée en 2023 ou des individus relâchés devront être utilisés pour l'élevage.

2. Réduire autant que possible l'effet de domestication

La durée de l'élevage et la succession des générations en captivité augmentent l'adaptation des individus à la vie d'aquarium. Cela a pour conséquence de réduire leur caractère « sauvage » et leur capacité à s'adapter à l'environnement de la rivière. In fine, cet effet de domestication qui peut survenir dès la première génération chez certaines espèces (Christie et al., 2012) est susceptible de réduire les chances de réussite du programme de repeuplement.

Il est possible de réduire et minimiser l'effet de domestication, par exemple en utilisant des individus issus de la recapture (sélection naturelle) et prolonger ainsi la durée du programme de multiplication. De telles possibilités ne sont pour l'heure ni étudiées ni développées. Elles le seront le cas échéant si un programme de conservation est initié et si la nécessité de prolonger la phase de repeuplement est jugée nécessaire.

En finalité, compte tenu :

- de l'objectif de conserver une partie du patrimoine génétique du Doubs (1.2 Objectifs de l'étude),
- de l'effet (et du risque) de domestication (cf. description ci-avant),
- de la biologie de l'espèce (maturité sexuelle et espérance de vie) et du nombre de descendants qu'il est possible de générer à partir de quelques lots de géniteurs (cf. chapitres 2. Biologie de l'apron et chapitre 4.3 Modalité de reproduction, capacité d'élevage).

Il est préconisé de prévoir un programme de repeuplement sur la durée de vie des descendants directs de la femelle du Doubs (durée de 4 à 6 ans) et d'évaluer l'efficacité du repeuplement au cours des années suivantes. Cela correspond donc à un programme d'une durée de 15 ans à partir de la première action de repeuplement (~5 ans de repeuplement et de suivi et ~10 ans de suivi, donc 15 ans en tout). Le Tableau 4 illustre ces différentes étapes.

4.6 Définition d'un périmètre de rempoissonnement

Le choix d'un périmètre de rempoissonnement doit être adapté aux connaissances sur la biologie de l'espèce ainsi qu'aux objectifs de repeuplements poursuivis à savoir assurer la viabilité d'une population.

L'apron est une espèce territoriale aux capacités natatoires limitées. Il n'est pas connu pour effectuer de grandes distances migratoires. Dans le cadre des monitoring effectués sur le Doubs et plus particulièrement dans le cadre des observations effectuées par Bonnaire (2012), il a été mis en évidence sur le Doubs que les aprons effectuaient majoritairement des déplacements de l'ordre de quelques centaines de mètres durant la période estivale et étaient parfois localisés exactement au même endroit d'une année à l'autre. Le plus long trajet documenté sur le Doubs au moyen d'identifications photographiques est un apron observé en 2009 à la hauteur du lieu-dit « Plain du Noyer » sur la station de Go Griyat et observé à nouveau 3 ans plus tard 5 km environ plus à l'amont.

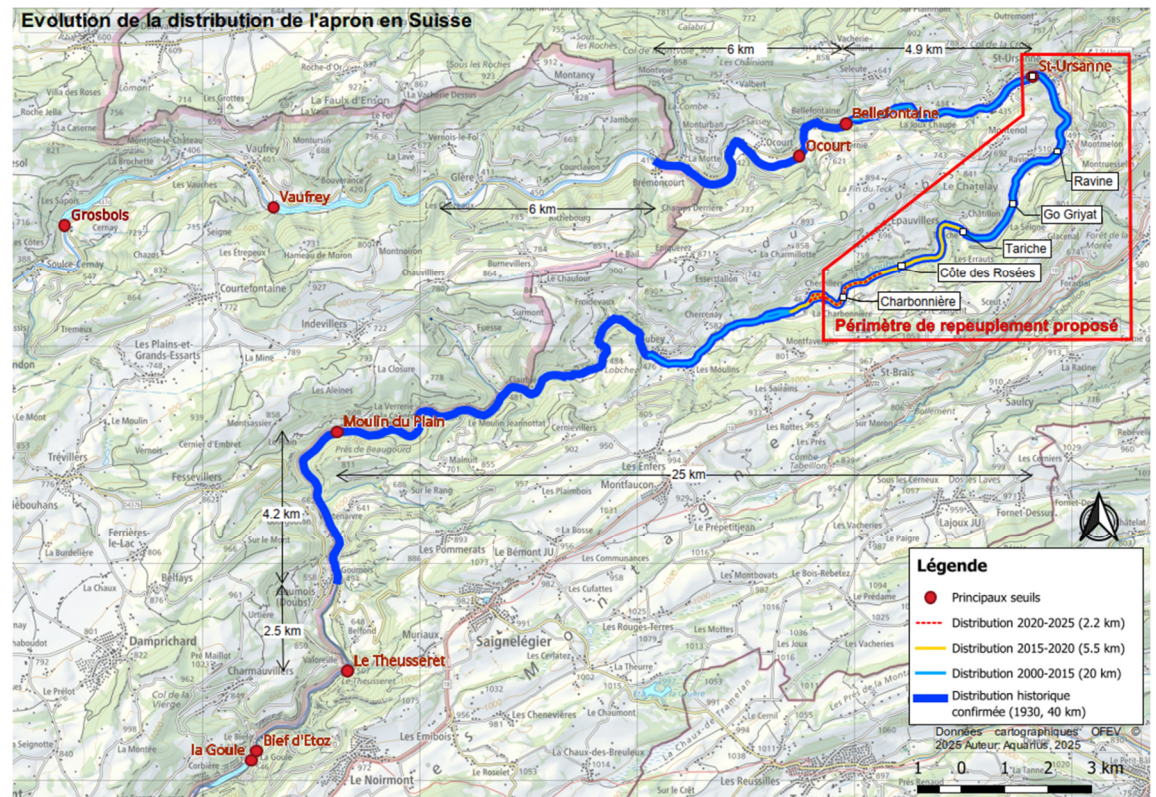
A ce stade, les points jugés déterminants dans la définition d'un périmètre de repeuplement sont les suivants :

- Sélectionner un périmètre situé au sein d'un linéaire continu (dépourvu d'obstacles longitudinaux) suffisamment grand pour théoriquement accueillir une population d'aprons.
- Sélectionner un périmètre qui comprend de manière bien représentée l'intégralité des habitats théoriques nécessaires à l'apron et sur lesquels des individus ont été majoritairement observés (notamment plat courant, tête de radier, fosse profonde).
- Sélectionner un périmètre sur lequel il est envisageable de recréer un noyau de population dans lequel les points de mise à l'eau ne sont pas distants de plus de 2 à 3 km afin d'assurer une probabilité réaliste de connexion des individus entre les différents sites.
- Choisir un périmètre sur lequel la mise en œuvre d'un contrôle et d'un suivi d'efficacité peuvent être effectués efficacement sans contrainte majeure.

Le périmètre qui répond le mieux aux points susmentionnés se situe entre St-Ursanne et la Charbonnière. Sur ce linéaire, les stations historiques de suivi où étaient régulièrement observés des aprons sont les suivantes :

- Charbonnière
- Côte des Rosées
- Tariche
- Go-Griat
- Ravine
- St-Ursanne (vieille ville)

Ces stations couvrent un linéaire d'environ 10 km. Ce linéaire est continu sur une distance d'environ 5 km à l'aval de St-Ursanne et d'environ 15 km à l'amont de la Charbonnière.



4.7 Stade de développement préconisé pour le repeuplement et quantité de poissons introduits

4.7.1 Stade de développement préconisé pour le repeuplement

Retour d'expérience

Dans le cadre du programme de réintroduction réalisé sur la Drôme, 2 souches (Beaume, 56% et Durance, 44%) et 3 stades de développement différents ont été employés : alevins¹, juvéniles² et adultes (Degen, 2022). Parmi les 30'481 aprons réintroduits, 159 étaient des adultes (dont 97 issus d'élevage), le solde était exclusivement composé de poisson d'élevage, très majoritairement des poissons d'environ 2 mois (juvéniles). L'évaluation de cette réintroduction effectuée dans l'étude de Degen (2022), montre des différences selon la souche employée. En revanche, aucune évaluation n'est réalisée par rapport à l'efficacité du stade de réintroduction employé. Les principales informations disponibles à ce sujet sont issues des données récoltées dans le cadre des opérations d'élevage au Museum d'histoire naturel de Besançon.

Stade préconisé pour le Doubs

Le repeuplement avec des adultes sauvages ne semble ni judicieux au vu des résultats de l'essai de réintroduction sur la Drôme (cf. chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), ni éthiquement réaliste compte tenu du statut actuel très fragile des autres populations d'apron du bassin du Rhône. Par ailleurs cette éventualité ne répond pas non plus à l'objectif de ce programme de conservation qui est de maintenir la diversité génétique du Doubs. Par conséquent, seuls des individus adultes nés en captivité et issus de la femelle du Doubs pourraient être relâchés. Cette possibilité ne semble toutefois pas judicieuse car :

- Le nombre d'individus adultes nécessaires devrait être très élevé pour avoir un effet notable, ce qui implique un investissement d'importants en termes d'espace, et de logistique de gestion des individus.
- L'adaptabilité de poissons adultes nés en captivité est inférieure à celle des alevins et juvéniles.

Contrairement aux jeunes alevins qui ont un comportement pélagique (de 0 à ~20 jours), les juvéniles (dès 40 à 50 jours) ont déjà une morphologie et un comportement benthiques similaires à ceux des individus adultes. Cet état de développement leur donnerait, selon les hypothèses des chercheurs (M. Béjean, communication personnelle), davantage de chances de survie que pour le stade alevin (taille et camouflage). Selon cette même source, dans le cas d'une quantité d'œufs limitée, il est conseillé de privilégier pour un repeuplement, le stade « juvénile » (individus âgés d'environ deux mois et demi) car ce stade constituerait un meilleur compromis entre une faible adaptabilité au milieu artificiel, de grandes chances de survie et des coûts d'élevage modérés. En cas de reproduction abondante, il serait possible d'élever les individus nécessaires jusqu'au stade juvénile et de relâcher les individus excédentaires au stade alevin dans le milieu.

¹ S'il est envisagé de les relâcher, les alevins doivent être âgés d'au moins ~20 jours. En effet, en élevage, c'est à partir de cet âge que les alevins quittent leur phase pélagique pour débiter leur phase benthique (Mickaël Béjean, communication personnelle).

² En captivité, la phase juvénile commence 40 à 50 jours après l'éclosion, les petits aprons acquièrent leur morphologie définitive et mangent des vers de vase entiers. Leur taille est d'environ 2,5 cm. A ce stade, ils sont nocturnes et adoptent un comportement identique à celui des aprons adultes.

Dans le cas du Doubs, sur la base des connaissances exposées ci-avant, il est préconisé de privilégier l'utilisation d'aprons juvéniles âgés d'environ 2 mois et demi. Cette recommandation doit toutefois pouvoir faire l'objet d'une gestion adaptative en fonction des résultats obtenus lors de la phase d'élevage ainsi que lors du contrôle des effets (cf. chapitre 4.8 Contrôle d'efficacité).

Evaluation d'une phase d'adaptations avant repeuplement

L'adaptation des modalités d'élevage précédant une réintroduction a été évaluée dans le cadre du PNA 1 (2012) et plus particulièrement de la stratégie de réintroduction de l'apron dans la Drôme. Des réflexions ont porté sur l'intérêt d'adapter les juvéniles aux conditions du milieu avant réintroduction. Pour cela, la possibilité de faire transiter des juvéniles en rivière artificielle préalablement adaptée a été évaluée. Après discussion, il est apparu que cette expérimentation nécessiterait d'importants moyens aussi bien logistiques que techniques et plusieurs manipulations successives des juvéniles d'aprons, ce qui serait susceptible de leur nuire. Ces conclusions sont également applicables à la présente étude de faisabilité.

4.7.2 Quantité de poissons envisagés d'être relâchés

Le nombre d'aprons juvéniles nécessaires d'être produits dépend essentiellement du nombre de sites sur lesquels il est prévu d'effectuer des remises à l'eau et de la densité souhaitée être introduite sur ces derniers.

Il n'existe actuellement pas de recommandation en la matière. Dans le cadre de la tentative de réintroduction d'aprons dans la Drôme, jusqu'à 5'000 individus ont été réintroduits par site et par année (Degen, 2022). Toutefois les 4 sites de réintroduction sélectionnés étaient répartis sur un périmètre de 35 km (Georget 2017, Dubut 2020), soit un linéaire beaucoup plus étendu que celui proposé sur le Doubs et par conséquent difficilement transposable.

Dans le cas du Doubs, compte tenu du fait que le nombre d'individus à introduire doit être en mesure de reconstituer en totalité une population viable, il est nécessaire de viser relâcher un nombre conséquent de juvéniles. Il est également important d'employer un nombre suffisant de juvéniles pour avoir de bonnes perspectives de contrôles et de suivis.

Afin d'estimer le nombre de juvéniles d'aprons qu'il conviendrait de relâcher, M. Béjean a été consulté. Il estime (recommande) qu'il faudrait relâcher une quantité proche de 2 500 juvéniles par site et par an (soit 15 000 par an sur un linéaire de 10 km). La répartition de ces poissons en fonction des différentes stations mises en évidence au chapitre «

4.6 Définition d'un périmètre de rempoissonnement » restera encore à affiner. Compte tenu du pourcentage de survie (entre 10 et 20%) (Labonne, 2005), ce nombre correspondrait à environ 1'500 adultes répartis sur 10 km (~150 individus adultes par km/par année).

A l'heure actuelle, le Muséum de Besançon a déjà pu produire ~7000 juvéniles de 2.5 mois/an. Une amélioration des installations permet d'envisager une production de 10'000 juvénile/an. Les capacités actuelles d'Aquatis et de Bâle sont actuellement plus petites (~1000 juvéniles). Cela implique qu'en cas de mise en œuvre d'un repeuplement de 15'000 juvéniles par an, la capacité de production devrait rapidement être augmentée.

Cependant, la quantité d'alevins pouvant être produit dépend largement de la quantité des géniteurs et de leur condition de maintien en captivité.

4.8 Contrôle d'efficacité

4.8.1 Objectifs de contrôle

Le contrôle d'efficacité est nécessaire pour :

- I. Evaluer la réussite, ou non du programme de repeuplement.
- II. Déterminer s'il y a lieu de procéder à des adaptations dans le programme de repeuplement ainsi que dans les méthodes de contrôle mises en œuvre.
- III. Documenter le processus de repeuplement et améliorer les connaissances sur l'apron dans le Doubs.
- IV. Améliorer les connaissances sur les besoins de l'apron et les causes de sa disparition. Cette documentation doit notamment permettre :
 - A. De déterminer si l'apron reste présent sur les sites de mise à l'eau et pour quelle durée.
 - B. D'estimer si l'apron se maintient sur le périmètre projeté d'être repeuplé.
 - C. De mettre en évidence l'activité de reproduction naturelle.
 - D. D'évaluer la densité et la survie des poissons introduits.

Dans la mesure du possible et en cas d'évolution défavorable des poissons introduits, il est également souhaitable de pouvoir déterminer :

- A quel stade de développement disparaissent les aprons.
- Si cela s'avère possible, les raisons de leur disparition.
- Quels secteurs sont les moins propices et quelles sont les conditions environnementales locales favorisant leur survie.
- S'il y a des différences de survie entre des individus issue des différents croisements (F2, backcross Durance, éventuel backcross avec Doubs).

Ces objectifs pourront si nécessaire encore être affinés et précisés une fois le programme de conservation validé.

4.8.2 Méthodes de contrôle préconisées

Les méthodes d'évaluation retenues sont décrites dans le tableau suivant :

Méthode de contrôle	Objectifs	Avantage	Inconvénient	Préconisée
Observation directe (lampe, plongée, etc.).	A, B, C, D	Méthode de suivi usuelle relativement simple à mettre en œuvre et pouvant être étendue à une large gamme d'habitats. Comparable aux données long-terme dans le Doubs.	Observations limitées par les conditions météorologiques et hydrologiques.	Oui
Pêche électrique par point.	(A), B, C, D	Estimation d'abondance par habitat (pêche par point), capture d'individus difficilement observables, par	Moyens non négligeables à mettre en œuvre, stations pêchables limitées et conditionnées à l'hydrologie,	Oui

Méthode de contrôle	Objectifs	Avantage	Inconvénient	Préconisée
		exemple dans les radiers ou pour le juvéniles.	risques possible de dommage aux poissons.	
Capture par piégeage (nasse) ou comptage vidéo dans le dispositif de montaison à St-Ursanne.	(B), (C)	Permettrait de confirmer que le dispositif est franchissable pour l'apron et possiblement de mesurer un flux migratoire	Informations récoltées non essentielles vis-à-vis des objectifs principaux recherchés du repeuplement, moyens importants à mettre en œuvre par rapport aux résultats obtenus.	Non
Analyse ADNe sur des sites ciblés.	A, (B)	Méthode facile à mettre en œuvre et assez peu onéreuse. Si les échantillonnages sont répétés, permettrait de faire le lien entre abondance des individus et force du signal ADNe.	Ne permet pas de mettre en évidence la présence de très faible densité, relation entre présence et localisation du signal peu précise.	Oui
Prélèvement de tissus (fin clip) sur les poissons en élevage en vue d'analyses ADN.	(C)	Donnerait la possibilité d'effectuer des analyses de parentés des individus recapturés dans le Doubs. La réalisation de ces analyses pourrait être différé ou annulée selon les autres résultats ou/et les besoins du contrôle.	Nécessite d'effectuer des analyses génétiques et nécessiterait de recapturer des individus et faire de prélèvements de matériel génétique ainsi que des analyses	Oui

Tableau 2 Liste des méthodes de contrôle envisageables et préconisées.

Les propositions ci-dessus constituent une approche préliminaire. Celle-ci devra être périodiquement réévaluée et les méthodes entreprises ciblées et affinées en fonction des résultats obtenus.

La mise en œuvre en parallèle d'autres mesures de contrôles (qualité physico-chimique et biologique des eaux, colmatage, thermie, etc.) est fortement conseillée. Des synergies sont notamment à rechercher avec les monitoring et contrôles de routine réalisées aux niveaux cantonal et fédéral ainsi que d'autres éventuels projet de recherches. Ces contrôles parallèles ne sont toutefois pas compris dans le présent projet ni décrits.

4.8.3 Indicateurs de réussite et durée d'évaluation

Les objectifs et méthodes de contrôle décrits ci-avant visent à évaluer la réussite du programme et plus particulièrement à tenter de juger la viabilité de la population d'apron issue du repeuplement. Les indicateurs qui peuvent dans un premier temps être employés sont la mise en évidence du maintien des aprons sur le périmètre de repeuplement au moyen notamment de l'appréciation de la densité d'individus sur les secteurs de remise à l'eau et de l'estimation de la réussite de la reproduction naturelle. Il n'est pas possible de formuler d'objectif de densité précise à ce stade.

Compte tenu de la dynamique observée parfois très importante de certaines populations d'apron du Rhône ainsi que du manque de connaissance sur la capacité d'accueil optimale du Doubs, une réévaluation des indicateurs de réussite employés devra par conséquent être réalisée de manière continue en fonction des résultats obtenus. Ces indicateurs devront ainsi pouvoir être progressivement affinés et si nécessaire complétés dans une phase ultérieure par exemple pour évaluer l'expansion de la population.

Dans le présent projet de repeuplement, il convient néanmoins de pouvoir préciser la fenêtre temporelle de mise en œuvre des méthodes et d'évaluation. Pour ce faire, une durée d'évaluation est décrite ci-après pour les objectifs de contrôles présentés au chapitre 4.8.1

Objectifs de contrôle.

Code	Objectif	Durée d'évaluation requise
A	Déterminer si l'apron reste présent sur les sites de mise à l'eau et pour quelle durée.	8 - 10 ans après les derniers repeuplements
B	Estimer si l'apron se maintient sur le périmètre projeté d'être repeuplé.	8 - 10 ans après les derniers repeuplements
C	Mettre en évidence l'activité de reproduction naturelle.	3-10 ans après les derniers repeuplements
D	Evaluer la densité et la survie des poissons introduits.	Au minimum 10 ans après les derniers repeuplements

Tableau 3 Evaluation des indicateurs de succès du programme de réintroduction de l'apron dans le Doubs.

Sur la base des durées d'évaluation mises en évidence pour les différents objectifs retenus et afin de pouvoir réaliser une estimation financière, il est estimé qu'une durée de contrôle de 10 ans après les derniers repeuplements serait adaptée (sous réserve des ajustements nécessaires en fonction des résultats obtenus).

4.9 Evaluation des risques

4.9.1 Génétique (chapitre rédigé par Christine Grosse et et Martin Fischer)

Inbreeding/consanguinité

Le risque de dépression de consanguinité de la population du Doubs est jugé comme très élevé.

Même avec le programme de reproduction actuel, qui ne comprend que peu d'animaux, et surtout une seule femelle apron participant à la reproduction, le risque est considéré comme très élevé.

Pour réduire ce risque, il faut croiser davantage d'aprons, et utiliser notamment des femelles de la Durance. Pour plus de détails, voir les recommandations sur le schéma de croisement qui optimise la diversité génétique et minimise la consanguinité (Figure 23).

Alors que la population du Doubs était historiquement liée à d'autres populations, elle est aujourd'hui isolée, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de flux génétique depuis et vers d'autres populations d'apron. D'un point de vue génétique, pour éviter les effets de consanguinité, la taille de la population ne devrait pas descendre en dessous de quelques centaines d'individus, ou uniquement pendant de très courtes périodes (Jamieson & Allendorf 2012), car la dérive génétique réduit la diversité et renforce la consanguinité.

Afin d'augmenter la probabilité de survie à long terme de la population, il est recommandé que la population dans le Doubs dépasse le plus rapidement possible quelques milliers d'individus et reste stable. Ainsi, l'effet de la dérive génétique, et donc la perte de potentiel adaptatif, est minimisé (Jamieson & Allendorf, 2012).

Outbreeding

Ce risque est considéré comme étant plutôt faible.

Sur la base des quelques données microsatellites, il semble en effet qu'il existe une différenciation génétique claire entre les populations. En raison de la fragmentation et de l'isolement allant jusqu'à près de 100 ans (30-40 générations) avec parfois une petite taille de population, cette différenciation génétique est dans des proportions attendues et s'explique plutôt par une dérive génétique que par une adaptation locale. Historiquement, l'apron était beaucoup plus largement répandu dans le bassin versant du Rhône avec de nombreuses connexions entre les populations. La population du Doubs partage des variations d'haplotypes avec la Durance, ce qui indique une séparation plutôt récente des populations.

Le faible succès reproductif de la femelle du Doubs (30%) obtenu lors des reproductions de 2024 et 2025 en aquarium est un peu inquiétant. Les données actuelles ne permettent pas d'exclure complètement une incompatibilité génétique. Celle-ci est toutefois considérée comme peu probable. L'explication la plus probable est que la femelle Doubs est déjà un peu âgée ou que les conditions environnementales en captivité n'étaient pas tout à fait optimales. Des croisements des hybrides Doubs-Durance de la première génération entre eux ainsi que des recroisements des hybrides Doubs-Durance de la première génération avec des individus sauvage de la Durance (également avec des femelles) dans les mêmes conditions d'élevage pourraient fournir des informations à ce sujet et montrer si le succès reproductif passe de 30% aux 80% attendus.

Un autre risque pourrait être la perte d'adaptations locales au Doubs par le croisement avec des individus de la Durance. L'inclusion de la femelle du Doubs et de ses descendants vise à contrer ce risque. Toutefois, il s'agirait d'une adaptation locale aux conditions actuelles du Doubs, voire à celles du passé. En intégrant des animaux de la Durance et en augmentant rapidement la taille de la population, on veut non seulement réduire les effets de la consanguinité, mais aussi mettre à disposition le plus de matériel génétique possible pour permettre à cette nouvelle population de s'adapter aux conditions environnementales futures

Si cela est possible, en plus d'utiliser des individus de la sauvage de la Durance dans les croisements, il est recommandé d'utiliser des individus sauvages issus de la Loue. L'inclusion de cette souche, géographiquement plus proche du Doubs que ne l'est celle de la Durance, serait une mesure de précaution supplémentaire contre une éventuelle perte de l'adaptation locale.

En principe, il est recommandé d'utiliser pour les recroisements surtout des poissons issus de la population de la Durance qui est génétiquement plus diversifiée.

Effet de domestication

L'adaptation aux conditions de captivité et, par conséquent, une moins bonne capacité de survie dans la nature, est un problème bien connu chez les poissons (voir par exemple Christie et al. 2012, 2014 & 2016), car ils ont souvent beaucoup de descendants et des temps de génération courts, ce qui permet à la sélection de fonctionner rapidement et efficacement.

Dans le cas de l'apron du Doubs, cet effet est considéré à ce jour comme très faible d'un point de vue génétique pour les raisons suivantes: La femelle est sauvage, les mâles sont en captivité depuis une génération seulement, la diversité génétique est faible, la taille effective de la population est petite et donc la sélection est faible par rapport à la dérive génétique.

Afin de réduire au maximum le risque d'adaptation en captivité à l'avenir également, nous recommandons de minimiser le nombre de générations en captivité. De plus, il serait optimal d'utiliser dès que possible des poissons sauvages du Doubs (capture) pour les croisements ultérieurs. Les croisements avec des poissons de la Durance devraient être, si possible, réalisés avec des poissons sauvages. Ceci dans le but d'éviter les effets de domestication.

Effet de Ryman-Laikre

Si un petit nombre de parents en captivité produisent beaucoup de descendants qui sont introduits dans une population sauvage, il peut y avoir une réduction de la taille effective de la population (N_e) dans la population (Ryman & Laikre, 1991).

Comme la taille effective (N_e)³ de la population actuelle dans le Doubs est déjà très basse, ou peut-être même que la population s'est déjà éteinte (à l'exception de la femelle en captivité), on s'attend plutôt à une augmentation du N_e et à une réduction de la consanguinité grâce au repeuplement avec des croisements de Durance. Le risque lié à l'effet Ryman-Laikre est considéré comme faible.

³ N_e : nombre d'individus d'une population qui contribuent réellement au pool génétique de la génération suivante.

Manque de diversité génétique pour les adaptations futures

En principe, une faible diversité génétique neutre est corrélée à une faible diversité adaptative potentielle (Hoffman et al., 2014) et une forte diversité génétique à un fort potentiel d'adaptation aux changements environnementaux (Reid et al. 2016).

Outre le changement climatique, la faible résistance aux pathogènes et la diminution de la tolérance aux substances toxiques sont également des risques à prendre en considération en cas de faible diversité génétique.

Si rien n'est fait (pas de programme d'élevage et de repeuplement), le risque que la petite population restante ne puisse s'adapter aux changements des conditions environnementales en raison de sa faible diversité génétique est considéré comme élevé. Dans le cas où des croisements proposés avec des individus sauvages de la Durance étaient réalisés, ce risque serait légèrement réduit, mais resterait probablement élevé.

Pour minimiser ce risque, la diversité génétique devrait être augmentée autant que possible. Pour cela, il faudrait utiliser davantage de reproducteur (voir les recommandations pour les croisements). Par ailleurs, il serait important que la population du Doubs soit reliée à d'autres populations ou que la taille de la population augmente rapidement pour dépasser quelques milliers d'individus (Jamieson & Allendorf 2012, Frankham et al. 2014).

Risques supplémentaires du point de vue de la génétique de la conservation

Les transferts peuvent conduire à l'introduction de variants génétiques nuisibles. Lors de croisements de populations différenciées, de telles variantes génétiques nuisibles peuvent être masquées et il peut y avoir au début une « vigueur hybride ». Cela signifie que les descendants des croisements survivent et se reproduisent bien. Dans les générations ultérieures, la consanguinité peut conduire à l'expression des variantes génétiques nuisibles. Le gain de diversité génétique dû aux croisements avec des individus de la Durance est cependant considéré comme plus élevée que le risque potentiel lié aux variantes génétiques nuisibles.

Schéma de croisement recommandé du point de vue de la génétique de la conservation

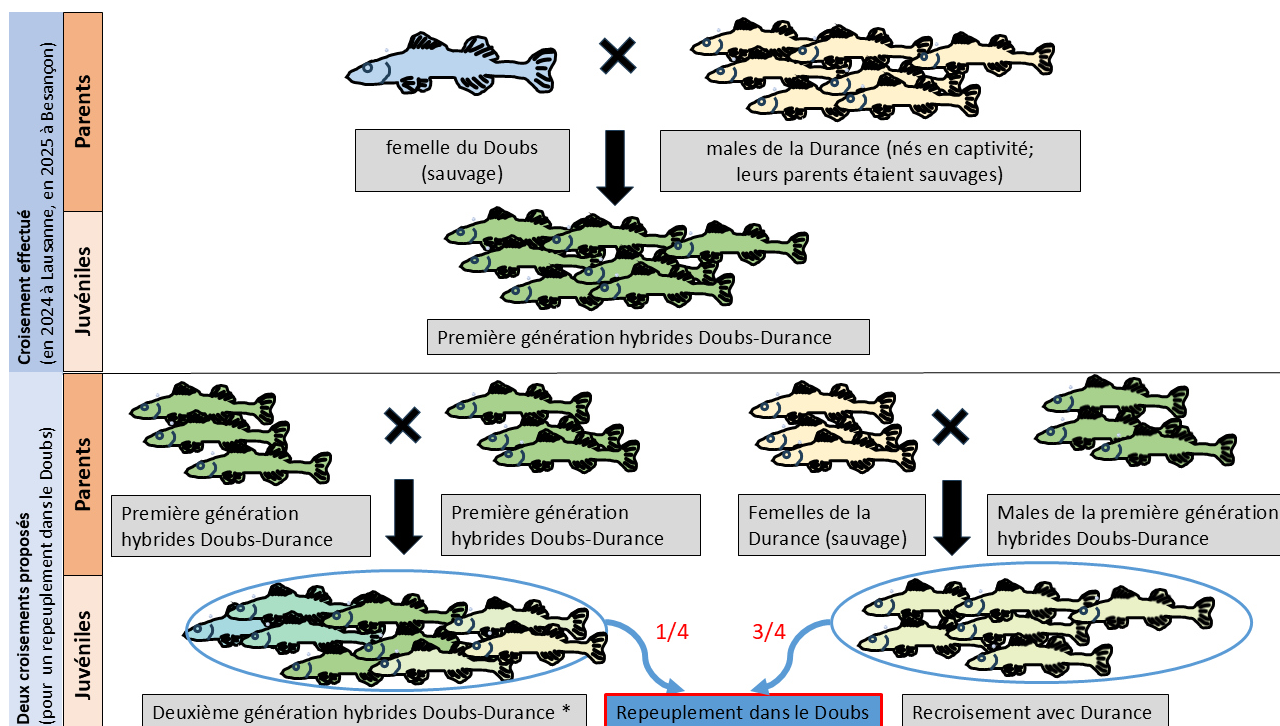


Figure 23 Schéma du croisement effectué et deux croisements additionnels proposés⁴.

Il ressort de l'analyse de risque que pour minimiser les risques de consanguinité et de manque de diversité génétique, il faut croiser plus d'animaux. En particulier, il est essentiel d'utiliser, pour les futures reproductions, plusieurs femelles, et pas seulement la femelle du Doubs. Ceci dans le but d'augmenter la diversité de l'ADN mitochondrial et de réduire les effets maternels et la consanguinité. Pour ces croisements ultérieurs, il est recommandé d'utiliser des femelles et des mâles de la Durance en raison de leur grande diversité génétique et de leur faible différenciation génétique avec la population du Doubs.

Pour le premier repeuplement dans le Doubs, il est donc proposé ce qui suit :

En 2024 et 2025, la femelle Doubs a été croisée avec des mâles de la Durance, ce qui a donné des hybrides Doubs-Durance de première génération. Les deux croisements suivants doivent maintenant être réalisés avec ces hybrides (Figure 23) :

1. les mâles de la première génération hybrides Doubs-Durance doivent être croisés avec des femelles sauvages de la Durance (groupe recroisement avec Durance). Le croisement inverse (croiser les femelles des hybrides Doubs-Durance avec des mâles sauvages de la

⁴ Alors que les hybrides de première génération sont très similaires (intermédiaires entre les deux parents), les caractères se séparent à nouveau dans les générations d'hybrides ultérieures. Il existe des combinaisons de caractères qui sont intermédiaires, mais aussi des combinaisons qui ressemblent beaucoup à l'une ou l'autre des populations parentales (représentées ici en bleu ou en jaune). Ceci est comparable à la loi mendélienne de ségrégation des caractères dans la génération F2

Durance) devrait également avoir lieu. Les trois quarts des repeuplements dans le Doubs devraient être réalisés avec les jeunes issus de ces deux croisements (dits recroisement Durance), qui visent à réduire les effets de la consanguinité et à augmenter la diversité génétique.

- 2. La première génération des hybrides Doubs-Durance devraient être accouplés entre eux (donc croiser des frères et sœurs et des demi-frères et demi-sœurs) afin de préserver des combinaisons alléliques importantes qui permettent des adaptations dans le Doubs. Cette deuxième génération d'hybrides Doubs-Durance ne devrait cependant pas représenter plus d'un quart des individus introduits dans les Doubs, car ils sont déjà fortement consanguins, parce qu'ils ont tous la même grand-mère.*

Pour ces deux croisements, il est important de déterminer si le taux de survie des œufs, qui était de 30% pour les croisements avec la femelle du Doubs, atteint les 80% attendus. Cela permettra de tirer des conclusions sur une éventuelle dépression d'émergence.

Les années suivantes (trois ans à partir des premiers relâchés), des aprons capturés dans le Doubs devraient être utilisés pour la poursuite des croisements. L'utilisation des individus capturés dans le Doubs est recommandée, d'une part parce qu'ils ont fait leurs preuves dans le Doubs (adaptation locale au Doubs) et que ces allèles peuvent ainsi être transmis, et d'autre part pour réduire les effets de la domestication. Les animaux recapturés devraient ensuite être croisés à nouveau avec des individus sauvages de la Durance, afin de minimiser ainsi la consanguinité.

D'une manière générale, pour tous les croisements avec des animaux de la Durance, il faudrait utiliser autant que possible de nouveaux poissons sauvages de la Durance à chaque croisement, afin d'éviter les effets de domestication et d'assurer une diversité génétique aussi large que possible. Il est recommandé de croiser chaque année au moins 20 nouveaux poissons sauvages de la Durance.

Enfin, des échantillons de tissus devraient être prélevés sur tous les poissons utilisés pour les croisements et sur tous ceux capturés dans le Doubs, afin de permettre de futures études génétiques. Ces études permettront un monitoring et un contrôle de l'efficacité et fourniront ainsi des résultats importants pour la mise en œuvre de futurs projets. Pour la même raison, les croisements en captivité en groupes de géniteurs devraient être documentés avec précision

4.9.2 Evènements majeurs imprévisibles

Les évènements majeurs imprévisibles les plus probables qui peuvent affecter le succès du programme de repeuplement sont décrits ci-après.

4.9.7.1 Evènements hydrologiques extrêmes

La probabilité que des évènements hydrologiques extrêmes surviennent de manière répétée durant le programme de repeuplement existent mais reste globalement faible. En effet, le Doubs est une rivière pluvio-nivale, les crues surviennent généralement en période hivernal, lorsque des pluies intenses font fondre le manteau neigeux en place et cette période n'est à priori pas la plus sensible pour l'apron. La gestion des débits réalisée sur le barrage du Châtelot réduit par ailleurs le risque de crues et le barrage effectue depuis plusieurs années un soutien d'étiage durant les périodes les plus sensibles pour la faune piscicole.

4.9.7.2 Pollutions accidentelles

La probabilité que des pollutions accidentelles surviennent dans le Doubs durant le programme de repeuplement est globalement faible. Historiquement, des pollutions accidentelles sont déjà survenues mais aucune n'était très grave ou n'a entraîné de mortalités piscicoles importantes. Les caractéristiques du bassin versant n'exposent pas le Doubs à des risques majeurs de pollutions accidentelles graves. Les actions possibles à mettre en œuvre consistent en la mise en place de mesures de protection aux points d'émission et d'immission, à la réalisation de mesures de surveillance périodiques ainsi qu'à l'application de mesures préventives lors de la réalisation de chantiers par exemple.

4.9.7.3 Risque lié à la « non » réalisation des mesures du PAND ou dans le plan d'action français

Si elles ne sont pas réalisées à court terme, certaines mesures peuvent affecter significativement le programme de repeuplement. Les mesures telles que l'assainissement des micropolluants à la STEP du Locle, l'assainissement des ouvrages du Theusseret (FR), du Moulin du Plain (FR), de Bellefontaine (CH) et d'Ocourt (CH) sont fondamentales pour la restauration des fonctions naturelles du milieu (connectivité longitudinale, charriage, qualité d'eau, réseaux trophiques, etc.) et par conséquent pour l'apron. Il est cependant difficile, voire impossible, de quantifier le risque que la non-réalisation de ces projets aurait sur le milieu et sur l'apron.

4.9.7.4 Risque lié à l'apparition de pathogènes et d'espèce exogènes problématiques

Actuellement, les pathogènes et espèces exogènes ne sont pas identifiés comme une menace importante pour l'apron (cf. chapitres 2.8.3 Pathogènes et 2.8.4 Espèces invasives).

Néanmoins, le signalement du gobie à tache noire (*Neogobius melanostomus*) sur le Doubs français à la hauteur de Colombier-Fontaine (Bouchard, 2023), constitue un point d'inquiétude à ne pas négliger et à surveiller.



Figure 24 *Gobie à tache noire (Neogobius melanostomus) trouvé en rive gauche dans la passe à poissons de Rheinfelden sur le Rhin. Source : Aquarius, 2023.*

En effet, le gobie à tache noire est une espèce invasive originaire de la mer Noire et de la mer Caspienne, introduite accidentellement en Europe par les eaux de ballast des navires. Il remonte actuellement le bassin du Doubs français depuis la Saône où il a été détecté en 2019 et où il est actuellement bien implanté. Selon les connaissances et observations réalisées sur le Rhin notamment (Bussmann, 2022), il est possible de supposer avec un bon degré de confiance que les conséquences de la présence de cette espèce sur le Doubs pourraient être très négatives pour l'apron et également pour de nombreuses autres espèces piscicoles menacées.

4.9.7.5 Risque lié à l'aquaculture

Comme tout projet aquacole, un programme de détention en captivité et d'élevage présente des risques de maladies (oomycète, fongique, parasitaire, etc.) qui pourraient fortement impacter la production de juvéniles et par conséquent entraver la réalisation d'un programme de repeuplement.

Le risque lié à un dysfonctionnement des installations (p. ex. coupure d'électricité) pourrait également impacter l'élevage et avoir des répercussions sur le nombre d'individus produits, voire sur la pérennité de l'élevage.

Compte tenu du fait qu'il est recommandé d'effectuer un élevage sur plusieurs sites (cf. chapitre 4.3 Modalité de reproduction, capacité d'élevage), le risque lié à l'aquaculture est jugé moyen.

4.9.3 Changement climatique

Les projections de la Confédération (OFEV, 2021) concernant les changements climatiques tablent notamment sur une augmentation des températures de l'air et de l'eau ainsi qu'une augmentation de la fréquence et de la durée des périodes d'étiage. Cela peut constituer un risque pour le programme de repeuplement, raison pour laquelle une évaluation est réalisée concernant plus spécifiquement la thématique de la température de l'eau.

Le réchauffement climatique observé depuis l'ère préindustrielle affecte également la température des cours d'eau. Une augmentation moyenne est constatée ces dernières décennies sur tous les cours d'eau avec un réchauffement moyen des cours d'eau de 0,33 °C par décennie sur la période de 1979 à 2018 (OFEV, 2021). Sur le Doubs, ce réchauffement est également perceptible ces 20 dernières années où on constate une augmentation moyenne de plus de 1 °C, plus marquée durant les mois de février, août et septembre, comme le montre la figure ci-après.

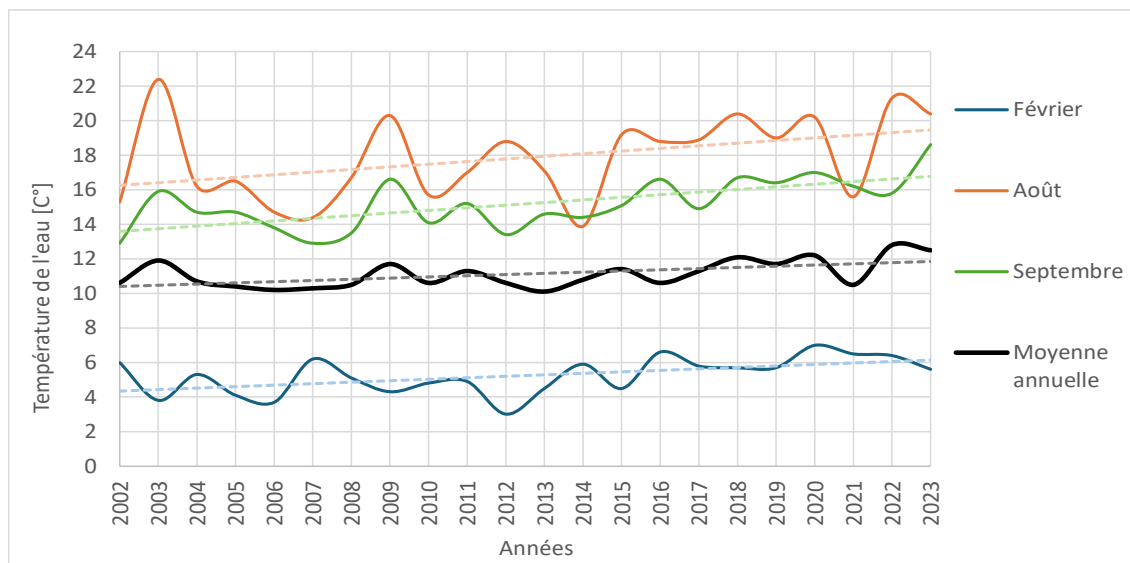


Figure 25 Températures mensuelles moyennes et annuelles pour la période 2002 à 2023 sur la station de mesure fédérale de Ocourt (Aquarius, 2025).

Du point de vue de l'évolution de la température d'amont en aval de la boucle jurassienne du Doubs (de Soubey à Ocourt), des sondes de températures temporaires de type « data loggers » mises en place entre 2014 et 2016 ont permis mettre en évidence que globalement, la boucle jurassienne du Doubs présente une homogénéité du régime thermique des eaux (Figure 25, Boismartel, 2016).

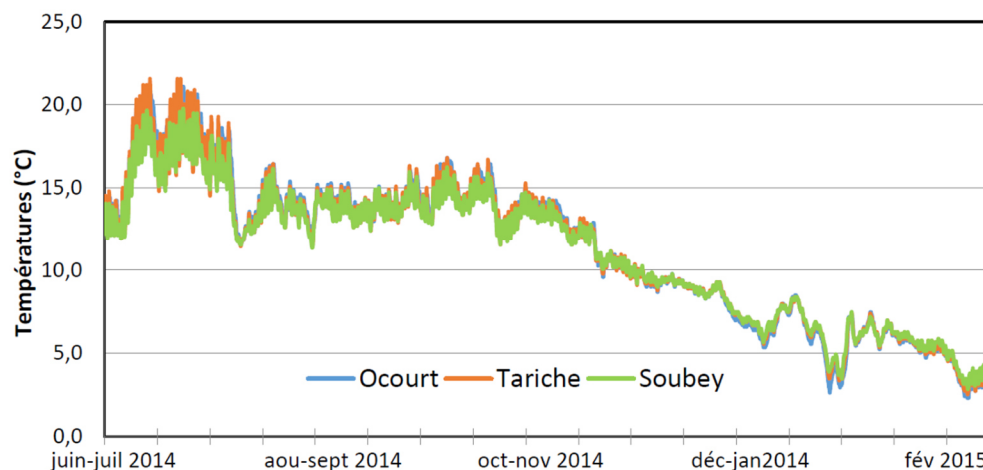


Figure 26 Températures d'eau du Doubs entre Soubey et Ocourt, de juin 2014 à mi-février 2015 (Boismartel, 2016).

L'augmentation de la température de l'eau est un phénomène qui peut impacter fortement et directement certaines espèces piscicoles appréciant des eaux fraîches telles que la truite et l'ombre par exemple.

On ignore en revanche l'effet de ce réchauffement sur l'apron qui peut à priori supporter dans le sud de la France des températures bien plus élevées que celles rencontrées sur le Doubs Cf. Figure 5).

Dans ce contexte, les connaissances acquises lors de l'élevage de l'apron (Béjean, 2019) montrent que la température de l'eau durant les mois de décembre, janvier et février, qui représentent la période pré-reproduction de l'apron (période de vernalisation) joue un rôle très important. Les essais effectués avec la souche "Durance" montrent en effet un affaiblissement de l'efficacité de reproduction de l'apron dans un cycle de températures hivernales plus doux que la normale et avec une période de vernalisation inférieure à quatre mois. Ces constats tendent à indiquer que des périodes hivernales inhabituellement chaudes ou présentant d'importantes variations thermiques peuvent influencer négativement le succès de reproduction de l'apron. Actuellement, ces températures ne sont pas problématiques sur le Doubs.

On relèvera finalement que le réchauffement des eaux contribue également à affecter les espèces de manière indirecte, particulièrement lorsque les pics de chaleurs sont concomitants avec un étiage, ce qui peut provoquer une dégradation des conditions de vie. Dans ce cas, la hausse de la température de l'eau peut par exemple accentuer le développement algal et les phénomènes de colmatage, modifier l'accessibilité aux ressources alimentaires ou à certains habitats, augmenter la prévalence de certaines maladies ou encore affecter la phénologie ou le cycle biologique des espèces dont dépend l'espèce considérée.

5. ESTIMATION DES COÛTS

Le coût de ce programme de repeuplement a été calculé sur la base des contrats existants (prospections, analyse génétique, détention et élevage de juvéniles, etc.). Le coût de ce programme a été estimé à CH 1'800'000.00 (HT) (+/- 20%). Cet investissement s'étend sur 15 ans (2027-2041) et correspond à un investissement annuel moyen d'environ CH 115'000.00 (HT). L'investissement n'est toutefois pas linéaire (Tableau 1). Il est plus important dans la première partie du programme que dans la deuxième. Le tableau 4 présente la répartition de l'investissement sur la durée du programme. L'investissement se décline en deux étapes successives :

- A. Étape de production (étape A), qui correspond à l'acquisition de matériel (2027 et 2028), la production des juvéniles et au contrôle d'efficacité (2027 - 2033). Cette étape nécessite un investissement oscillant entre CHF 150'000 et 200'000 par année.
- B. Etape de contrôle (étape B), qui correspond au contrôle d'efficacité et évalue le succès de l'opération de repeuplement (2034 – 2041). Cette étape nécessite un investissement oscillant entre CHF 5'000 – 60'000 par année.

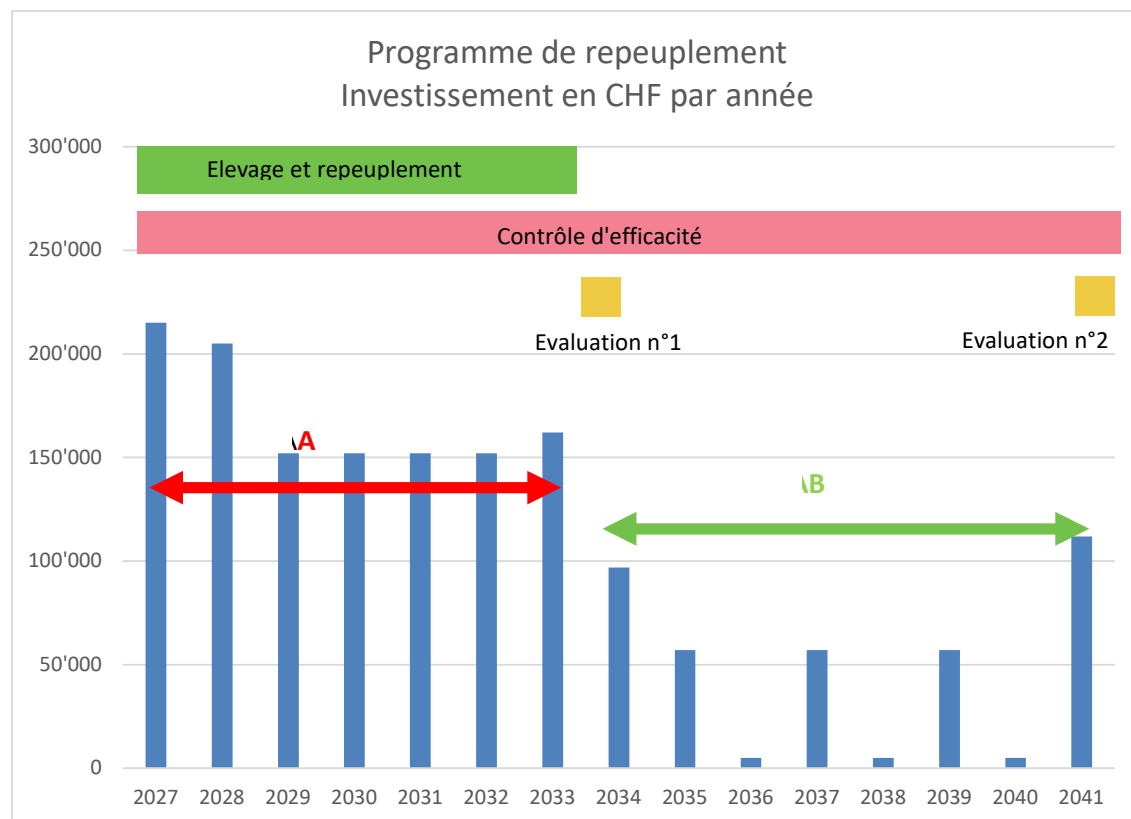


Tableau 4 Investissement par année pour un programme de repeuplement d'apron dans le Doubs. Illustration des grandes phases du programme de conservation et des investissements par année.

A ce stade de l'étude (étude de faisabilité) et comme pour tout autre projet (projet de construction par exemple), cette estimation des coûts peut encore légèrement varier (+/-20%) et doit par conséquent être présentée et utilisée avec prudence.

La Figure 27, illustre la part représentative des différentes prestations (élevage, contrôle, etc.) sur le montant totale estimé.

Sur le montant total :

- la phase « élevage » qui englobe l'acquisition de matériel, la production et le coût des ressources humaines nécessaire à l'élevage des organismes correspond à 38 % du montant total, soit CHF 660'000.00.
- Le contrôle d'efficacité, qui comprend les prospections et les analyses génétiques représente 35% du montant total, soit CHF 610'000.00.
- Le pourcentage restant (28%), correspondant à CHF 465'000.00, comprend la coordination générale, la rédaction d'un rapport de synthèse et les divers et imprévus.

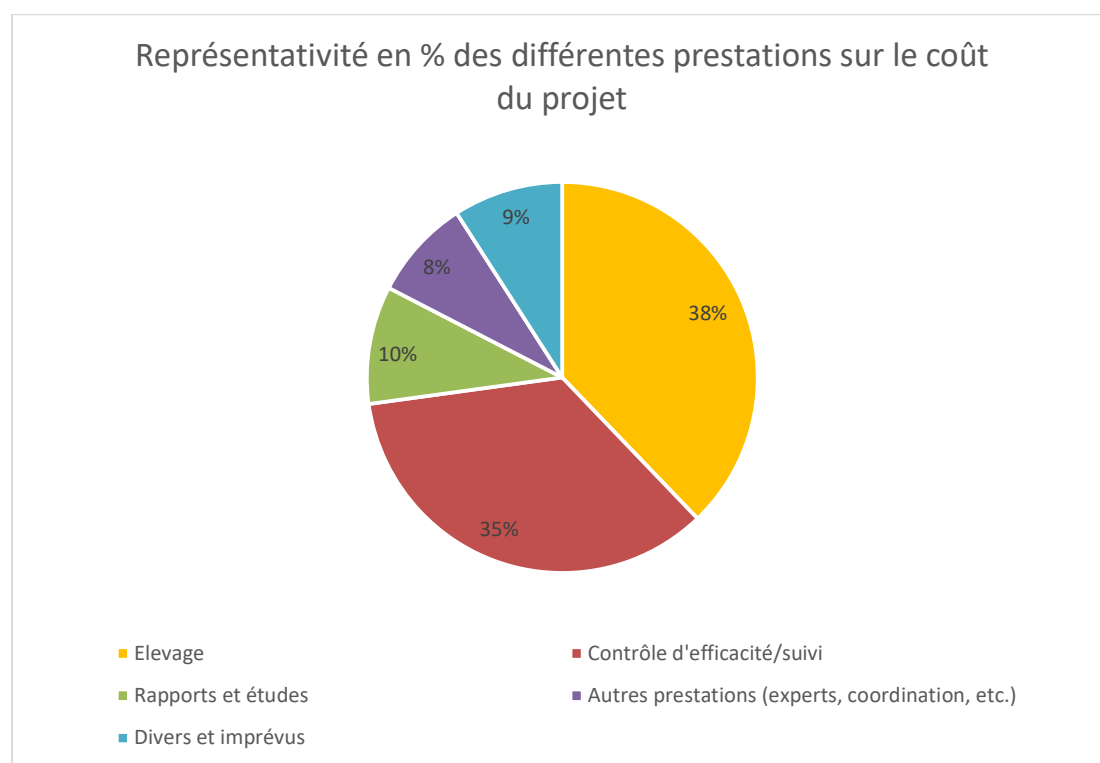


Figure 27 Représentativité des différentes prestations sur le montant global du projet.

6. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Bien que plusieurs causes soient avancées pour expliquer la régression de l'apron dans le Doubs, aucune raison précise ne peut être avancée avec certitude. Les causes de la régression des effectifs d'apron dans le Doubs sont très probablement multifactorielles.

Depuis l'entrée en vigueur du PAND, plusieurs mesures ont été réalisées et ont permis d'améliorer la situation écologique du Doubs. Le bénéfice obtenu grâce à ces améliorations n'est toutefois actuellement pas quantifié et des incertitudes demeurent sur le niveau d'assainissement atteint vis-à-vis des exigences de l'apron. La finalisation du PAND et la réalisation des mesures en cours contribueront encore dans les années à venir à améliorer les conditions environnementales du Doubs, ceci de manière non quantifiable.

Selon les données de la qualité biologique à disposition, la situation est restée stable au cours des 15 dernières années. La présence d'aprons vivants en 2021 et en 2023 laissent supposer que les conditions du milieu pourraient encore être supportables pour la survie de cette espèce dans le Doubs. Sur la base de ces constats, nous estimons qu'il est raisonnable d'entreprendre un essai de repeuplement.

En raison de sa très faible diversité génétique, le risque de dépression de consanguinité de la population d'aprons du Doubs est actuellement jugé comme très élevé. Pour la même raison, le risque que des adaptations futures à des conditions environnementales changeantes ne soient pas possibles est également considéré comme élevé. Ces risques peuvent être réduits par un schéma de croisement optimisant la diversité génétique et minimisant la consanguinité. Pour limiter les effets de la domestication, c'est-à-dire de l'adaptation aux conditions d'élevage et de la perte d'adaptation aux conditions naturelles, il est primordial que le nombre de générations en captivité soit aussi faible que possible. D'un point de vue génétique, il n'est pas possible de prédire avec cette situation initiale l'évolution de la population consécutive au repeuplement. Cependant, ce projet constitue la dernière opportunité de conserver une partie du patrimoine génétique de l'apron du Doubs.

Les connaissances actuelles et la maîtrise technique des opérations liées à l'élevage et à la production de juvéniles d'aprons destinés à être remis à l'eau peuvent être qualifiées de très bonnes. Toutes les recommandations visant à assurer une production suffisante de juvéniles tout en réduisant les risques (multiplication des sites d'élevage) peuvent être respectées sans difficulté majeure.

Ce programme de repeuplement doit être accompagné d'un contrôle des effets afin de pouvoir mesurer son efficacité et procéder aux ajustements requis de manière adaptée aux objectifs du projet et aux contraintes rencontrés. Si les résultats ne devaient pas être favorables, les causes devraient être identifiées.

En conclusion, bien qu'il ne soit pas possible de garantir le succès d'un programme de repeuplement tel que celui présenté, ce projet constitue la dernière chance de conserver une partie du patrimoine génétique de l'apron du Doubs. Au regard de l'évaluation des risques, de l'opportunité génétique et des coûts estimés, il est recommandé de mettre en œuvre ce programme de conservation

7. BIBLIOGRAPHIE

- Adrian-Kalchhauser I., Burkhardt-Holm P., 2016: An eDNA Assay to Monitor a Globally Invasive Fish Species from Flowing Freshwater. – PLoS ONE 11: e0147558.
- AFNOR, 2004 : Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Association Française de Normalisation - norme homologuée T 90-350, 1-16.
- Aquarius, 1999 : Concept de protection de l'apron (*Zingel asper*) : Recensement des effectifs dans le Doubs franco-suisse et suisse.
- Aquarius, 2011 : Pêches d'inventaires dans le Doubs jurassien. Rapport, 32p.
- Aquarius, 2012 : Faisabilité de l'élevage de l'apron du Rhône (*Zingel asper*, L.) à des fins de rempoissonnement de soutien de la population du Doubs Suisse. Etude préliminaire, 26 pp.
- Aquarius, Aquabug, PhycoEco, 2012 : Bassin du Doubs neuchâtlois. Diagnostic des eaux de surface. Rapport de synthèse. 152 p.
- Aquarius, 2013 : Doubs jurassien. Programme de sauvergarde de l'apron (*Zingel asper*). Libre-circulation. Fiches types pour les seuils de St-Ursanne, Bellefontaine et Ocourt.
- Aquarius, 2016 : Doubs suisse et franco-suisse. Monitoring biologique. Monitoring et observations de la reproduction de la truite et de l'ombre de rivière. Relevés en continu de la température de l'eau. Février 2015 à juin 2016, 68 p.
- Aquarius, 2017 : Doubs suisse et franco-suisse. Monitoring biologique. Monitoring et observations de la reproduction de la truite et de l'ombre de rivière. Relevés en continu de la température de l'eau. Juillet 2016 à juin 2017, 84 p.
- Aquarius 2020 : Monitoring de l'apron (*Zingel asper*, L.). Rapport de suivi 2020. 26 p.
- Aquarius, 2022 : Apron du Doubs : démarches ultérieures et stratégie de conservation : Actualisation ciblée des connaissances. Description et détail opérationnel des variantes. Analyse SWOT. Aide à la décision. Rapport. 37 p.
- Aquatis 2021 : Recherche d'aprons à la lampe dans le Doubs. Prospections dans le Doubs sous les autorisations n°472/2021 et 610/2021. Rapport final. 5pp.
- Archambaud-Suard G., Corse E., Megléc E., Chappaz R., & Dubut V. 2019 : Une étude inédite de metabarcoding pour étudier le régime alimentaire de l'apron. Science, Eaux & Territoires : Numéro spécial IV : 12-19.
- Barluenga, M., Stolting, K. N., Salzburger, W., Muschick, M., & Meyer, A., 2006: Sympatric speciation in Nicaraguan crater lake cichlid fish. Nature, 439(7077), 719-723. doi:10.1038/nature04325
- Battiloti F., Fernex J., 2023 : Monitoring de la qualité des eaux de surface. Campagne 2022. Rapport. 38 p.
- Baud J.-B., Cuinet A., Daudey T., Rahon J., 2012: Développement algal dans les rivières Franc-Comtoises, Année 2011/2012, 167 p.
- Béjan M. 2019 : Reproduction of *Zingel asper* (Linnaeus, 1758) in controlled conditions : an assessment of the experiences realized since 2005 at the Besançon Natural History Museum Cybium : International Journal of Ichthyology 43(1): 17-32.
- Biebach, I., & Keller, L. F., 2009: A strong genetic footprint of the re-introduction history of Alpine ibex (*Capra ibex ibex*). Molecular Ecology, 18(24), 5046-5058. doi:10.1111/j.1365-294X.2009.04420.x.

- Boismartel, M., 2009 : Actualisation des connaissances sur les populations d'apron du Rhône (*Zingel asper*) dans le Doubs - linéaire du futur Parc Naturel Régional franco-suisse - Préconisations de gestion en faveur de l'espèce et de son milieu, 72 p.
- Boismartel M., 2015 : Analyse spatiale agricole du bassin versant du Doubs jurassien, 54p. Projet Pro Natura Doubs 2015-2016.
- Boismartel M. 2016 : La population d'apron dans le Doubs : situation, diagnostic habitat et plan de sauvegarde, 58p. Projet Doubs 2016 Pro Natura.
- Bonnaire F., 2012 : Actualisation des connaissances sur la population d'aprons du Rhône (*Zingel Asper*) dans le Doubs franco-suisse - linéaire du futur Parc Naturel Régional transfrontalier -Propositions d'actions en faveur de l'espèce et de son milieu. Rapport de stage pour l'obtention de la 2ème année de Master. 109 p.
- Bouchard J., 2023 : Le gobie à tache noire - Une espèce qui prend ses marques sur la Saône. Loisirs Saône-et-Loire et région. 1 p.
- Boutitie F. 1984 : L'Apron - *Zingel asper* (LINNE), Percidae - Poisson rare menacé de disparition (Biologie - Répartition - Habitat). DEA. Ecologie des Eaux Continentales. Univ. Lyon I: 27 p.
- Bouvier J.-C., 1989 : Essai sur le régime hydrologique du Doubs. Actes de la Société jurassienne d'émulation. Office des eaux et de la protection de la nature du Canton du Jura, St-Ursanne, Suisse, 19 p.
- Bozzuto, C., Biebach, I., Muff, S., Ives, A. R., & Keller, L. F., 2019 : Inbreeding reduces long-term growth of Alpine ibex populations. *Nature Ecology & Evolution*, 3(9), 1359-1364. doi:10.1038/s41559-019-0968-1.
- Bruno, D.W., Wood, B.P., 1999: Saprolegnia and other Oomycetes. In: Woo PTK, Bruno DW (eds) Fish diseases and disorders, Vol 3: viral, bacterial and fungal infections. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, p 599659.
- Bussmann, K. & P. Holm. 2022: Schwarzmeergrundeln Schweiz: Strategie, Massnahmen und Umsetzung – eine Bilanz. – *Aqua Viva*, 64 (4): 22-25.
- Capo, E., Spong, G., Koizumi, S., Puts, I., Olajos, F., Königsson, H., Karlsson, J., Byström, P. 2020: Droplet digital PCR applied to environmental DNA, a promising method to estimate fish population abundance from humic-rich aquatic ecosystems. *Environmental DNA*. 3. 1-10. 10.1002/Edn 3.115.
- Chappaz, Olivari., Guivier, Dubut, Gilles, 2019 : Rapport sur les pêches réalisées en 2018 sur la Durance (secteurs amont et aval retenue Saint-Lazare, secteur en aval de la retenue de l'Escale) et affluents : le Buech, l'Asse, la Bléone et le Verdon. Université d'Aix-Marseille sous maîtrise d'ouvrage EDF. Mars 2019, 49 p.
- Christie, M. R., Ford, M. J., & Blouin, M. S., 2014 : On the reproductive success of early-generation hatchery fish in the wild. *Evol Appl*, 7(8), 883-896. doi:10.1111/eva.12183.
- Christie, M. R., Marine, M. L., Fox, S. E., French, R. A., & Blouin, M. S., 2016 : A single generation of domestication heritably alters the expression of hundreds of genes. *Nat Commun*, 7, 10676. doi:10.1038/ncomms10676.
- Christie, M. R., Marine, M. L., French, R. A. & Blouin, M. S., 2012: Genetic adaptation to captivity can occur in a single generation. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109**, 238–242 Clarke, S. H., Lawrence, E. R., Matte, J. M., Gallagher, B. K., Salisbury, S. J., Michaelides, S. N., . . . Fraser, D. J. (2024). Global assessment of effective population sizes: Consistent taxonomic differences in meeting the 50/500 rule. *Molecular Ecology*, e17353. doi:10.1111/mec.17353.

- Danacher D., Labonne J., Pradel R., Gaudin P., 2004: Capture Recapture Estimates of Space Used in Streams (CRESUS) at the population scale: case study on Zingel asper (percid), a threatened species of the Rhône catchment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 61:476-486.
- Degen J. : 2022 : Évaluation d'une opération de réintroduction d'une espèce menacée (*Zingel asper* (Linnæus, 1758)) : croissance, état corporel et démogénétique. Médecine vétérinaire et santé animale. 123 p.
- Degiorgi F., badot P.-M., 2020 : Étude de l'état de santé des rivières karstiques en relation avec les pressions anthropiques sur leurs bassins versants. Bilan synthétique des opérations réalisées et des recherches et analyses effectuées et disponibles. 47 p.
- Doi, H., Uchii, K., Takahara, T., Matsushashi, S., Yamanaka, H., Minamoto, T. 2015. Use of Droplet Digital PCR for Estimation of Fish Abundance and Biomass in Environmental DNA Surveys. PLoS One 10.
- Dubut V., Grenier R., Meglcz E., Chappaz R., Costedoat C., Danacher D., Descoux S., Malausa T., Martin J.-F., Pech N., Gilles A. 2010 : Development of 55 novel polymorphic microsatellite loci for the critically endangered *Zingel asper* L. (Actinopterygii: Perciformes: Percidae) and cross-species amplification in five other percids. European Journal of Wildlife Research 56 : 931-938.
- Dubut, V., Gilles A. & Chappaz R., 2010 : Diversité génétique de l'apron du Rhône (*Zingel asper* L.) dans le Verdon : Intérêt pour sa conservation. Rapport de fin de travaux, 18 p.
- Dubut, 2017 : Evaluation de la population d'apron du Doubs suisse par l'approche de la génétique de la conservation, 27 p.
- Dubut V. 2020 : Suivi de l'opération de réintroduction de l'apron (*Zingel asper* L.) dans la rivière Drôme. 2015-2019. 18 pp.
- Eaux Continentales, 2023 : Recherche et caractérisation des frayères potentielles à apron du Rhône (*Zingel asper*) de la rivière Loue 2022-2023, 37 p.
- EPTB Saône & Doubs : 2011 : Projet intégré Doubs franco-suisse Etat des lieux / diagnostic du bassin versant. Rapport principal, 177p.
- Ferchaud, A. L., Leitwein, M., Laporte, M., Boivin-Delisle, D., Bougas, B., Hernandez, C., . . . Bernatchez, L., 2020: Adaptive and maladaptive genetic diversity in small populations: Insights from the Brook Charr (*Salvelinus fontinalis*) case study. Molecular Ecology, 29(18), 3429-3445. doi:10.1111/mec.15566.
- Fernex, J., Boillat A., Chagnat L., Frund O., Guerne S., Badertscher C. 2020 : Monitoring de la qualité des eaux de surface. Campagne 2019. Rapport. 40 p.
- Fernex J., Bourquard M., Frund O., Guerne S. 2021 : Monitoring de la qualité des eaux de surface. Campagne 2020. Rapport. 29 p.
- Fernex J., 2022 : Monitoring de la qualité des eaux de surface. Campagne 2021. Rapport. 26 pp.
- Flussbau AG, 2014 : Assainissement du régime de charriage. Planification stratégique - Bassin versant du Doubs. Rapport final. 125 p + annexes.
- Frankham, R., Bradshaw, C. J. A., & Brook, B. W., 2014: Genetics in conservation management: Revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. Biological Conservation, 170, 56-63. doi:10.1016/j.biocon.2013.12.036.
- Frankham R., Ballou JD., Briscoe DA. (2010): Introduction to conservation genetics, 2th Edition. Cambridge University Press, Cambridge, 618 p.

- Frei, D., Reichlin, P., Seehausen, O., & Feulner, P. G. D., 2023 : Introgression from extinct species facilitates adaptation to its vacated niche. *Molecular Ecology*, 32(4), 841-853. doi:10.1111/mec.16791.
- Georget M., 2017 : Bilan et évaluation du plan national d'actions en faveur de l'apron du Rhône 2012-2016. CEN RA, 148 p.
- Götz, C., Füllemann N., Schweizer, J., 2016 : Apports vers le Doubs de polluants et nutriments à partir du bassin versant suisse. Bilan de Flux – Rapport final. 60p.
- Grossen, C., Biebach, I., Angelone-Alasaad, S., Keller, L. F., & Croll, D., 2018 : Population genomics analyses of European ibex species show lower diversity and higher inbreeding in reintroduced populations. *Evolutionary Applications*, 11(2), 123-139. doi:10.1111/eva.12490.
- Grossen, C., Guillaume, F., Keller, L. F., & Croll, D., 2020 : Purging of highly deleterious mutations through severe bottlenecks in Alpine ibex. *Nature Communications*, 11(1), 1001. doi:10.1038/s41467-020-14803-1.
- Hänfling B., Lawson Handley L., Read D. S., Hahn C., Li J., Nichols P., Blackman R. C., Oliver A., & Winfield I. J. 2016: Environmental DNA metabarcoding of lake fish communities reflects long-term data from established survey methods. – *Molecular Ecology* 25 : 3101-3119.
- Hefti, D., Hofmann D., Marendaz E., 2015 : Plan d'action national en faveur du Doubs (PNA Doubs). Démarche générale. Réponse à la recommandation N° 169 du Comité permanent de la Convention de Berne. Avec la collaboration des cantons de Neuchâtel et du Jura et de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). 60 p.
- Heinz S., 2020 : Mesures en temps réel des produits phytosanitaires et de certains marqueurs d'effluents dans le Doubs à l'aide du dispositif MS2field et d'une méthode d'analyse spéciale de pyrèthrinoides. Rapport final de l'EAWAG. Synthèse française, 2 p.
- Hoffman, J. I., Simpson, F., David, P., Rijks, J. M., Kuiken, T., Thorne, M. A. S., Dasmahapatra, K. K., 2014 : High-throughput sequencing reveals inbreeding depression in a natural population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(10), 3775-3780. doi:10.1073/pnas.1318945111
- Hudson, A., Vonlanthen P., Seehausen O., 2014: Population structure, inbreeding and local adaptation within an endangered riverine specialist: the nase (*Chondrostoma nasus*). *Conservation genetics*, 15(4), p. 933-951.
- Huet M. (1949). « Aperçu des relations de la pente et des populations piscicoles des eaux courantes ». *Schweiz. Z; Hydrol.*, II (3-4) : 332-351.
- Jamieson, I. G., & Allendorf, F. W., 2012 : How does the 50/500 rule apply to MVPs? *Trends Ecol Evol*, 27(10), 578-584. doi:10.1016/j.tree .2012.07.001.
- Keller, L. F., & Waller, D. M., 2002: Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(5), 230-241. Doi :Pii S0169-5347(01)02442-9.
- Labonne J., Gaudin P., 2000 : Éléments de dynamique des populations d'Apron sur la rivière Beaume. Rapport de fin de travaux. Programme LIFE-Nature. R.N.F., Université Lyon I, Quetigny, 19 p.
- Labonne J. 2002 : Contribution à la Conservation de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) : Dynamique des Populations, Sélection de l'Habitat et Modélisation. Thèse Université Claude Bernard Lyon 1. 146 p.
- Labonne J., Gaudin P., 2005: Exploring Population Dynamics Patterns in a Rare Fish, *Zingel asper*, through Capture-Mark-Recapture Methods. *Conservation Biology* . April 200519(2):463 – 472.
- Lièvre A., Périat G., Koegler J., Voirol J., Degiorgi F., Decourcière H., Vergon, J.-P., 2004 : Etude des causes de diminution des populations de poissons dans les cours d'eau jurassiens. 96p.

- Louis S. 2013. Rapport de stage de Master, Caractérisation des frayères et influence des facteurs environnementaux sur la qualité du recrutement d'une espèce en voie de disparition, l'apron du Rhône (Zingel asper), 72 p.
- McCall A.-K., Patrick M., Longrée P., Stravs M., Ort C., Singer H. 2020 : Echtzeit Erfassung von Pflanzenschutzmitteln und ausgewählten Abwasser-Markersubstanzen im Doubs mittels MS2field Trailer und Pyrethroid Spezialanalytik. Schlussbericht. 37 p.
- Minnig, S., Angst, C., & Jacob, G., 2016: Genetic monitoring of Eurasian beaver (Castor fiber) in Switzerland and implications for the management of the species.
- Moritz C., 1994: Defining "Evolutionary Significant Units" for conservation. Trends Ecol. Evol. 9: 373–375.
- MRE, 2017 : Étude de l'impact du piétinement engendré par les activités sportives et de loisirs sur les milieux aquatiques des gorges du Verdon - Synthèse et bilan de trois années de suivi. Parc Naturel Régional du Verdon, 71p.
- NAWA : Observation nationale de la qualité des eaux de surface.
- OFEFP, 1998 : Méthode l'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse – Ecomorphologie niveau R (région). Information concernant la protection des eaux n°27. L'environnement pratique, 51 p.
- OFEV, 2019 : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau (IBCH_2019). Macrozoobenthos – niveau R. 1^{ère} édition actualisée 2019 ; 1^{re} édition 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique no 1026, 58 p.
- OFEV, 2021 : Effets des changements climatiques sur les eaux suisses. Hydrologie, écologie et gestion des eaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement no 2101 : 134 p.
- OFEV, 2025 : Plan d'action national en faveur du Doubs. Catalogue de mesures - version 2025, 47p.
- ONEMA juin 2010. Projet N° LIFNAT/FR/000083.
- Pawlowski J., Apothéloz-Perret-Gentil L., Mächler E. & Altermatt F. 2020 : Utilisations de l'ADN environnemental pour la surveillance et l'évaluation biologiques des écosystèmes aquatiques. Directives. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 2010 : 80 p.
- Paul C., Belbahri L. 2012 : Clonalité de *Saprolegnia parasitica*, le parasite des poissons du Doubs. Rapport de projet. 82 p.
- Périat G., Vonlanthen P., Paris J., Degiorgi F., Decourcière H., 2016 : Elaboration d'une méthode d'exploitation et d'interprétation des données de suivi de l'état du Doubs franco-suisse et réalisation d'une synthèse de l'état du cours d'eau. Rapport d'expert sur mandat du Groupe binational pour l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques du Doubs franco-suisse. 57 p.
- Périat, G., Richard A., 2023 : Monitoring du Doubs Franco-Suisse. Rapport de Synthèse 2017-2021. 139 p.
- Périat, G., 2024 : Suivi du colmatage algal de la boucle suisse du Doubs. 26 p.
- Phillips, A.J., Anderson, V.L., Robertson E.J., Secombes, C.J. & van West, P., 2008: New insights into animal pathogenic oomycetes. Trends in Microbiology 16, 1319.
- PNA I 2011 : Plan National d'Actions en faveur de l'Apron du Rhône 2011-2016. 124 p.
- PNA II 2021 : Plan national d'actions 2020-2030 En faveur de l'apron du Rhône (*Zingel asper*). 162 p.

- Reid, N. M., Proestou, D. A., Clark, B. W., Warren, W. C., Colbourne, J. K., Shaw, J. R., Whitehead, A., 2016: The genomic landscape of rapid repeated evolutionary adaptation to toxic pollution in wild fish. *Science*, 354(6317), 1305-1308. doi:10.1126/science.aah4993.
- Retti I., Battilotti F., Boillat A., Chaignat L., Frund O., Thelier Q., 2024 : Monitoring de la qualité des eaux de surface. Campagne 2023. Rapport. 59 p.
- Richard S., 2007 : Connaissance des populations d'Apron du Rhône (*Zingel asper*) : Répartition et situation de l'espèce sur la Loue et la basse vallée du Doubs, Synthèse des prospections 2004 – 2006. Rapport ONEMA projet Life Apron II, 21 p.
- Roche P., Boucansaud C., Amiot F., Béjean M. 2010 : Premiers retours d'expérience de l'opération pilote de réintroduction de l'Apron du Rhône (*Zingel asper*) dans la rivière Drôme.
- Ryman, N., & Laikre, L., 1991 : Effects of supportive breeding on the genetically effective population size. *Conserv. Biol.* 5, 325-329. doi: 5, <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00144.x>
- Ryser-Degiorgis, M.-P., Robert, N., Meier, R. K., Zürcher-Giovannini, S., Pewsner, M., Ryser, A., Breitenmoser, U., Kovacevic, A. & Origgi, F.C., 2020 : Cardiomyopathy Associated With Coronary Arteriosclerosis in Free-Ranging Eurasian Lynx (*Lynx lynx carpathicus*). *Front. Vet. Sci.* 7:594952. doi: 10.3389/fvets.2020.594952.
- Sandoz P.-O., 2015 : L'apron du Rhône (*Zingel asper*). Etat des populations dans le Haut Doubs franco-suisse et proposition de mesures pour sa conservation, 102 p.
- Straub, F., 2003a: Examen des paquets de boue flottante à la surface de la retenue de la Goule (Doubs) prélevés le 4 juin 2003. Rapport pour le SHE. Laboratoire d'algologie, La Chaux-de-Fonds, 7 p.
- Straub, F., 2003b: Eaux rouges à l'étang de Biaufond. Présomption d'une fleur d'eau à Dinoflagellé nu. Examen de l'échantillon SHE 03-1615 du 11. 8. 2003. Rapport pour le SHE. Laboratoire d'algologie, La Chaux-de-Fonds, 3 p.
- Straub, F., 2011: Fleur d'eau du lac de Moron. Fin juin 2011: Résultats des analyses microscopiques des échantillons prélevés le 30. 06. 2011. Rapport PhycoEco pour le SENE, Peseux, 2 p.
- Straub, F., Pokorni, B., Miserez, J.-J. & Montandon, P.-E., 2004: Note algologique III. Nuisances algales dans le Jura suisse en 2003. *Bull. Soc. Neuchât. Sc. Nat.* 127, 57-67.
- Stucki P., Straub F., 2018: Biomasse Doubs. Etude de la biomasse benthique et planctonique dans le Doubs à Ocourt et dans l'Allaine à Boncourt. Période 2017-2018. 39 p.
- Stucki P., 2024: Monitoring du Doubs. Analyse coordonnée et approfondie des données macroinvertébrés du Doubs neuchâtelois et jurassien dès 2010. Rapport. Compilation des données IBCH disponibles entre 2010 et 2024. 26 p.
- UICN, 2012 : Ligne directrices de l'UICN sur les réintroductions et les autres transferts aux fins de sauvegarde. 38 p.
- Verneaux, J., 1973 : Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse d'état, Besançon, 257 p.
- Verneaux, J., Schmitt A., Verneaux V., Prouteau C., 2003 : Benthic insects and fish of the Doubs River system: typological traits and the development of a species continuum in a theoretically extrapolated watercourse. *Hydrobiologia* 490. :63–74.
- Villeneuve A., Humbert J.-F., Berrebi R., Bornette G., Devaux A., Gaudin P., Lacroix G., Massei N., Mudry J., Pozet F., Trevisan D., 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, 42 p.

- Villsen K., Corse E., Megléc E., Archambaud-Suard G., Vignes H., Ereskovsky A., Chappaz R., Dubut V. 2021 : DNA metabarcoding reveals adaptive seasonal variation of individual one trophic traits in a critically endangered fish. *Molecular Ecology* 31/22 : 5889-5908.
- Whalter J.-L., 2017: Qualité du Doubs franco-suisse. Profil de micropolluants. Prélèvements par capteurs passifs. 156 p.
- Willi, Y., Kristensen, T. N., Sgro, C. M., Weeks, A. R., Orsted, M., & Hoffmann, A. A., 2022 : Conservation genetics as a management tool: The five best-supported paradigms to assist the management of threatened species. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 119(1). doi:10.1073/pnas.2105076119.
- Wood, S. A., Pochon X., Laroche O., von Ammon U., Adamson J., Zaiko A. 2019: A comparison of droplet digital polymerase chain reaction (PCR), quantitative PCR and metabarcoding for species-specific 687 detection in environmental DNA. *Molecular Ecology Resources*, 19(6), 1407–1419.

8. ANNEXES

Annexe 1 Etat de réalisation des mesures du PAND au 10.09.2025

Annexe 1

Etat de réalisation des mesures du PAND au 10.09.2025

Axe stratégique	Mesure PAND	Description de la mesure/action	Etat d'avancement au 10.09.2025	Type de mesure étude/monitoring/mesure
Régime hydrologique	M101	Révision du règlement d'eau Châtelot, Refrain, Goule: fixation de modalités de turbinage compatible avec les équilibres écologiques du Doubs	réalisée	mesure concrète
	M102	Monitoring efficacité du règlement d'eau	réalisée	monitoring
	M103	Mesures de lissage du dernier palier de turbinage du Châtelot afin d'assainir les éclusées dans le tronçon T2	en cours	mesure concrète
Qualité physico-chimique eaux	M201	Améliorer le traitement des eaux usées par les STEP dans les cantons de NE et JU		
		> mise en place d'un dispositif de traitement des micropolluants à la STEP de la Chaux-de-Fonds	réalisée	mesure concrète
		> construction d'une nouvelle STEP au Locle avec dispositif de traitement des micropolluants	en cours	mesure concrète
		> réhabilitation STEP Brenets	en cours	mesure concrète
		> réhabilitation et agrandissement STEP de Saignelégier	réalisée	mesure concrète
		> réhabilitation et agrandissement STEP des Breuleux	réalisée	mesure concrète
		> raccordement de Goumois Suisse à la STEP de Goumois France	en cours	mesure concrète
		> raccordement du village de Bémont à la STEP de Saignelégier	en cours	mesure concrète
		> Construction réseau et STEP d'Epiquez	réalisée	mesure concrète
	M202	Augmentation du taux de raccordement et mise en séparatif des systèmes d'évacuation		
		> finalisation des PGEE à la Chaux-de-Fonds	en cours	étude
		> mise en séparatif des réseaux de la Chaux-de-Fonds, du Locle et des Brenets	en cours, mesure continue	mesure concrète
		> mise en œuvre des PGEE des Bois, des Breuleux, d'Epauviller, d'Ocourt et de Saignelégier	en cours, mesure continue	mesure concrète
		> finalisation des PGEE à Montmelon, Saint-Ursanne et Seleute	réalisée	étude
		> réfection du réseau d'assainissement à Saint-Ursanne	en cours	mesure concrète
	M203	Définir et prioriser les mesures de réduction de polluants sur la base d'un bilan des flux dans le bassin versant suisse du Doubs	réalisée	étude
	M204	Mise en place d'un dispositif de suivi en continu de la qualité des eaux à Ocourt	réalisée	monitoring
	M205	Evaluation des sites pollués sur Karst	réalisée	monitoring
	M206	Incorporation d'une station NAWA Trend sur le Doubs	réalisée	monitoring
	M207	Sonde mobile canton du JU	réalisée	monitoring
	M208	Identification des sources de polluants (pyréthinoïdes)	réalisée	étude
	M209	Suivi des analyses Chlorokarst	réalisée	monitoring
	M210	Mesures agricoles	en cours, mesure continue	étude
	M211	Modélisation KARSYS	réalisée	étude
	M212	Colmatage des fonds du Doubs	réalisée	étude
Ecomorphologie, habitats aquatiques	M301	Réserver l'espace cours d'eau le long du Doubs	réalisée	mesure concrète
	M302	Revitalisation de cinq affluents et zones d'embouchure	réalisée	mesure concrète
	M303	Rétablissement de la migration piscicole au seuil de St-Ursanne	en cours	mesure concrète
	M304	Rétablissement de la migration piscicole au seuil de Bellefontaine	en cours	mesure concrète
	M305	Rétablissement de la migration piscicole au seuil d'Ocourt	en cours	mesure concrète
	M306	Revitalisation du ruisseau du Moulin à Soubey	en cours	mesure concrète
	M307	Remise à ciel ouvert du ruisseau Pré Bouvier	réalisée	mesure concrète
Milieux naturels, connectivité, espèces	M401	Etablir un plan de gestion "Emeraude"	mesure reportée	étude
	M402	Elaboration de plans de gestion de trois zones alluviales (Clairbief, Réchesse, Lomenne)	en cours	étude et mesure
	M403	Développer les bases de l'infrastructure écologique	réalisée	étude
Recherche et monitoring apron	M501	Monitoring apron dans le Doubs	réalisée	monitoring
	M502	Etudes génétiques sur la population d'apron du Doubs	réalisée	étude
	M503	Recherche d'apron sur la base de l'ADN environnemental	réalisée	monitoring
	M504	Monitoring intensif (ADNenv et prospections diurnes/nocturnes) de l'apron à l'amont de Goumois	réalisée	monitoring
	M505	Analyse des causes de déclin	réalisée	étude
	M506	Recherche de l'apron à l'aide de l'ADNenv	réalisée	monitoring
	M507	Prospections visuelles intensives d'apron	réalisée	monitoring
	M508	Workshop destiné à élaborer une stratégie de conservation de l'apron du Doubs	réalisée	étude
Communication et sensibilisation Communication et sensibilisation	M601	Constitution d'un groupe d'accompagnement visant à suivre la mise en œuvre des mesures du plan d'action national en faveur du Doubs	réalisée	monitoring
	M602	Elaboration d'une documentation audio-visuelle didactique sur l'apron	réalisée	mesure concrète
	M603	Campagne de sensibilisation auprès de la population locale sur l'importance de la vallée du Doubs	en cours, mesure continue	mesures concrètes
	M604	Informations ciblées auprès des pêcheurs sur l'état sanitaire des populations piscicoles	réalisée	mesure concrète
	M605	Développement d'un plan d'action tourisme-nature	réalisée	étude
Adaptation aux changements climatiques	M701	Ripisylve Doubs jurassien	réalisée	mesure concrète
	M702	Entretien des rives	réalisée	mesure concrète

Analyse de la situation et réflexions sur la conservation de l'apron dans le Doubs

Résumé de l'étude de faisabilité d'un programme de repeuplement

Le présent résumé complète l'étude intitulée « Analyse de la situation et réflexions sur la conservation de l'apron dans le Doubs ». Le rapport issu de cette étude ne contient en effet pas de résumé. Il est intégré dans le même fichier.

Cette étude a été soumise à différents experts externes, ainsi qu'au canton de Jura et aux ONG, pour évaluation. Les appréciations et remarques formulées entre janvier et mars 2026 sont disponibles dans deux documents séparés.

1. Cadre général et justification de l'étude

L'apron du Rhône (*Zingel asper*) est une espèce endémique du bassin du Rhône appartenant à la famille des percidés, menacée d'extinction en Suisse et strictement protégée au niveau national et européen. En Suisse, sa présence historique est limitée au Doubs jurassien et franco-suisse, qui constitue la limite septentrionale de son aire de répartition. Les suivis standardisés réalisés depuis la fin des années 80 ont montré une régression continue et marquée de la population du Doubs, tant en termes d'effectifs que d'aire de répartition. Malgré la mise en œuvre progressive de mesures de conservation **in situ**, notamment dans le cadre du Plan d'action national en faveur du Doubs (PAND⁵), l'état de conservation de la population n'a cessé de se détériorer.

Les prospections intensives menées entre 2020 et 2024 ont confirmé le caractère critique de la situation, avec l'observation d'un nombre extrêmement réduit d'individus. La capture, en 2023, d'une unique femelle transférée en captivité constitue le dernier témoin génétique connu de la population autochtone du Doubs. Il s'agit d'une femelle considérée comme un individu très âgé.

Dans ce contexte, la conservation d'une population fonctionnelle reposant exclusivement sur une souche locale n'est plus réaliste et a conduit à l'abandon de la perspective d'une conservation **in situ** fondée sur une population strictement autochtone du Doubs. En revanche, la présence de cette femelle ouvre la possibilité d'une stratégie de conservation **ex situ**, reposant sur des croisements avec des individus d'autres populations afin de préserver une partie du patrimoine génétique du Doubs. A cette fin, une étude a été réalisée dans le but de déterminer la faisabilité de cette stratégie de conservation. L'étude a pour objectif de :

- dresser un état des lieux actualisé de la situation écologique, biologique et génétique de l'apron dans le Doubs, ainsi que de la situation juridique ;
- évaluer la faisabilité d'un programme de repeuplement basé sur une souche hybride issue de la femelle du Doubs ;
- identifier les risques écologiques, génétiques et opérationnels ;
- définir les modalités concrètes d'un tel programme (élevage, rempoissonnement, suivi).

2. Biologie, écologie et génétique de l'apron du Rhône

L'apron est un poisson, de petite taille (généralement 15 à 20 cm), endémique du bassin du Rhône. Il vit exclusivement sur le fond (benthique), ne possède pas de vessie natatoire et présente un comportement discret, principalement nocturne et territorial. Peu mobile, il se déplace généralement sur de courtes distances, bien que des migrations ponctuelles de plusieurs kilomètres aient été documentées. Son régime alimentaire est constitué essentiellement d'invertébrés aquatiques benthiques, en particulier de larves d'éphéméroptères, de diptères et de trichoptères.

⁵ En 2011, plusieurs ONG ont déposé une plainte auprès du Conseil de l'Europe pour dénoncer une possible violation de la Convention de Berne concernant l'apron du Rhône dans le Doubs. Sur la base d'une expertise internationale, le Comité permanent de la Convention de Berne a, en 2013, émis plusieurs recommandations visant à assurer la survie de l'apron dans le Doubs. En réponse, l'Office fédéral de l'environnement a développé en collaboration avec les cantons de Neuchâtel et du Jura et de l'Office fédéral de l'énergie ainsi qu'en concertation avec les ONG et le Parc Naturel Régional du Doubs, le Plan d'action national en faveur du Doubs (PAND).

L'apron fréquente des rivières de taille moyenne, à substrat grossier (galets, graviers), présentant une alternance de radiers et de fosses profondes. D'un point de vue typologique, il se situe typiquement à l'interface des zones à ombre et à barbeau.

La reproduction a lieu une fois par an, entre février et mai, lorsque la température de l'eau atteint environ 8 à 12 °C. Les œufs sont déposés sur des substrats grossiers propres et non colmatés. Sur le Doubs, aucune frayère ni activité de reproduction n'ont jamais été observés.

Les analyses génétiques ont permis d'identifier plusieurs unités de gestion distinctes à l'échelle du bassin du Rhône. Elles ont mis en évidence au niveau de la population du Doubs :

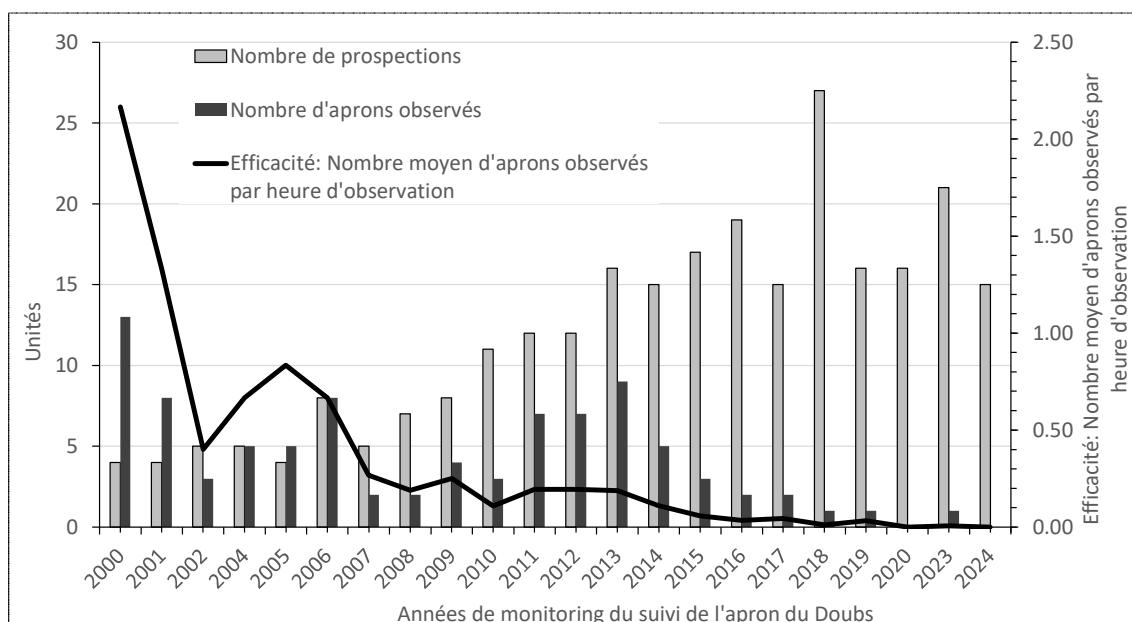
- Une différenciation génétique par rapport aux autres populations du bassin du Rhône.
- une diversité génétique parmi les plus faibles du bassin du Rhône avec un effectif efficace très réduit (nombre très faible d'individus différents contribuant à la reproduction) ;
- des signes avérés de fractionnement et d'isolation démographique.

Bien qu'il ne soit pas totalement établi si l'appauvrissement génétique est une cause ou une conséquence du déclin de la population du Doubs, cette situation augmente le risque de consanguinité, limite la capacité d'adaptation de la population et constitue un facteur de vulnérabilité.

3. Distribution des populations dans le bassin du Rhône

À l'échelle du bassin du Rhône, l'apron est actuellement présent dans plusieurs sous-bassins français (Durance, Ardèche, Verdon, Loue), avec des situations démographiques contrastées. La population de la Durance se distingue par une étendue spatiale importante et par une diversité génétique élevée, tandis que d'autres populations présentent des signes de fragilisation. La population d'aprons de la Drôme, considérée comme éteinte au début des années 2000, a fait l'objet d'une tentative de réintroduction entre 2006 et 2018. Les résultats sont mitigés.

En Suisse, Historiquement, l'apron occupait environ 40 km du Doubs jurassien et franco-suisse. Depuis les années 1980, son aire de répartition et ses effectifs ont continuellement régressés. Les suivis montrent que la densité de population a diminué plus rapidement encore que l'aire de distribution, suggérant une population résiduelle extrêmement fragile.



Effort de prospection/résultats des observations d'aprons pour la période de monitoring 2000-2024 pour le Doubs suisse. Source : Aquarius, 2024.

4. Analyse des pressions et menaces

Bien que les causes précises de la régression de l'apron du Doubs ne soient pas clairement identifiées (causes multifactorielles), l'identification et l'évaluation des menaces qui pèsent constituent un préalable à toute démarche de repeuplement. Pour le Doubs, les pressions principales sont synthétisées dans le tableau ci-après :

Identification de la menace	Evaluation de la menace
Qualité de l'habitat	
Atteintes écomorphologiques	Faible à moyenne
Régime de charriage, qualité du substrat	Moyenne à forte*
Déficits de connectivité longitudinale	Moyenne à forte*
Travaux dans le lit du cours d'eau	Faible
Régime hydrologique	Faible
Qualité de l'eau	Faible à forte*
Appauvrissement génétique	Moyenne à forte
Pathogènes	Faible
Espèces invasives	Faible
Activités récréatives et de loisirs	Faible

Identification et évaluation des principales menaces à la conservation de l'apron du Doubs. * Actions d'amélioration et d'assainissement en cours ou/et projetées.

5. Faisabilité d'un programme de repeuplement

L'étude a évalué la faisabilité d'un programme de repeuplement visant la conservation d'une partie de la spécificité génétique de l'apron du Doubs. Elle repose ainsi sur :

- La femelle du Doubs capturée en 2023 ;
- des croisements contrôlés avec des mâles issus d'autres populations (notamment la Durance) ;
- la production et la réintroduction d'individus hybrides conservant une part du patrimoine génétique du Doubs.

La femelle capturée dans le Doubs lors de l'été 2023 a été transférée dans les aquariums d'Aquatis (Lausanne, CH). Une première reproduction a été provoquée au printemps 2024 entre la femelle capturée dans le Doubs et des mâles originaires de la Durance. Cette opération a permis d'obtenir environ 300 juvéniles hybrides ( Doubs x  Durance), démontrant la faisabilité technique de l'élevage. Des recommandations ont dans ce cadre pu être formulées, notamment les schémas de croisement à privilégier entre l'apron capturé en 2023, sa descendance et d'autres souches du bassin du Rhône afin d'optimiser la diversité génétique et minimiser la consanguinité. Dans ce cas toutefois, il est primordial que le nombre de générations en captivité soit aussi faible que possible afin de limiter l'effet de domestication et conserver le potentiel d'adaptation aux conditions naturelles. D'autres points concernant le périmètre de réintroduction, le stade de développement préconisé pour le repeuplement, la quantité d'hybrides à réintroduire ainsi que durée du programme ont également été soigneusement étudiés, avec l'appui de l'expérience française de réintroduction menée sur la rivière Drôme.

Le coût total de ce programme de repeuplement a été calculé pour une durée de 15 ans. Il a été estimé à CH 1'800'000.00 (HT) (+/- 20%).

Les risques liés à la mise en œuvre de ce programme existent et ont été évalués. Bien que subsistent des incertitudes sur la survie et la viabilité à long terme de ces hybrides dans le Doubs, ces risques ont été considérés comme acceptables.

Parallèlement au programme de repeuplement, il est nécessaire de réaliser un suivi d'efficacité. Les résultats obtenus lors de ce suivi doivent permettre au besoin d'adapter le programme (quantité d'individus relâchés, sites, etc.), d'apporter des informations sur la réussite du programme et sur les facteurs déterminants pour l'apron.

6. Conclusion

Compte tenu de l'état critique de la population d'aprons du Doubs, l'étude conclut que la seule option de conservation encore envisageable repose sur un programme de repeuplement. En raison de sa très faible diversité génétique, le danger que son adaptabilité future à des conditions environnementales changeantes soit réduite est également considéré comme important. Par conséquent, le repeuplement à partir d'une souche hybride apparaît comme la dernière option réaliste pour tenter de reconstituer une population viable, tout en préservant partiellement le patrimoine génétique de la souche du Doubs. Cette stratégie est temporellement conditionnée par l'espérance de vie limitée de l'apron capturé en 2023 et de sa descendance. Cette situation impose donc un choix ainsi qu'une mise en œuvre rapides.

Si la faisabilité technique du programme de repeuplement étudiée est démontrée, il subsiste néanmoins des risques ainsi que des incertitudes qui ne permettent pas de garantir sa réussite. S'il est validé, ce programme devra être accompagné par un suivi d'efficacité contrôle des effets.

En conclusion, au regard de l'évaluation des risques, de l'opportunité génétique de dernier recours qui se présente et des coûts estimés, l'étude recommande de mettre en œuvre la stratégie de conservation proposée. Le succès du programme dépendra également étroitement de la poursuite des mesures d'amélioration de l'écosystème, d'une coopération transfrontalière et d'un engagement à long terme des autorités compétentes.

Cette étude a été soumise à des experts externes, ainsi qu'au canton de Jura et aux ONG, pour évaluation. Les appréciations et remarques formulées sont disponibles dans un document séparé.