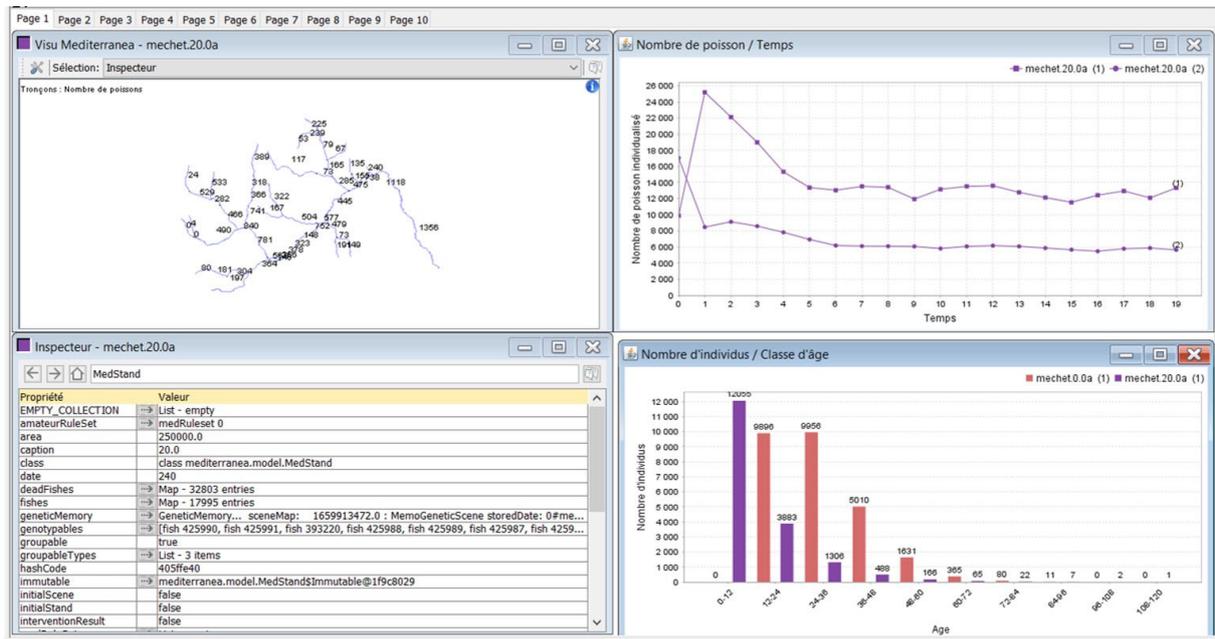


ANALYSE DE VIABILITE DE LA POPULATION DE TRUITES DU BASSIN VERSANT DU MECHET (71)



SOMMAIRE

Introduction.....	2
1 L'analyse de viabilité des populations : pourquoi - comment ?.....	3
1.1 Qu'est-ce qu'une analyse de viabilité	3
1.2 Les différents outils disponibles et choix du modèle MEDITERRANEA	3
2 Présentation et paramétrage du modèle Méchet/MEDITERRANEA.....	4
2.1 Réseau hydrographique	5
2.2 Continuité piscicole	6
2.3 Régime thermique	8
2.4 Croissance.....	9
2.5 Population initiale	9
2.6 Reproduction.....	11
2.7 Survie par défaut	11
2.8 Migration / Dispersion.....	13
2.9 Validation des paramètres du modèle	13
3 Les aléas et scénarios testés	14
4 Résultats discutés	16
4.1 Viabilité de la population à moyen termes (50 ans)	16
4.2 Importance des affluents et de la zone amont	18
4.3 Risques liés aux assecs et dégradation thermique identifiés.....	19
4.4 Effet de la baisse du recrutement en juvéniles	20
5 Synthèse / Conclusion	21

Liste des figures

Figure 1: synthèse des principales données disponibles et utilisées pour la calibration du modèle Méchet.	5
Figure 2: Visualisation du découpage du réseau hydrographique du Méchet en 52 tronçons dans le modèle.	6
Figure 3: Visualisation des 36 « seuils » de jonction entre les tronçons du Méchet dans le modèle.	6
Figure 4: Localisation des 7 ouvrages concernés par la problématique de franchissabilité piscicole sur le Méchet. Les deux nombres correspondent à indice de montaison/indice de dévalaison.	7
Figure 5: Présentation des caractéristiques thermiques observée (A et B) et des paramètres de calibration du régime thermique dans le modèle.	8
Figure 6: Présentation des données de croissance observée (B) et des paramètres de calibration de la croissance dans le modèle.	9
Figure 7: Visualisation dans le modèle de la répartition de la population initiale de truites par tronçon (carte), et par taille et par âge (graphiques).	10
Figure 8: Présentation des paramétrages de la reproduction dans le modèle.	11
Figure 9: Présentation des stades et phases de vie utilisés dans le modèle au cours du temps et des taux de survie définis par défaut à partir de la bibliographie. En vert, un exemple de calcul du nombre d'individus restant à chaque stade à partir de 1000 œufs.	12
Figure 10: Présentation des paramétrages de la survie dans le modèle.	12
Figure 11: Présentation des paramétrages de migration et de dispersion des individus dans le modèle.	13
Figure 12: Courbe d'évolution sur 50 ans de la population totale de truites obtenus à partir des paramétrages de base du modèle.	13
Figure 13: Carte des linéaires impactés par des conditions thermiques et hydrologiques défavorables.	15
Figure 14: Evolution du nombre total de truites sous les trois scénarios : A : sans aléas (référence), B : aléas d'intensité décennale répétés tous les 10 ans, C : aléas d'intensité centennale.	17
Figure 15: Visualisation de l'intervention réalisée dans le modèle pour tester le scénario perte d'habitat sur les affluents.	18
Figure 16: Visualisation de l'intervention réalisée dans le modèle pour tester le scénario perte d'habitat sur les affluents et l'amont du Méchet.	19
Figure 17: Carte des tronçons thermiquement et hydrologiquement impactés et retranscription spatiale dans le modèle.	20
Figure 18: Evolution du nombre total de truites obtenu avec différentes valeurs de surmortalité au stade 0+.	21

Liste des tableaux

Tableau 1: Temps de résilience et abondance moyenne obtenues pour les différents scénarios.	16
Tableau 2: Nombre de truites et taux de perte obtenus pour le scénario « perte totale d'habitat sur les affluents ».	18
Tableau 3: Nombre de truites et taux de perte obtenus pour le scénario « perte totale d'habitat sur les affluents et l'amont du Méchet ».	19
Tableau 4: Nombre de truites et taux de perte obtenus pour le scénario « changement climatique court terme ».	20

Introduction

La biologie de la conservation est un champ scientifique pluri-disciplinaire qui s'attache à mettre en œuvre des démarches, moyens et outils destinés à promouvoir, conserver et restaurer la diversité biologique. Il s'agit d'une science relativement récente qui s'est construite au cours de ces 35 dernières années pour faire face à l'érosion croissante de la biodiversité.

Elle est aujourd'hui incontournable pour travailler sur l'adaptation et le devenir des populations et des espèces face à la modification rapide des habitats provoquée par le changement climatique.

Elle aborde des questions très opérationnelles et développe des démarches scientifiques rigoureuses et collaboratives en faisant travailler ensemble les gestionnaires et les biologistes de la conservation.

L'analyse de viabilité de population (AVP) ou PVA en anglais pour population viability analysis, est un processus d'analyse couramment utilisé en biologie de la conservation pour étudier les probabilités d'extinction des populations ou espèces et mieux quantifier les risques et menaces qui pèsent sur les populations. L'AVP fait appel à des outils de modélisation qui se sont particulièrement développés depuis les années 1990 et bénéficie en permanence des progrès informatiques et du développement des modèles.

Ces outils sont très utilisés pour définir les statuts de conservation des espèces (IUCN) ou pour construire les plans de conservations des espèces menacées (grands mammifères terrestres, cétacés, oiseaux...). Ils sont en revanche peu ou pas connus de la majorité des gestionnaires qui travaillent sur des espèces plus communes ou moins emblématiques. Pourtant l'AVP n'est pas réservée aux espèces en déclin ou fortement menacées, au contraire, elle est particulièrement adaptée à une utilisation plus routinière dans la gestion des populations naturelles. C'est notamment le cas pour les espèces aquatiques et les poissons en particulier qui présentent à la fois des enjeux écologiques et récréatifs voire économique et dont la vulnérabilité des populations se pose en raison des diverses pressions qui peuvent les menacer.

La Fédération de Saône-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique a souhaité initier une démarche d'AVP sur la population de truites du Méchet. Le bassin versant présente une superficie de 94 km² avec un cours principal de 24km et plusieurs affluents d'importance. Cette population a fait l'objet de nombreuses études, en particulier depuis 2016 qui ont permis d'apporter des informations précises sur la démographie, la répartition spatiale des abondances, la croissance, la génétique. Des investigations sur le milieu ont été également menées permettant de préciser l'importance de certains habitats, d'inventorier les ouvrages et d'identifier des linéaires impactés par les élévations de températures et les réductions de débits.

Cette note technique présente la démarche d'AVP réalisée et les résultats obtenus. Ce travail a été l'occasion également d'utiliser la dernière version du modèle MEDITERRANEA sous Capsis co-développé par l'UMR ECOBIOP et SCIMABIO Interface dans le cadre d'un travail de thèse en partenariat avec l'OFB.

1 L'analyse de viabilité des populations : pourquoi - comment ?

1.1 Qu'est-ce qu'une analyse de viabilité

L'Analyse de Viabilité de Population (AVP), plus communément appelé PVA pour Population Viability Analysis, consiste à étudier le degré de menace qui pèse sur une ou plusieurs populations. Elle analyse l'évolution au cours du temps des caractéristiques démographique et/ou génétique des populations en les soumettant à différents aléas (ex : mortalité extrême, perte d'habitats, fragmentation, réduction du succès reproducteur,...).

Concrètement, il s'agit d'utiliser un outil de type modèle de dynamique de population qui s'appuie sur les données disponibles (ex : abondance, répartition des individus) et les caractéristiques propres de la population étudiée (ex : croissance, survie) pour simuler différents risques qui peuvent intervenir au cours du temps. Cet outil permet également d'étudier des scénarios de gestion par simulation pour anticiper les effets d'actions qui seraient mises en place. Il joue alors un rôle d'aide à la réflexion et à la décision pour élaborer les plans de gestion ou de conservation des populations.

Il s'agit d'une démarche qui s'est imposée dans le domaine de la biologie de la conservation pour estimer les probabilités d'extinction et établir les plans de conservation et de restauration des populations ou espèces menacées.

Malgré son grand intérêt opérationnel pour la gestion des populations, l'AVP reste en France peu connue par les gestionnaires et donc rarement utilisée.

Ces outils pourraient être couramment utilisés dans le domaine de la gestion piscicole, car ils sont particulièrement bien adaptés aux problématiques rencontrés par les gestionnaires.

C'est le cas notamment pour des espèces comme la truite commune dont les connaissances sur son écologie et la dynamique des populations sont suffisamment abondantes pour bien paramétrer les modèles. De plus, les gestionnaires disposent souvent de nombreuses données collectées sur les populations (abondances, croissance, génétique) et les milieux (qualité, fragmentation, zone de reproduction,...) permettant de caler de manière fiable et réaliste les paramètres initiaux.

L'AVP sur les populations de truites mériterait d'être plus systématiquement utilisée préalablement à l'établissement des plans de gestion. A notre connaissance, outre le présent travail sur le Méchet, on ne trouve que 3 exemples rapportés et disponibles, sur le bassin de la Chevreuse (78), sur le Chevenne (74) et sur l'Artoise (02).

1.2 Les différents outils disponibles et choix du modèle MEDITERRANEA

Pour faciliter les démarches d'AVP par les biologistes de la conservation, plusieurs logiciels dédiés ont été développés à partir du milieu des années 90. Parmi les plus couramment utilisés on peut citer les logiciels RAMAS, VORTEX, NoBones, ULM, PopTools et Popbio. Tous présentent leurs avantages et leurs inconvénients et même s'ils peuvent en principe être appliqués à toutes les espèces, aucun n'a été spécifiquement conçu pour étudier les populations de truites et prendre en compte les particularités inhérentes aux réseaux hydrographiques (arborescence, fragmentation, gradient thermique,...).

Plus récemment, un modèle de démo-génétique appelé BIDASOA a été développé par Jacques Labonne de l'UMR ECOBIOP (INRAE/UPPA). Il est spécifiquement dédié aux populations de truites et adapté aux diverses situations rencontrées par les gestionnaires piscicoles. Bien qu'il ne s'agisse pas à l'origine d'un outil d'AVP proprement dit, ces fonctionnalités nombreuses permettent de l'utiliser

comme tel. C'est d'ailleurs ce logiciel qui a été utilisé pour réaliser l'AVP sur la population de truites du Chevenne en Haute-Savoie.

Sur la base de BIDASOA, un travail de développement conjoint entre l'UMR ECOBIOP et SCIMABIO Interface a été initié à partir de 2012 pour mettre au point un nouvel outil opérationnel appelé MEDITERRANEA développé sous la plateforme CAPSIS-4. L'objectif premier était d'intégrer dans le modèle des processus de biologie évolutive, notamment des isolements entre les souches méditerranéennes natives et les souches atlantiques introduites par les repeuplements pour créer un outil d'aide à la gestion des populations natives méditerranéennes.

Après 10 années de collaboration et le travail de deux thèses, le modèle est aujourd'hui dans sa phase finale d'utilisation opérationnelle. Bien qu'il a été développé pour modéliser les interactions entre les souches méditerranéennes et atlantiques, toutes ses fonctionnalités peuvent aussi être utilisées en mode génétiquement neutre pour mener des AVP et simuler des scénarios d'actions sur des populations naturelles de truites atlantiques.

C'est donc le modèle MEDITERRANEA qui a été utilisé pour réaliser l'AVP de la population de truites du Méchet car il présente plusieurs avantages :

- Une interface avec une spatialisation explicite et réaliste qui représente exactement l'arborescence du réseau hydrographique étudié et permet de prendre en compte les problèmes de continuité piscicole posés par les ouvrages ;
- Une intégration plus fine des comportements et de la variabilité individuelle concernant notamment des mécanismes clés comme la reproduction, la croissance, la migration, la dispersion.
- Une optimisation de fonctionnement pour aborder des questions très appliqués en rapport avec la gestion des populations de truites.
- Une adaptation aux réalités des gestionnaires que sont les FDPPMA et les AAPPMA permettant d'intégrer les données réelles disponibles (démographies, thermie, génétique, scalimétrie), les spécificités halieutiques et de la réglementation (réserves de pêche, parcours no-kill, taille limite de captures différentes et fourchette de capture) et des actions de gestion (repeuplements, suppression d'ouvrages,...).

2 Présentation et paramétrage du modèle Méchet/MEDITERRANEA

La FDPPMA a réalisé depuis plusieurs années différentes campagnes de collectes de données sur l'ensemble du bassin du Méchet permettant de disposer de connaissances initiales fiables à la fois sur la population de truites et sur les caractéristiques du milieu et la qualité des habitats. Sur le Méchet la quantité et la finesse des données disponibles sont particulièrement importantes. Ces informations ont été primordiales pour caler les paramètres initiaux du modèle afin qu'il soit le plus fidèle possible par rapport à la situation observée. On peut lister notamment :

- Une étude génétique sur le cours principal en 2016 puis sur les affluents en 2019 qui a permis de préciser les niveaux de flux de gènes sur le bassin et de renseigner dans le modèle la franchissabilité des ouvrages existants.
- Des données d'abondances historiques ponctuelles sur 5 stations complétés par une étude plus globale de répartition de la population sur l'ensemble du réseau réalisée en 2001.
- Une étude scalimétrique en 2019 qui a permis de paramétrer précisément la courbe de croissance des individus.

- Au niveau thermique, plusieurs données estivales et une station de suivi annuel a permis de calibrer le régime thermique du modèle.
- Un inventaire exhaustif des ouvrages transversaux 2018 et relevé des zones d'assec en 2019 et 2020

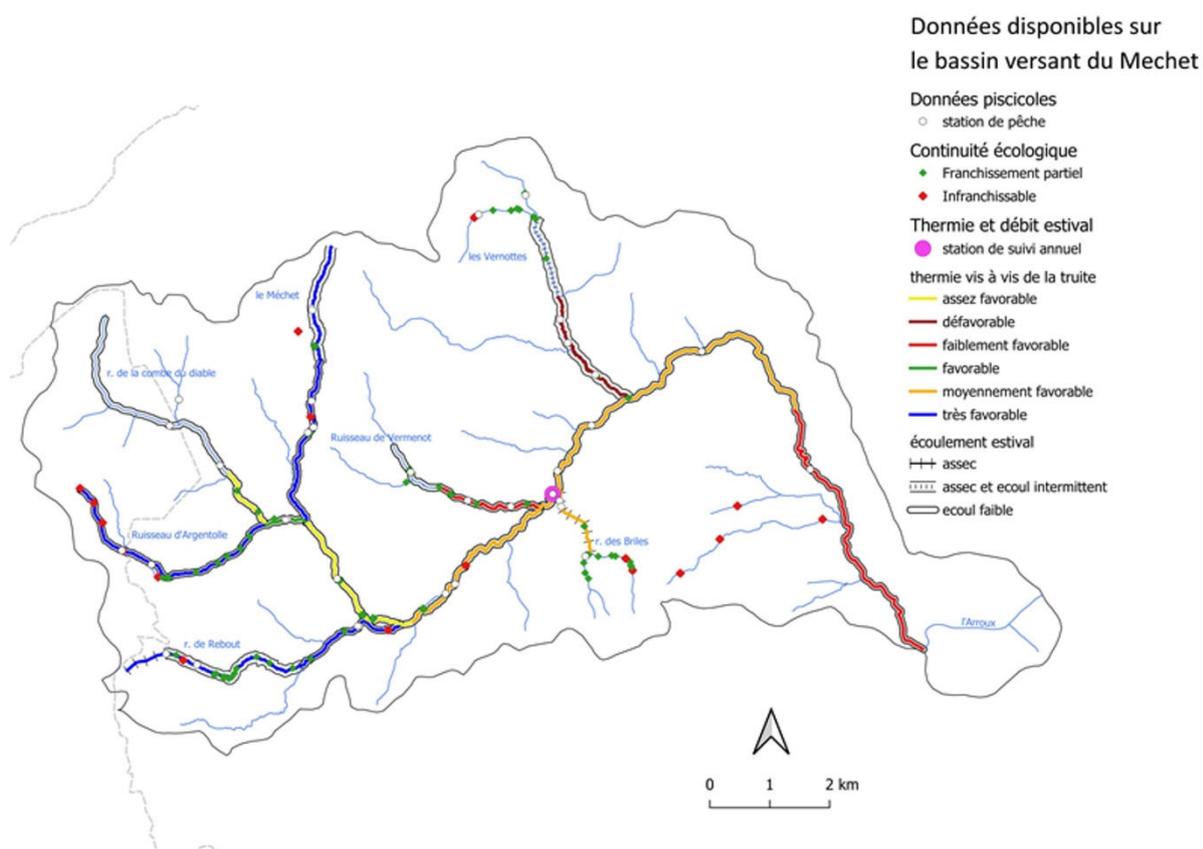


Figure 1: synthèse des principales données disponibles et utilisées pour la calibration du modèle Méchet.

2.1 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du Méchet est fidèlement représenté dans l'interface du modèle. A partir des caractéristiques des cours d'eau, le réseau du Méchet et de ses affluents a été découpé en 52 tronçons différents.

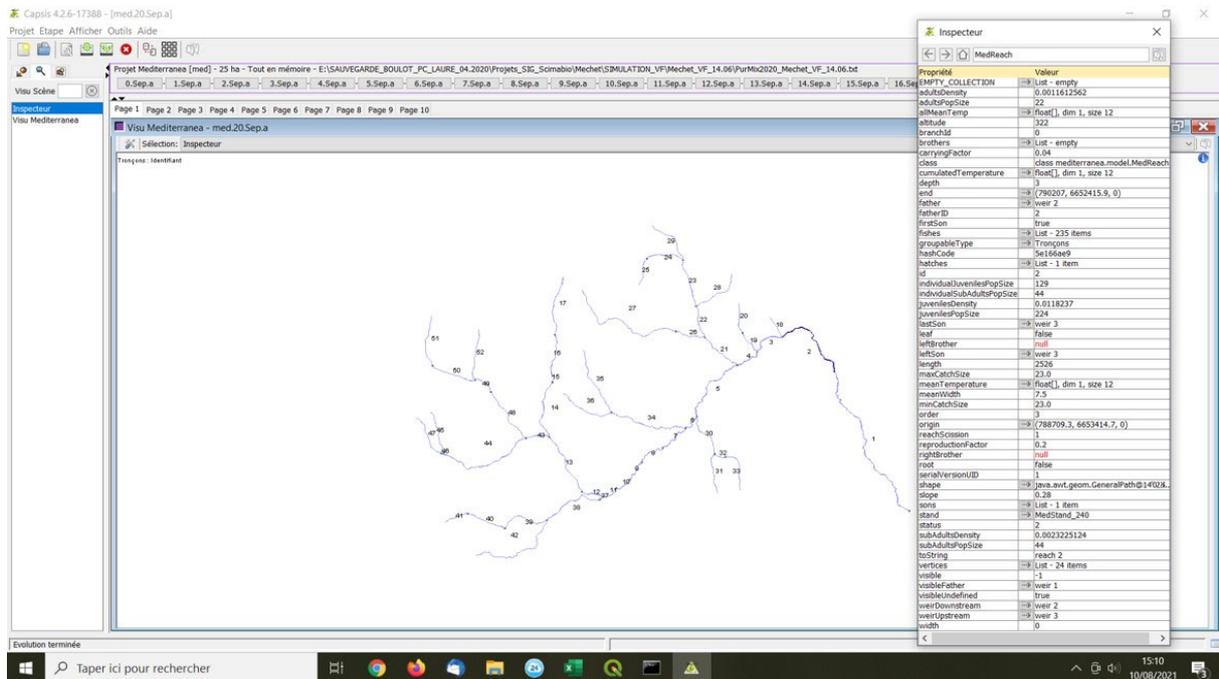


Figure 2: Visualisation du découpage du réseau hydrographique du Méchet en 52 tronçons dans le modèle.

2.2 Continuité piscicole

Pour le fonctionnement du modèle, chaque jonction de tronçons est obligatoirement matérialisée par un « seuil ».

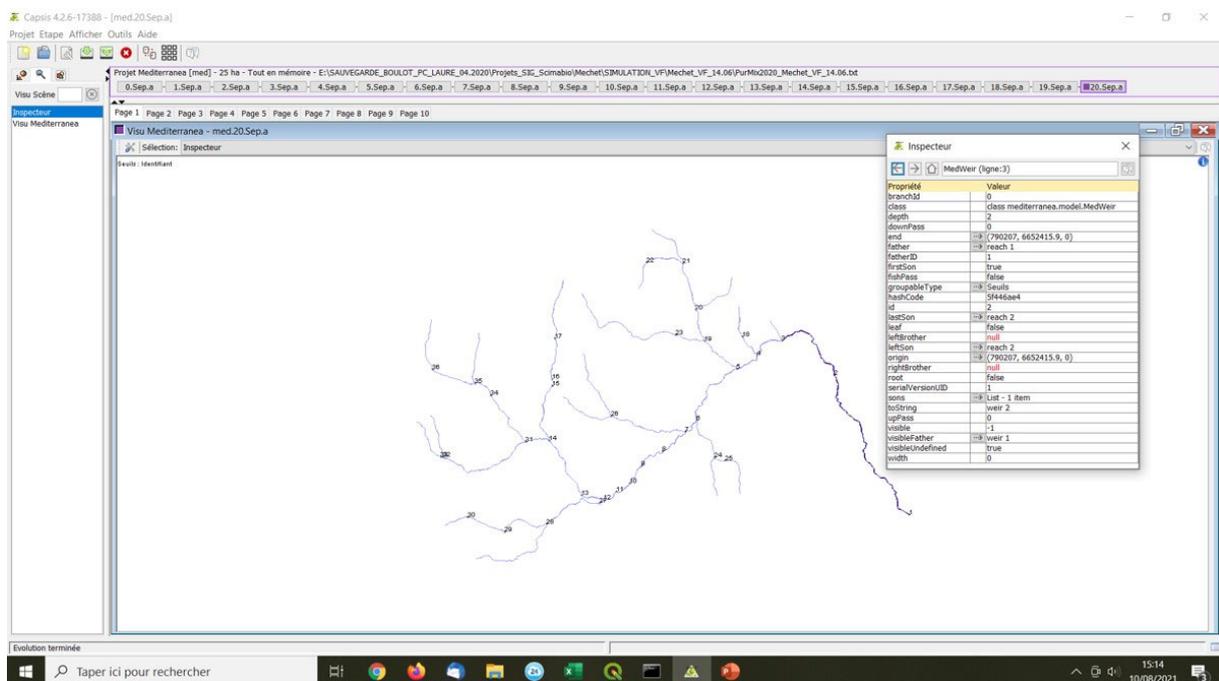


Figure 3: Visualisation des 36 « seuils » de jonction entre les tronçons du Méchet dans le modèle.

Ce découpage permet d'affecter un indice de franchissabilité piscicole pour la montaison et la dévalaison afin de retranscrire les conditions de continuité piscicole sur le bassin. L'indice est compris entre 0 et 100, 0 pour un « seuil » ne représentant aucun obstacle, 100 pour un obstacle totalement infranchissable.

A partir des résultats génétiques disponibles sur l'ensemble du bassin et des expertises de franchissabilité réalisées par la FDPPMA, des niveaux de franchissabilité supérieurs à 0 ont été définis dans le modèle Méchet pour 7 ouvrages existants (figure 4).

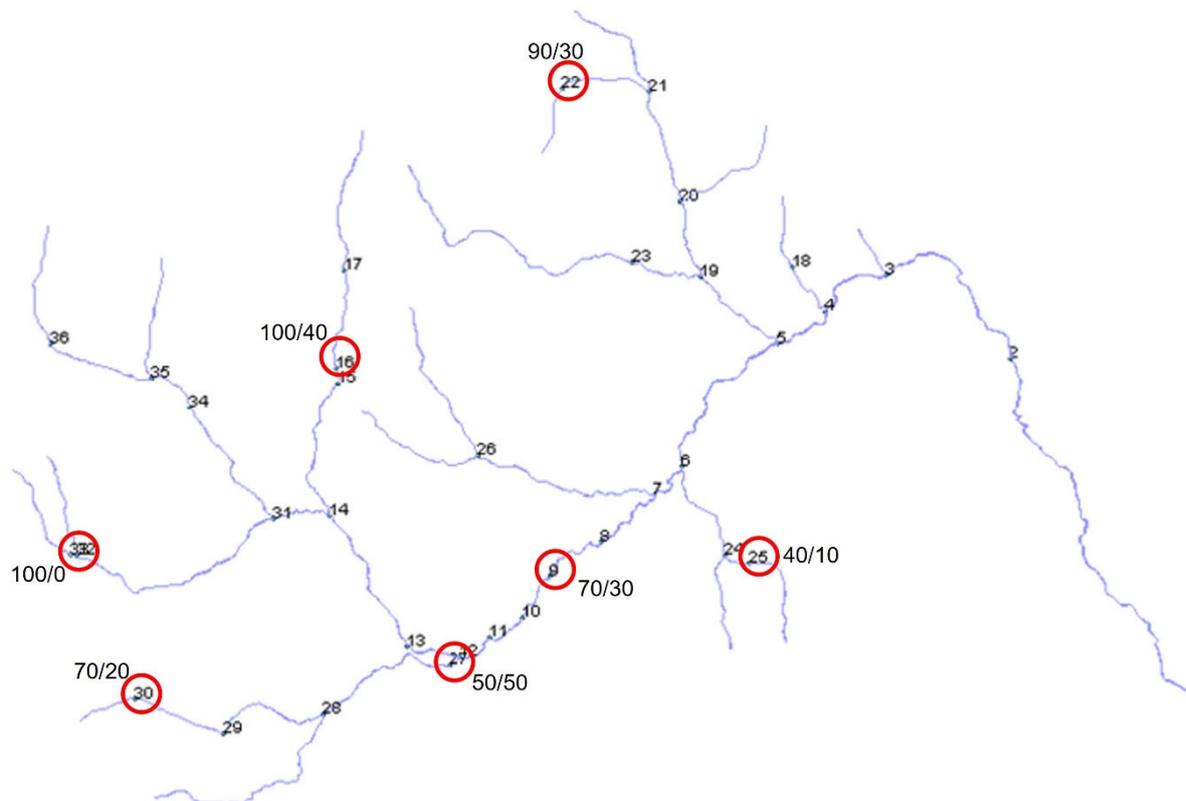


Figure 4: Localisation des 7 ouvrages concernés par la problématique de franchissabilité piscicole sur le Méchet. Les deux nombres correspondent à indice de montaison/index de dévalaison.

2.3 Régime thermique

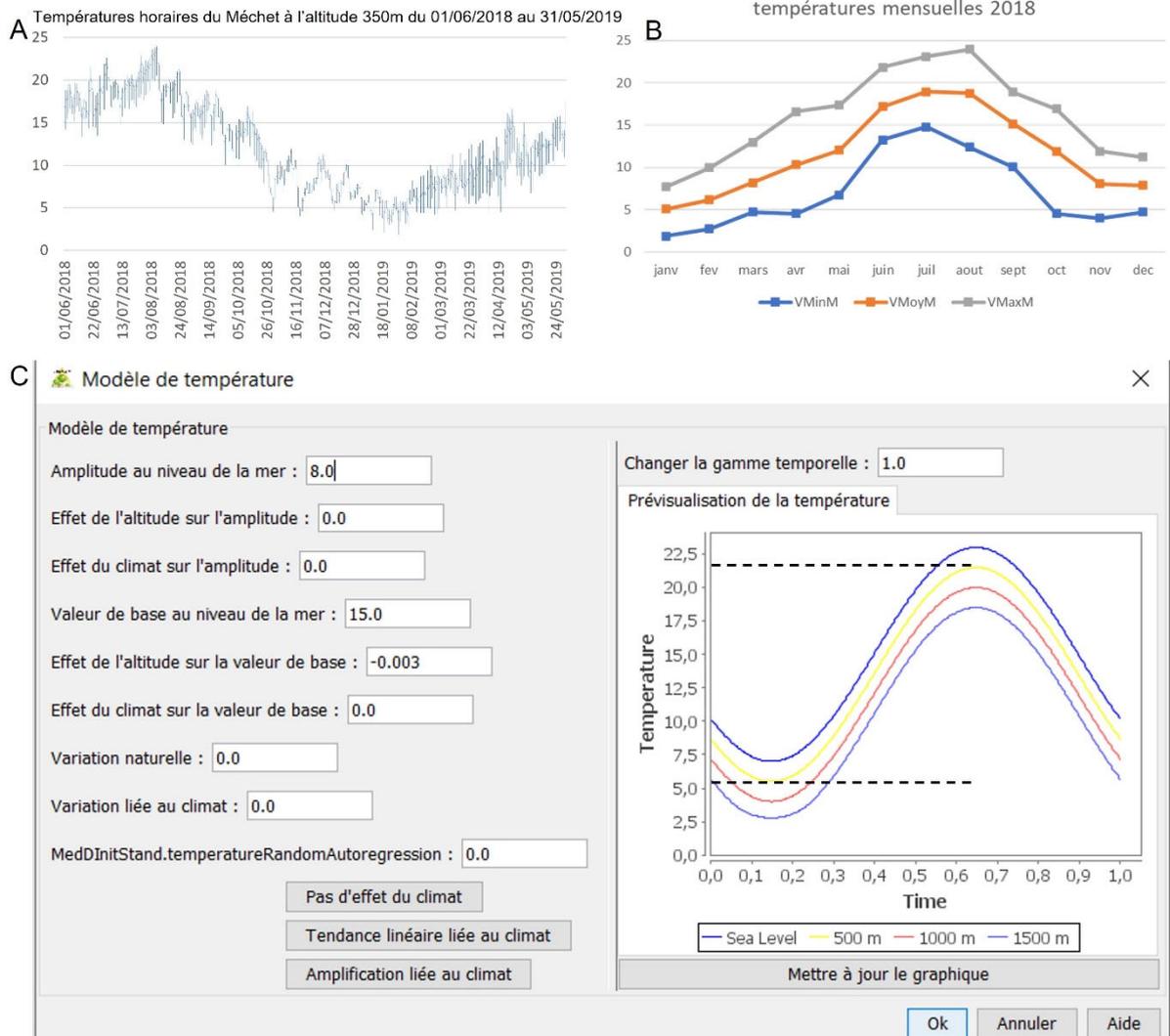


Figure 5: Présentation des caractéristiques thermiques observée (A et B) et des paramètres de calibration du régime thermique dans le modèle.

2.4 Croissance

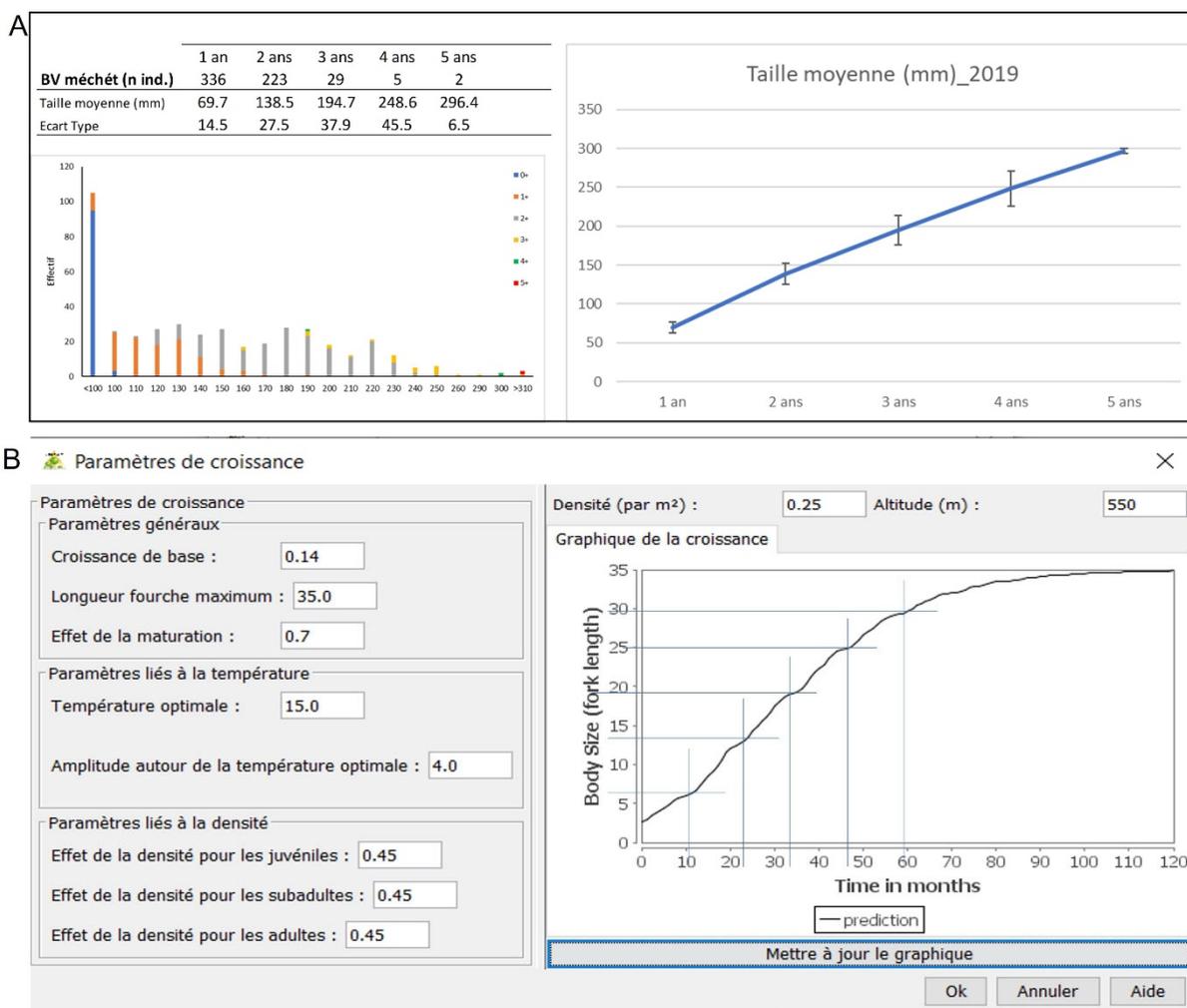


Figure 6: Présentation des données de croissance observée (B) et des paramètres de calibration de la croissance dans le modèle.

2.5 Population initiale

La population de truites initiale rentrée dans le modèle est élaborée selon la démarche suivante :

- 1) Une valeur de la densité maximale de truites possible sur le cours d'eau est fixée à partir des données disponibles et des connaissances des gestionnaires. Pour le Méchet cette valeur a été estimée à 50 individus/100m².
- 2) Un coefficient d'abondance allant de 0 à 1 est affecté à chaque tronçon toujours sur la base des données disponibles et des expertises. Ce coefficient multiplié par la densité maximale fixée préalablement permet d'obtenir la densité de truites à rentrer dans chaque tronçon. Ainsi, par exemple sur le Méchet, un tronçon ayant un coefficient de 0,5 aura une densité de truites de 25 individus/100m².
- 3) A partir de ces paramètres initiaux et de la courbe de croissance calibrée, un script R permet de générer pour chaque tronçon l'ensemble des individus en respectant les effectifs souhaités et les répartitions par classe de taille et d'âge telles qu'observées dans la population réelle. Tous les individus assignés à des tronçons constituent le fichier d'entrée de la population de truites dans le modèle.

Ainsi, la population initiale du Méchet rentrée dans le modèle, qui correspond à la population réelle estimée à partir des données d'abondance est composée d'environ 6774 juvéniles de l'année, 1714 subadultes et 765 adultes. La répartition spatiale et les caractéristiques démographiques sont présentées dans la figure 7.

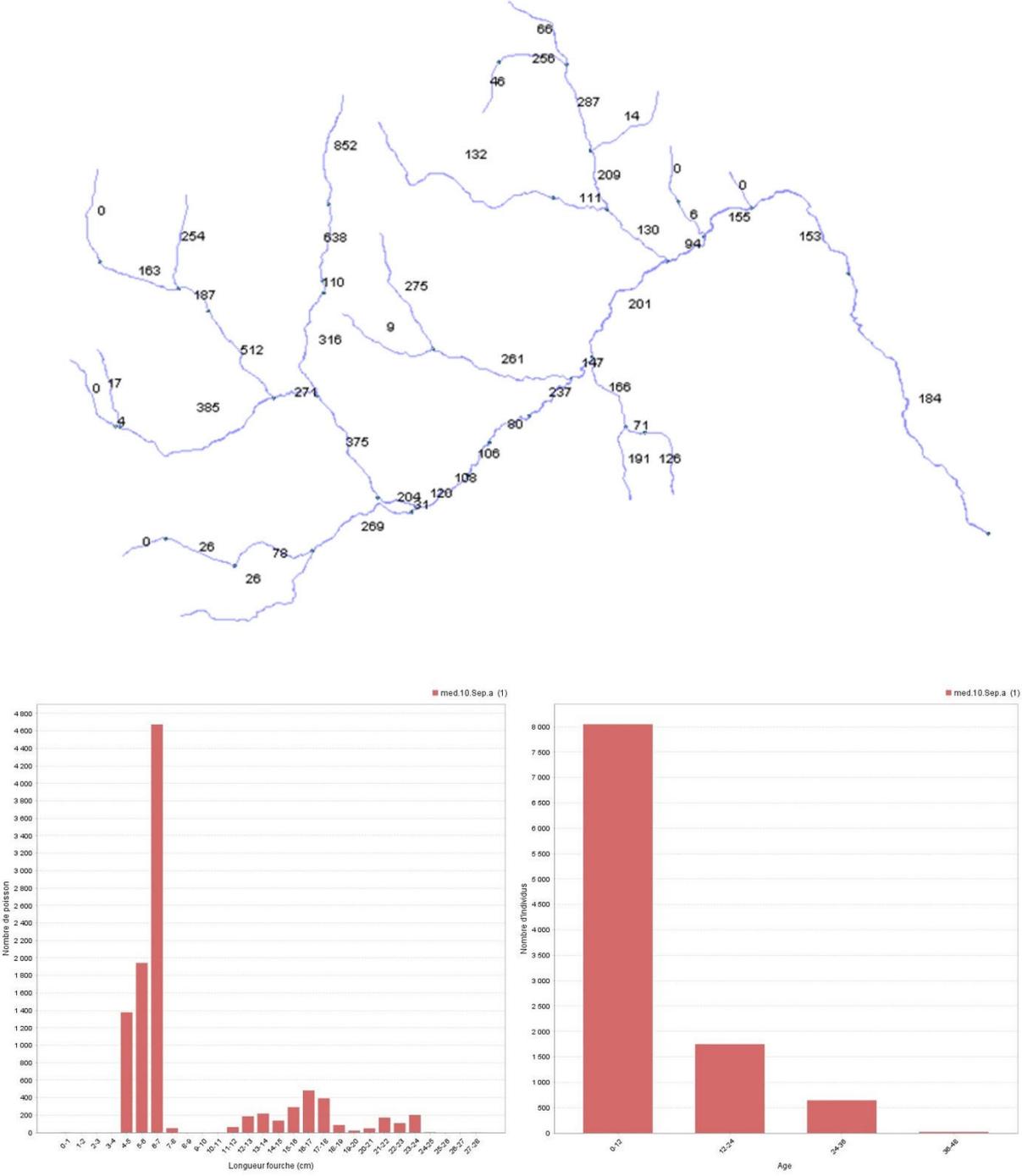


Figure 7: Visualisation dans le modèle de la répartition de la population initiale de truites par tronçon (carte), et par taille et par âge (graphiques).

2.6 Reproduction

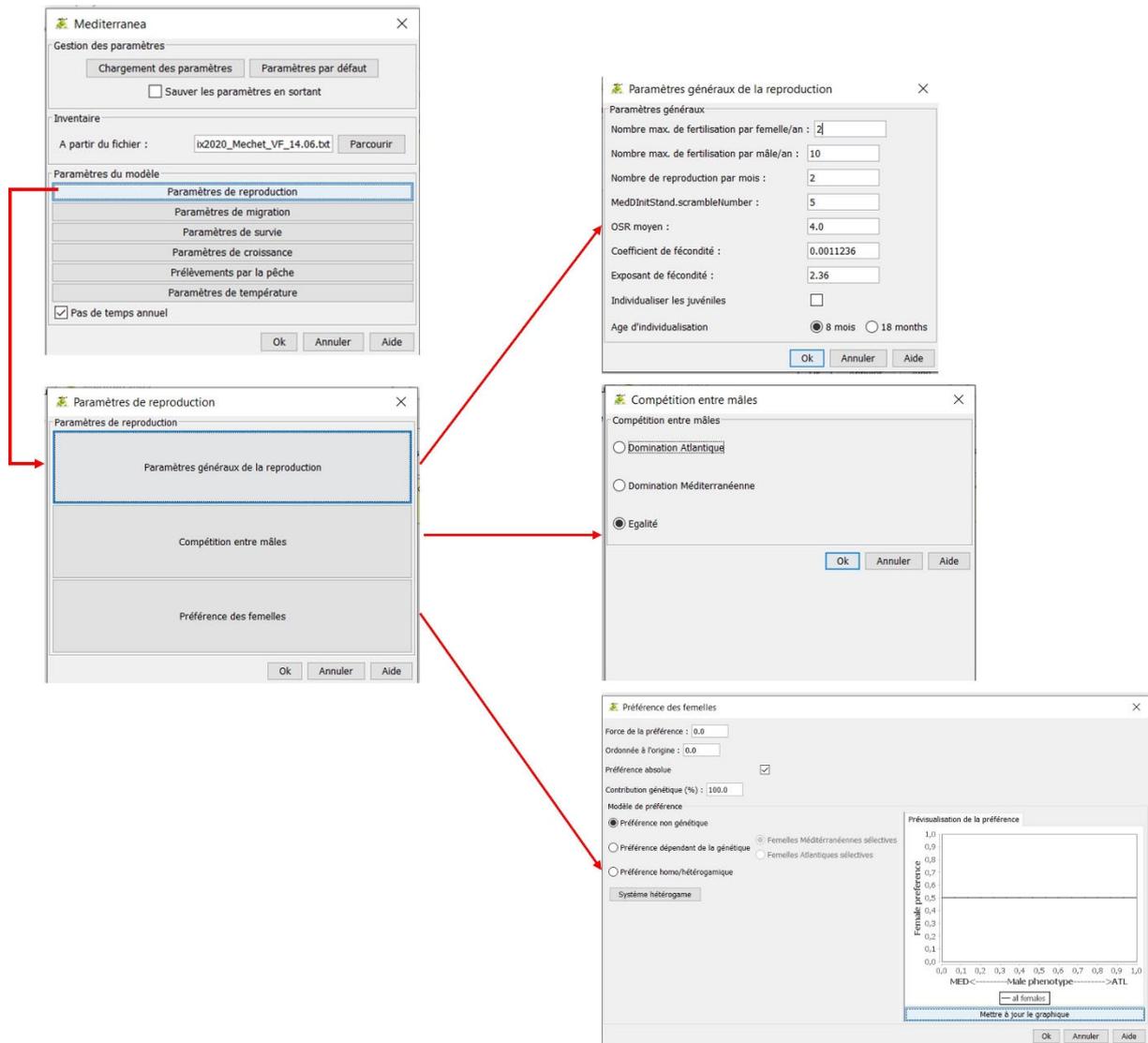


Figure 8: Présentation des paramétrages de la reproduction dans le modèle.

2.7 Survie par défaut

Des taux de survie entre chaque stade du cycle de vie ont été défini par défaut dans le modèle à partir des connaissances disponibles sur l'écologie de la truite. Toutes ces valeurs peuvent ensuite être modulées pour tester d'autres scénarios de mortalité.

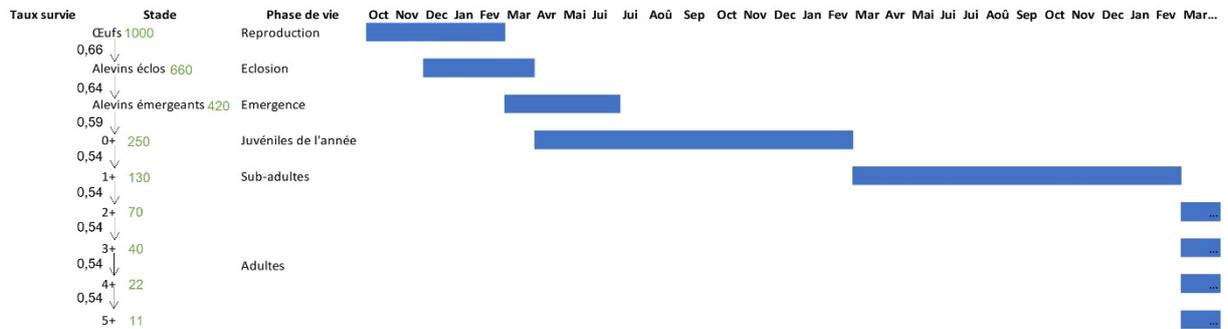


Figure 9: Présentation des stades et phases de vie utilisés dans le modèle au cours du temps et des taux de survie définis par défaut à partir de la bibliographie. En vert, un exemple de calcul du nombre d'individus restant à chaque stade à partir de 1000 œufs.

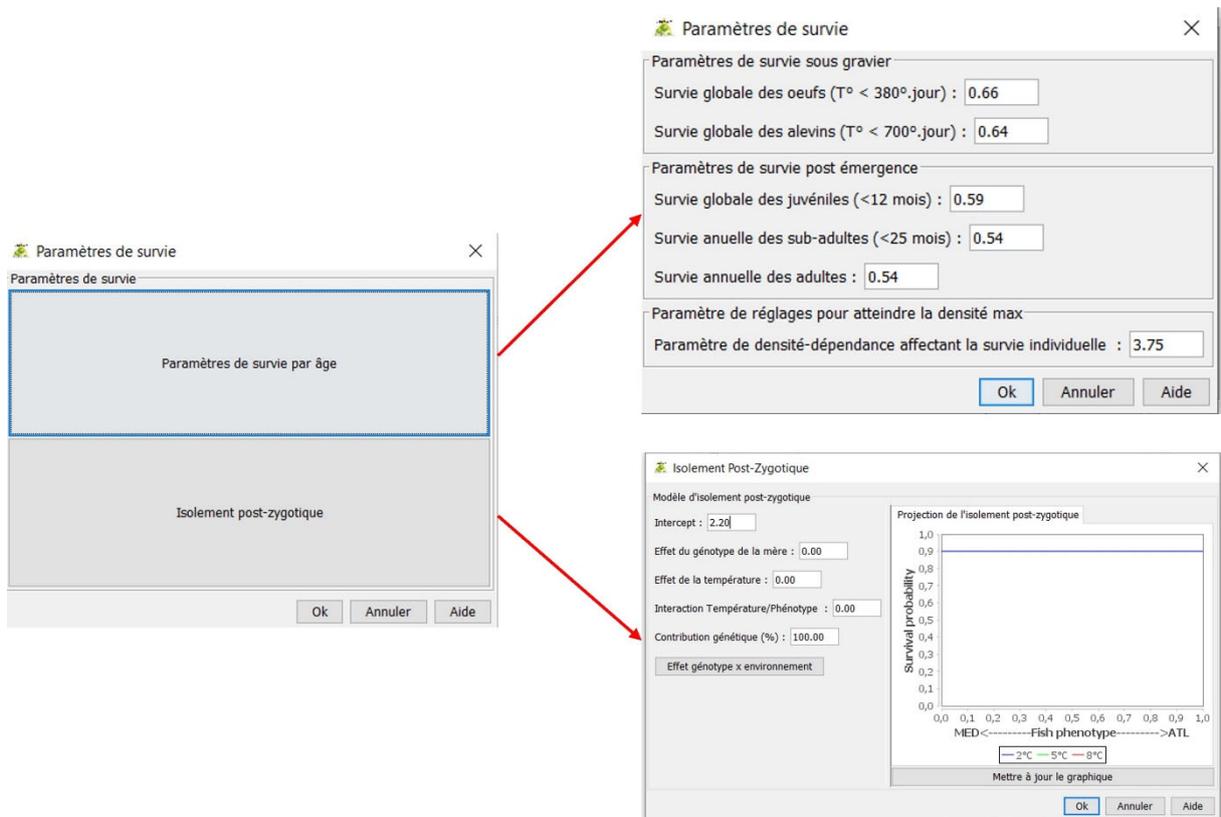


Figure 10: Présentation des paramétrages de la survie dans le modèle.

2.8 Migration / Dispersion

Paramètres de migration

Probabilités de mouvement durant la saison de croissance

Probabilité maximum de se déplacer pendant la saison de croissance : 0.2

Probabilité de se déplacer vers l'aval : 0.95

Densité maximale observée dans le réseau en ind/m2 : 0.5

Probabilités de mouvement durant la saison de reproduction

Probabilité de se déplacer pendant la saison de reproduction : 0.5

Probabilité de faire du "homing" si l'on se déplace : 0.8

Paramètres pour les poissons ne réalisant pas de "homing"

Distance maximum de migration (en nombre de tronçon) : 2

Migration amont

Migration amont avec sélection de l'habitat

Seuil de qualité d'habitat utilisé par les poissons pour choisir leur site de reproduction : 0.5

Ok Annuler Aide

Figure 11: Présentation des paramétrages de migration et de dispersion des individus dans le modèle.

2.9 Validation des paramètres du modèle

Les paramétrages du modèle ont été vérifiés en simulant l'évolution de la population sur 50 ans avec 30 réplicats. Les indicateurs démographiques obtenus à savoir, abondances globales, répartition spatiale dans les différents tronçons, répartitions par classes de tailles et d'âge restent globalement stables autour d'une variabilité naturelle. La population fluctue autour d'une taille stable (appelé capacité de support K) qui correspond à son abondance moyenne. L'ensemble des paramétrages réalisé permet de maintenir naturellement la population en restant fidèle à la situation observée.

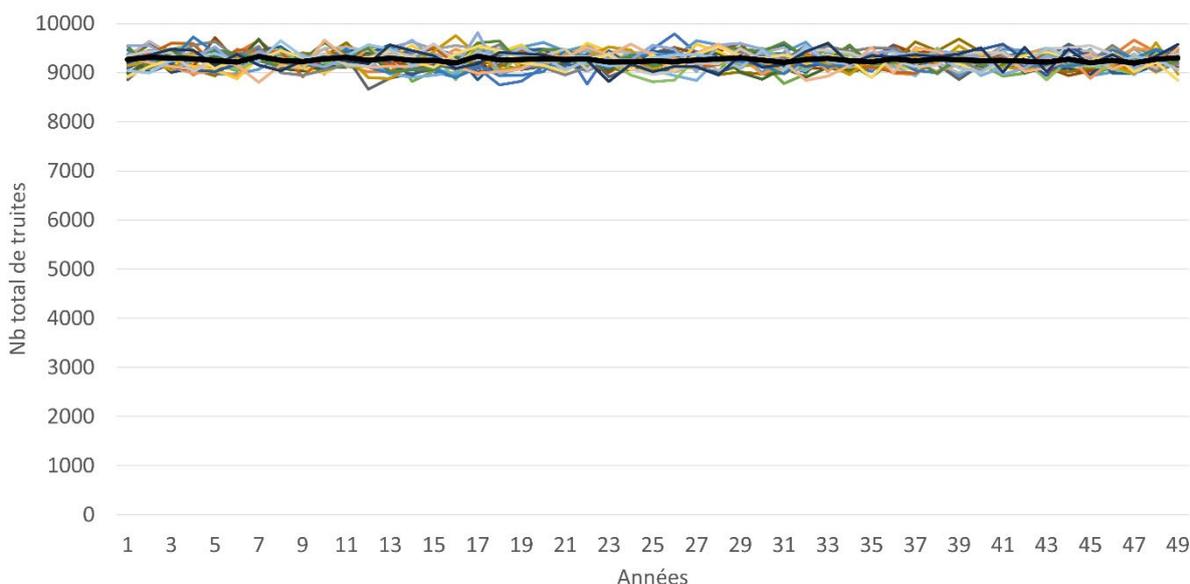


Figure 12: Courbe d'évolution sur 50 ans de la population totale de truites obtenus à partir des paramétrages de base du modèle.

3 Les aléas et scénarios testés

Différents scénarios ont été testés pour évaluer l'évolution future de la population sous différentes conditions environnementales et démographiques. Les simulations ont été conduites sur une durée de 50 ans, avec 30 réplicats à chaque fois.

Population de référence → 50 ans d'évolution sans aléas

Simulation de crues avec fortes mortalités → 10 ans d'évolution sans aléas puis

- 4 événements hydrologiques d'intensité décennale : 100% de mortalité au stade juvénile / 25% de mortalité aux stades subadultes et adultes à 10 ans d'intervalle.
- 1 événement hydrologique catastrophique d'intensité centennale : 100% de mortalité au stade juvénile / 80% de mortalité aux stades subadultes et adultes.

Importance des affluents et zone amont → 10 ans d'évolution sans aléas puis

- perte permanente des habitats et de la reproduction sur tous les affluents.
- perte permanente des habitats et de la reproduction sur tous les affluents et la zone amont du cours principal du Mechet.

Risques liés aux assecs et à la dégradation thermique → 10 ans d'évolution sans aléas puis perte permanente de l'habitat et de la reproduction sur les secteurs sensibles aux assecs et thermiquement peu favorable ou défavorable à la truite identifiés à partir des données disponibles (figure 13).

Ce scénario cherche à simuler une situation plausible à court terme en lien avec le changement climatique qui pourrait rapidement continuer à dégrader les conditions thermiques et hydrologiques sur les tronçons déjà impactés aujourd'hui.

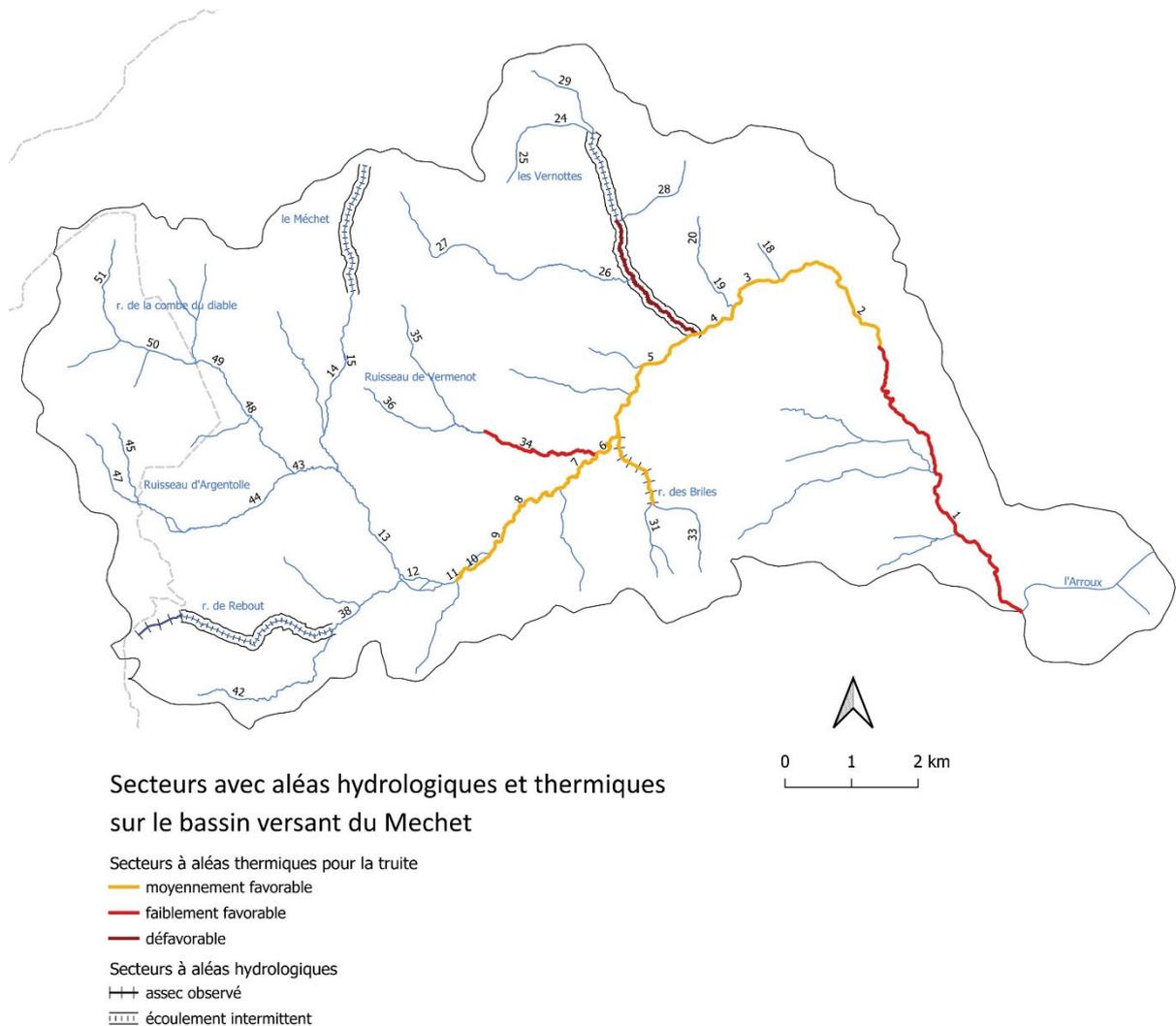


Figure 13: Carte des linéaires impactés par des conditions thermiques et hydrologiques défavorables.

Effets de la baisse du recrutement en juvéniles → 10 ans d'évolution sans aléas puis surmortalité de juvéniles récurrente chaque année de 10% ; 20% ; 30% ; 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% et 95%.

Ce scénario permet de simuler différentes valeurs de sur-mortalité intervenant au cours de la première année du cycle de vie. Il consiste à simuler une moindre survie des juvéniles qui peut avoir par exemple comme origine :

- une baisse du succès reproducteur en lien avec une dégradation des conditions environnementales pendant la phase embryo-larvaire (évolution thermique, crue hivernale à répétition) ;
- une infection au cours de l'été par la maladie rénale proliférative (MRP ou PKD) lié à l'augmentation des températures estivales ;
- une diminution de la capacité d'habitat des juvéniles l'été lié à une réduction récurrente des débits.

4 Résultats discutés

4.1 Viabilité de la population à moyen termes (50 ans)

Ce test a pour but d'étudier la résistance de la population face à des épisodes de fortes mortalités qui sont le plus souvent provoqués par des événements hydrologiques extrêmes de type crues décennales et centennales.

Les résultats montrent une forte capacité de la population à résister à ces événements. En effet, pour chacun des deux scénarios, aucune des 30 simulations n'aboutit à une extinction de la population. Après chaque épisode de mortalité simulée, la dynamique de la population du Méchet permet de retrouver en quelques années des niveaux d'abondance équivalent à la population de référence.

Le temps de résilience moyen est de 3,5 ans pour l'aléas décennale et 4,9 pour l'aléas centennale.

Tableau 1: Temps de résilience et abondance moyenne obtenues pour les différents scénarios.

Scénarios	Résilience	Abondance Moy en nombre de truites après résilience			
		Juveniles	Sub-adultes	Adultes	Total
Sans aléas (référence)	-	6 774	1 714	765	9 253
Aléas décennale	3,5 ans	6 729	1 690	737	9 156
Aléas centennale	4,9 ans	6 775	1 712	763	9 250

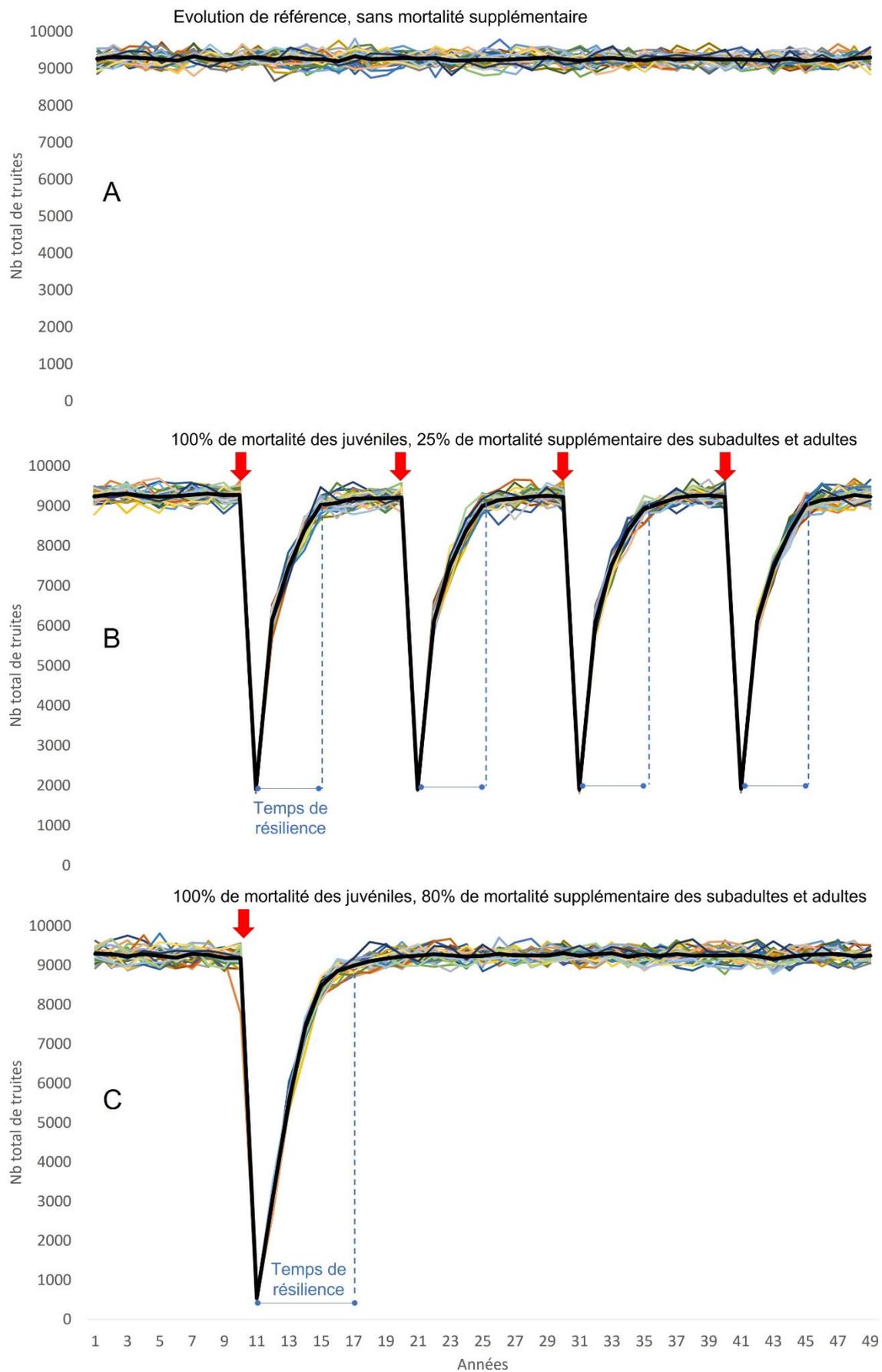


Figure 14: Evolution du nombre total de truites sous les trois scénarios : A : sans aléas (référence), B : aléas d'intensité décennale répétés tous les 10 ans, C : aléas d'intensité centennale.

4.2 Importance des affluents et de la zone amont

Les différentes données piscicoles acquises entre 2016 et 2020 avaient suggérées l'importance du rôle des affluents pour le fonctionnement naturel de la population de truites du Méchet. Ces affluents semblent jouer plusieurs rôles :

- Augmentation de la capacité de reproduction du système grâce à la présence d'habitat favorable à la reproduction qui sont utilisés par des géniteurs migrants du cours principal ;
- Zones sources en juvéniles et subadultes qui permettent grâce à la dévalaison d'individus de maintenir une population à l'équilibre sur le cours principal.

Les scénarios testés ici permette de quantifier (en nombre de poissons) l'importance des affluents et de la zone amont du Méchet pour le maintien de la population de truites de tout le bassin.

La figure 15 illustre le premier scénario testé qui a consisté à simuler à partir de la vingtième année une perte des habitats sur les affluents qui se traduit par une perte d'individus.

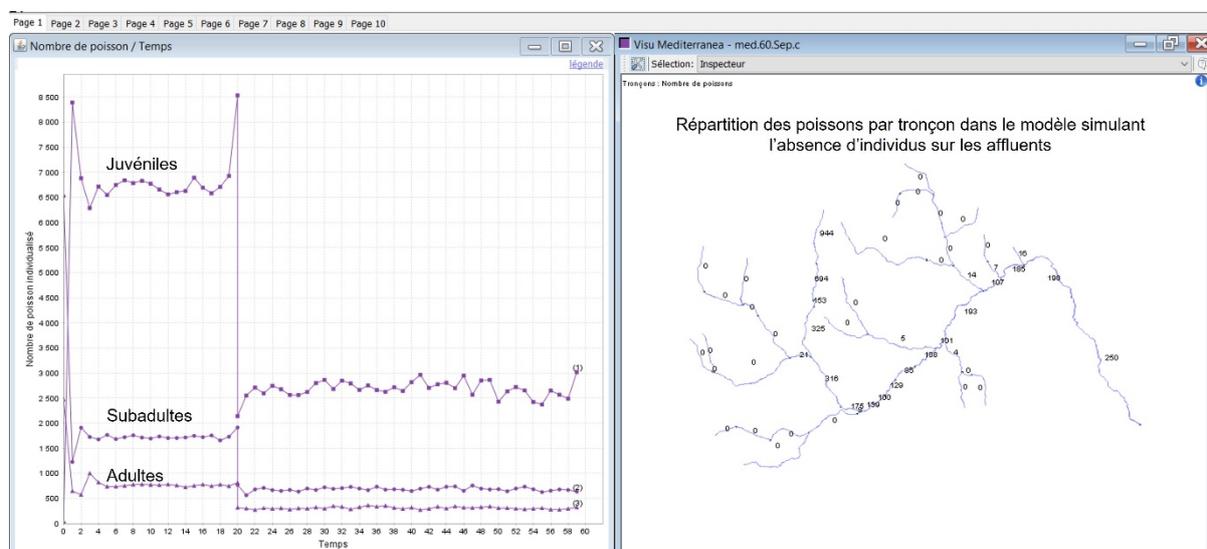


Figure 15: Visualisation de l'intervention réalisée dans le modèle pour tester le scénario perte d'habitat sur les affluents.

Les résultats montrent l'importance du rôle des affluents pour le maintien de l'abondance de la population de truite du Méchet. En effet, sans les affluents, l'abondance en truites serait réduite d'environ 60% (tableau 2).

Tableau 2: Nombre de truites et taux de perte obtenus pour le scénario « perte totale d'habitat sur les affluents ».

	Abondance			
	Juvéniles	Sub-adultes	Adultes	Total
Sans aléas (référence)	6 774	1 714	765	9 253
Sans les affluents	2 709	691	311	3 711
Différences (effectif)	-4 065	-1 023	-454	-5 542
Perte d'individus (%)	-60,0%	-59,7%	-59,3%	-59,9%

La figure 16 illustre le second scénario testé simulant à partir de la vingtième année une perte des habitats sur les affluents et la zone amont du Méchet.

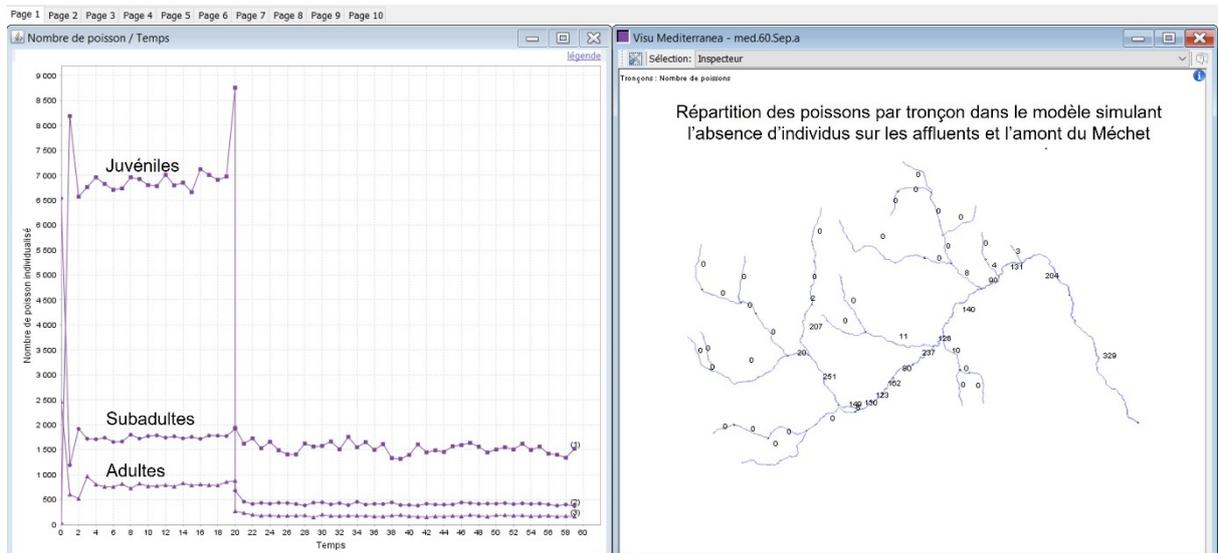


Figure 16: Visualisation de l'intervention réalisée dans le modèle pour tester le scénario perte d'habitat sur les affluents et l'amont du Méchet.

Avec une perte d'abondance autour de 76% par rapport à la population de référence, les résultats montrent clairement l'importance de l'ensemble des petits milieux (affluents et amont du cours principal) pour le maintien de la population actuelle sur le Méchet (tableau 3)

Tableau 3: Nombre de truites et taux de perte obtenus pour le scénario « perte totale d'habitat sur les affluents et l'amont du Méchet ».

	Abondance			
	Juvéniles	Sub-adultes	Adultes	Total
Sans aléas (référence)	6 774	1 714	765	9 253
Sans affluents et zone amont	1 556	423	176	2 155
Différences (effectif)	-5 218	-1 291	-589	-7 098
Perte d'individus (%)	-77,0%	-75,3%	-77,0%	-76,7%

4.3 Risques liés aux assecs et dégradation thermique identifiés

Les investigations thermiques et les relevés des conditions d'écoulement durant les étés 2019 et 2020 ont permis d'identifier clairement les tronçons de rivières impactés soit par des températures défavorables à la truite, par des assecs ou des écoulements intermittents. A partir de ces éléments, un scénario probable de l'effet du réchauffement climatique à court terme a été construit en simulant une perte de l'habitat sur les tronçons déjà actuellement impactés.

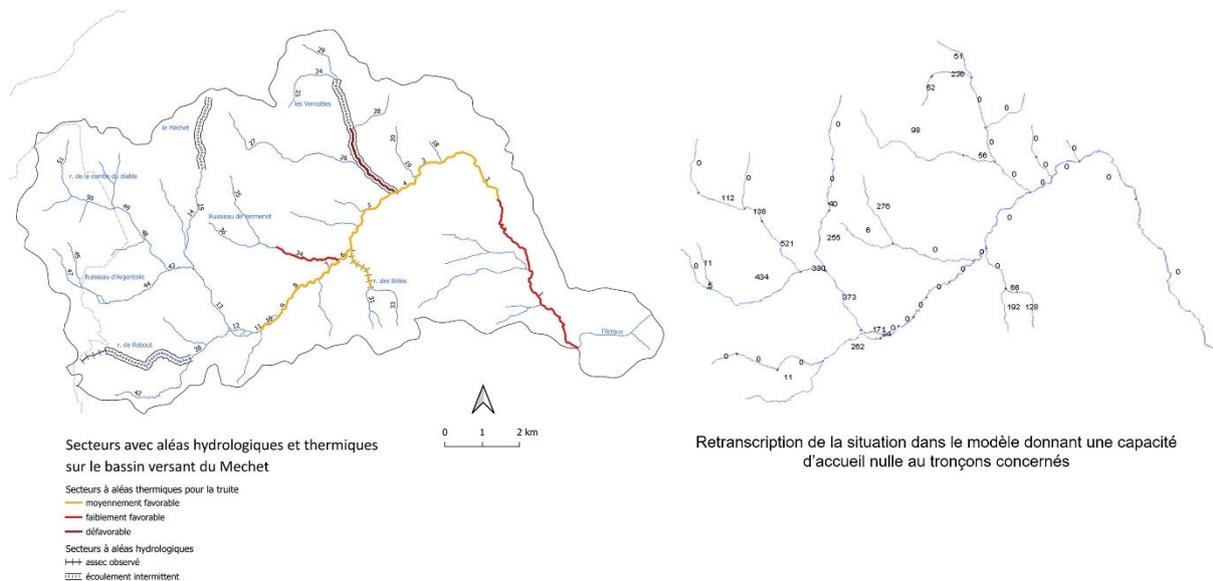


Figure 17: Carte des tronçons thermiquement et hydrologiquement impactés et retranscription spatiale dans le modèle.

Les résultats indiquent qu'une perte des habitats sur les tronçons pré-identifiés se traduiraient par une perte d'abondance variant de 53% à 60% selon le stade considéré et de l'ordre de 55% pour l'ensemble de la population par rapport à la population de référence actuelle (tableau 4).

Tableau 4: Nombre de truites et taux de perte obtenus pour le scénario « changement climatique court terme ».

	Abondance			
	Juveniles	Sub-adultes	Adultes	Total
Sans aléas (référence)	6 774	1 714	765	9 253
Effets T° et assecs	3 144	700	300	4 144
Différences (effectif)	-3 630	-1 014	-465	-5 109
Perte d'individus (%)	-53,6%	-59,2%	-60,8%	-55,2%

4.4 Effet de la baisse du recrutement en juvéniles

Aujourd'hui, les principales menaces qui pèsent sur les populations de truites en lien avec le changement climatique interviennent sur le recrutement en juvéniles de l'année. Il peut s'agir :

- de crues récurrentes au cours de l'hiver et du printemps qui vont détruire certaines frayères et ainsi provoquer des surmortalités pendant la phase de développement embryo-larvaire ;
- du développement chez les 0+ de la maladie rénale proliférative favorisé lorsque la température de l'eau atteint plus de 15°C pendant plusieurs jours consécutifs. L'infection des jeunes truites par le parasite responsable de cette maladie peut entraîner une surmortalité pendant la période estivale ;
- d'une réduction récurrente et prolongée des débits pendant les périodes estivales sur les petits milieux favorables aux juvéniles qui se traduit par une perte durable de la capacité d'accueil en 0+.

Pour quantifier les effets potentiels de ces phénomènes sur la population, des surmortalités récurrentes chaque année ont été affectées au stade juvénile. Des simulations ont été conduites en faisant varier la surmortalité de 10% à 95%.

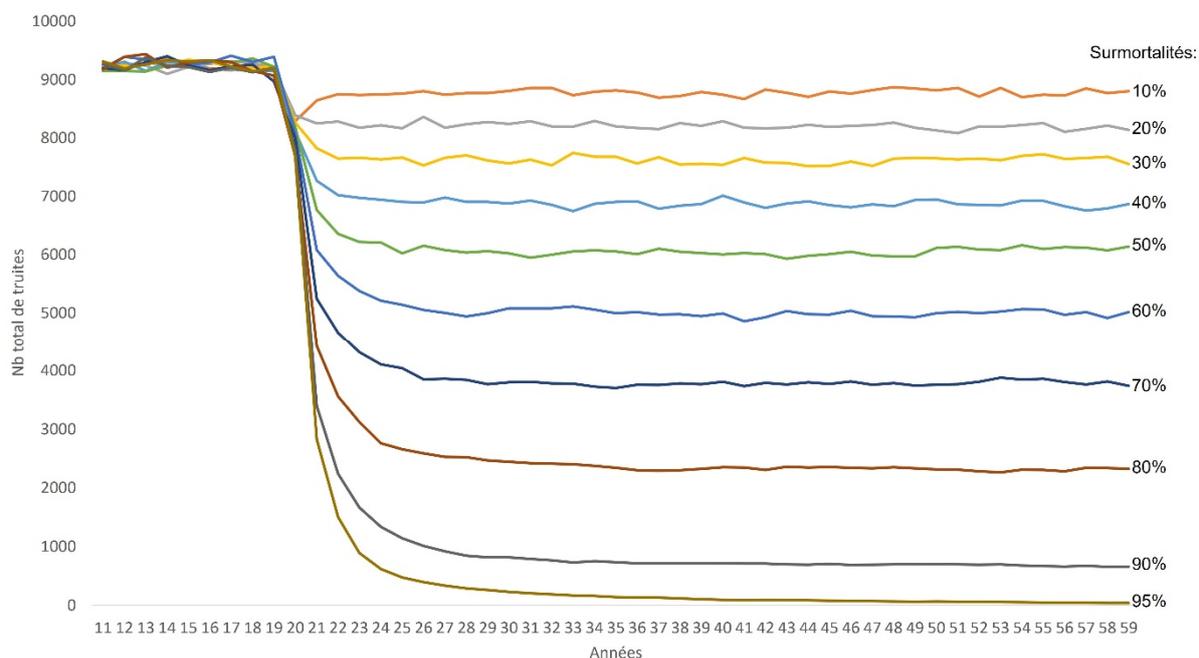


Figure 18: Evolution du nombre total de truites obtenu avec différentes valeurs de surmortalité au stade 0+.

Les résultats montrent l'effet immédiat et important sur l'abondance total de truites d'une surmortalité récurrente qui interviendrait au stade 0+. La perte d'abondance par rapport à la population actuelle atteint 30% pour une surmortalité annuelle de 0+ de 50% et près de 70% pour une surmortalité de 80%. A noter que ces niveaux de surmortalités sont tout à fait plausibles dans le cas d'une affection par la MRP.

5 Synthèse / Conclusion

La qualité et la quantité des données disponibles sur le Méchet et sur sa population de truites a permis de caler convenablement les différents paramètres du modèle et de définir une population initiale fidèle à la population observée. Les tests de validation du modèle ont été concluants et aboutissent à évolution stable de la population avec de légères fluctuations qui retranscrivent volontairement la variabilité interannuelle. Cette évolution sans aléas de la population de truites peut ainsi servir de référence pour être comparée aux résultats des différents scénarios simulés.

En conservant les caractéristiques et la qualité actuels des habitats, la population de truites du Méchet peut être considérée comme une population naturellement viable à moyen terme (50 ans). En effet, aucune des simulations réalisées pour tester les aléas d'intensité décennale et centennale avec de fortes surmortalités n'aboutissent à une extinction de la population. Dans les conditions actuelles, la probabilité d'extinction liés à une forte mortalité brutales (crues, pollutions,...) peut être considérée comme nulle. La dynamique de la population montre une forte capacité de résilience post-mortalité qui permet de retrouver des abondances comparables à la population référente en moins de 5 ans.

Cette résilience semble reposer en partie sur le rôle important que jouent les « petits milieux », affluents et zone amont du cours principal. En effet, les résultats génétiques et démographiques obtenus en 2019 avaient suggéré l'importance des ruisseaux de Briles et de Vermenot pour le recrutement naturel de la population du Méchet aval. Les simulations réalisées à l'aide du modèle ont permis d'aller plus loin dans la quantification du rôle des affluents en montrant l'importance de l'ensemble du réseau des affluents pour le maintien de la population actuelle du Méchet. Les résultats indiquent que sans ces « petits milieux », la population de truites du Méchet pourrait perdre 77% de ses effectifs. Ces informations montrent la nécessité de travailler en priorité sur la qualité des affluents pour maintenir ou restaurer leur intégrité et pour garantir la libre circulation des poissons entre le cours principal et ses affluents.

Les effets du réchauffement climatique sur les milieux aquatiques se font aujourd'hui de plus en plus sentir. Ils sont d'autant plus impactant sur des espèces de salmonidés d'eau froide qui sont sténothermes comme la truite commune. Ils se traduisent directement sur le milieu par une augmentation de la température de l'eau et une réduction des débits qui vont impacter les populations à différents niveaux : réduction pérenne de la capacité d'accueil, surmortalité liée à des stress thermiques, augmentation des risques de maladie, tronçons avec assecs récurrents devenant apiscicole,... Tous ces impacts sont déjà observés sur le Méchet comme sur de nombreuses rivières en France. L'avantage d'un outil de type PVA est de pouvoir créer des scénarios prospectifs afin d'estimer les effets sur la population des changements de milieux pressentis. Dans ce cadre, il a été décidé de tester un scénario futur probable en lien avec le changement climatique. Il a consisté à simuler une aggravation de la situation actuelle en simulant la perte des habitats les plus impactés actuellement.

Les résultats montrent une réduction des effectifs de l'ordre de 55% sur l'ensemble de la population. Ils indiquent que les effets directs du réchauffement climatique sur le milieu constituent une des principales menaces aujourd'hui à prendre en compte pour le maintien de la population de truites.

L'outil PVA permet également de projeter l'évolution démographique d'une population qui serait soumise à une modification pérenne de la mortalité à certains stades en raison d'une modification des conditions environnementales. Dans le travail sur le Méchet, différents niveaux de surmortalité aux stades 0+ ont été simulés pour traduire une diminution du recrutement naturel provoquée par exemple par des crues hivernales plus récurrentes détruisant les frayères ou par le développement de maladies sur les 0+ en période estivale.

Les résultats illustrent les effets rapides et importants sur l'ensemble de la population que provoque une chute du recrutement naturel en 0+. L'importance du stade 0+ sur l'évolution de la population suggère la mise en place d'indicateurs de suivi de population plus ciblés sur ce stade de type indice d'abondance en juvéniles et taille efficace à partir d'analyse génétique qui sont de plus en plus utilisés en biologie de la conservation.

Références

- Brown D.K. 1996. Population viability analysis for gila trout (*Oncorhynchus gilae*), an endangered southwestern fish. Bachelor of Science, Western New Mexico University, 39p.
- Caudron A., Chassignol R. 2017. Etude génétique de la population de truite commune (*Salmo trutta*) du cours principal du Méchet.
- Caudron A., Torterotot J.B., Marlot R. 2018. Analyse de la viabilité de la population de truites de l'Artoise (02) et propositions de suivi. Note technique 3, fiche action C4, 14p.
- Caudron A., Chassignol R., Saint-Pé K. 2020. Etude génétique de la population de truite commune (*Salmo trutta*) du bassin versant du Méchet. Année 2019 e comparaison avec 2016. 13p.
- Chassignol R. 2017. Etude des populations de truite commune et du métabolisme thermique du cours principal du Méchet et de ses principaux affluents (71). Rapport de synthèse – Eté 2016.
- Chevalier R. 2014. Possibilités d'application des analyses de viabilité des populations aux poissons de rivière. Master Ecologie e Biodiversité, Université de Montpellier 2, 11p + annexes.
- Frank B.M., Piccolo J.J., Baret P.V. 2011. A review of ecological models for brown trout : towards a new demogenetic model. *Ecology of Freshwater Fish*, 20, 167-198.
- Gil J. 2011. Analyse de viabilité et évolution du taux d'introgession de la population native de truite commune (*Salmo trutta* L.) du ruisseau du Chevenne par l'utilisation d'un modèle démo-génétique (BIDASOA). 56p + annexes.
- Hood G.M. 2000. PopTools : software for the analysis of ecological models.
- Labonne J. 2005. Modélisation du fonctionnement des populations de truites (*Salmo trutta fario*) dans le bassin de la Bidasoa : utilisation du module BIDASOA sur la plateforme CAPSISD-4. 35p.
- Lacy, R.C., and J.P. Pollak. 2014. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 10.0. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.
- Legendre S. 2004. Unified Life Models : Référence Manual (version 4.1), 51p.
- Lindgren K. 2012. Constructing a software framework for population viability analysis (PVA) – Open source python modules for population simulation (version 0.11b), 12p.
- Maupoux J. 2009. Schéma Départemental de Vocation Piscicole du Département de Saône-et-Loire.
- Morris W.F, Doak D.F. 2002. Quantitative Conservation Biology, theory and practice of population viability analysis, 480p. Sinauer associates, Sunderland, MA.
- SCIMABIO Interface, FDPPMA 71. 2020. Analyses scalimétriques des populations de truites du bassin versant du Méchet. 14p.