



Etude de la reproduction de la Truite fario (*Salmo trutta fario*) sur le Bassin des Sorgues – Vaucluse 2023

Valentin CAVOY, Chargé de Mission Technique

Baptiste MEFFRE, Service Civique



Valentin Cavooy ©



Table des matières

Introduction.....	3
Contexte	3
Objectifs de l'étude	5
Matériel et méthode.....	5
Les espèces salmonicoles étudiées	5
La truite fario (<i>Salmo trutta fario</i>)	5
L'ombre commun (<i>Thymallus thymallus</i>)	6
Sites d'études.....	7
Restauration et création de frayères salmonicoles.....	7
Techniques de restauration	7
Diagnostic de la fonctionnalité des frayères.....	8
Protocoles de suivi biologique	8
Suivi de la reproduction de <i>Salmo trutta</i>	8
Mesure des débits.....	10
Mesures de la température.....	10
Cartographie des faciès d'écoulement	10
Résultats.....	11
Suivi des frayères en secteur médian.....	11
Suivi frayères sur le secteur amont	12
Température de l'eau de la Sorgue.....	14
Débit.....	14
Cartographie des faciès d'écoulement	15
Analyse et discussion	15
Evolution interannuelle sur le secteur médian	15
Evolution interannuelle sur le secteur amont	16
La truite a-t-elle un faciès d'écoulement préférentiel lors de la ponte ?	17
Comment expliquer le déclenchement de la reproduction de la truite sur la Sorgue ?	17
Limite de la méthode.....	18
Bibliographie	19
Annexe	21

Introduction

Contexte

La Sorgue prend sa source à la Fontaine de Vaucluse qui fait partie des 5 plus importantes exurgences du monde. L'eau de la fontaine provient d'un immense « karst » de plus de 1500m de profondeur. Ce karst est un réseau d'écoulement souterrain qui s'est développé avec l'érosion de la roche calcaire du massif du Ventoux. En effet, l'aire de collecte des eaux de pluies, impluvium, est très vaste avec une superficie d'environ 1 200 km². La Sorgue est ainsi une des rares rivières de Provence à bénéficier d'une eau fraîche toute l'année (entre 11 et 16°C), même au plus fort de l'été sur sa partie amont.

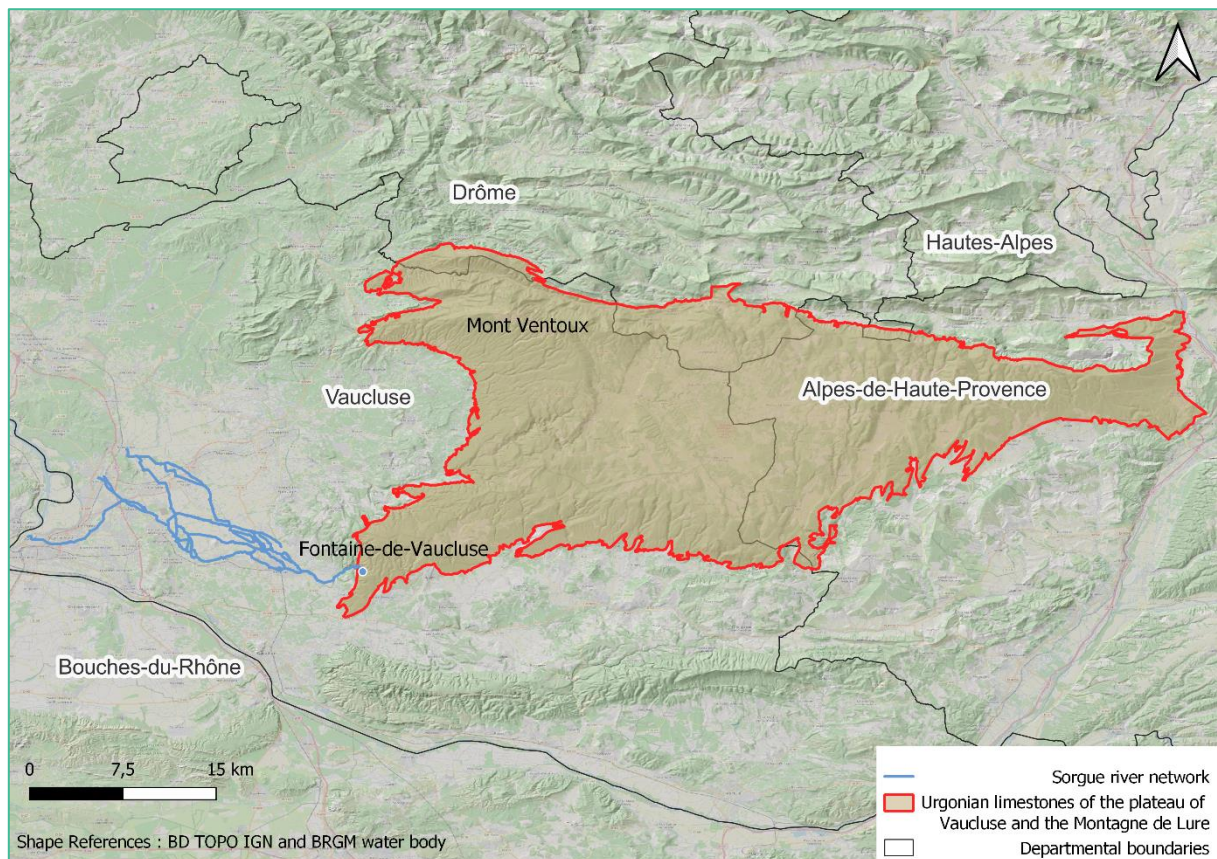


FIGURE 1 : IMPLUVIUM DE L'EXSURGENCE - SOURCE SMBS

La Fontaine de Vaucluse alimente la Sorgue grâce à 2 types d'exurgences : des sources inférieures, dans le lit de la Sorgue, nommées « griffons » ainsi que par l'écoulement direct du gouffre. Ce gouffre de Fontaine est situé au pied d'une falaise de 200 m de haut, d'où l'eau surgit à certaines périodes de l'année lorsque le débit atteint 20 m³. s⁻¹ (principalement en automne, hiver et au printemps, après des épisodes pluvieux conséquents). La Fontaine de Vaucluse et son gouffre sont par ailleurs célèbres vu leur fonctionnement atypique. Le débit pouvant varier rapidement de quelques m³/s à plusieurs dizaines, sa profondeur est de plus estimée à plus de 300 m. La Sorgue, qui découle de cette exurgence, est non moins célèbre et attire des pêcheurs du monde entier par sa réputation de rivière salmonicole très productive. L'espèce repère y est la truite fario (*Salmo trutta fario*).

Cette espèce possède un fort attrait pour la pêche récréative, lui conférant des enjeux halieutique et socio-économique importants (Bruslé and Quignard, 2001). Les actions à développer dans le PDPG¹ des cours d'eau salmonicoles s'articulent donc majoritairement autour de cette espèce, afin d'améliorer et/ou soutenir l'état des populations. On trouve également une autre espèce salmonicole présente sur la Sorgue, l'ombre commun (*Thymallus thymallus*), dite « espèce cible » car présentant un fort intérêt de conservation (ici, en extrémité sud de son aire de répartition) mais également halieutique pour les pêcheurs à la mouche (Carmie *et al.*, 1985).

La truite fario et l'ombre sont tous deux soumis à une réglementation de protection nationale : l'arrêté ministériel du 8 décembre 1988 stipulant l'interdiction de détruire ou de prélever les œufs et d'altérer ou de détruire leurs habitats notamment les zones de reproduction (Art. 1). Localement, elles sont également soumises aux réglementations de pêche définies par les FDPMA² (quotas, taille légale de capture, technique de pêche...).

TABLEAU 1 : STATUTS REGLEMENTAIRES DE LA TRUITE FARIO ET DE L'OMBRE COMMUN

Espèces		Arrêté du 8/12/1988	Directive Habitats	Liste rouge française*
Nom vernaculaire	Nom scientifique			
Truite commune	<i>Salmo trutta fario</i>	Art. 1	-	LC
Ombre commun	<i>Thymallus thymallus</i>	Art. 1	Annexe V	VU

* LC = PREOCCUPATION MINEUR – VU = VULNERABLE

Ces deux espèces de poisson sont exigeantes concernant la qualité de l'eau. Elles peuplent exclusivement des rivières fraîches et bien oxygénées (Huet, 1961; Bagliniere, 1979), où les macrophytes et la végétation rivulaire sont souvent des critères de sélection puisque jouant un rôle d'abris (Persat, 1988; Heggenes, Baglinière and Cunjak, 1999; Keith *et al.*, 2011). Ces deux espèces colonisent donc l'amont des grands fleuves, leurs affluents et les petits cours d'eau côtiers mais leur effectif est en perpétuelle diminution. Le déclin des populations naturelles est lié à plusieurs facteurs environnementaux, socio-économique ainsi qu'à leur synergie :

- ❖ **Disparition des habitats de croissance et de reproduction**, due au curage et à la canalisation des cours d'eau, à l'érosion des sols, au réchauffement des eaux provoquant des développements algaux et aux prélèvements d'eau (Brooker, 1981; Malavoi and Souchon, 1989) ;
- ❖ **Fragmentation** des habitats due aux obstacles à l'écoulement qui empêchent la migration et déconnecte les populations entre elles ;
- ❖ **Dégradation de la qualité de l'eau** liée aux pollutions chimiques et organiques d'origines urbaines, agricoles et/ou industrielles (Brooker, 1981) ;
- ❖ **Pression de prédation, surpêche et braconnage** (Bradford, Myers and Irvine, 2000).

¹ Plan Départemental de Protection du milieu aquatique et de Gestion piscicole

² Fédération Départementale de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique

Objectifs de l'étude

Ce projet global sur la reproduction des espèces salmonicoles comprend différentes phases qui passent par des travaux de restauration, du suivi biologique et l'analyse des chroniques de suivi. Le but commun est de comprendre et de favoriser la reproduction des espèces salmonicoles afin d'avoir une population viable sur le bassin versant des Sorgues vauclusien. Le projet vise donc à :

- ✓ **Offrir un support de ponte** artificiel mais favorable à la truite fario (*Salmo trutta fario*) de souche Sorgue, dans les zones médianes identifiées du bassin où les frayères manquent. Ces supports de pontes sont peu nombreux naturellement du fait de la faible déclivité de ces cours d'eau dits "de plaine" à régime constant avec des hautes eaux mais peu de crues permettant un transit sédimentaire. De plus, la Sorgue est très artificialisée à partir du Partage des Eaux. La multiplication des ouvrages et aménagements dissipe trop rapidement l'énergie des écoulements et entraîne l'ensablement précoce des bras médians ;
- ✓ **Mieux cerner la période propice à la ponte** et un éventuel décalage dû aux conditions climatiques et hydrologiques (variations des niveaux d'eau, réchauffement de l'eau, obstacles à l'écoulement), en recensant et cartographiant les frais ;
- ✓ **Connaître la viabilité du milieu** pour les populations piscicoles et notamment la survie et la croissance des alevins dans le cours d'eau dans lesquels sont constatées les pontes, par des inventaires piscicoles et des mesures physico-chimiques de l'eau ;
- ✓ **Comprendre** quelles sont les **variables environnementales et physiques** régissant l'activité de frais chez la truite fario dans la Sorgue.

Matériel et méthode

Les espèces salmonicoles étudiées

La truite fario (*Salmo trutta fario*)

La truite fario est une espèce du genre *Salmo*, regroupant les espèces de truites et de saumons. Sa large aire de répartition induit une importante diversité génétique et phénotypique. Dans la Sorgue, c'est la souche dite Méditerranéenne qui domine (Berrebi, 1995, 2006, 2008, 2011). Cette souche est visuellement différenciable de la souche Atlantique (plus répandue en France) grâce à ses marbrures formant de grosses taches sombres et ses points noirs non auréolés (**figure 2**).



FIGURE 2 : TRUITE FARIO (*SALMO TRUTTA FARIO*) DE SOUCHE MEDITERRANEENNE

Pour se reproduire, la truite effectue de courtes migrations pour atteindre son lieu de reproduction (Ovidio *et al.*, 1998). La période de reproduction est hivernale et se situe généralement entre novembre et mars (Bagliniere, 1979; Ombredane, Bagliniere and Marchand, 1998). Si ce mécanisme de reproduction est inscrit dans les gènes, c'est le soleil et principalement la photopériode (i.e. la durée d'ensoleillement d'une journée) qui régit le métabolisme sexuel et qui coordonne les pontes. L'avantage de cette maturation générale et synchronisée est qu'elle permet aux truites de trouver facilement un partenaire sexuel.

Les zones de reproduction (frayères) sont caractérisées par une faible profondeur, en moyenne 28 cm (Belaud *et al.*, 1989; Plasseraud, Lim and Belaud, 1990) et dominées par des graviers et des galets dont le diamètre se situe entre 0.2 et 10 cm (Bagliniere, 1979; Plasseraud, Lim and Belaud, 1990; Bardonnnet and Heland, 1994).

Les pontes sont toujours massives. La femelle prépare un secteur en remuant le gravier à l'aide de sa queue et y creuse ainsi une petite cuvette où seront déposés les œufs (de 1 000 à 1 500 pour une femelle de 1 kg) et la laitance du mâle. Ensuite, elle recouvre l'ensemble avec le même gravier et la ponte reste en incubation pendant environ 40 jours à 10°C (soit 400 degrés-jours). Après l'éclosion, les jeunes alevins restent dans le substrat et se nourrissent grâce à leurs réserves vitellines. 15 à 20 jours après leur naissance, les alevins quittent le nid et se nourrissent en rivière.

L'ombre commun (*Thymallus thymallus*)

L'ombre commun appartient également à la famille des Salmonidés, mais est largement moins connu et répandu que les espèces du genre *Salmo*. Il se reconnaît notamment avec sa nageoire dorsale particulièrement développée (appelé aussi « étendard ») et colorée chez le mâle.

Tout comme la truite, il effectue de courtes migrations pour atteindre son lieu de reproduction. Ses frayères sont des gravières, avec une granulométrie comprise entre 0.5 et 2cm (Persat, 1988; Keith *et al.*, 2011), pouvant correspondre aux frayères de truites. Sa période de reproduction se situe quant à elle entre mars et avril (Carmie *et al.*, 1985). Cependant, les ombres ne créent pas de nid. En effet, ils enfoncent leurs nageoires caudales dans le substrat (**figure 3**) lors de la reproduction. Les œufs et spermatozoïdes vont alors se mélanger sous les graviers (Vivier, 1958). De plus, les ombres ont la capacité de se reproduire plusieurs fois contrairement à la truite. Une étude génétique réalisée en 2011 sur la Sorgue et portant sur 40 individus a permis d'établir que la population d'étude possède une forte valeur patrimoniale puisqu'elle est apparentée aux autres souches rhodaniennes tout en étant particulièrement éloignée (Persat Henri, Kathrin Winkler, and Steven Weiss, 2011).



FIGURE 3 : OMBRE COMMUN

Sites d'études

L'étude porte sur la Sorgue et ses canaux ; de sa source au « partage des eaux » de l'Isle sur la Sorgue pour la partie amont, puis du centre de L'Isle jusqu'au Thor et Velleron pour la partie médiane de l'étude. La Sorgue était un vaste marécage que l'Homme a drainé, assaini et aménagé à partir de l'époque gallo-romain. Elle s'écoule de Fontaine de Vaucluse à Bédarrides sur le territoire de quinze communes.

Elle est pérenne toute l'année bien que le débit s'affaiblît fortement en saison estivale (4 à 6 m³/s) dans l'ensemble du réseau. Malgré ces perturbations saisonnières, la faune piscicole reste établie sur les différents bras. Sa richesse exceptionnelle, avec la présence d'espèces rares en Europe lui a valu un classement Natura 2000 (FR9301578).

Ce site Natura 2000 comprend deux systèmes écologiques distincts :

- les milieux xérothermophiles du cirque de Fontaine de Vaucluse,
- les milieux humides (cours d'eau, annexes fluviales, prairies naturelles humides).

Ceux-ci sont cependant menacés par les activités anthropiques du bassin versant péri-urbain comme l'urbanisation (habitat, assainissement, loisirs, industries), une intensification des pratiques agricoles (fragmentation des habitats, rejets phytosanitaires, défrichage de la forêt alluviale) ainsi que les activités de loisirs qui font pression sur les habitats des milieux aquatiques.

Le bassin de la sorgue est communément divisé en trois parties : la Sorgue amont, médiane et avale. Cette distinction entre les deux premières parties s'établit au partage des eaux de l'Isle-sur-la-sorgues, à partir duquel la Sorgue est déviée et constitue un réseau de canaux et bras secondaires. Le suivi des frayères est majoritairement axé sur le secteur amont du réseau, dans lequel un grand nombre de frayères naturelles et fonctionnelles sont présentes. Le secteur médian quant à lui est principalement caractérisé par un manque de frayères et/ou la présence de frayères dégradées. Des travaux de restauration et de création de frayères ont donc eu lieu et un suivi de la reproduction sur ces frayères artificielles est également réalisé afin de déterminer si ces dernières sont toujours fonctionnelles.

Restauration et création de frayères salmonicoles

Techniques de restauration

Pour qu'une frayère soit fonctionnelle, un certain nombre de caractéristique doivent être réunies :

- une granulométrie adéquate, soit du gravier de 1 à 10cm ;
- une lame d'eau suffisante (20 – 60cm) ;
- une vitesse d'écoulement adéquate ;
- l'absence de colmatage rapide par les limons en condition hydrologique normale.

Lorsqu'une frayère est dégradée, *i.e.* qu'elle ne remplit pas toutes les caractéristiques ci-dessus, il convient de la restaurer. Le principe de restauration consiste à améliorer l'état d'un écosystème dégradé afin de le faire revenir dans son état originel. Dans notre cas, une frayère peut être dans différents états de dégradation. Selon la dégradation observée, l'intervention nécessaire pour sa restauration sera différente (**Tableau 2**). Cet entretien est réalisé avant la saison de reproduction, ici fin d'année 2022. Lors des suivis des années précédentes, il a été mis en évidence un nombre important de géniteurs sur une même frayère. Ceci peut engendrer un risque de destruction des premières pontes. Pour pallier cela, l'agrandissement ou la création de frayère par surcharge de gravier adéquat peut être fait dans des zones propices.

TABLEAU 2 : INTERVENTIONS A MENER SELON L'ETAT D'UNE FRAYERE

Situation constatée	Intervention nécessaire
Frayère colmatée ou désorganisée	Entretien simple : grattage au râteau avec remise à niveau
Frayère déchargée ou détruite	Entretien et recharge en gravier
Frayère à fort potentiel ou avec surcreusement (plusieurs nids au même endroit)	Agrandissement de la surface, entretien et recharge en gravier

Diagnostic de la fonctionnalité des frayères

Sur la saison suivant les travaux, il a été décidé de réaliser un diagnostic sur chaque frayère restaurée pour comprendre leur évolution et la pérennisation des travaux effectués. Ce diagnostic est basé sur la morphologie et la fonctionnalité des frayères restaurées. La fonctionnalité de la frayère est déterminée selon la présence de géniteurs, le nombre de nids et le recrutement en truitelles. L'étude de la morphologie quant à elle prend en compte l'évolution de la surface de la frayère artificielle. Ainsi, on pourra calculer le pourcentage de la frayère dégradée à la suite des intempéries hivernales et voir si l'ensemble de la frayère restaurée est utilisé.

En plus d'évaluer l'efficacité des travaux entrepris, ces diagnostics seront utiles pour quantifier les futurs travaux de restauration à mettre en place et pour identifier les zones favorables ou non à la reconduction des travaux (conditions hydrologiques, charriage de sédiment, absence de reproduction sur les sites...).

Protocoles de suivi biologique

Suivi de la reproduction de *Salmo trutta*

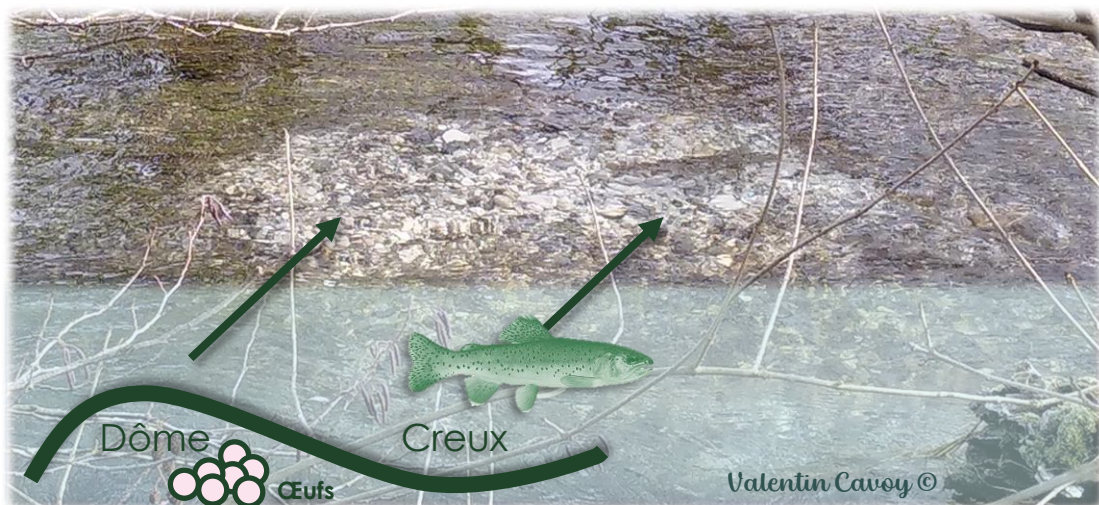


FIGURE 4 : NID DE TRUITE FARIO ET SCHEMA

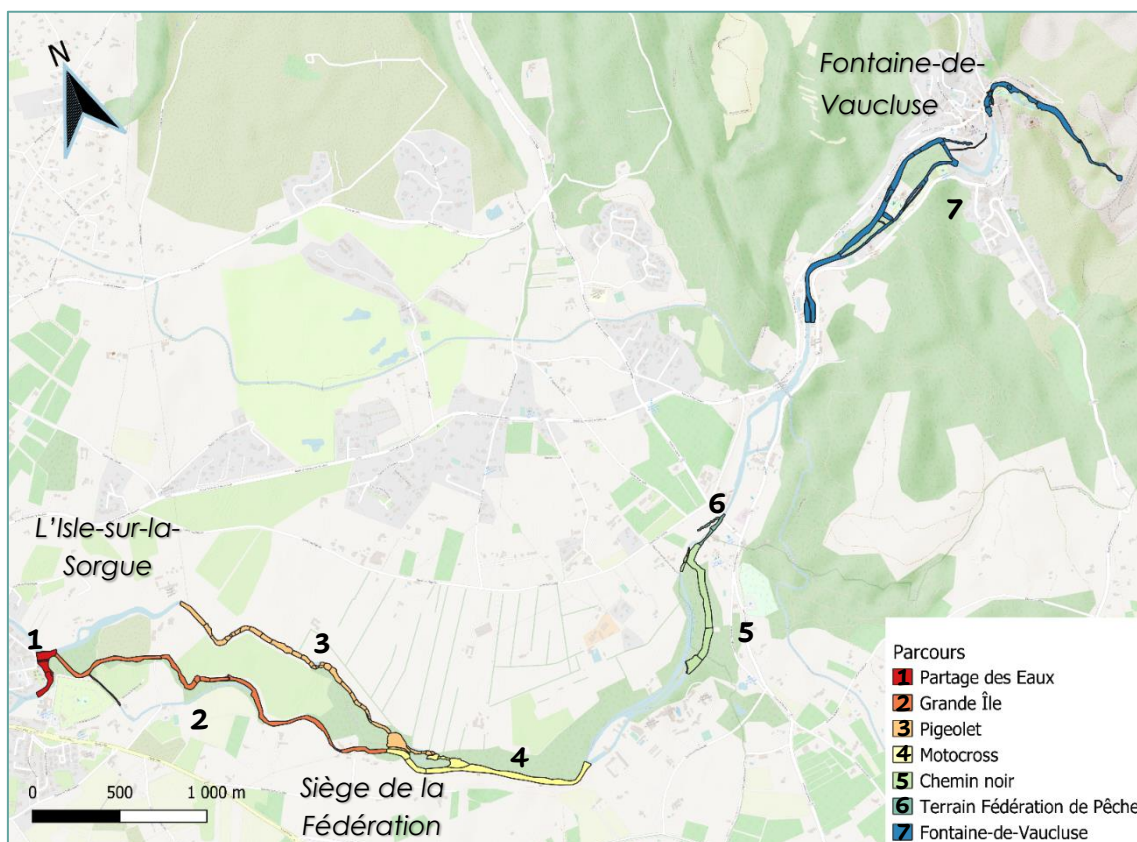
Le suivi de reproduction des espèces salmonicoles consiste à recenser les frayères et les nids. Une frayère est une zone regroupant les conditions propices à la reproduction de l'espèce alors qu'un nid est l'endroit où les œufs sont déposés et fécondés. Une frayère fonctionnelle possède donc plusieurs nids.

L'œil de l'observateur est attiré par une zone blanche créée lors du grattage du gravier par la truite, et un nid peut être identifié par un creux et un dôme à son aval (**figure 4**), le creux correspondant à la chasse de matériel utilisé pour recouvrir la ponte.

Les frais des ombres communs sont quant à eux plus difficiles à discerner car ils sont de plus petites tailles et ressemblent à une vague trace de pas. Pour pouvoir identifier avec certitude un nid d'ombre, il faut alors observer un mâle qui reste en position sur son nid ce qui est plus compliqué et long à observer. Seul le recensement des nids de truite fario a donc été réalisé par souci de sûreté et de temps.

Le suivi des frayères et le recensement des nids consiste donc à prospecter le linéaire des cours d'eau à pied, le long des berges, de début janvier à fin mai. Dans la mesure du possible, les deux berges sont prospectées afin d'augmenter la visibilité de la totalité du cours d'eau. Le suivi est hebdomadaire car la recolonisation du substrat par les algues, le périphyton, et autres dépôts rendent les nids moins visibles. Lors de cas de surcreusement (plusieurs nids réalisés au même endroit), tous les nids sont comptés.

Dans le secteur amont, des circuits de prospections ont été prédéterminés en fonction de l'accessibilité des berges, de l'observation du cours d'eau, de l'attrait du secteur pour les truites et du temps estimé nécessaire à la prospection.



Ainsi, 7 parcours (**figure 5**) ont été tracés et parcourus hebdomadairement de la semaine 1 à 21 de l'année 2023. Ils sont répartis comme suit en remontant la Sorgue depuis l'Isle sur la Sorgue :

- ✓ Parcours Partage des eaux ;
- ✓ Parcours Grande Île ;
- ✓ Parcours Pigeolet ;
- ✓ Parcours Motocross ;
- ✓ Parcours Chemin Noir ;
- ✓ Parcours Terrain Fédération de pêche ;
- ✓ Parcours Fontaine-de-Vaucluse.

Les secteurs non prospectés représentant seulement 30 % de la surface de la Sorgue amont, il peut être admis que ce suivi est représentatif de l'ensemble de la zone amont. Par ailleurs, les secteurs non prospectés sont en majorité des secteurs très peu intéressants pour le frai, comme le bras du barrage de Mousquety ou de Gallas qui sont des zones lenticulaires très anthropisées.

Chaque nouveau nid identifié est géolocalisé et les coordonnées GPS sont entrées dans un tableur. Le géoréférencement des nids permet de les représenter sur un logiciel de cartographie (QGIS). Un traitement des données cartographiques est ensuite réalisé pour représenter et analyser les données.

Dans le secteur aval, le suivi est concentré sur les 30 frayères artificielles (restaurées ou créées) qui sont géoréférencées (**Annexe 1**). Le recensement des nids se fait donc uniquement sur ces points.

Mesure des débits

Les débits retenus sont ceux de la station de Fontaine-de-Vaucluse (V615 5020) dont les données sont disponibles sur l'Hydroportail. Des moyennes hebdomadaires ont été réalisées à partir des données de la station. (<https://www.hydro.eaufrance.fr/sitehydro/V6155020/fiche>)

Mesures de la température

La température a été mesurée devant le siège de la Fédération à 5,5 km linéaires de la source, soit sur l'amont du parcours Grande Île, peu après la jonction avec Motocross et Pigeolet. La sonde est située un peu plus loin que le milieu de la zone d'étude Sorgue amont, longue de 7,2 km mais est représentative de la température de l'eau sur l'ensemble de l'amont.

L'appareil de mesure est une sonde thermique de marque HOBO, modèle Onset, réglée pour prendre une mesure par heure. Une fois les données récupérées, des moyennes journalières puis hebdomadaires ont été réalisées.

Cartographie des faciès d'écoulement

Afin d'étudier la relation entre les caractéristiques physiques du milieu et la localisation des nids, une cartographie fine des faciès d'écoulement sur les parcours prospectés de la Sorgue amont a été réalisée sur la base de la méthode proposée par Malavoi et Souchon (1989).

Résultats

Suivi des frayères en secteur médian

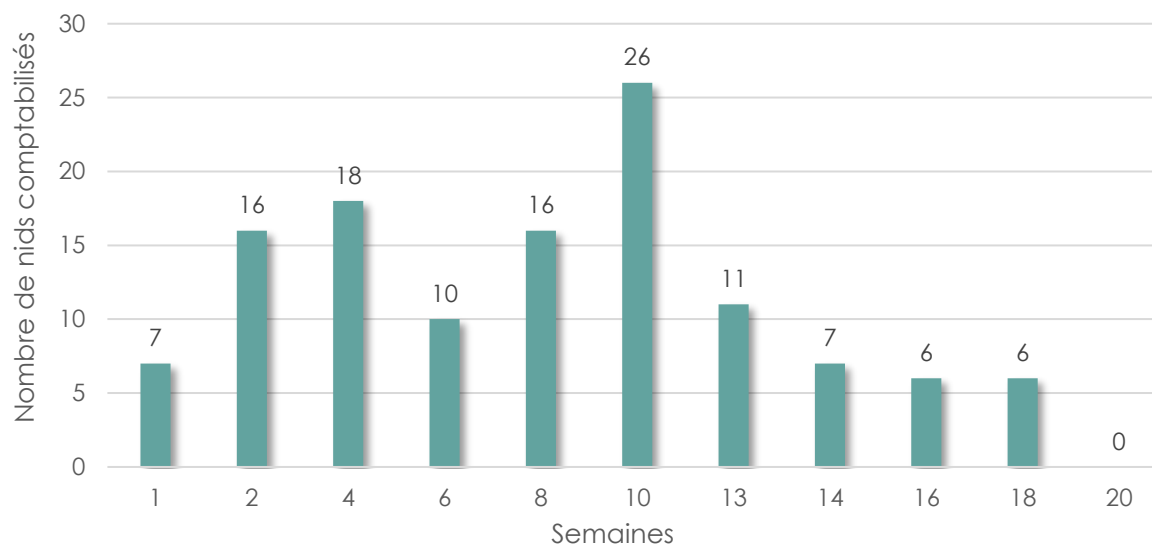


Figure 6 : Nombre de nids par semaines sur les sorgues médiane

Le suivi a commencé la première semaine de 2023 et c'est terminé la vingtième semaine de 2023. Les frayères artificielles ont été suivie à la fréquence d'un passage toutes les deux semaines. Durant, ces 20 semaines, un nombre total de 123 fraies ont été observés sur 31 frayères artificielles. On peut observer un pics semaine 10 avec 26 nids pour l'année 2023.

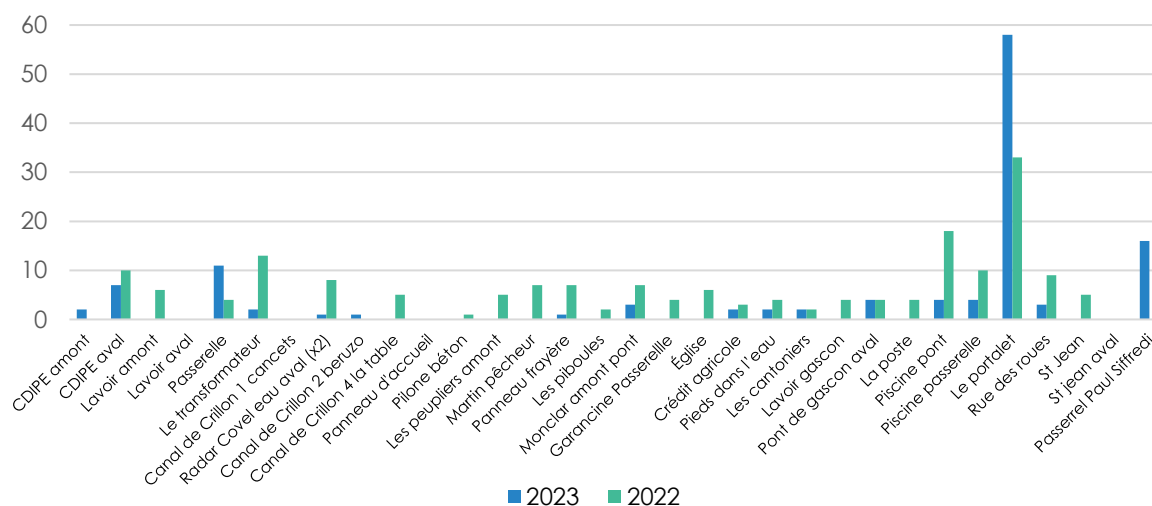


Figure 7 : Nombre de nids par parcours sur les sorgues médiane

Cependant, on peut constater que bon nombre des frayères restaurées n'ont donné aucun résultat pour cette année 2023. On remarque une forte augmentation du nombre de nids sur le secteur de la sorgue du Nord situé à proximité du centre-ville.

Sur les 31 frayères :

- 15 n'ont pas été fréquentées ;
- 13 ont accueilli entre 1 et 2 nids ;
- 1 seule frayère a accueilli entre 3 et 7 nids pour une moyenne de deux nids par mois environ ;
- Enfin, 3 frayères avec plus de 8 nids dont un record a 58 nids sur le secteur dit du « Portalet ».

La carte est disponible en annexe (**annexe 2**).

Suivi frayères sur le secteur amont

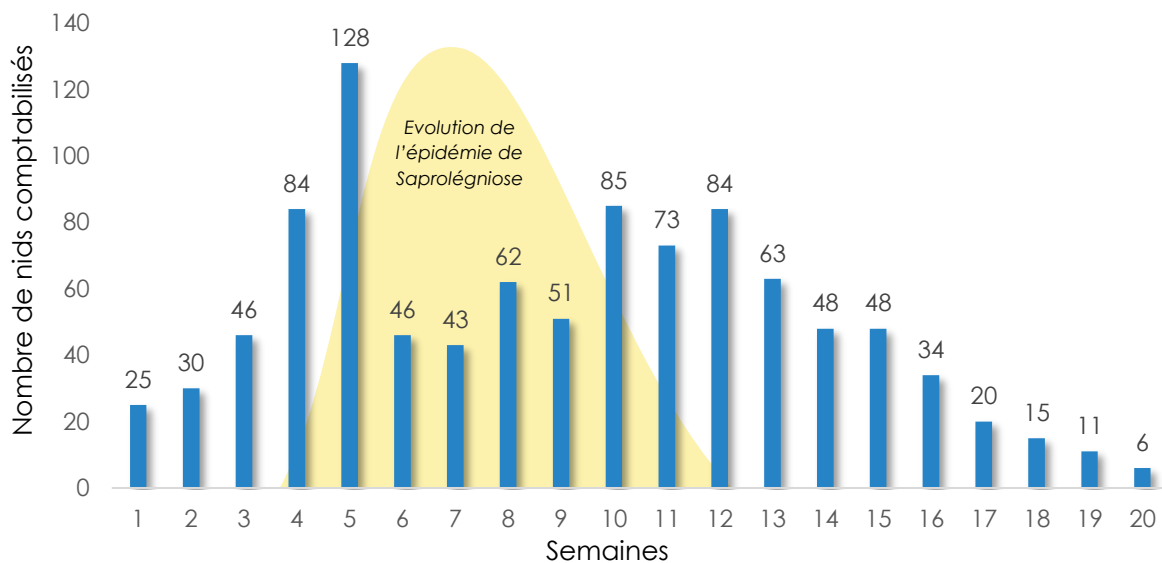


Figure 8 : Nombre de nids sur les sorgues amonts pour l'année 2023

Au total, 1 002 nids ont été observés pour cette année 2023 sur le secteur amont. La répartition des nids est très inégale, on observe deux pics, le premier en semaine 5 et le second les semaines 10 à 12. On remarque que ce phénomène est aussi présent sur le secteur des sorgues médiane **figure 6**. Le pic d'activité est de 128 nids sur la semaine 5 et d'environ 81 nids sur les semaines 10 à 12.

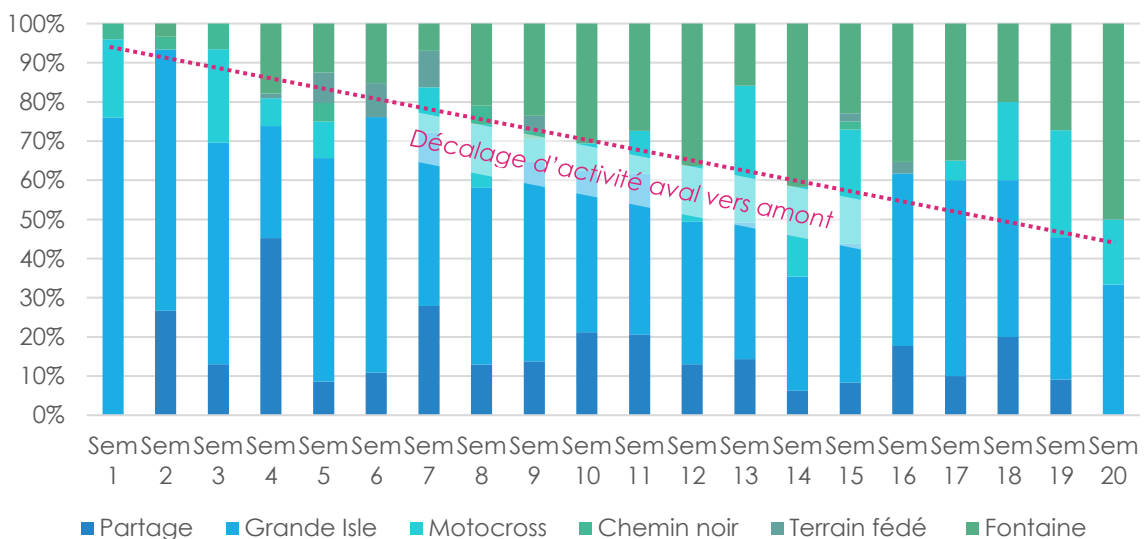


Figure 9 : Pourcentage du nombre de nids par parcours et par semaines

Il est important de noter que la catégorie Grande Isle de la **figure 9** regroupe le parcours Grande Isle et Pigeolet. On peut voir sur cette figure que la reproduction a lieu de façon plus précoce en aval (secteur Partage et Grande Isle) qu'en amont (secteur Fontaine particulièrement). Ce phénomène est déjà connu sur la Sorgue et se confirme encore cette année.

Cependant, l'année 2023 a été caractéristique d'un phénomène plus rare mais qui se renforce ces dernières décennies : une forte épidémie de saprolégniose. Sur le terrain nous avons pu observer les premiers poissons touchés par la saprolégniose semaines 4 et 5 (pic de reproduction de la truite fario). La saprolégniose étant une maladie causée par un champignon se développant sur des lésions cutanées, la reproduction des truites, qui grattent le substrat, favorise son développement.

La chute du nombre de nids en semaine 6 peut par conséquent s'expliquer par une grande quantité de poisson malade, que ce soit truites ou ombres communs. Le second pic est plus faible. Il a lieu semaines 10 à 12 lorsque l'épidémie est retombée. Le nombre assez faible de frais comptabilisés par semaine pour un pic d'activité peut s'expliquer par une mortalité importante des truites touchées par la maladie ayant engendrée une baisse du nombre de géniteur encore disponible pour les pontes.

Malgré cela, le secteur du Pigeolet a été le plus productif avec 448 nids sur la saison, le secteur de Fontaine de Vaucluse a quant à lui accueilli 210 nids et le Partage des Eaux 166 nids. Le tableau suivant aide à mieux visualiser la baisse du nombre de nids par rapport à l'année 2022.

Tableau 3 : Densité de nids par hectare et parcours sur les Sorgues amonts

	Partage	Grande Isle	Pigeolet	Moto-cross	Chemin Noir	Terrain fédé	Fontaine	Total
Surface (Ha)	0,66	2,63	2,49	2,25	1,72	0,25	4,41	14,41
Densité 2023 (nids/Ha)	251,52	18,63	160,24	58,67	9,30	92,00	47,62	69,54
Densité 2022 (nids/Ha)	167	22	277	178	22	215	131	133,93
Évolution (%)	50,61	-15,31	-42,15	-67,04	-57,72	-57,21	-63,65	-48,08

Une forte baisse d'activité est constatée par rapport à l'année record de 2022. Cette diminution de 48 % s'explique principalement par la très forte prolifération de la saprolégniose en plein pic de reproduction des truites. Cette maladie a stoppé la dynamique de reproduction et provoqué une forte mortalité, notamment sur les gros poissons (supérieurs à 30 cm). Les poissons ne s'étant pas reproduits avant la semaine 6 et morts de la saprolégniose doivent être nombreux. Ceux sont ces pertes de géniteurs qui peuvent expliquer le déficit de ponte pour 2023.

Température de l'eau de la Sorgue

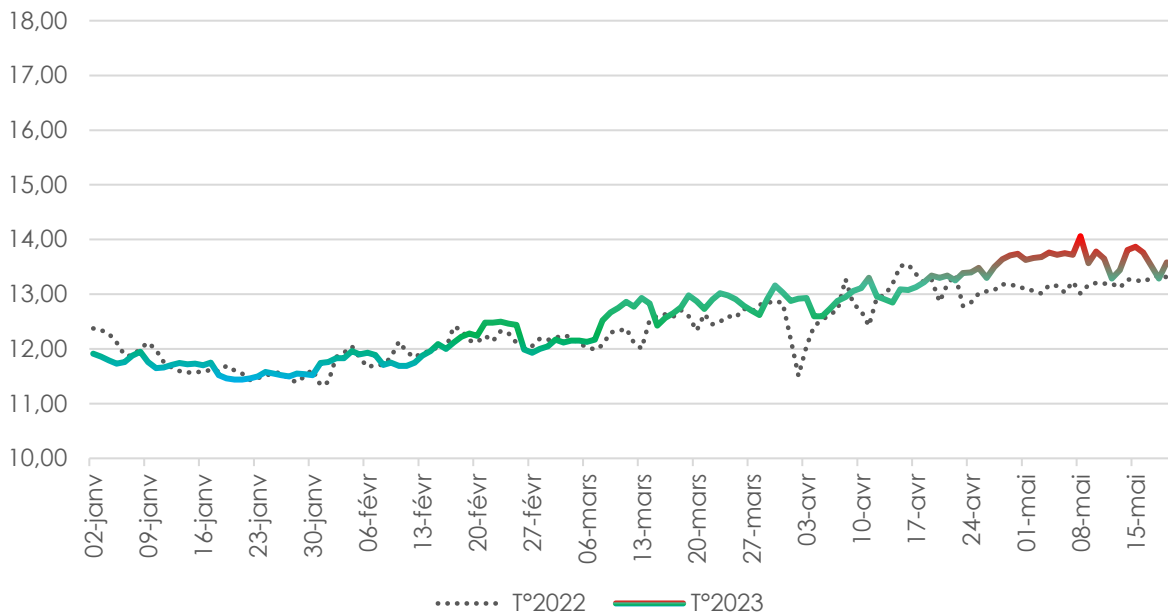


Figure 10 : Température de la sorgue pendant la reproduction de la truite

La température hebdomadaire de l'eau a fluctué entre 11,44 °C (semaine 3) et 14,06 °C (semaine 19). En effet, la rivière est connue pour sa faible amplitude thermique d'une valeur de 2,62°C sur cette période. Cette légère hausse de l'amplitude thermique est négligeable et s'explique par les débits que la rivière a connus cette année.

Débit

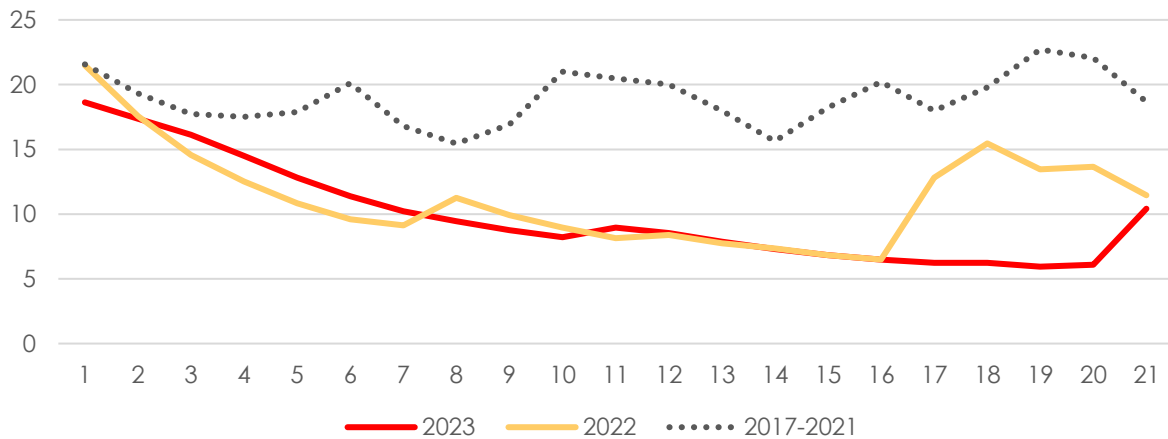


Figure 11 : Débit moyen hebdomadaire sur la Sorgue pendant la période de reproduction

Durant cette année 2023, la Sorgue a eu un débit moyen de 9.92 m³/s sur les 21 premières semaines, période de reproduction de la truite. Le Débit minimal enregistré est de 5.94 m³/s et le débit maximal est de 18.63 m³/s. Le niveau d'eau de l'année 2023 est bas pour la seconde année consécutive, la moyenne sur 5 ans (2017/2021) étant de 19 m³/s.

Cartographie des faciès d'écoulement

TABLEAU 4 : FACIÈS D'ÉCOULEMENT SUR LA SORGUE

<i>Faciès d'écoulement</i>	Surface (Ha)	Représentativité (%)
<i>Chenal lotique</i>	6,73	47
<i>Chenal lentique</i>	3,00	21
<i>Plat courant</i>	1,58	11
<i>Radier</i>	0,82	6
<i>Plat lentique</i>	0,80	6
<i>Mouille de concavité</i>	0,49	3
<i>Rapide</i>	0,39	3
<i>Seuil</i>	0,17	1
<i>Régime torrentiel</i>	0,16	1
<i>Fosse de dissipation</i>	0,17	1
<i>Fosse</i>	0,07	< 1
Total	14,37	100

À la suite de la cartographie, les surfaces des différents faciès d'écoulement ont été calculées. Il ressort que la zone amont est fortement caractérisée par les chenaux lotiques et lentiques ainsi que les plats courants, les trois représentant 79 % de la surface d'étude.

Analyse et discussion

Evolution interannuelle sur le secteur médian

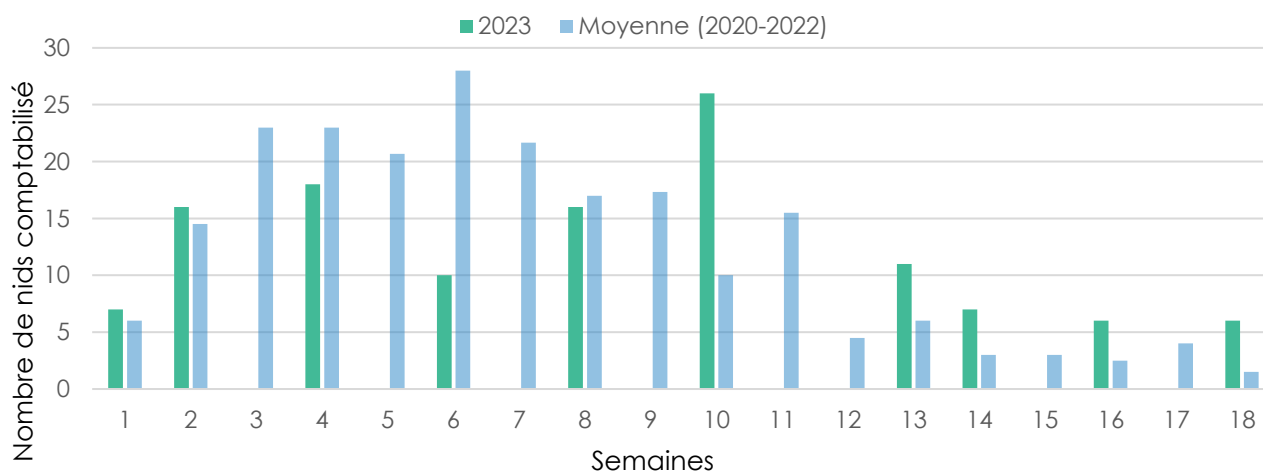


Figure 12 : Nombres de nids sur le secteur médiane en 2023 et sur les quatre dernières années

On note une baisse du nombre de frais d'environ 44 % en 2023 par rapport à la moyenne 2020/2022. Le pic d'activité est décalé cette année. Il est normalement observé en semaine 6 mais a eu lieu semaine 10. On peut encore une fois faire le parallèle avec la forte prévalence de la saprolégniose en semaine 6 jusqu'à semaine 9 qui a stoppé la dynamique de reproduction.

Evolution interannuelle sur le secteur amont

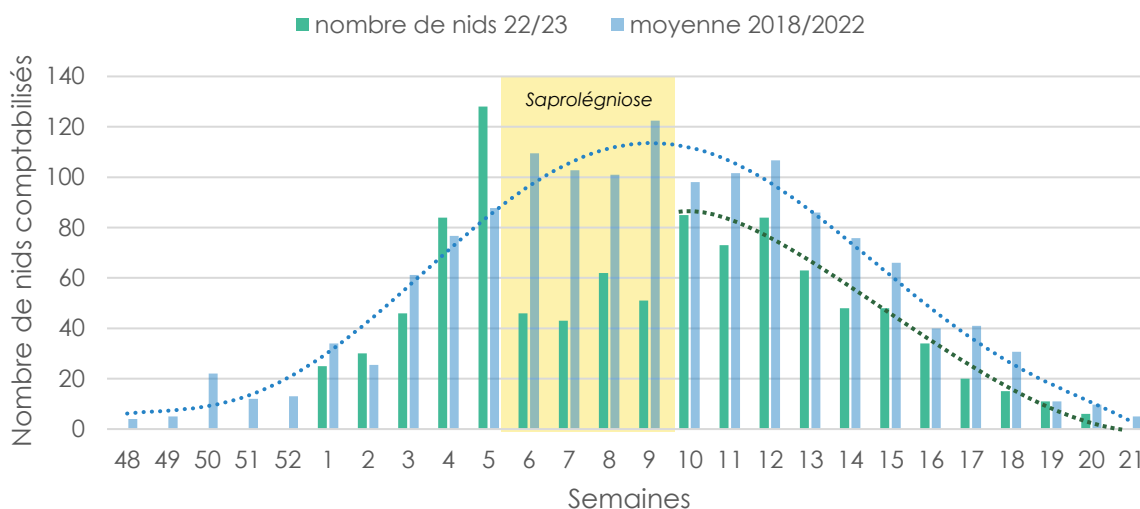


Figure 13 : Nombre de nids au cours des cinq dernières années en secteur amont

Sur les 4 dernières années avec suivi complet, le nombre de nids moyen annuel est de 1 449 (± 418 nids). Cette année 2023 est donc largement en dessous de la moyenne ($1\ 002 < 1\ 165 = 1\ 449 - 418$). Sur la **Figure 13** ci-dessus, on observe que la dynamique était très bonne jusqu'au développement de la saprologéniose où un déficit franc apparaît. Malgré la diminution du nombre de poissons touchés dès la semaine 10, le nombre de frais hebdomadaire ne remonte pas complètement. On constate alors un niveau d'activité moins élevé sur la seconde partie de la période de reproduction, signe d'une mortalité chez les géniteurs.

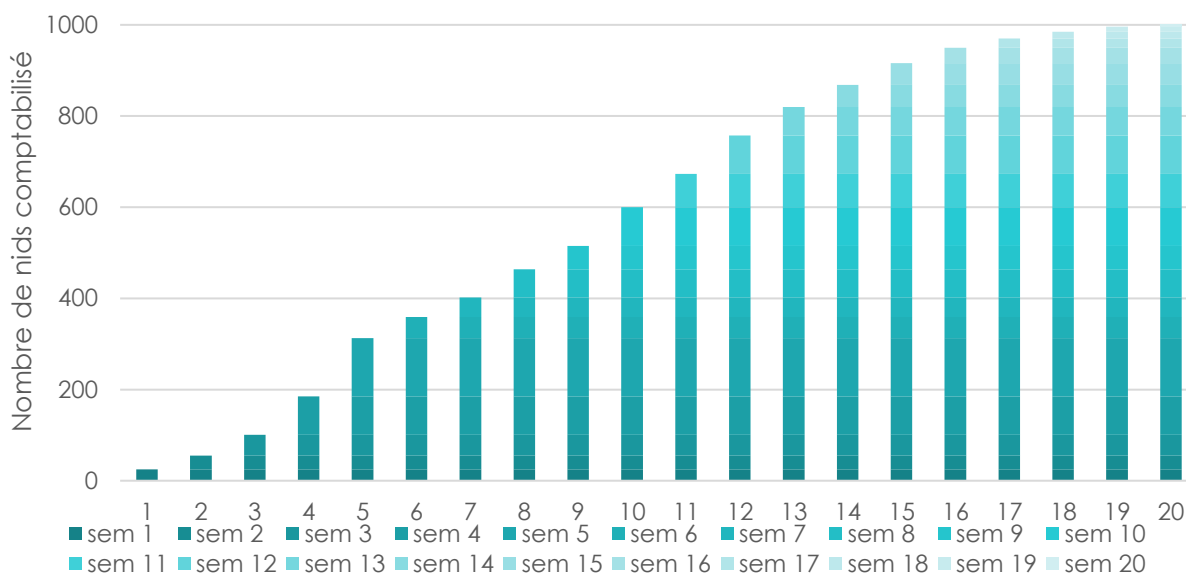


Figure 14 : Nombre cumulé des nids comptabilisés en 2023

La truite a-t-elle un faciès d'écoulement préférentiel lors de la ponte ?

Durant cette année 2022/2023 aucune crue morphogène n'a été recensée. Il est donc possible d'utiliser les mêmes données de cartographie des faciès que celles réalisées l'année 2021/2022 précédente.

Comme on le constate sur la **Figure 15**, quelle que soit l'année considérée, les faciès ne possèdent pas tous la même attractivité. Malgré des densités globalement plus faibles en 2023 par rapport à 2022, les tendances restent exactement les mêmes. Trois faciès sont plus attractifs que les autres. En premier et loin devant, le plat courant est le faciès de prédilection pour la reproduction de la truite. Il accumule à lui seul plus de 50 % des pontes 2022/2023. Les truites choisissent ensuite les chenaux lotiques et les radiers.

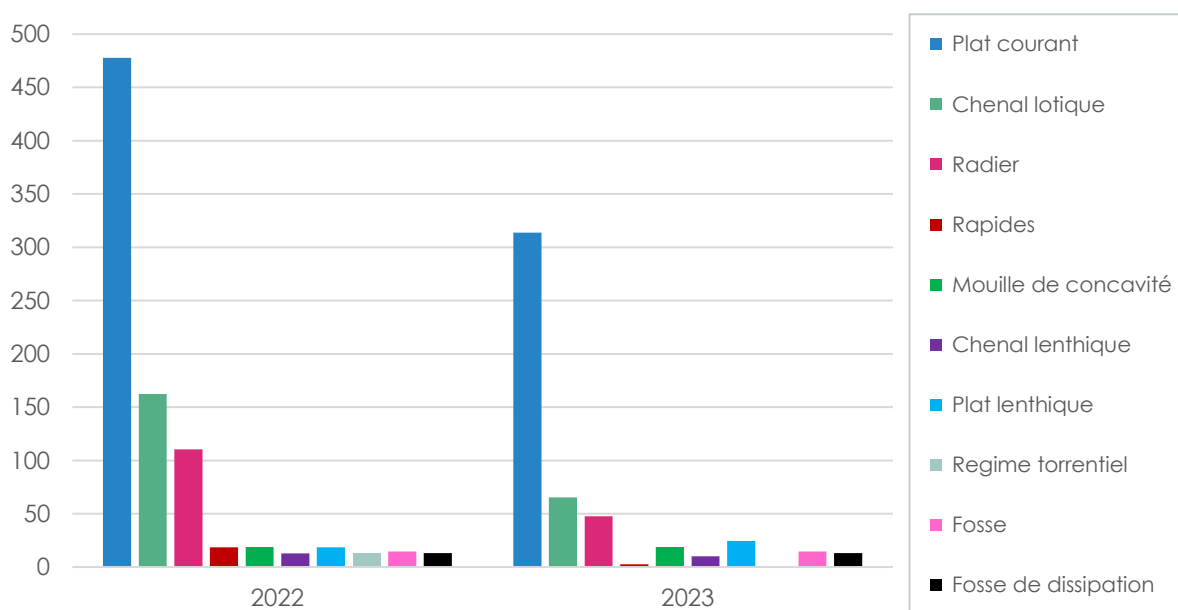


Figure 15 : Densité de nids en fonction du faciès d'écoulement sur la Sorgue amont

Comment expliquer le déclenchement de la reproduction de la truite sur la Sorgue ?

En France, la truite se reproduit de façon générale entre novembre et février (Keith *et al.*, 2011). Comme on l'a vu, la Sorgue déroge complètement à cette règle puisque la reproduction commence en décembre et peut se prolonger jusqu'à fin juin voire juillet sur le haut de Fontaine de Vaucluse. Une des principales caractéristiques de la Sorgue, sa stabilité thermique, explique sûrement cette différence dans la fenêtre de reproduction. En effet, alors qu'en France la majorité des truites pondent en hiver lors d'une fenêtre thermique propice courte, la Sorgue reste à une température plus que confortable pour la reproduction sur une très longue période de l'année.

A partir de là, on peut essayer de chercher quels sont les paramètres environnementaux qui viennent déclencher le frais chez les géniteurs. Le paramètre le plus intéressant est indéniablement la photopériode ou plus simplement, la durée du jour. Déjà testé en 2022, la photopériode a un impact direct sur le pic d'activité de ponte de la truite. Un modèle additif généralisé ou GAM a été construit, **Figure 16** ci-dessous. Le paramètre photopériode est très significatif (p -value $< 2e-16$ ***) et explique à lui seul 54 % de la variabilité dans les dynamiques des pontes. Malgré l'effet de ralentissement lié à la saprolégniose, on observe quand même que le modèle est cohérent cette année 2023 aussi malgré son caractère exceptionnel.

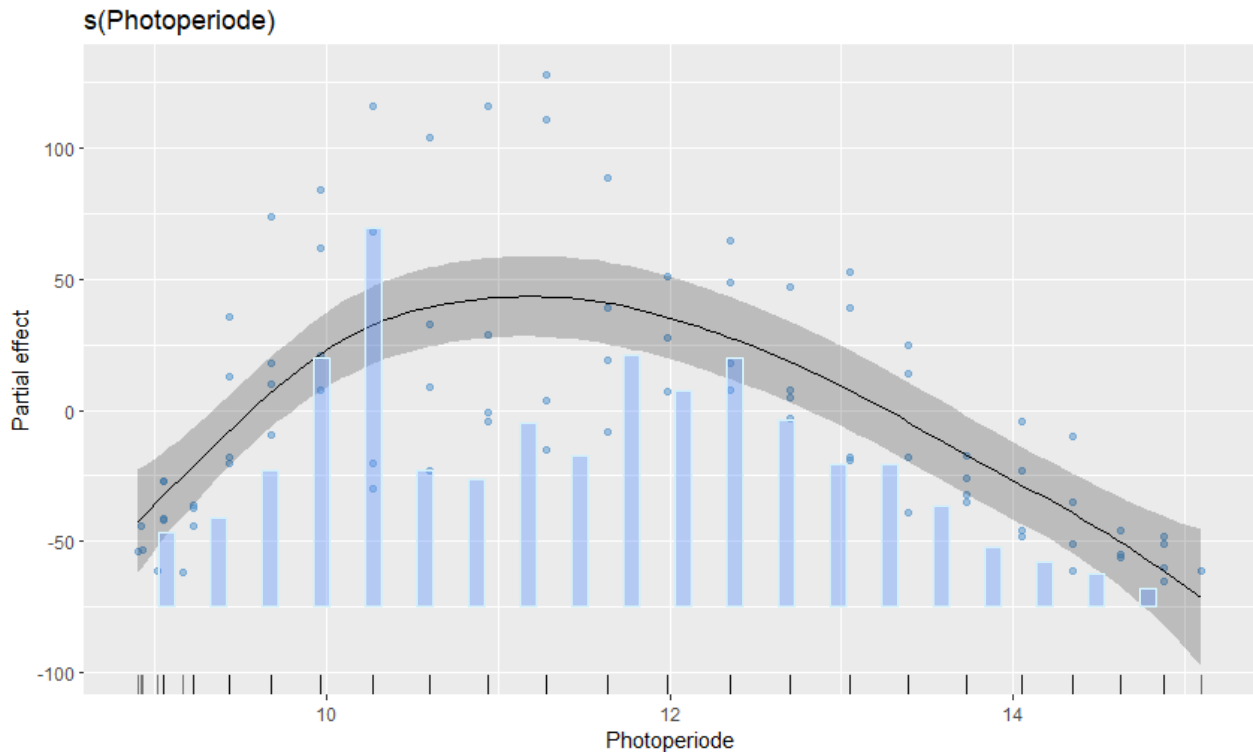


Figure 16 : Modèle additif généralisé du nombre de ponte par semaine en fonction de la photopériode (années 2019 à 2023) et en transparence la dynamique de 2023

La photopériode est en fait le métronome de la reproduction. C'est ce paramètre qui dicte le rythme, l'accélération puis la décélération de l'activité de reproduction qui atteint un pic aux alentours de 11 heures et 15 minutes de jour. Cependant, à l'intérieur de ce motif global, des variations interannuelles ont lieu. Dans le rapport précédent, nous avons mis en évidence l'effet de la pression atmosphérique (Cavoy, 2022). Cette année, nous pouvons donc ajouter un nouvel élément, l'effet de certaines maladies comme la saprolégniose.

En résumé, la photopériode donne le rythme de reproduction sur la Sorgue. Des hautes pressions atmosphériques ou une forte prévalence d'une maladie comme la saprolégniose inhibe l'activité de ponte. Au contraire, les dépressions atmosphériques stimulent la reproduction chez la truite. Enfin, l'activité est plus précoce à l'aval qu'à l'amont où les géniteurs frais à retardement.

Limite de la méthode

Le protocole de suivi de la reproduction possède quelques limites ou biais. Cela éloigne les observations visuelles de la réalité. La méthode est donc critiquable :

- La hauteur d'eau de la Sorgue influe sur la visibilité des nids mais l'année 2023 a été caractérisée par des niveaux d'eau bas. La visibilité était donc optimale ;
- Les conditions météorologiques, que ce soit la luminosité ou le vent influent elles aussi sur la visibilité du fond de la rivière mais sont facilement gérables en décalant notre suivi sur les jours de la semaine les moins impactés ;
- L'observateur est le biais le plus important. Premièrement, il change chaque année et de plus l'interprétation visuelle d'un nid est propre à chacun.
- Il est possible qu'une truite fraie sur un nid déjà existant, rendant compliqué l'observation de ce frais.

Ces biais ne sont pas évitables, rappelons notamment que ces observations sont faites en milieu naturel. Les résultats présentés ne sont par conséquent pas exempts d'imprécisions.

Bibliographie

Bagliniere, J.L. (1979) 'Dévalaison de truites (*Salmo trutta*) sur la rivière Ellé', *Bulletin Français de Pisciculture*, (275), pp. 49–60. Available at: <https://doi.org/10.1051/kmae:1979001>.

Bardonnnet, A. and Heland, M. (1994) 'The influence of potential predators on the habitat preferenda of emerging brown trout', *Journal of Fish Biology*, 45(sA), pp. 131–142. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01088.x>.

Belaud, A. et al. (1989) 'Probability-of-use curves applied to brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in rivers of southern France', *Regulated Rivers: Research & Management*, 3(1), pp. 321–336. Available at: <https://doi.org/10.1002/rrr.3450030130>.

Berrebi, P. (1995) *Etude génétique des truites fario de la Sorgue*. Etude commandée par la FDAAPPMA84. Montpellier: Laboratoire Génome et Populations, p. 8.

Berrebi, P. (2006) *Suivi génétique des truites fario des Sorgues*. 1. Montpellier: ISE.

Berrebi, P. (2008) *Evolution de la dynamique des peuplements de truites fario des Sorgues*. 2. Montpellier: ISE.

Berrebi, P. (2011) *Etude génétique des truites fario de la Sorgue*. 3. Montpellier: ISE.

Bradford, M.J., Myers, R.A. and Irvine, J.R. (2000) 'Reference points for coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) harvest rates and escapement goals based on freshwater production', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(4), pp. 677–686. Available at: <https://doi.org/10.1139/f99-281>.

Brooker, M. (1981) 'The impact of impoundments on the downstream fisheries and general ecology of rivers', *Advances in Applied Biology* [Preprint]. Available at: https://scholarworks.umass.edu/fishpassage_journal_articles/363.

Bruslé, J. and Quignard, J.-P. (2001) *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Lavoisier.

Carmie, H. et al. (1985) 'Observations sur la reproduction artificielle de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*)', *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (296), pp. 2–16. Available at: <https://doi.org/10.1051/kmae:1985003>.

Cavoy, V. (2022) *Etude de la reproduction de la Truite fario (*Salmo trutta fario*) sur le bassin des Sorgues – Vaucluse 2022*. Rapport d'étude. FDAAPPMA 84, p. 32. Available at: <https://www.peche-vaucluse.com/compte-rendus-federation-peche-vaucluse.html>.

Heggenes, J., Baglinière, J.L. and Cunjak, R.A. (1999) 'Spatial niche variability for young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in heterogeneous streams', *Ecology of Freshwater Fish*, 8(1), pp. 1–21. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.1999.tb00048.x>.

Huet, M. (1961) 'Reproduction et migrations de la truite commune (*Salmo trutta fario* L.) dans un ruisseau salmonicole de l'Ardenne belge', *SIL Proceedings, 1922-2010*, 14(2), pp. 757–762. Available at: <https://doi.org/10.1080/03680770.1959.11899361>.

Keith, P. et al. (2011) *Les Poissons d'eau douce de France*. BIOTOPE.

Malavoi, J.-R. and Souchon, Y. (1989) 'Méthodologie de description, quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux : exemple d'une station sur la Fillière (Haute-Savoie) / A methodology for the description and the quantification of the morphodynamic variables along a gravel bed river : a reach of the Fillière river (Haute-Savoie) as an example', *Géocarrefour*, 64(4), pp. 252–259. Available at: <https://doi.org/10.3406/geoca.1989.5699>.

Ombredane, D., Bagliniere, J.L. and Marchand, F. (1998) 'The effects of Passive Integrated Transponder tags on survival and growth of juvenile brown trout (*Salmo trutta* L.) and their use for studying movement in a small river', *Hydrobiologia*, 371(0), pp. 99–106. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1017022026937>.

Ovidio, M. *et al.* (1998) 'Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes', in J.-P. Lagardère, M.-L.B. Anras, and G. Claireaux (eds) *Advances in Invertebrates and Fish Telemetry*. Dordrecht: Springer Netherlands (Developments in Hydrobiology), pp. 263–274. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-011-5090-3_30.

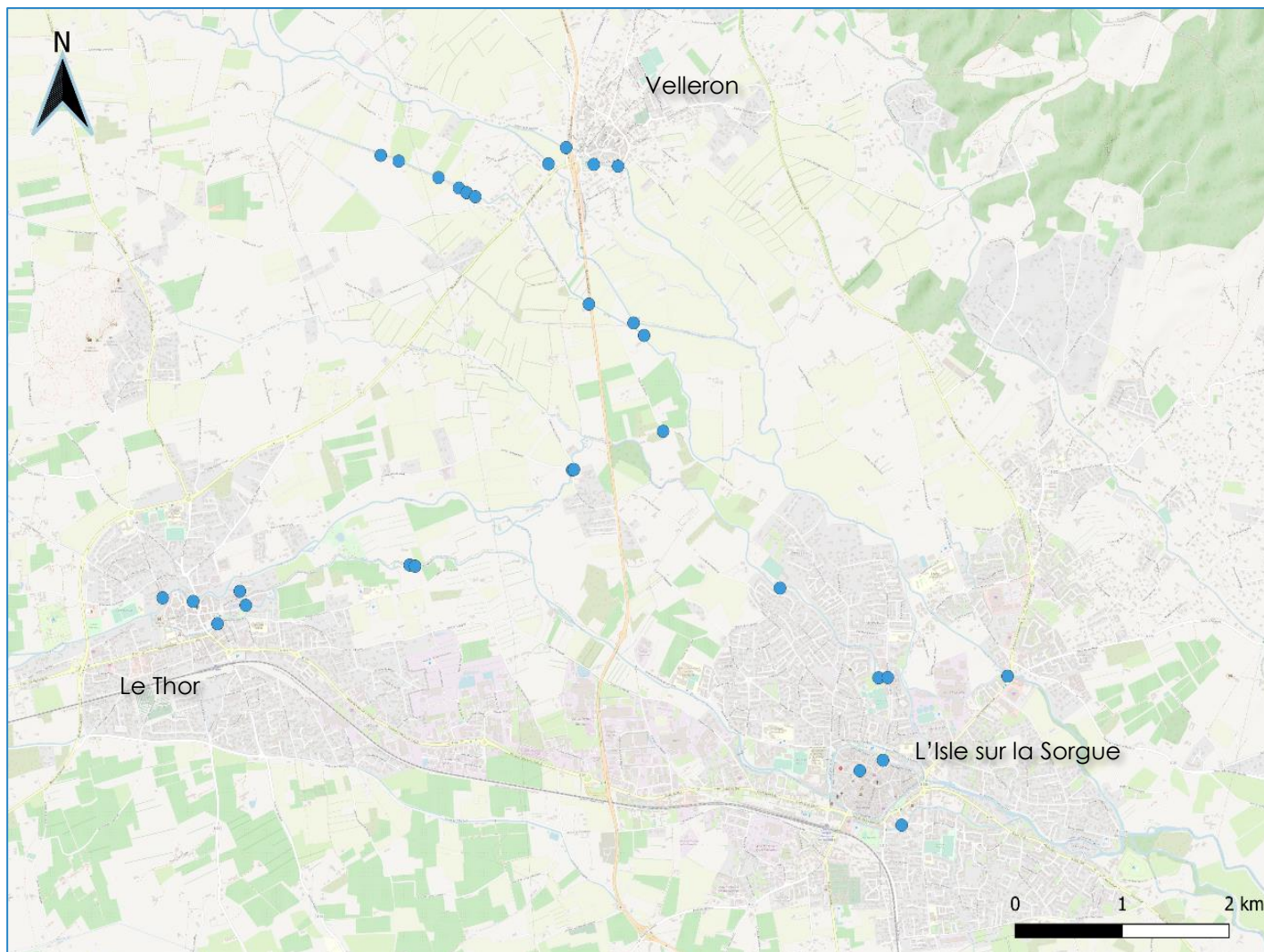
Persat, H. (1988) *De la biologie des populations de l'ombre commun *Thymallus thymallus* (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé, le Haut-Rhône français: éléments pour un changement d'échelles*. These de doctorat. Lyon 1. Available at: <https://www.theses.fr/1988LYO10025> (Accessed: 26 July 2022).

Persat Henri, Kathrin Winkler, and Steven Weiss (2011) *Diversité génétique de la population d'ombre commun de la Sorgue*.

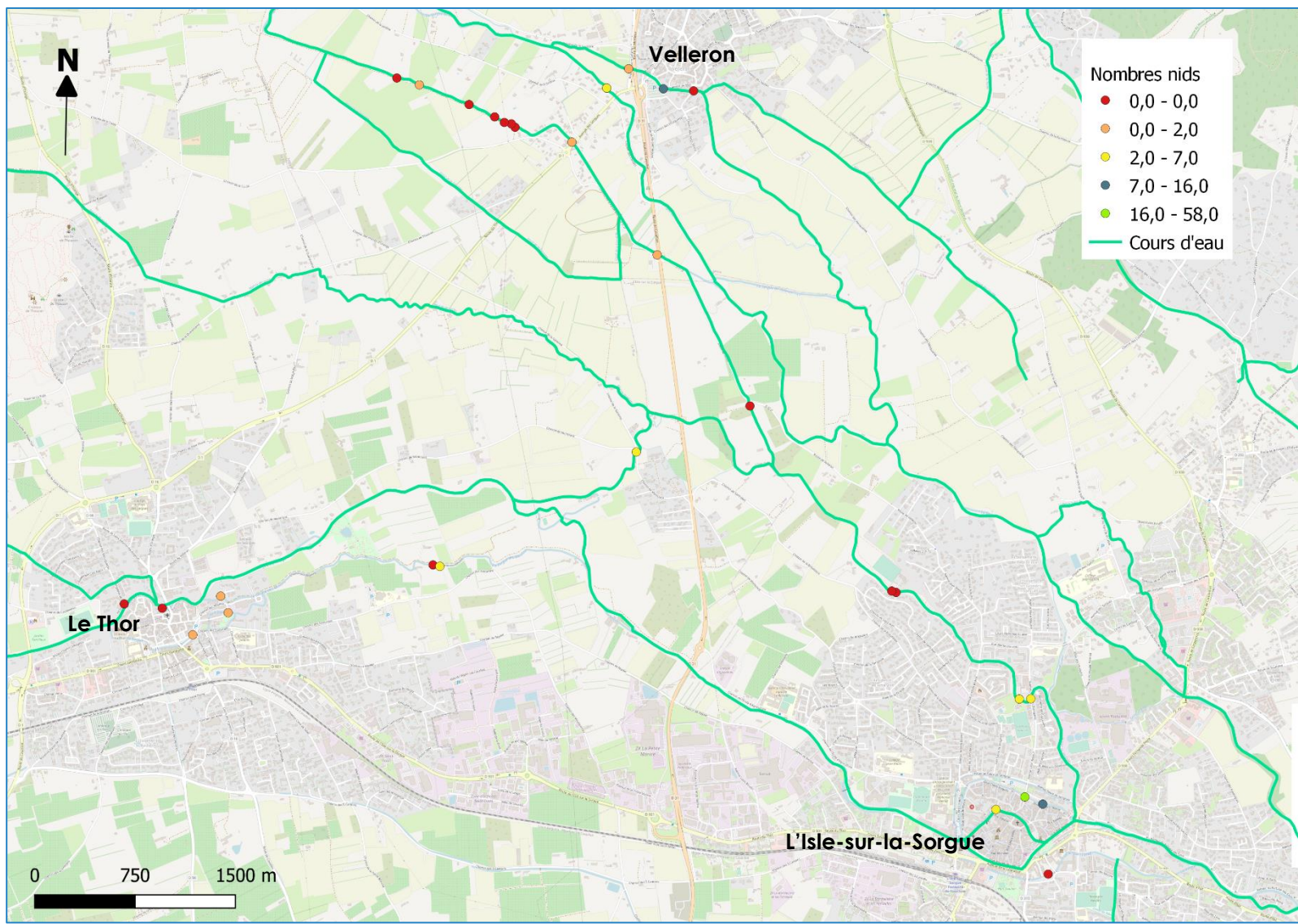
Plasseraud, O., Lim, P. and Belaud, A. (1990) 'Observations préliminaires sur le fonctionnement des zones de frayères de la truite commune (*Salmo trutta fario*) dans deux cours d'eau ariégeois (le Salat et l'Alet)', *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (318), pp. 72–81. Available at: <https://doi.org/10.1051/kmae:1990010>.

Vivier, P. (1958) 'L'ombre commun (*Thymallus thymallus* L.). Sa reproduction et son élevage', *Bulletin Français de Pisciculture*, (191), pp. 45–58. Available at: <https://doi.org/10.1051/kmae:1958001>.

Annexe



Annexe 1 : Localisation des frayères artificielles sur la Sorgue médiane



Annexe 2 : Efficacité des frayères artificielles sur la Sorgue médiane