

Etude de la reproduction de la Truite fario (*Salmo trutta fario*) sur le Bassin des Sorgues – Vaucluse 2022

Baptiste MEFFRE - FDAAPPMA 84



Valentin Cavoy ©

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
La restauration et création de frayères salmonicoles.....	8
Techniques de restauration	8
Diagnostic de la fonctionnalité des frayères.....	9
Protocoles de suivi biologique	9
Suivi de la reproduction de <i>Salmo trutta</i>	9
Mesure des débits.....	11
Mesures de la température	11
Cartographie des faciès d'écoulement	11
Résultats.....	12
Suivi des frayères en secteur médian	12
Suivi frayères sur le secteur amont	13
Température de l'eau de la Sorgue.....	15
Débit.....	15
Cartographie des faciès d'écoulement	16
Analyse et discussion	16
Evolution interannuelle sur le secteur médian	16
Evolution interannuelle sur le secteur amont	17
La truite a-t-elle un faciès d'écoulement préférentiel lors de la ponte ?	18
Comment expliquer le déclenchement de la reproduction de la truite sur la Sorgue ?	20
Limite de la méthode	21
Conclusion	21
Bibliographie	22
Annexe	24

Introduction

Contexte

La Sorgue prend sa source à la Fontaine de Vaucluse qui fait partie des 5 plus importantes exsurgences 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 12 et 16°C), même au plus fort de l'été.

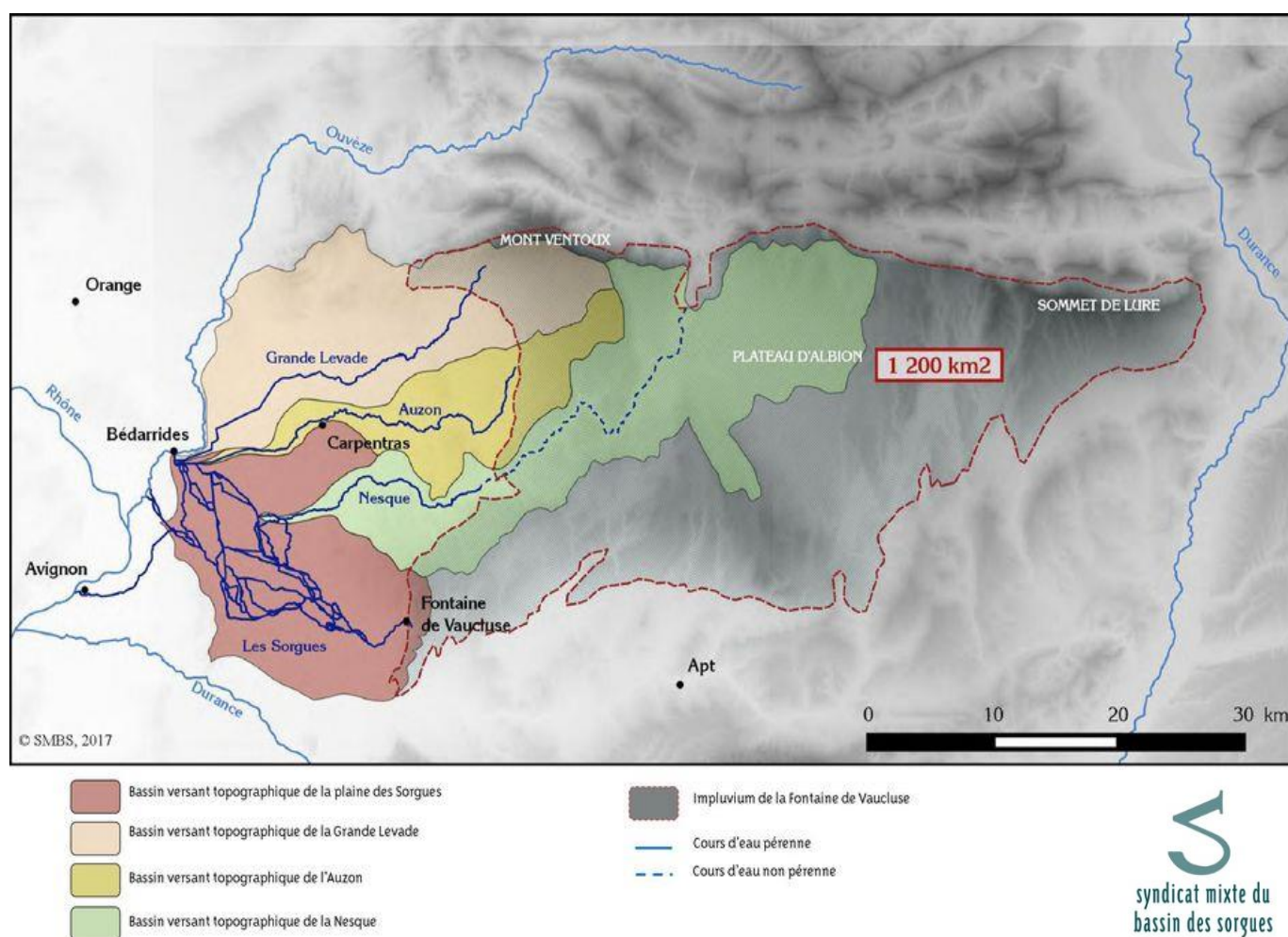


FIGURE 1 : IMPLUVIUM DE L'EXSURGENCE - SOURCE SMBS

La Fontaine de Vaucluse alimente la Sorgue grâce à 2 types d'exsurgences : des sources inférieures, dans le lit de la Sorgue, nommées « griffons » ainsi que par l'écoulement du gouffre directement. 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 (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 exsurgence est non moins célèbre et attire des pêcheurs du monde entier par sa réputation de rivière salmonicole très productive. L'espèce repère et reine y est la truite fario (*Salmo trutta fario*).

Cette espèce est un attrait pour la pêche récréative, lui conférant des enjeux halieutique et socio-économique importants (Bruslé and Quignard, 2001). Les actions à développer dans le PDGP¹ 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 FDPPMA² (quotas, taille légale de capture, technique de pêche...).

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

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

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; Heggnes, 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 depuis quelques années. Le déclin des populations naturelles est lié à plusieurs facteurs environnementaux, socio-économique et 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 des analyses sur les variations environnementales. 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 du bassin identifiées 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 ;
- ✓ **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 fraies ;
- ✓ **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 fraie chez la truite fario dans la Sorgue.

Etudier la reproduction d'une espèce dans son environnement permet non seulement de connaître la tendance évolutive de l'état des populations, mais également de connaître les variables influençant le plus la biologie de l'espèce, afin de préconiser des actions de restauration du milieu et retrouver ou préserver un écosystème fonctionnel et en équilibre.

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, 2007). 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 1000 à 1500 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 pour croître 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.



FIGURE 3 : OMBRE COMMUN

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 enfoncez 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).

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 (**figure 4**).

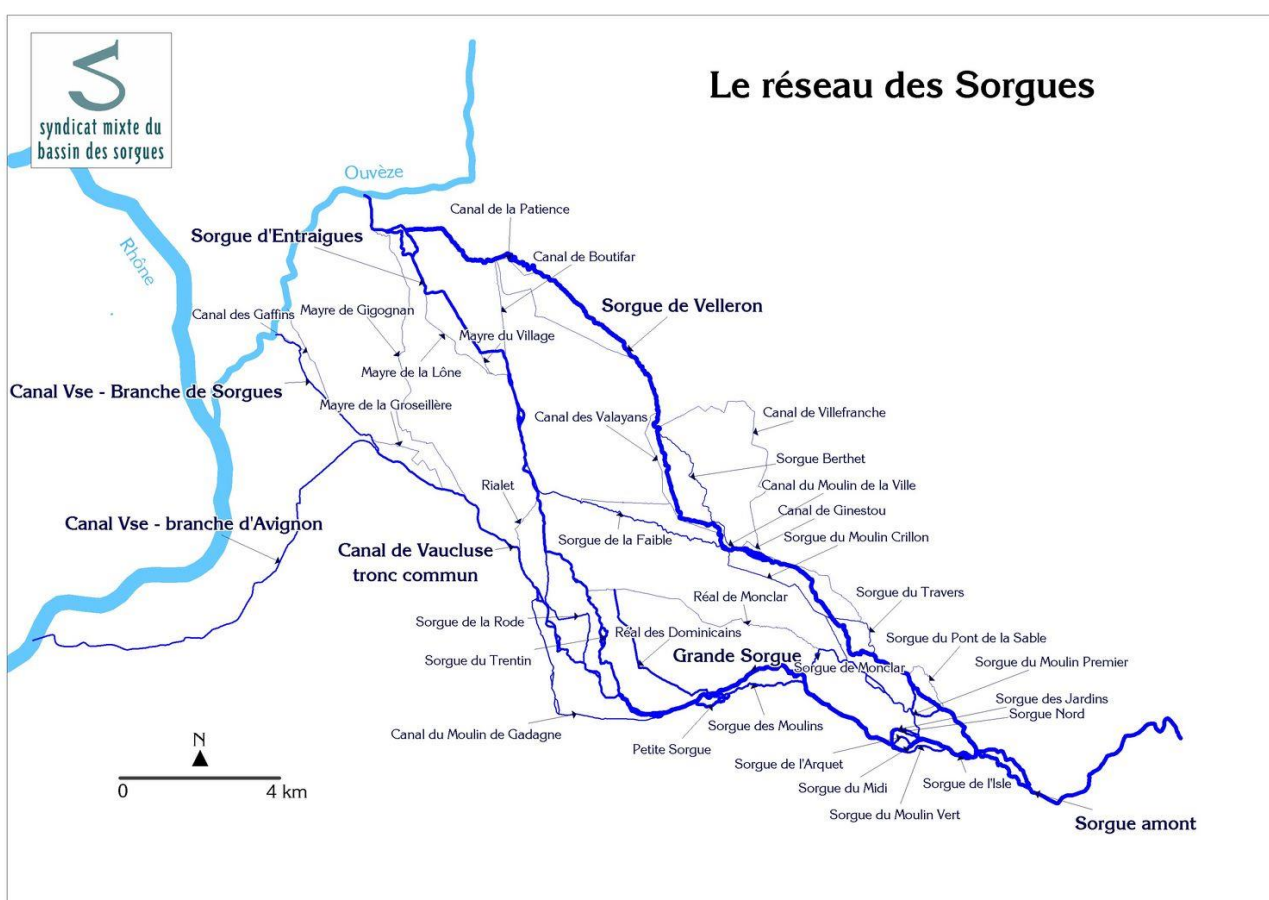


FIGURE 4 : CARTOGRAPHIE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA SORGUE (SOURCE : SMBS)

Son débit moyen est de 21m³/s. Elle est pérenne toute l'année bien que le débit s'affaiblit fortement en saison estivale (4m³/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 xérophiles 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 aval. Cette distinction entre les deux premières s'établit au partage des eaux de l'Isle-sur-la-sorgue, 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 d'après l'inventaire des années précédentes. 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.

La restauration et création de frayères salmonicoles

Techniques de restauration

Pour qu'une frayère soit fonctionnelle, un certain nombre de caractéristiques 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, $>1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
- 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.

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

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

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.

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 reconduite des travaux (conditions hydrologiques, charriage de sédiment, absence de reproduction sur les sites...).

Protocoles de suivi biologique

Suivi de la reproduction de *Salmo trutta*

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.

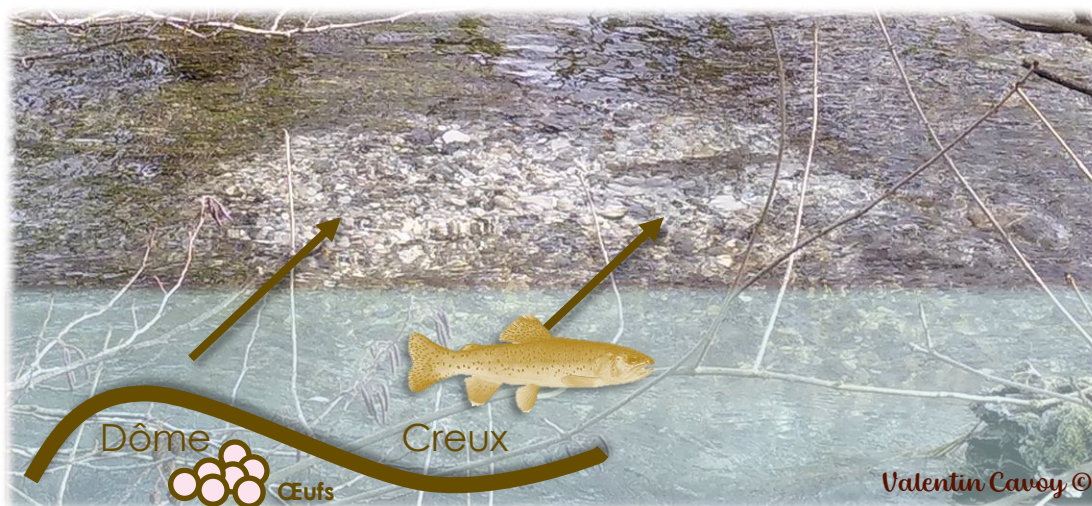


FIGURE 6 : NID DE TRUITE FARIO ET SCHEMA

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 6**), 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.

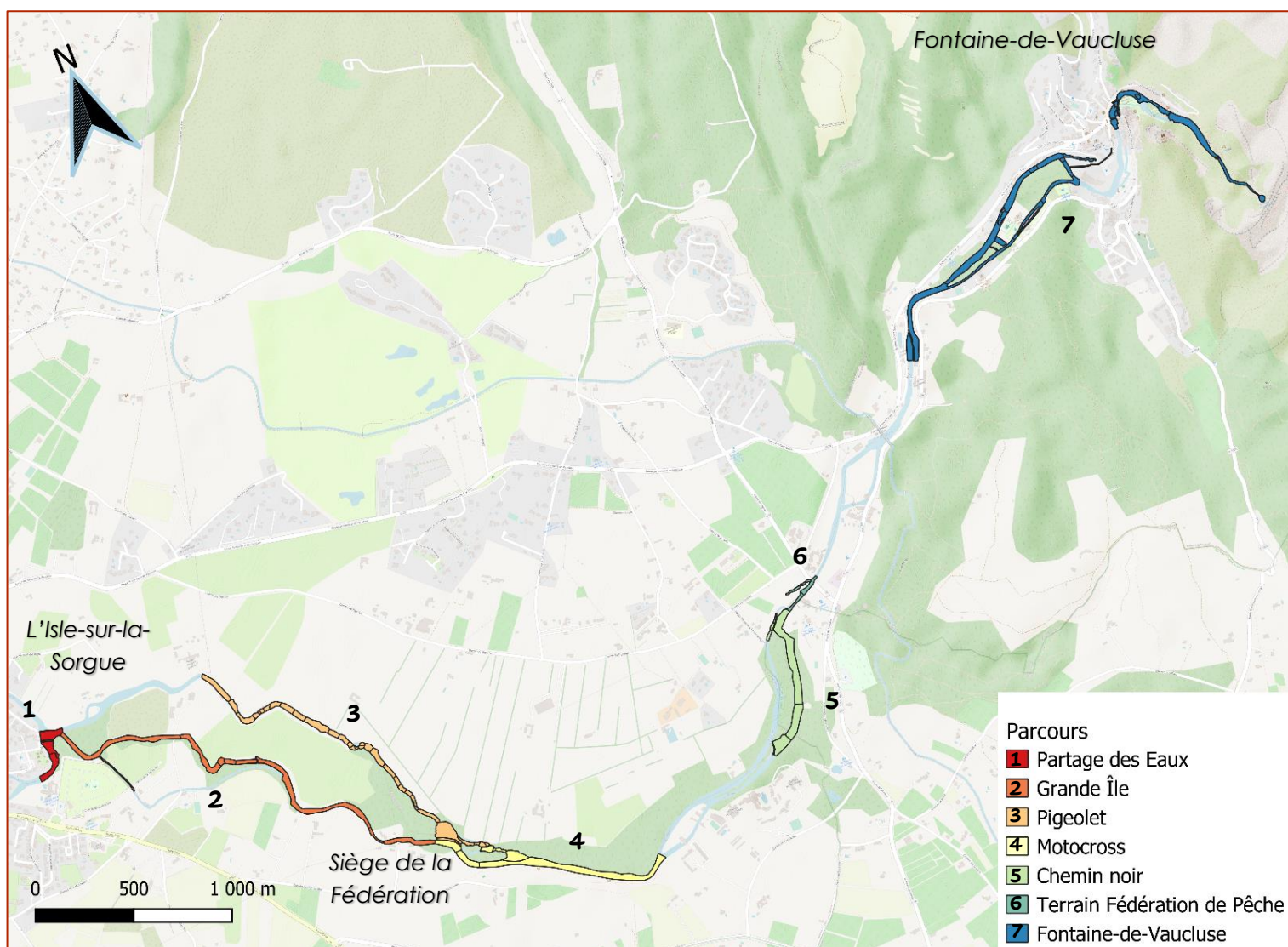


Figure 7 : Représentation cartographique des parcours de suivi sur la Sorgue amont

Ainsi, 7 parcours (**figure 7**) ont été tracés et parcourus hebdomadairement de la semaine 1 à 21 de l'année 2022. 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 lenticules 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

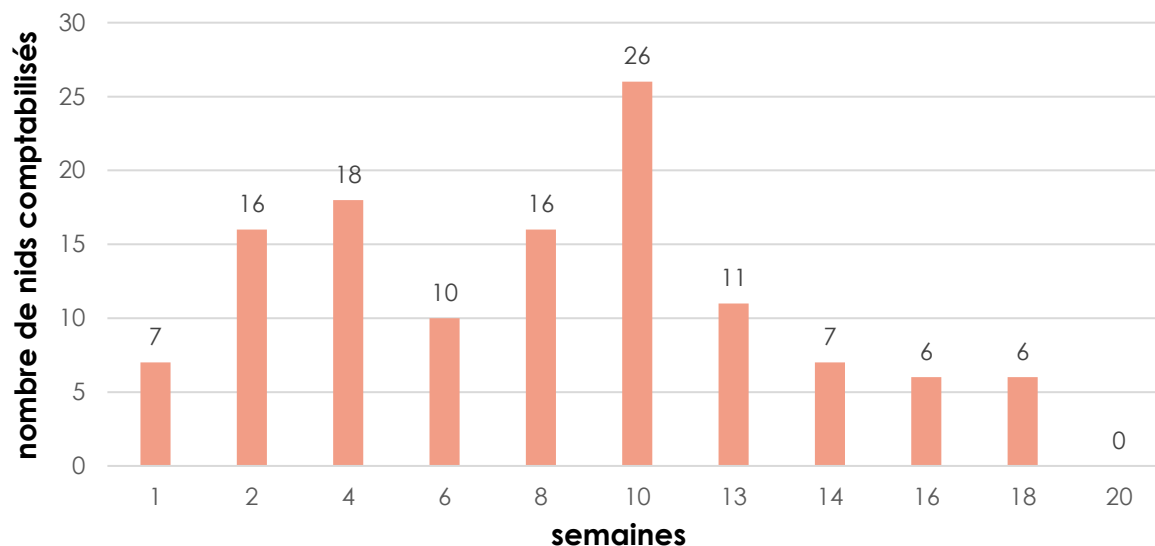


Figure 8 : Nombre de nids par semaines sur les sorgues médiane

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.

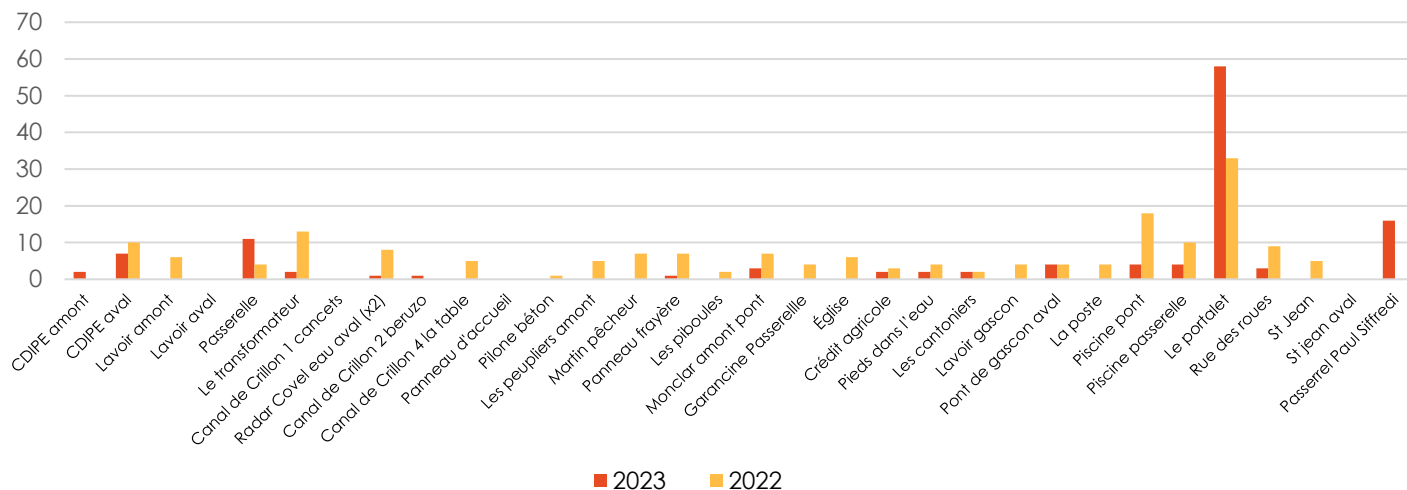


Figure 9 : Nombre de nids par parcours sur les sorgues médiane

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 rien donné.
- 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
- Et 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

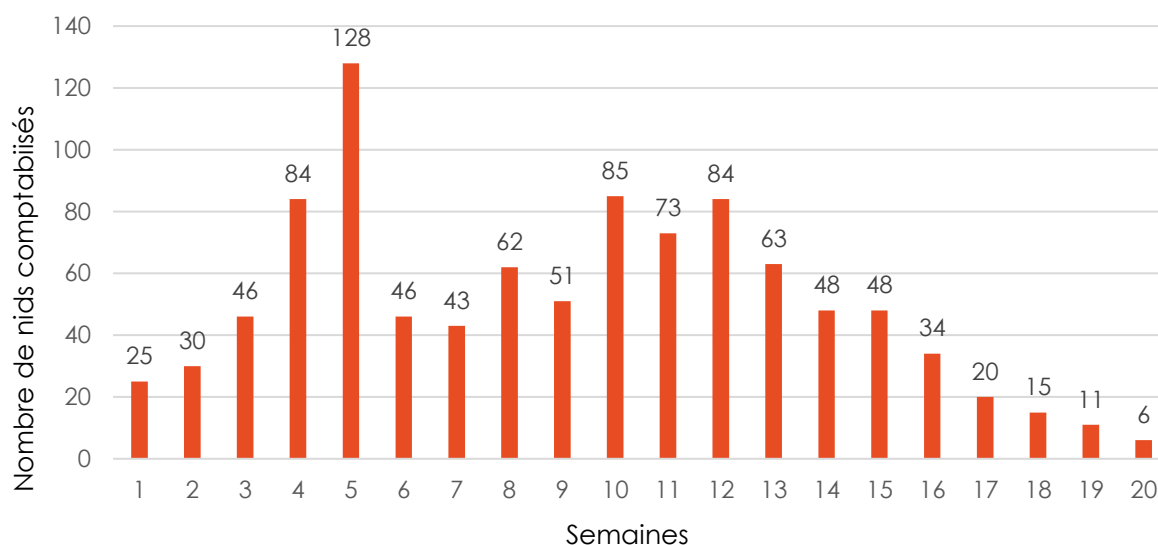


Figure 10 : Nombre de nids sur les sorgues amonts pour l'année 2023

Au total, 1002 nids ont été observés pour cette année 2023, La répartition des nids est très inégale, on observe deux pics pour la semaine 5 et les semaines 10 à 12. On remarque que ce phénomène est aussi présent sur le secteur des sorgues médiane **figure 10**. Le pic d'activité est de 128 nids sur la semaine 5 et d'environ 81 nids sur les semaines 10 à 12.

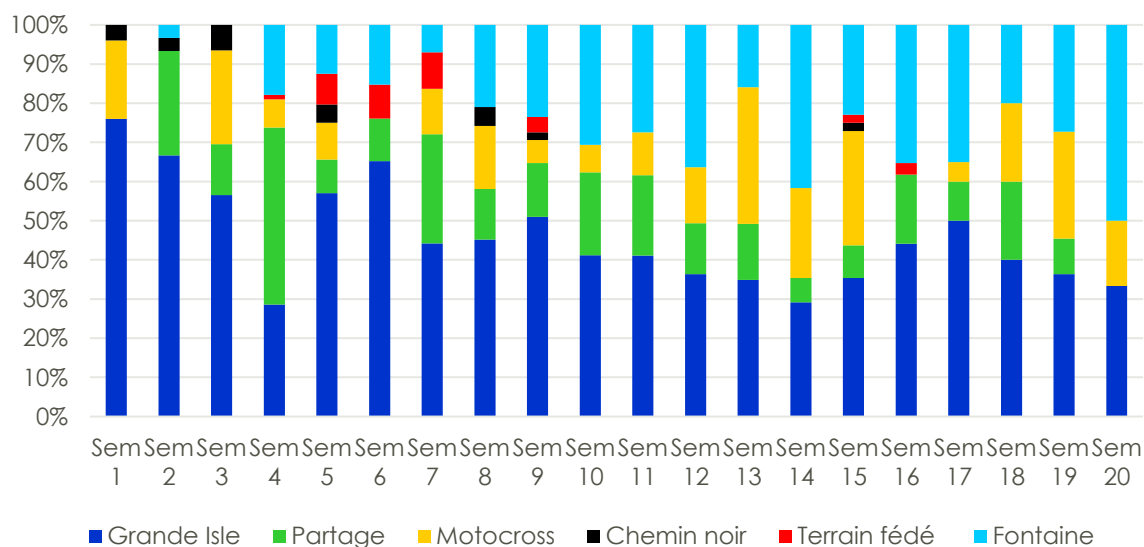


Figure 11 : Pourcentage du nombre de nids des parcours et par semaines

Il est important de noter que la case grande Isle de la **figure 11** regroupe le parcours grande Isle et pigeolet. Cependant, sur le terrain nous avons pu observer les premiers poissons touchés par la saprolégnirose à la semaines 4/5 ce qui peut être expliqué par le pic de reproduction de la truite fario.

La chute du nombre de nids en semaine 6 peut s'expliquer par une grande quantité de poisson malade. Le second pic bien que plus faible peut s'expliquer par une mortalité importante des truites touchées par la maladie, s'expliquant par une biomasse diminuée.

Cette baisse d'activité est plus visible avec le nombre de nids par parcours. En effet, le secteur du pigeolet a été le plus productif avec 448 nids sur la saison, le secteur de Fontaine de Vaucluse quant à lui a accueilli 210 nids et le partage des eaux 166 nids. Cependant, on remarque sur les sorgues amonts une tendance, plus le nid est loin de la source de la Fontaine, plus il est observé tôt dans la saison. Cette tendance se confirme avec le graphique suivant.

Comme nous pouvons le remarquer cette tendance est encore vérifiée avec **l'annexe 3**, on distingue cependant une grande disparité du nombre de nids entre les parcours, certainement dû à des faciès d'écoulement moins favorable. Le tableau suivant nous aide à mieux visualiser la baisse du nombre de nids par rapport à l'an dernier. La cartographie des herbiers n'ayant pas été refaite cette année 2023 nous ne pourrions pas faire une constatation de l'évolution des habitats et donc une comparaison avec l'an dernier.

	Partage	Grande Isle	Pigeolet	Motocross	Chemin noir	Terrain fédé	Fontaine	Total
Surface (Ha)	0,66	2,63	2,49	2,25	1,72	0,25	4,41	14,41
D 2023 (nids/Ha)	251,52	18,63	160,24	58,67	9,30	92,00	47,62	69,54
D 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

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

Nous constatons une forte baisse sur l'ensemble des secteurs hormis le partage des eaux. Cependant, la régulation du cormoran n'ayant pas eu lieu cette année on remarque que les zones les plus touchées sont souvent éloignées de l'urbanisation. Seul le secteur dit de Fontaine-de-Vaucluse fait exceptions. On peut expliquer ce phénomène par la forte baisse de fréquentation du village de Fontaine de Vaucluse en hiver, contrairement au secteur « Partages des eaux » de L'Isle-sur-la-Sorgue qui lui connaît une fréquentation annuelle forte. Le cormoran étant un oiseau farouche il a tendance à favoriser les zones peu fréquentées.

Température de l'eau de la Sorgue

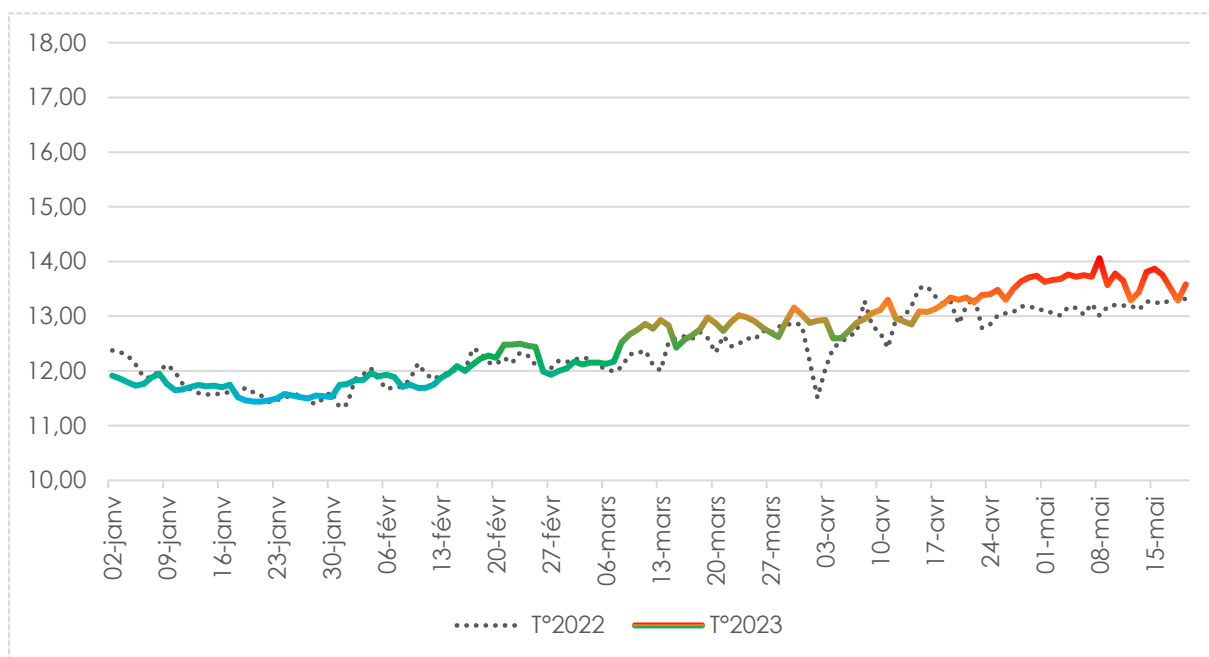


Figure 12 : Température de la sorgue pendant la reproduction de la truite

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

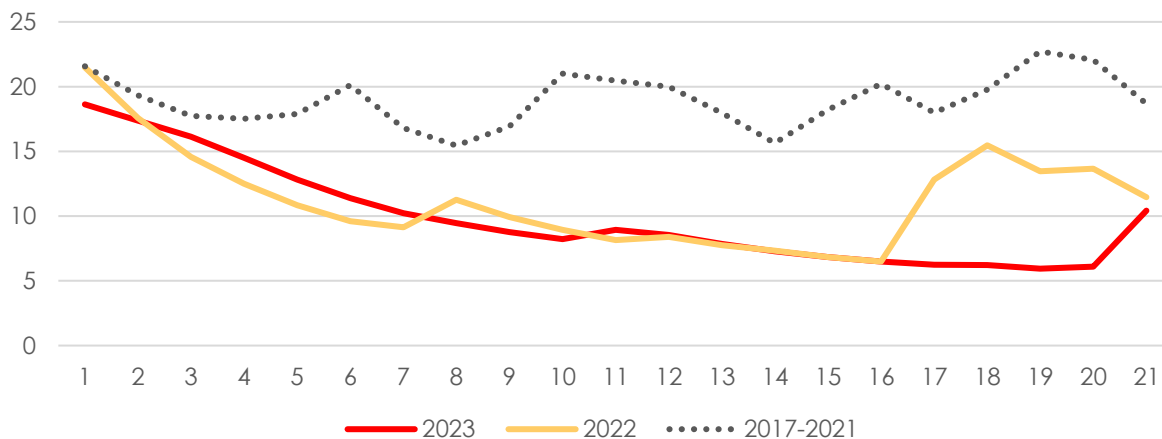


Figure 13 : Débit moyen hebdomadaire sur la Sorgue pendant la période de reproduction de la truite

Durant, cette année 2023 la Sorgue a eu un débit moyen de 9.92 m³/s sur les 21 premières semaines caractérisant la 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 avec la moyenne une moyenne sur 5ans (2017/2021) à 19 m³/s. Cependant, depuis deux ans nous remarquons une tendance à la baisse, depuis 2022 le débit moyen est de la rivière est passé à 10.6 m³/s.

Cartographie des faciès d'écoulement

Faciès d'écoulement	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

TABEAU 4 : FACIÈS D'ÉCOULEMENT SUR LA SORGUE

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.

Analyse et discussion

Evolution interannuelle sur le secteur médian

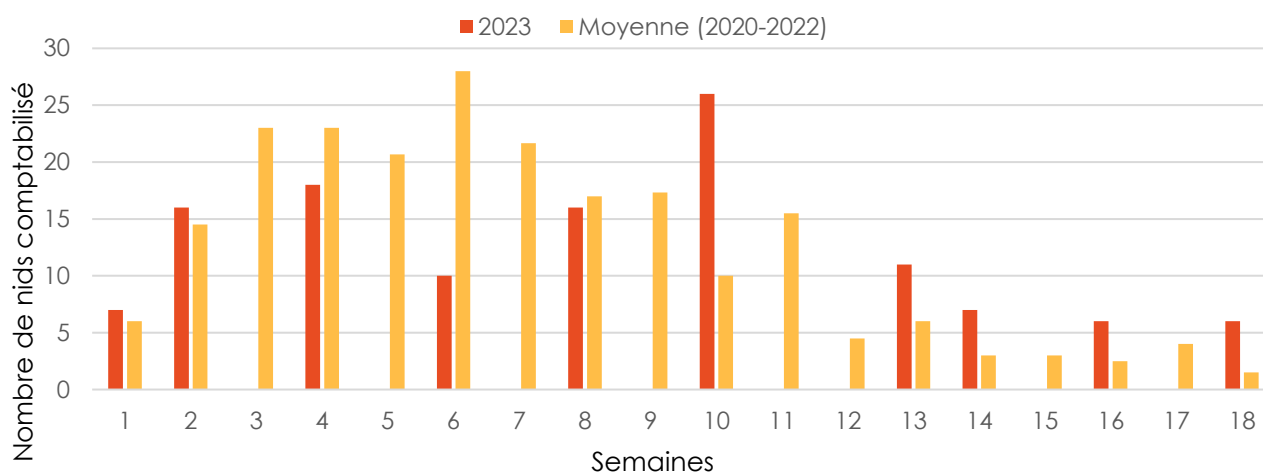


Figure 14 : Nombres de nids sur le secteur médiane sur les quatre dernières années

Nous pouvons remarquer une forte baisse du nombre de nids en 2023 par rapport au 3 dernières années. De plus on remarque une forte baisse du nombre de nids semaines 6 lors du pic d'activités habituelle dû probablement a une gêne subie de la semaines 5 à 8. Cependant le pic a été décaler en semaines 10. On note une baisse d'environ 44% par rapport à la moyenne 2020/2022.

Evolution interannuelle sur le secteur amont

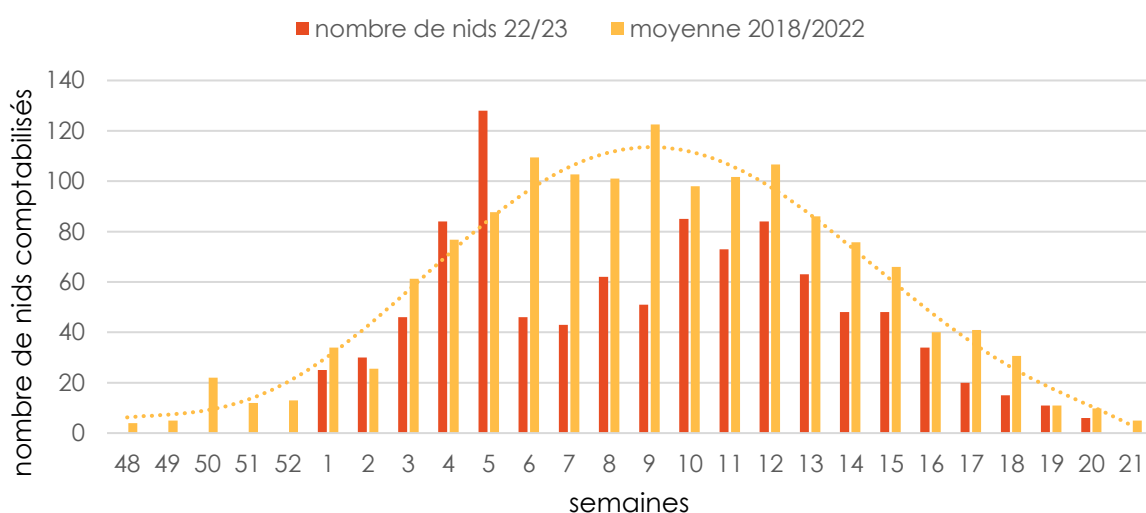


Figure 15 : Nombre de nids au cours des cinq dernières années en secteur amont

Sur les 4 dernières années où le suivi est complet, le nombre de nids moyen est de 1449 nids par an avec un écart-type de 418 nids. Cette année 2023 est donc largement en dessous de la moyenne. En effet, même si on prend une vision pessimiste, moyenne moins l'écart-type, on obtient 1165 nids. Cette année nous avons eu 1002 nids, cela nous démontre bien qu'elle est largement en dessous de la moyenne, on peut donc affirmer qu'il y a eu un stress et/ou une prédation plus importante subis cette année.

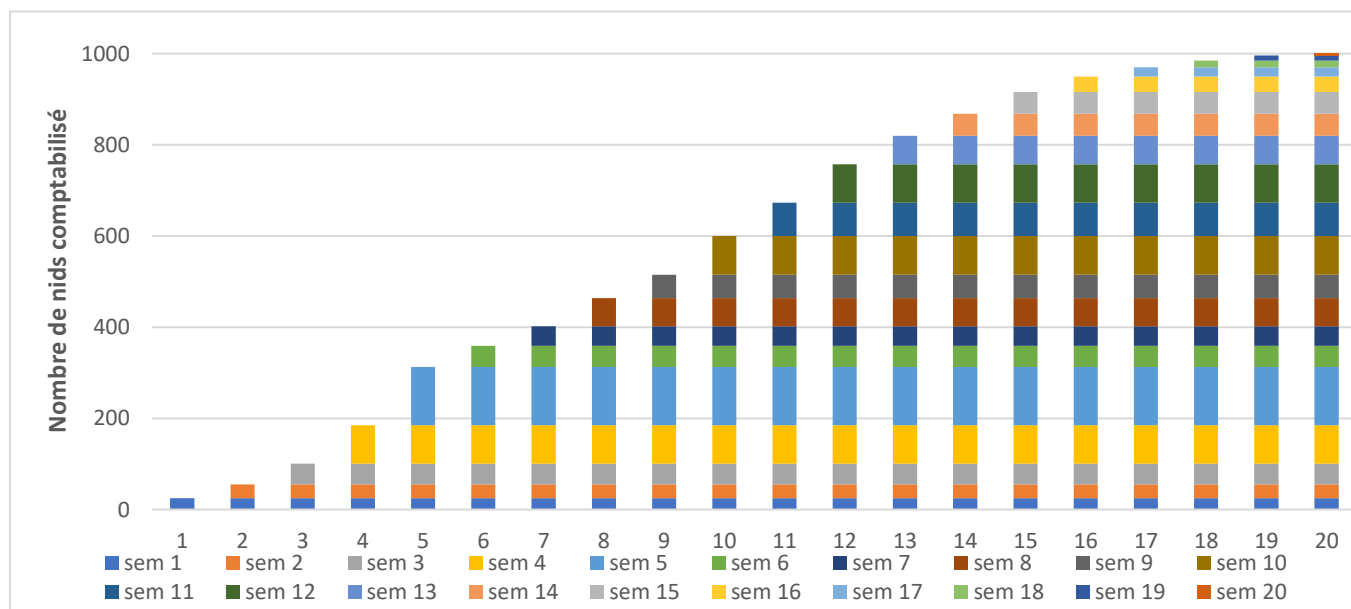


Figure 16 : Cascade empilé du nombre de nids par semaines en Pourcentages

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

Durant, cette année 2022/2023 aucune crue morphogène a été recensé dû au débit faible observé toute au long de la période de reproduction de la truite. On peut donc utiliser les mêmes données de faciès que l'année 2021/2022. Cela va donc nous permettre de constater si le débit a un impact sur le choix du faciès d'écoulement.

Comme on le constate sur la **figure 17** le choix du faciès d'écoulement n'a pas évolué. On peut donc dire que malgré le niveau d'eau très faible cette année, les géniteurs ont frayed majoritairement sur du plat courant avec une densité de 313 nids.Ha⁻¹. Viennent ensuite les chenaux lotique et les radiers avec 65 et 48 nids.Ha⁻¹. Cela vient donc malheureusement confirmer que le débit de cette année n'est pas le facteur limitant du nombre de nids.

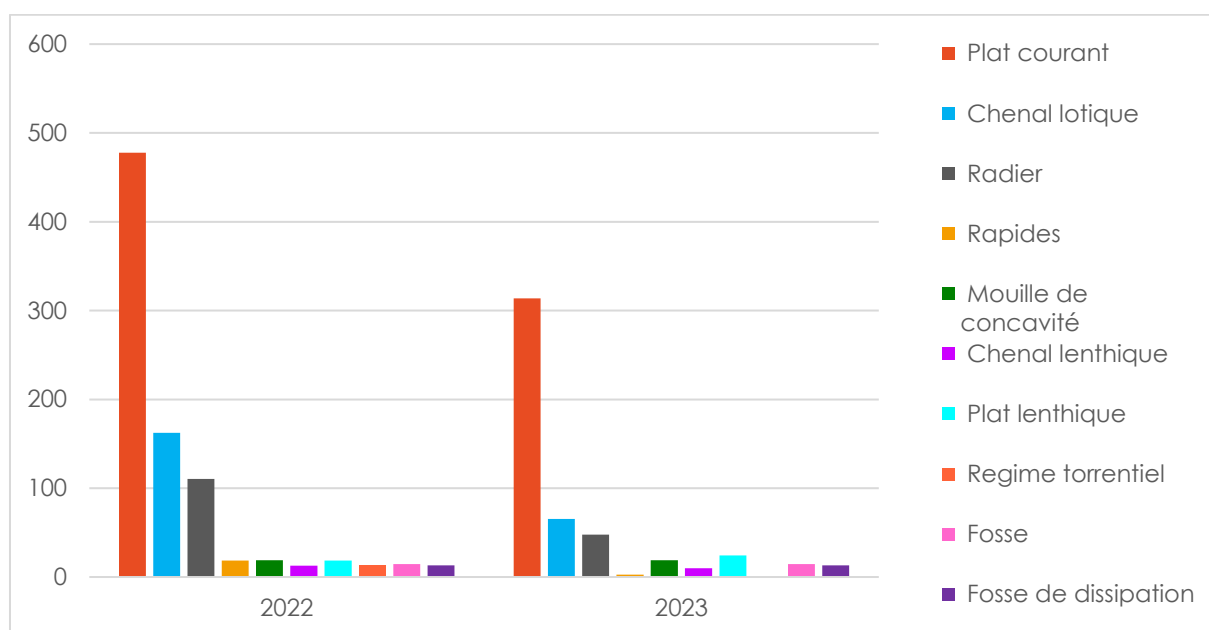


Figure 17 : Densité de nids par hectare selon le faciès d'écoulement sur la Sorgue amont

Pour conclure, nous allons essayer de comprendre pourquoi les truites ont été impacté cette année au cours de leur période de reproduction. Pour cela deux hypothèse nous semble logiques :

- La présence des cormorans fût trop importante suite à l'absence du droit de tir de régulation.
- La saprolégnose fût trop virulente et a fortement impacté les gros géniteurs.

Le comptage des cormorans n'ayant pas été réalisé cette année 2023, nous allons donc utiliser les données de 2022. Nous pouvons alors supposer que pour cette année 2023 les cormorans ont été plus nombreux et/ou actif du fait de l'absence de tir de régulation.

Cependant, il est important aussi de noter que d'autre facteurs sont à prendre en compte, la saprolégnose a été relativement importante, bien qu'aucun comptage n'a été réalisé. On observe également une forte diminution de la densité des herbiers par rapport à l'an dernier.

Nous allons donc voir si les cormorans ont un lien direct sur la reproduction des truites dans un premier temps.

Nous avons réalisé un modèle linéaire afin de tester la significativité de la relation entre la présence des cormorans et le nombre de nids. Nous obtenons une P-value de 0.6447. On peut donc constater qu'il n'y a aucun lien direct entre les cormorans et la diminution du nombre de nids sur la Sorgue.

Nous allons essayer de chercher quels autres facteurs peuvent participer à cette diminution du nombre de nids. Comme nous l'avons dit plus haut, une épidémie de saprolégniose a été observée cette année. Cependant cette maladie est causée par un champignon dont la présence est pérène dans l'eau.

Pour rappel la saprolégniose se développe dans les plaies ouvertes puis dans les branchies. Cette maladie étant due à un champignon, elle se propage donc avec des spores qui restent stockés dans le périphyton et l'eau de façon générale. Cette année nous avons malheureusement observé une présence de ce périphyton tout au long de l'année. La montée des eaux en automne n'a pas « lavé » le cours d'eau et ce stock de périphyton a connu un bloom durant la semaine 5.

Les truites se sont donc frottées et blessées sur le périphyton de la rivière, ce qui les a contaminées et cela explique ce pic de poisson mort durant les semaines 7 et 8.



a. Périphyton le 19/01/2023



b. Périphyton le 13/02/2023

Figure 18a et 18b : Photos du périphyton selon l'avancée dans l'année 2023

Comme nous pouvons le remarquer la propagation du périphyton est très importante et ce en seulement trois semaines. Ce qui augmente aussi la concentration en spore de saprolégniose dans l'eau. Cependant, comme nous l'avons dit plus haut, pour qu'une truite soit touchée par la maladie il faut qu'elle ait des plaies / blessures relativement importantes.

Durant la période de reproduction les truites voient leur réponse immunitaire relativement réduite, ce qui augmente le risque de mortalité suite à des blessures ou des maladies. On constate que le pic de présence des cormorans fût durant les mois de janvier et février, ce qui induit forcément une pression de prédation supplémentaire. Toute fois, les truites ne semblent

pas pour autant retarder leur période de reproduction. On peut donc supposer, qu'elles y soient habituées.

Cependant, à partir de la semaine 6 (**Figure 17**) on observe une forte diminution du nombre de nid sur la Sorgue. On peut donc supposer que la présence des cormorans et leur impact direct ou indirect ainsi que le bloom du périphyton est une cause de cette diminution du nombre de nid.

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'autre part en France les 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.

Comme nous l'avons vu l'an dernier, la photopériode a un impact direct sur le pic d'activité de ponte de la truite. En 2022, le pic de reproduction était de la semaine 6 à 9, or cette année on observe une forte baisse du nombre de nids en semaine 6. On pourrait donc dire que pour cette année la photopériode n'a pas été l'éléments déclencheur de la reproduction. Cependant, la tendance générale suit bien la photopériode malgré la chute du frais observé.

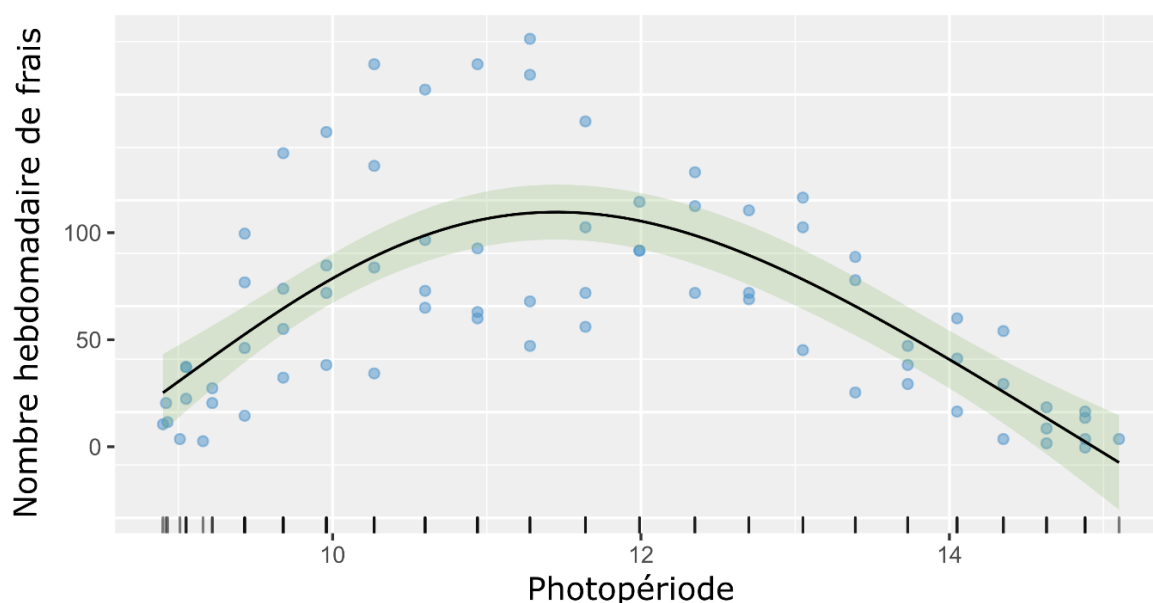


Figure 19 : Photopériode pour l'année 2022 (à changer avec 2023)

La photopériode reste l'élément déclencheur de la période de reproduction, la pression atmosphérique et les maladies sont elles aussi des éléments impactant l'activité de fraie. Bien que moins importante sur le début du fraie, on remarque que si la pression d'une épidémie est trop importante, les truites semblent quand même fortement impactées.

Limite de la méthode

Le protocole de suivi de la reproduction nous amène à constater qu'il y a des biais, rendant donc nos observations plus éloignées de la réalité et critiquable.

- La hauteur d'eau de la Sorgue influe sur la visibilité des nids. L'année 2023 fût caractérisée par des niveaux d'eau bas, très similaire à l'an dernier. 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 d'un nid et propre à chacun.
- La possibilité qu'une truite fraie sur un nid déjà existant, rendant compliqué l'observation de ce fraie.

L'ensemble de ces biais nous mène donc à des écart-type très important, ce qui est normal du fait d'étudier sur des êtres vivants.

Conclusion

Pour conclure nous pouvons dire que l'année 2023 n'est pas une année favorable à la reproduction de la truite pour de multiples raisons. Premièrement le manque d'eau même durant l'hiver 2022/2023 n'a pas aidé la rivière à se « laver ». Concrètement, le stock de fonge et de micro-organisme n'a pas pu être évacué et a proliféré dans l'eau. De plus, cette année 2023 est marquée par l'absence de firs d'effarouchements et/ou de régulation du cormoran. Nous avons donc rappelé les trois principaux stress que les truites ont pu subir durant sa période de reproduction.

Grâce aux outils de cartographie que nous avons pu utiliser plus haut, nous pouvons rappeler que les truites de la Sorgue, choisissent préférentiellement les plats courants ainsi que dans une moindre mesure les radiers et chenaux lotiques. Cela vient donc confirmer ce qui avait été déjà remarqué l'an dernier. Il serait donc intéressant que ce suivi de préférence des faciès soit maintenu lors des prochains suivis.

Le début de la reproduction de la truite pour cette année 2023 est marquée par une forte chute brutale du nombre de nids observés dès la semaine 6. Cela peut très certainement s'expliquer par les trois problèmes cités plus haut. On peut supposer que les truites mais aussi l'ensemble de la population piscicoles de la Sorgue a été touchée par la prédation, les blessures subies lors de la reproduction et la forte présence des cormorans ainsi que les maladies présentes dans l'eau.

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>.

Bardonnet, A. and Heland, M. (1994) 'The influence of potential predators on the habitat preference 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. (2007) 'Les Premières Descriptions de Truite et l'Etat des Connaissances avant le LIFE'.

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>.

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.

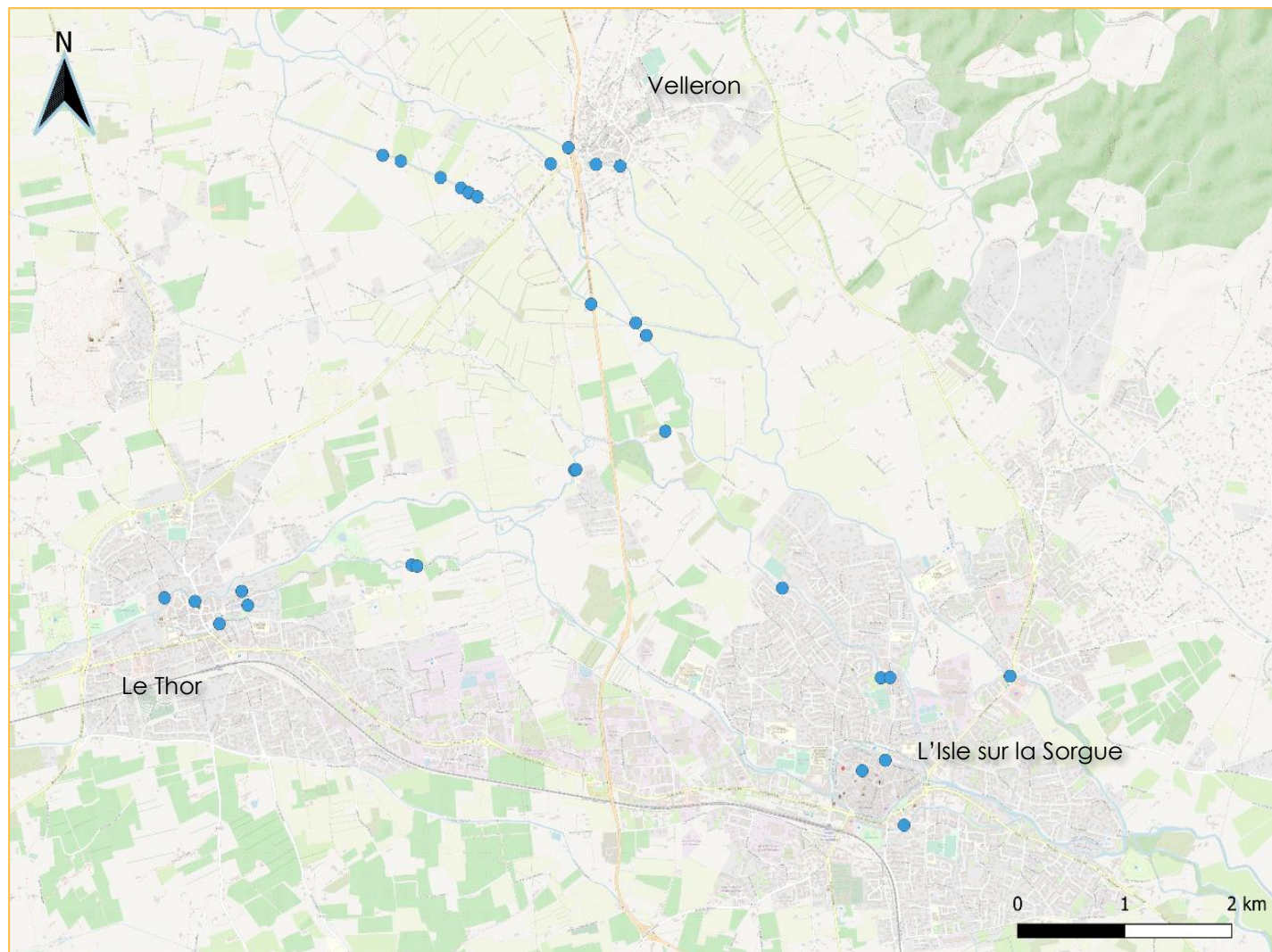
Persat, H. (1988) *De la biologie des populations de l'ombre commun Thymallus thymallus (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé, le Haut-Rhône français: éléments pour un changement d'échelles*. These de doctorat. Lyon 1. Available at: <https://www.theses.fr/1988LYO10025>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

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

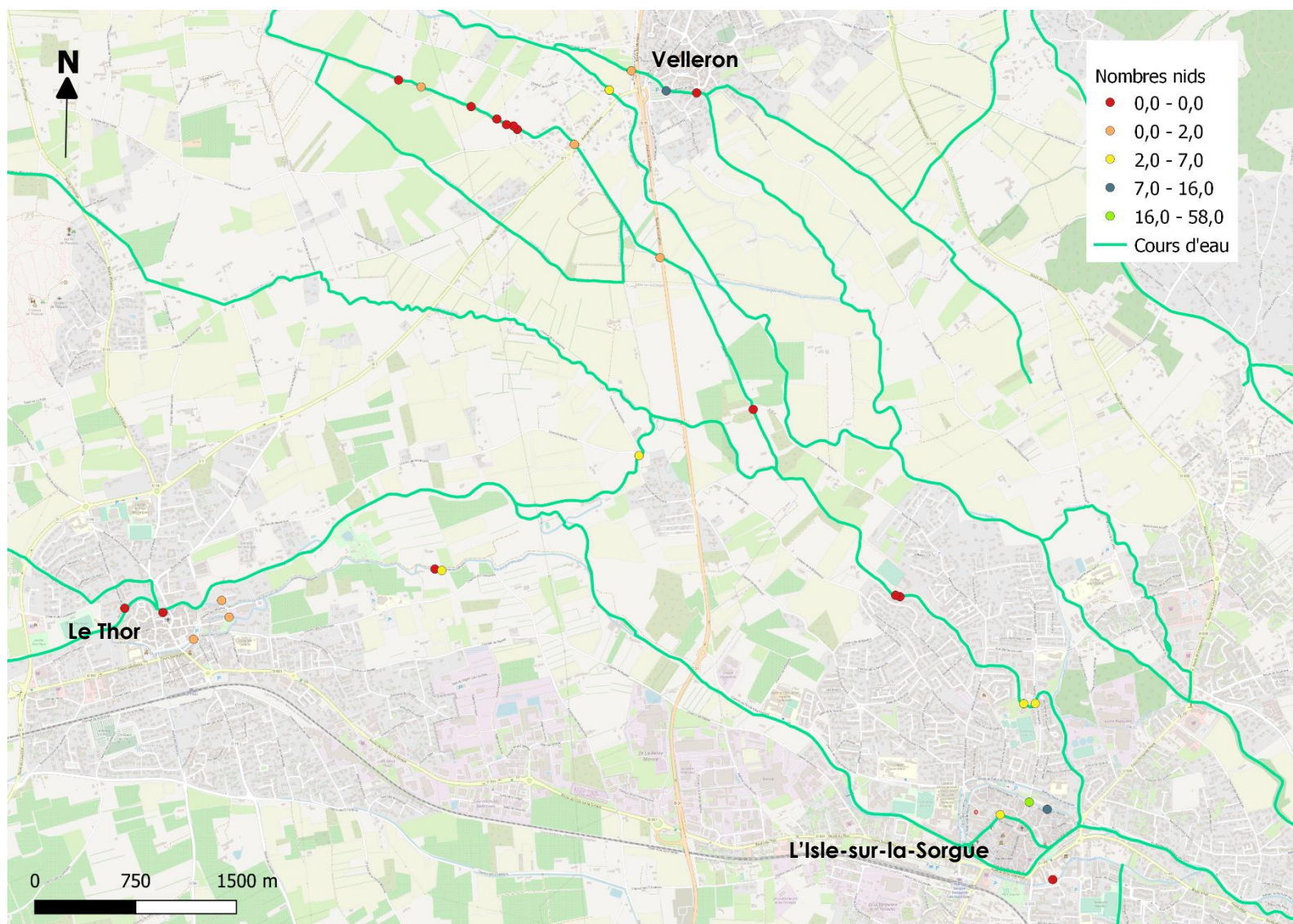
Plasseraud, O., Lim, P. and Belaud, A. (1990) 'Observations préliminaires sur le fonctionnement des zones de frayères de la truite commune (*Salmo trutta fario*) dans deux cours d'eau ariégeois (le Salat et l'Alet)', *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (318), pp. 72–81. Available at: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



Annexe 2 : Efficacité des frayères artificielles sur les sorgues médiane

	Partage	Grande Isle	Pigeolet	Motocross	Chemin noir	Terrain fédé	Fontaine
Sem 1	0	2	17	5	1	0	0
Sem 2	8	7	13	0	1	0	1
Sem 3	6	4	22	11	3	0	0
Sem 4	38	4	20	6	0	1	15
Sem 5	11	12	61	12	6	10	16
Sem 6	5	1	29	0	0	4	7
Sem 7	12	0	19	5	0	4	3
Sem 8	8	0	28	10	3	0	13
Sem 9	7	3	23	3	1	2	12
Sem 10	18	8	27	6	0	0	26
Sem 11	15	4	26	8	0	0	20
Sem 12	10	2	26	11	0	0	28
Sem 13	9	1	21	22	0	0	10
Sem 14	3	0	14	11	0	0	20
Sem 15	4	0	17	14	1	1	11
Sem 16	6	0	15	0	0	1	12
Sem 17	2	1	9	1	0	0	7
Sem 18	3	0	6	3	0	0	3
Sem 19	1	0	4	3	0	0	3
Sem 20	0	0	2	1	0	0	3
Total	166	49	399	132	16	23	210

Annexe 3 : Nombre de nids par parcours et par semaines