

# Suivi des habitats du saumon atlantique et de leur fonctionnalité sur le bassin de la Garonne

Année 2020

A. Nars ; S. Bosc ; M. Coll



M I G A D O

## RESUME

# Suivi des habitats du saumon atlantique et de leur fonctionnalité sur le bassin de la Garonne

### Objectifs de l'action

- **Suivi de la fonctionnalité des milieux et évaluation du colmatage du substrat des frayères**
- **Mise à jour des cartographies des frayères et des zones de grossissement potentielles sur l'Ariège**
- **Participation à l'étude des conditions de migration des saumons entre Golfech et Toulouse : mise à jour de la cartographie des faciès d'écoulement de la Garonne.**

### Chiffres clés



#### Cartographie des habitats

**85 km** parcourus sur l'Ariège entre le barrage de Labarre et Auterive.

**41ha** de surface d'Equivalents Rapiers-Rapides

Production potentielle de **20 000 à 40 000 smolts** sur le secteur suivi

**20** zones de frayères potentielles recensées (**0,35ha**)



#### Suivi thermique

Enregistrements horaires sur des cycles annuels complets

**18 stations** réparties entre les affluents amont et la Garonne jusqu'à Golfech

- **2** sur la Pique
- **2** sur la Neste
- **5** sur l'Ariège
- **9** sur la Garonne

### Contexte de l'année

Suite aux mauvaises conditions hydrologiques, la campagne de suivi de la fonctionnalité des habitats de reproduction par mesure de la conductivité hydraulique n'a pas pu être réalisée pendant l'hiver 2019-2020.

L'hydrologie enregistrée pendant la période estivale a permis le bon déroulement de la fin de la campagne de cartographie des faciès d'écoulement et des zones potentielles de frayères (ZPF) initiée en 2019 sur l'Ariège .

Dans le cadre de l'étude des conditions de migration des saumons sur la Garonne entre Golfech et Toulouse, le personnel de Migado a pu participer aux relevés de terrain et à la rédaction du rapport de description des habitats et de mise à jour de la cartographie (Rapport ECOGEA MPESG20).

### Bilan et perspectives

#### Frayères

Les suivis réalisés depuis 2015 ont permis de dresser un état de référence et de percevoir les tendances quant à l'évolution du colmatage des zones de frayère des salmonidés de la Garonne, la Pique et la Neste. Aussi, suite aux difficultés rencontrées pour comparer les chroniques annuelles de résultats, il a été décidé avec nos partenaires techniques des Fédérations de Pêche de la Haute Garonne et des Hautes Pyrénées que ce suivi serait désormais réalisé à une échelle de temps plus longue (~3 ans). Ceci permettra de mieux appréhender les évolutions de la fonctionnalité des frayères de ces cours d'eau.

#### Cartographie

L'estimation des surfaces de production, l'étude des régimes thermiques de l'eau et la composition des substrats indiquent que les secteurs situés en amont de Saverdun sont les plus propices à accueillir dans de très bonnes conditions les juvéniles de saumon atlantique. L'abondance des zones de reproduction paraît relativement faible et devrait faire l'objet d'une étude plus approfondie. Il s'agirait de mieux quantifier les déficits et envisager le cas échéant la mise en place d'opérations d'aménagement de ces habitats.

#### Thermie

Depuis 2019, le nombre de sondes par station suivie a été porté à 2 afin de limiter la perte de données constatée sur les années précédentes. Cette solution a fonctionné et a effectivement permis de disposer de davantage de chroniques valides et complètes en 2020. On notera tout de même une perte de données essentiellement due à des actes malveillants, mise hors d'eau ou vol des enregistreurs.

## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons à remercier tous les organismes et toutes les personnes qui ont participé financièrement ou techniquement aux différentes opérations :

- L'Union Européenne,
- L'Agence de l'Eau Adour-Garonne,
- La Fédération Nationale de la Pêche en France.

### **Equipe de travail MIGADO:**

Chargé de missions : Stéphane BOSC

Techniciens : Marie COLL et Alexandre NARS

# **SUIVI DES HABITATS DU SAUMON ATLANTIQUE ET DE LEUR FONCTIONNALITE SUR LE BASSIN DE LA GARONNE**

## **MPHASA20**

Dans le cadre du plan de restauration du saumon atlantique, MIGADO réalise le suivi des habitats de croissance et de reproduction de cette espèce sur la Garonne. Cette action se décline en 3 volets :

### **Le suivi de la qualité du substrat des frayères de salmonidés sur le bassin de la Garonne amont.**

Cette opération consiste en une évaluation du degré de colmatage des zones de frayères potentielles et actives de salmonidés par des mesures de conductivité hydraulique. Ce suivi, initié en 2014 sur la Garonne et étendu ensuite sur l'ensemble des cours d'eau du bassin susceptibles d'être colonisés par les saumons, constitue une banque de données sur l'évolution des habitats sur ces secteurs.

Suite aux mauvaises conditions hydrologiques, la campagne de suivi de la fonctionnalité des habitats de reproduction (pré et post reproduction) n'a pas pu être réalisée pendant l'hiver 2019-2020.

Les suivis réalisés depuis 2015 nous ont permis de dresser un état de référence et percevoir les tendances quant à l'évolution du colmatage des zones de frayère des salmonidés de la Garonne, la Pique et la Neste. Aussi, suite aux difficultés rencontrées pour comparer les chroniques annuelles de résultats (Cf Rapport Migado : Suivi des habitats du saumon atlantique et de leur fonctionnalité sur le bassin de la Garonne année 2019), il a été décidé avec nos partenaires techniques des Fédérations de Pêche de la Haute Garonne et des Hautes Pyrénées que ce suivi serait désormais réalisé à une échelle de temps plus longue (~3 ans). Cette échelle de temps devrait permettre de mieux appréhender les évolutions de la fonctionnalité des frayères à salmonidés de ces cours d'eau.

### **La mise à jour de la cartographie des habitats favorables au saumon atlantique et estimation de la capacité d'accueil en juvéniles sur l'Ariège.**

Réalisée pendant la période d'étiage estival 2019 et 2020, la cartographie des habitats consiste en un parcours à pied de l'ensemble du linéaire et en une description des différents faciès d'écoulement et de leur superficie. Ces relevés font suite à ceux réalisés en 2007 et remis à jour en 2014 pour la partie zone de reproduction et portent sur le linéaire de l'Ariège compris entre le barrage de Labarre et la confluence avec la Garonne.

### **Le Suivi du régime thermique Garonne-Pique-Neste d'Aure-Ariège**

Le suivi thermique des cours d'eau du haut bassin de la Garonne réalisé depuis en 2000 permet de disposer d'une vision globale de l'évolution de la température de l'eau et d'appréhender le gradient amont aval de ce paramètre.

**MISE A JOUR DE LA CARTOGRAPHIE DES HABITATS  
FAVORABLES AU SAUMON ATLANTIQUE ET ESTIMATION DE LA  
CAPACITE D'ACCUEIL EN JUVENILES DE L'ARIEGE**

## SOMMAIRE

---

<b>LISTE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>5</b>
2.1 SECTEUR D'ETUDE.....	5
2.2 PERIODE D'ETUDE ET CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....	7
2.3 METHODOLOGIE CARTOGRAPHIQUE .....	9
2.3.1 <i>Description morphodynamique.....</i>	<i>9</i>
2.3.2 <i>Inventaire des zones potentielles de frayères.....</i>	<i>11</i>
2.4 HABITATS DE CROISSANCE DES JUVENILES .....	12
2.4.1 <i>Estimation du potentiel de production en juvéniles (calcul de la surface d'Equivalent</i> <i>Radiers-Rapides).....</i>	<i>12</i>
2.4.2 <i>Estimation de la production théorique du secteur en smolts de saumon .....</i>	<i>13</i>
2.4.3 <i>Analyse de la granulométrie des faciès favorables pour le grossissement.....</i>	<i>13</i>
2.5 HABITATS TYPES DES SAUMONS ADULTES.....	14
2.5.1 <i>Analyse des zones favorables à la reproduction .....</i>	<i>14</i>
2.5.2 <i>Analyse des zones potentielles de refuge (pré-frai) .....</i>	<i>14</i>
2.6 ANALYSES DES TEMPERATURES .....	14
<b>3. RESULTATS.....</b>	<b>16</b>
3.1 DESCRIPTION GENERALE DES SECTEURS SUIVIS .....	16
3.2 HABITATS DE CROISSANCE DES JUVENILES .....	17
3.2.1 <i>Granulométrie des faciès favorables à la croissance des juvéniles.....</i>	<i>17</i>
3.2.2 <i>Répartition des habitats de croissance et potentialités de production.....</i>	<i>18</i>
3.2.3 <i>Evolution des habitats de croissance dans le temps .....</i>	<i>19</i>
3.3 HABITATS TYPES DES SAUMONS ADULTES.....	22
3.3.1 <i>Zones potentielles de reproduction.....</i>	<i>22</i>
3.3.1 <i>Zones potentielles de refuge (pré-frai).....</i>	<i>24</i>
3.4 ANALYSE DES TEMPERATURES DE L'EAU SUR LE SECTEUR SUIVI .....	25
<b>4. BILAN ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>27</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>28</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>30</b>

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

---

### **FIGURES**

Figure 1 : Localisation des différents tronçons du secteur d'étude .....	6
Figure 2 : Comparaison des débits mensuels moyens et maximums de l'Ariège à Foix entre l'année 2019 et sur les 4 dernières années (source : Banque Hydro) .....	7
Figure 3 : Comparaison des débits moyens mensuels et maximums de l'Ariège à Auterive entre l'année 2020 et sur les 5 dernières années (source : Banque Hydro) .....	8
Figure 4 : Débits journaliers moyens enregistrés sur l'Ariège en 2019.....	8
Figure 5 : Illustration de l'application de saisie QField.....	9
Figure 6 : Clé de détermination des principaux faciès d'écoulement (Malavoi et Souchon, 2002).....	10
Figure 7 : Gradient de densité de juvéniles de saumon selon les faciès d'écoulement (Cazeneuve et al., 2008) .....	13
Figure 8 : Proportions des différentes granulométries dominantes observées sur chaque tronçon de l'Ariège .	17
Figure 9 : Composition granulométrique dominante et accessoire des faciès favorables au grossissement des juvéniles de saumon.....	18
Figure 10 : Evolution des surfaces des faciès radiers et rapides de l'Ariège entre 2014 et 2020 .....	20
Figure 11 : Evolution de la composition du substrat de l'Ariège entre 2007 et 2020 pour les faciès susceptibles d'accueillir des juvéniles de saumon : comparaison des surfaces de granulométries dominantes observées en surface pour les différents tronçons de l'étude (exprimée en ha).....	21
Figure 12 : Evolution de la composition du substrat de l'Ariège entre 2007 et 2020 pour les faciès susceptibles d'accueillir des juvéniles de saumon : comparaison des surfaces de granulométries accessoires observées en surface pour les différents tronçons de l'étude (exprimée en ha).....	21
Figure 13 : Localisation des zones de frayères potentielles.....	23
Figure 14 : Composition granulométrique des zones de frayères potentielles .....	24
Figure 15 : Répartition des températures de l'eau enregistrées au pas de temps horaire pendant la période de croissance des juvéniles de saumon à Foix et Varilhes entre 2016 et 2020 et Saverdun et Lacroix Falgarde entre 2010 et 2020.....	25
Figure 16 : Températures moyennes journalières de l'eau des 30 jours consécutifs les plus chauds enregistrées sur l'Ariège au niveau de 4 stations (exprimées en °C) .....	26
Figure 17 : Températures maximales instantanées de l'eau enregistrées sur l'Ariège au niveau de 4 stations (exprimées en °C) .....	26

### **TABLEAUX**

Tableau 1 : Echelle granulométrique de Wentworth modifiée par Malavoi et Souchon (1989) .....	11
Tableau 2 : Classes utilisées pour la description du recouvrement par la végétation aquatique.....	11
Tableau 3 : Classes utilisées pour la description de l'ombrage .....	11
Tableau 4 : Bilan des caractéristiques des habitats de reproduction du saumon atlantique .....	12
Tableau 5 : Principales caractéristiques* des habitats de croissance estivale utilisés par les juvéniles de saumon atlantique (Cazeneuve et al., 2008).....	12
Tableau 6 : Bilan des surfaces d'Equivalents Radier-Rapide (ERR en ha) et des potentiels de production de smolts estimés.....	19
Tableau 7 : Bilan des surfaces de frayères potentielles .....	22

### **ANNEXES**

<b>Annexe 1 : Cartographie des faciès d'écoulement et des zones potentielles de frayères .....</b>	<b>31</b>
<b>Annexe 2 : Surfaces des faciès présentant les marnes comme classe granulométrique dominante ou accessoire .....</b>	<b>32</b>
<b>Annexe 3 : Composition granulométrique des zones identifiées comme refuges potentiels .....</b>	<b>32</b>
<b>Annexe 4 : Evolution des températures journalières sur l'Ariège .....</b>	<b>33</b>
<b>Annexe 5 : Bilan des indicateurs thermiques généraux calculés à partir de données horaires.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUCTION

---

Dans le cadre du plan de restauration du saumon atlantique sur le bassin de la Garonne et de sa réorientation sur l'axe Ariège, MIGADO effectue des opérations de repeuplement en juvéniles sur la partie amont du bassin. Plusieurs études ont été réalisées dans le but d'estimer les surfaces favorables à la croissance des jeunes stades déversés, afin d'optimiser les stocks repeuplés.

Cette étude fait suite à la dernière cartographie des habitats de l'Ariège réalisée en 2007 puis remise à jour en 2014 et a pour objectifs de :

- (1) Mettre à jour la cartographie des habitats favorables à la croissance des jeunes stades, utile à la définition du plan d'alevinage**
- (2) Redéfinir le potentiel de production en smolts du secteur suivi**
- (3) Mettre à jour les connaissances sur les habitats types utilisables par les adultes (zones de refuge et frayères potentielles)**

## 2. MATERIEL ET METHODE

---

### 2.1 Secteur d'étude

Le secteur cartographié correspond au linéaire de l'Ariège compris entre l'aval du barrage de Labarre et la confluence avec la Garonne, d'une longueur totale de 84,4 km.

Le linéaire cartographié peut être découpé en 7 tronçons (Figure 1) :

- T1 : De l'aval du barrage de Labarre jusqu'à la restitution de la centrale hydroélectrique de Guillot.
- T2 : De la restitution de la centrale hydroélectrique de Guillot jusqu'au barrage de la Cavalerie.
- T3 : Du barrage de la Cavalerie jusqu'à la restitution de la centrale hydroélectrique de Pébernat (intégralité du tronçon court-circuité).
- T4 : De la restitution de la centrale hydroélectrique de Pébernat jusqu'au barrage de Saverdun.
- T5 : Du barrage de Saverdun jusqu'à la restitution de l'usine d'Auterive.
- T6 : De la restitution de l'usine d'Auterive jusqu'au barrage de Grépiac.
- T7 : De l'aval du barrage de Grépiac jusqu'à la confluence avec la Garonne

Les saumons adultes piégés à la station de Golfech sont déversés à Varilhes et aucun alevinage n'est réalisé sur le tronçon T1.

Les secteurs T2 à T5 font l'objet de repeuplement en juvénile de saumon.

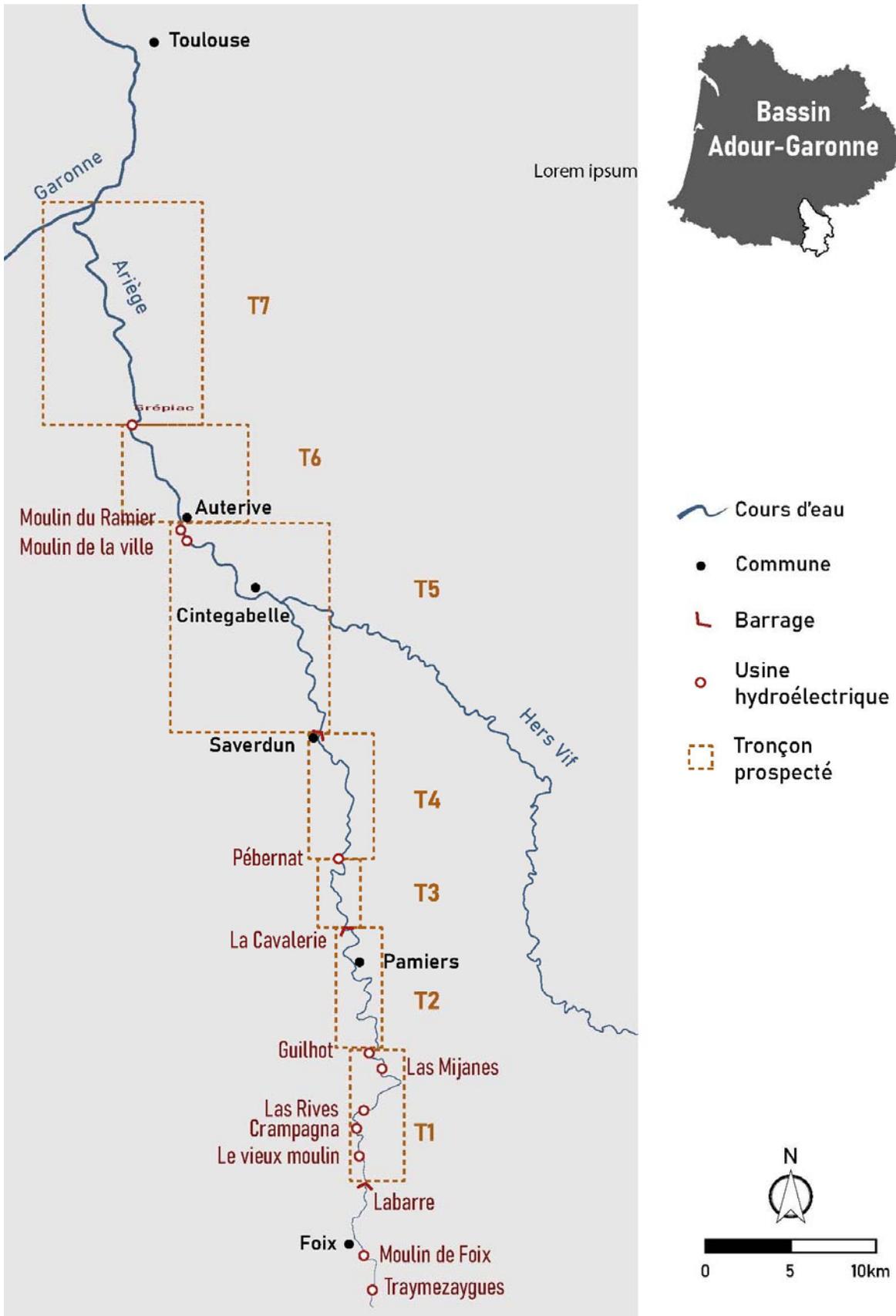


Figure 1 : Localisation des différents tronçons du secteur d'étude

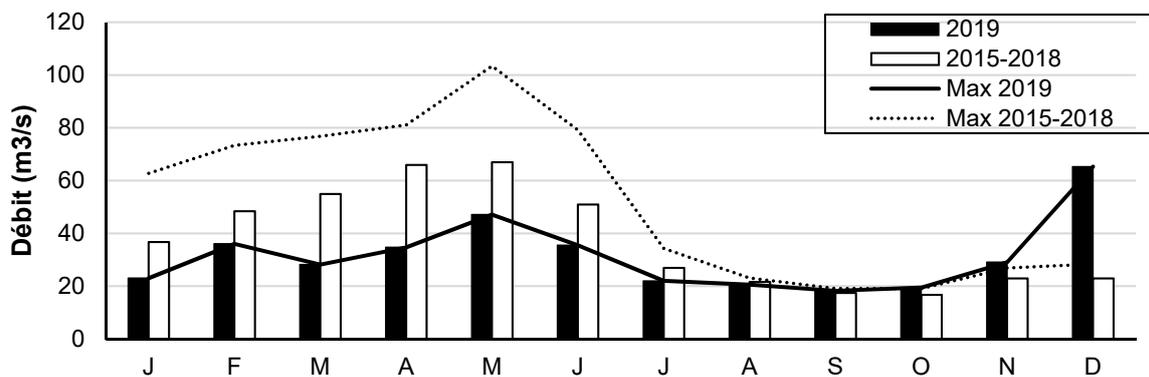
## 2.2 Période d'étude et contexte hydrologique

La cartographie des différents faciès d'écoulement de l'Ariège de l'aval du barrage de Labarre jusqu'à la confluence avec la Garonne a été réalisée lors de deux campagnes. La première campagne a été menée pendant la période d'étiage estival, soit du 16 au 26 juillet et du 18 septembre au 1<sup>er</sup> octobre 2019. Elle a permis de cartographier les tronçons T1 à T5 soit de l'aval du barrage de Labarre à la restitution de l'usine d'Auterive.

La deuxième campagne s'est également déroulée pendant la période d'étiage estival du 23 au 26 juin 2020 et le 2 juillet 2020. Cette dernière campagne a permis de cartographier les différents faciès d'écoulement de l'Ariège des tronçons T6 et T7 soit de la restitution de l'usine d'Auterive jusqu'à la confluence avec la Garonne.

La Figure 2 ci-dessous présente les débits mensuels moyens et journaliers moyens maximums enregistrés à Foix (09) sur l'année 2019 et pour la période 2015-2018 (source : Banque Hydro).

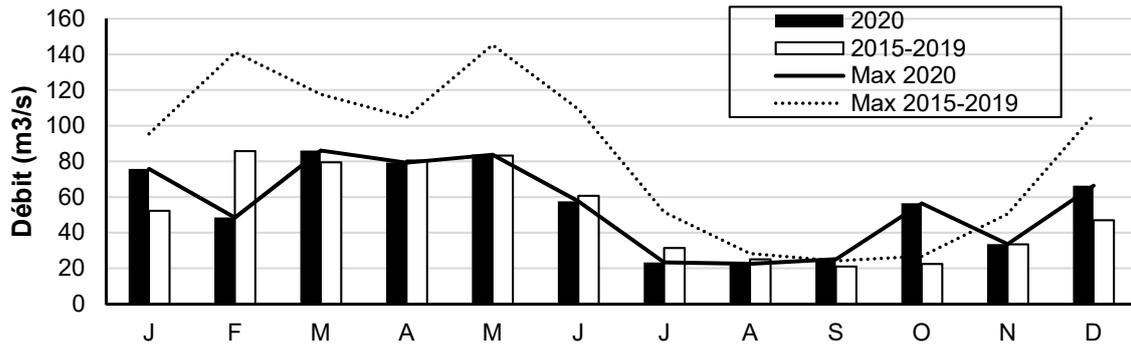
De manière générale, le régime hydrologique de l'Ariège à ce niveau est caractérisé par de plus forts débits au printemps, liés à la fonte des neiges, ainsi que par un étiage estival relativement marqué. Au regard des débits moyens et des maximums mensuels enregistrés, l'année 2019 se caractérise par une hydrologie assez faible.



**Figure 2 : Comparaison des débits mensuels moyens et maximums de l'Ariège à Foix entre l'année 2019 et sur les 4 dernières années (source : Banque Hydro)**

La figure 3 présente les débits mensuels moyens et journaliers moyens maximums enregistrés à Auterive (31) sur l'année 2020 et pour la période 2015-2019 (source : Banque Hydro).

La moyenne des débits mensuels mesurés pour l'année 2020 est comparable à la moyenne des débits mensuels pour la période de 2015 à 2019 sauf au mois d'octobre où la moyenne mensuelle est le double de celle calculée sur les 5 dernières années.

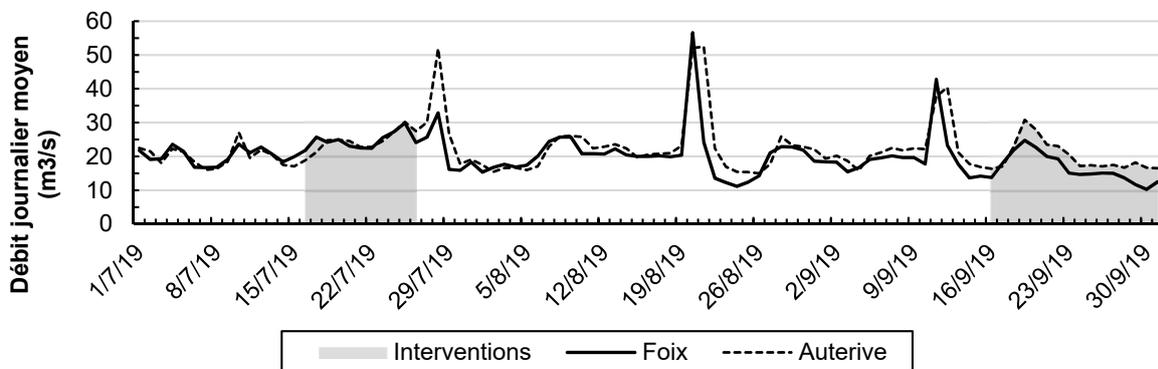


**Figure 3 : Comparaison des débits moyens mensuels et maximums de l'Ariège à Auterive entre l'année 2020 et sur les 5 dernières années (source : Banque Hydro)**

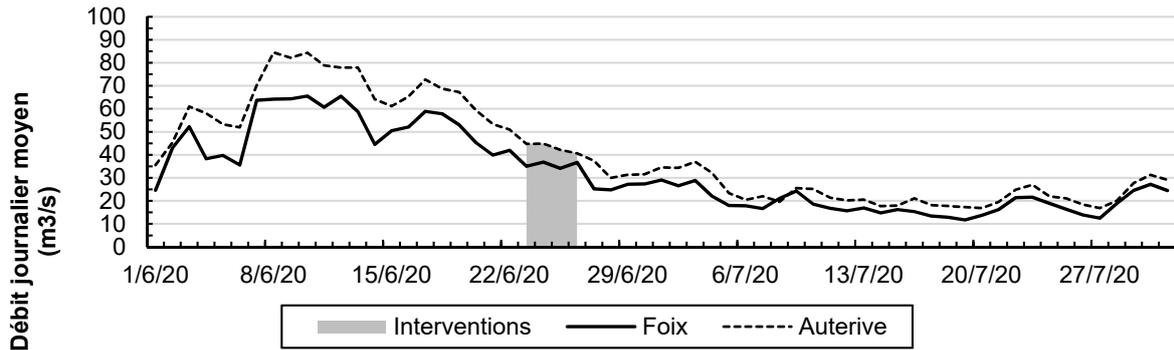
Les débits moyens journaliers enregistrés pendant les 2 périodes d'étude sur les secteurs cartographiés sont présentés dans la Figure 4 et la Figure 5.

En 2019, les prospections des secteurs, depuis le barrage de Labarre jusqu'à Auterive, (station de mesure des débits de référence à Foix) se sont déroulées avec des débits relativement bas, compris entre 10,3 et 30,8 m<sup>3</sup>/s. La détermination des différents faciès d'écoulement s'en est trouvée facilitée.

En 2020, les débits rencontrés lors des prospections du secteur compris entre Auterive et la confluence avec la Garonne étaient compris entre 40 et 45 m<sup>3</sup>/s (mesurés à la station d'Auterive) et correspondaient à des débits compris entre 34,2 et 36,7 m<sup>3</sup>/s mesurés dans la même période à la station de Foix. Ces conditions hydrauliques, bien que plus fortes que celles rencontrés en 2019, n'ont pas eu d'incidence négative sur le travail de terrain des relevés cartographiques.



**Figure 4 : Débits journaliers moyens enregistrés sur l'Ariège en 2019 (source : Banque Hydro)**



**Figure 5 : Débits journaliers moyens enregistrés sur l'Ariège en 2020  
(source : Banque Hydro)**

## 2.3 Méthodologie cartographique

### 2.3.1 Description morphodynamique

L'ensemble du linéaire concerné par l'étude a fait l'objet d'une prospection à pied ou en canoë. La description du linéaire a été réalisée à l'échelle des faciès d'écoulement (ou macrohabitats), considérés comme étant des portions de cours d'eau présentant des conditions de vitesse, de profondeur, de granulométrie et de pente relativement homogènes (Malavoi, 1989).

Une fois déterminées, les limites de chaque faciès d'écoulement ont été reportées sur l'application QField, interface de saisie embarquée du logiciel de SIG QGIS (Figure 5). Ceci permet notamment de calculer avec précision les surfaces de chaque faciès.



**Figure 5 : Illustration de l'application de saisie QField**

De plus, pour chaque faciès d'écoulement, les paramètres suivants ont été relevés :

(1) **Le type de faciès d'écoulement dominant** (et accessoire si besoin), à partir de la clé dichotomique ci-dessous :

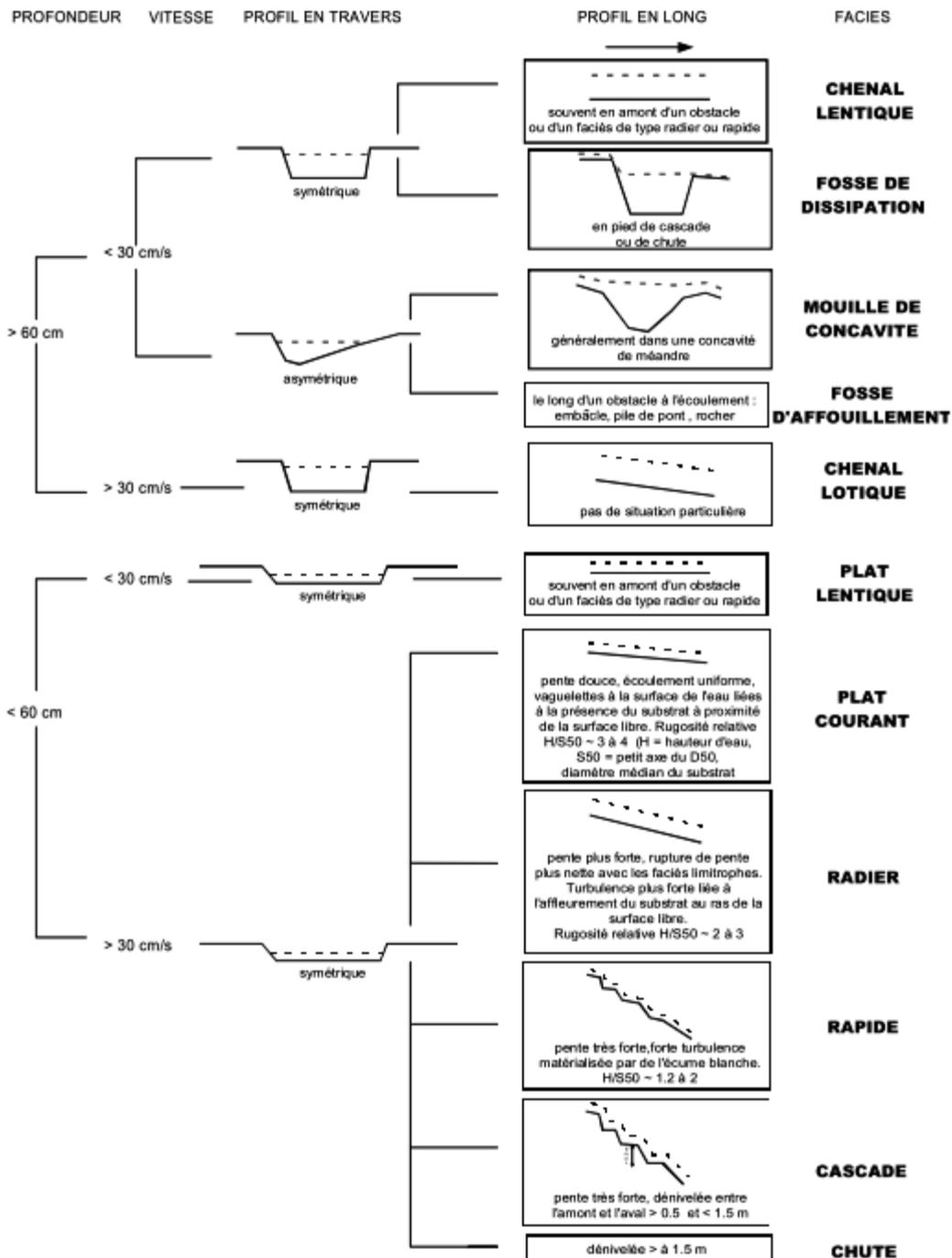


Figure 6 : Clé de détermination des principaux faciès d'écoulement (Malavoi et Souchon, 2002)

(2) **Les granulométries dominantes et accessoires**, déterminées à partir de l'échelle granulométrique ci-dessous :

**Tableau 1 : Echelle granulométrique de Wentworth modifiée par Malavoi et Souchon (1989)**

Classe granulométrie	Diamètre du second axe (mm)	Code
Rochers	>1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	<0,0039	A

(3) **Le recouvrement par la végétation aquatique** selon les classes suivantes :

**Tableau 2 : Classes utilisées pour la description du recouvrement par la végétation aquatique**

Recouvrement estimé	Classe
< 5%	1
5 à 15%	2
15 à 40%	3
40 à 70%	4
>70%	5

(4) **L'ombrage** résultant de la végétation rivulaire :

**Tableau 3 : Classes utilisées pour la description de l'ombrage**

Ombrage estimé	Classe
< 15%	1
15 à 60%	2
>60%	3

### 2.3.2 Inventaire des zones potentielles de frayères

Les frayères potentielles de salmonidés sont généralement localisées dans des zones de transition entre des faciès d'écoulement de type « mouille » et « radier », où la vitesse de courant augmente avec la diminution de la hauteur d'eau (Bardonnnet et Baglinière, 2000 ; Crisp, 1996).

Les caractéristiques hydromorphologiques des zones potentielles de reproduction du saumon atlantique sont synthétisées dans le Tableau 4.

**Tableau 4 : Bilan des caractéristiques des habitats de reproduction du saumon atlantique**

Variable environnementale	Type de mesure	Valeurs	Auteurs
Vitesse (cm/s)	Minimum	15-20	Crisp et Carling, 1989
	Rang	31-46	Jones (1959) dans Gibson, 1993
		35-80	Moir et al., 1998
	Moyenne	35-65	Louhi et al., 2008
		40	Heggberget (1991) dans Armstrong, 2003
Hauteur d'eau (cm)	Rang	50	Gueguen et Prouzet, 1994
		53	Beland et al., 1982
		15-40	Moir et al., 1998
	Moyenne	20-50	Louhi et al., 2008
		38	Beland et al., 1982
Granulométrie (mm)	Rang	16-64	Louhi et al., 2008
	Moyenne	20,7	Moir et al., 1998
Profondeur d'enfouissement des œufs (cm)	Rang	15-30	Gueguen et Prouzet, 1994
		15-25	Bardonnnet et Baglinière, 2000
% de fines	<1mm	<20%	Crisp et Carling, 1989
	0,5 – 2,2mm	10 –	Peterson, 1978
		15%	

Chaque zone de frayère potentielle est détournée à pied afin d'enregistrer les limites sous l'application QField. Pour chacune d'entre elles, les paramètres tels que les granulométries dominantes et accessoires, le recouvrement végétal et l'ombrage sont relevés à partir des mêmes classes que celles utilisées dans la caractérisation des faciès d'écoulement.

## 2.4 Habitats de croissance des juvéniles

### 2.4.1 Estimation du potentiel de production en juvéniles (calcul de la surface d'Equivalents Rapiers-Rapides)

La capacité d'accueil en saumon atlantique d'un cours d'eau est principalement déterminée par l'habitat physique disponible ainsi que par les conditions physico-chimiques et thermiques (limitantes pour la physiologie des poissons).

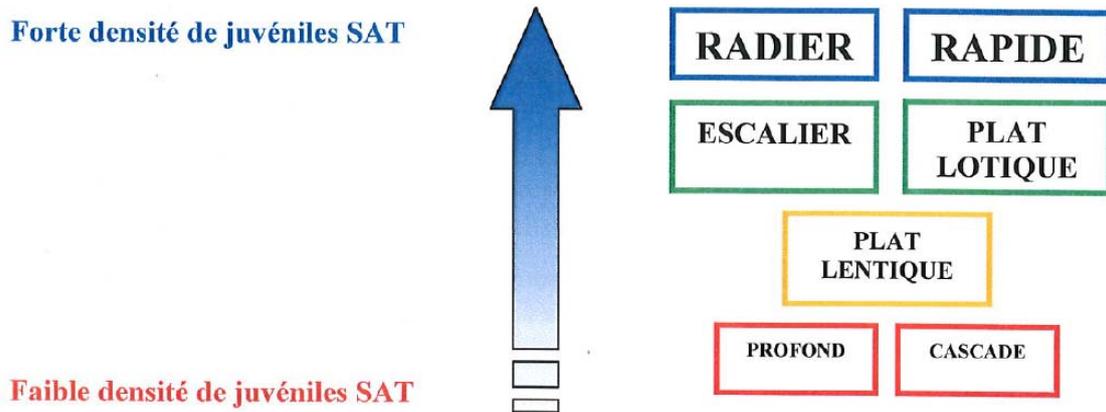
Le Tableau 5 ci-dessous synthétise les caractéristiques hydro-morphologiques des habitats de croissance utilisés par les juvéniles de saumon atlantique (Cazeneuve et al., 2008).

**Tableau 5 : Principales caractéristiques\* des habitats de croissance estivale utilisés par les juvéniles de saumon atlantique (Cazeneuve et al., 2008)**

	Individu de taille < 7cm	Individu de taille > 7cm
Profondeur (cm)	10-40 (5-90)	20-60 (10-300)
Vitesse (cm/s)	20-40 (10-70)	0-80
Taille du substrat (mm)	16-256 (graviers, petits et gros galets)	64-512 (petits et gros galets, petits blocs)

\*Valeurs couramment rencontrées, les valeurs extrêmes sont entre parenthèse

Du fait de ces exigences, les juvéniles de saumon atlantique privilégient pour leur croissance estivale soit des zones courantes, de profondeur relativement réduite et à substrat grossier, soit des faciès de type radiers et rapides (Heggenes & Saltveit, 1990 ; Heland et al., 1995 ; Bardonnet & Baglinière, 2000). Cependant, les résultats de pêches électriques réalisées par MIGADO dans le cadre des suivis des populations de tacons indiquent que ces jeunes stades occupent, dans une moindre mesure, des faciès de types plats courants et plats lenticulaires (Figure 7).



**Figure 7 : Gradient de densité de juvéniles de saumon selon les faciès d'écoulement (Cazeneuve et al., 2008)**

Ainsi, il est possible d'estimer le potentiel de production du secteur étudié en calculant les surfaces d'Equivalents Radier-Rapide (ERR) selon la formule suivante :

$$\text{Surface d'ERR (m}^2\text{)} = S.\text{Radiers} + S.\text{Rapides} + 0.4 * S.\text{Plats Courants} + 0.1 * S.\text{Plats lenticulaires}$$

Notons que seuls les faciès présentant des caractéristiques conformes à celles citées dans le Tableau 5 ci-dessus ont été pris en compte dans le calcul de surfaces ERR. Ont été exclus notamment ceux présentant une profondeur inférieure à 10 cm ainsi que ceux caractérisés par une granulométrie dominante non comprise entre les graviers grossiers et la pierre grossière (marnes dans notre cas).

#### 2.4.2 Estimation de la production théorique du secteur en smolts de saumon

Il s'agit ici de calculer la production théorique du secteur suivi en smolts de saumons à partir des surfaces de production (ERR) estimées ci-dessus. Dans le cas de la Garonne, on estime que le potentiel de production avoisine les 5 à 10 smolts dévalants pour 100 m<sup>2</sup> d'ERR (Gayou, 1986).

Ainsi, il est possible d'estimer la production minimum ( $P_{min}$ ) et maximum ( $P_{max}$ ) de smolts pour les deux tronçons suivis selon le calcul suivant :

$$P_{min} = 5 * ERR * 10^2$$

$$P_{max} = 10 * ERR * 10^2$$

#### 2.4.3 Analyse de la granulométrie des faciès favorables pour le grossissement

Les relevés réalisés permettent d'apprécier la composition granulométrique des faciès identifiés comme étant favorables pour le grossissement des juvéniles de saumon.

La représentativité d'une classe granulométrique est exprimée en proportion de la surface que représente le faciès sur lequel cette classe a été identifiée, en rapport à la surface totale prospectée. Les calculs sont réalisés pour les granulométries dominantes puis accessoires des radiers, rapides, plats courants et plats lents, faciès pris en compte dans le calcul des ERR.

Notons qu'il s'agit ici d'une description générale dans la mesure où nous ne disposons pas de la surface exacte représentée par chaque classe granulométrique, qu'elle soit dominante ou accessoire. L'objectif de cette analyse est de déterminer la part représentée par les granulométries défavorables à la croissance des juvéniles (marnes ou sables par exemple).

## **2.5 Habitats types des saumons adultes**

### **2.5.1 Analyse des zones favorables à la reproduction**

La cartographie des zones potentielles de frayères telle que réalisée ici permet dans un premier temps de calculer précisément leur surface ainsi que leur représentativité à l'échelle des tronçons suivis. Elle permet également d'étudier leur répartition le long du linéaire prospecté.

Comme réalisé pour les zones de grossissement des juvéniles, une analyse granulométrique est réalisée pour les zones potentielles de reproduction (représentativité de chaque classe granulométrique dans le cas de la granulométrie dominante et accessoire).

### **2.5.2 Analyse des zones potentielles de refuge (pré-frai)**

Les saumons adultes ont besoin de zones de repos et de séjour, leur fournissant de l'ombre ainsi que d'une protection contre les prédateurs. Ces habitats leur sont utiles tant au cours de la migration de montaison qu'en aval des zones de frai, où ceux-ci séjournent en attendant la période de reproduction (Crisp, 1996 ; Gueguen et Prouzet, 1994).

Ainsi, les adultes recherchent des zones d'eau calmes et profondes (profondeur supérieure à 0,9m), ombragées et dont la température n'excède pas 28°C (Bardonnnet et Baglinière, 2000).

Il s'agit ici d'analyser la représentativité et la localisation de ces zones de refuge potentielles, et de s'assurer de leur présence à proximité des zones identifiées comme frayères potentielles.

## **2.6 Analyses des températures**

La température de l'eau est un facteur limitant de la qualité d'un milieu vis-à-vis des populations de saumons. Les seuils de températures optimales et létales sont fonction du stade de développement considéré. Des températures comprises entre 16 et 20°C sur la période d'avril à octobre sont considérées comme optimales pour la croissance des juvéniles (Jonsson, 2001). En revanche, des températures inférieures à 7°C ou supérieures à 21°C engendrent du stress et peuvent être létales pour les individus (Cornu, s.d).

Les données thermiques traitées ici ont été enregistrées à Foix, à l'aide d'une sonde thermique Tinytag Aquatic 2 de type TG-4100. Les enregistrements y sont réalisés au pas horaire.

Une première analyse est réalisée afin de comparer la répartition des températures instantanées enregistrées sur le secteur suivi aux exigences thermiques des juvéniles de saumons pour leur croissance. Dans un souci de représentativité et de validité des données,

cette description portera sur les données horaires enregistrées d'avril à octobre entre 2016 et 2020.

Enfin, pour décrire le régime thermique général du secteur suivi, une série d'indicateurs a été calculée sur les données horaires enregistrées aux stations de Foix, Varilhes, Saverdun et Lacroix Falgarde. Ces calculs n'ont pu être réalisés que pour les années dont les données étaient complètes sur l'année).

Les indicateurs suivants ont été calculés à l'aide de la Macro Excel MACMASalmo 1.0 (Dumoutier et *al.*, 2010) :

- **Ti min** : Température instantanée minimale
- **Ti max** : Température instantanée maximale
- **ATi max** : Valeur de l'amplitude thermique journalière la plus élevée
- **Tmin** : Température moyenne journalière minimale
- **Tmax** : Température moyenne journalière maximale
- **T30** : Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds (sur la base de températures moyennes journalières)

### 3. RESULTATS

#### 3.1 Description générale des secteurs suivis

Le Tableau 6 ci-dessous synthétise les surfaces estimées pour chaque type de faciès d'écoulement sur l'ensemble des tronçons prospectés. Au total, 84,4 km ont été parcourus entre l'aval du barrage de Labarre et la confluence avec la Garonne, représentant une superficie de 416,9 ha. Un atlas cartographique est disponible en Annexe 1.

Les faciès d'écoulement de type courant présentant théoriquement un intérêt en termes d'habitats pour les juvéniles de saumons tels que les radiers, rapides et plats courants représentent une superficie de 74 ha à l'échelle du linéaire prospecté, soit 15,8 % de la surface totale. Ces trois faciès ont tendance à être davantage représentés sur les secteurs T2 à T4 (de la centrale de Guilhot au barrage de Saverdun) où ils représentent entre 21 et 38 % de la surface des tronçons.

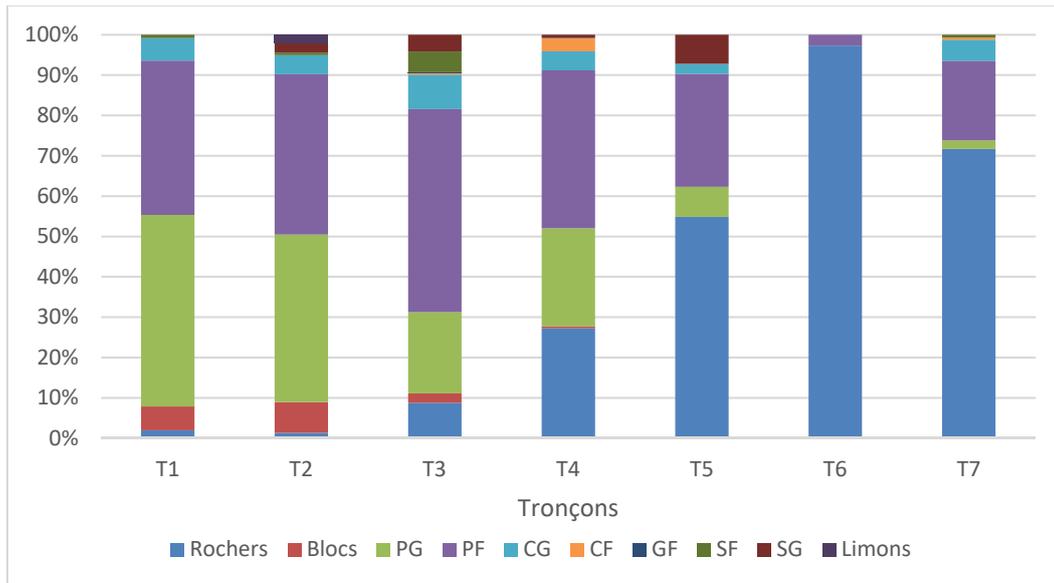
Les faciès lents et profonds (type chenal lentique) sont globalement majoritaires et représentent 222,9 ha de Labarre à la confluence avec la Garonne, soit 30 à 76 % de la surface de chaque tronçon.

Les fosses de dissipation et d'affouillement sont minoritaires à l'échelle du linéaire puisqu'elles ne représentent que 1 à 3 % de la surface cartographiée selon le tronçon considéré. Elles ont été localisées au droit de barrages, seuils ou piles de ponts.

Tronçons	Longueur (km)	RAD radier		RAP rapide		PCO plat courant		PLE Plat lent		CLO chenal lotique		CLE chenal lentique		MOU mouille		FDI Fosse de dissipation		FDA Fosse d'affouillement	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
T1	14,3	4,1	6,1%	2,5	3,7%	5,5	8,3%	1,5	2,3%	16,6	24,7%	34,3	51,1%	0,7	1,1%	1,8	2,7%		0,0%
T2	9,9	2,5	5,9%	2,3	5,3%	6,5	15,3%	0,6	1,3%	16,7	39,2%	13,0	30,6%	1,0	2,3%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
T3	6,8	2,1	10,4%	1,1	5,3%	4,4	21,9%	0,8	4,2%	2,2	11,1%	7,7	38,2%	1,6	8,0%		0,0%	0,2	1,0%
T4	9,1	2,8	7,7%	0,5	1,2%	4,2	11,5%	1,1	2,9%	8,8	24,0%	16,1	44,0%	2,1	5,7%		0,0%	1,1	2,9%
T5	20,3	8,0	8,1%	1,1	1,1%	10,1	10,2%	4,1	4,2%	15,1	15,2%	52,8	53,2%	5,0	5,0%	0,1	0,1%	3,0	3,0%
T6	7,3	0,9	2,1%	0,6	1,4%	1,3	3,1%		0,0%	7,2	17,2%	32,0	76,2%		0,0%		0,0%		0,0%
T7	16,8	1,5	1,4%	4,6	4,2%	7,7	7,1%	1,1	1,0%	23,9	21,9%	67,0	61,3%	2,5	2,3%	0,7	0,6%	0,3	0,3%
Total	84,4	21,9	5,2%	12,6	3,0%	39,8	9,6%	9,2	2,2%	90,5	21,7%	222,9	53,5%	12,8	3,1%	2,6	0,6%	4,6	1,1%

**Tableau 6 : Bilan des surfaces d'Equivalents Radier-Rapide (ERR en ha) et des potentiels de production de smolts estimés**

La granulométrie dominante observée dans les tronçons étudiés sur l'Ariège est composée en grande majorité d'éléments grossiers de types : Blocs, Pierres Grossières et Pierres Fines (Figure 8). Ces types de substrat figurent parmi ceux qu'affectionnent préférentiellement les jeunes saumons atlantiques lors de leur croissance en rivière et sont davantage présents dans la partie amont du secteur d'étude. L'élément désigné par le terme « Rocher » correspond à la roche mère mise à nu. Dans le cas de l'Ariège, il s'agit principalement de couches de marnes. Cette structure géologique apparait à partir du tronçon T3 et sa proportion augmente en allant vers l'aval jusqu'à représenter près de 50% de la composition du substrat dominant du tronçon T5 (aval de Saverdun) et la quasi-totalité des substrats dominants de la basse Ariège (Tronçon T6 et T7 de l'aval d'Auterive jusqu'à la confluence avec la Garonne). Il s'agit ici d'un substrat dégradé et considéré comme non propice au bon fonctionnement des cours d'eau et à l'accueil des saumons.



**Figure 8 : Proportions des différentes granulométries dominantes observées sur chaque tronçon de l'Ariège**

### 3.2 Habitats de croissance des juvéniles

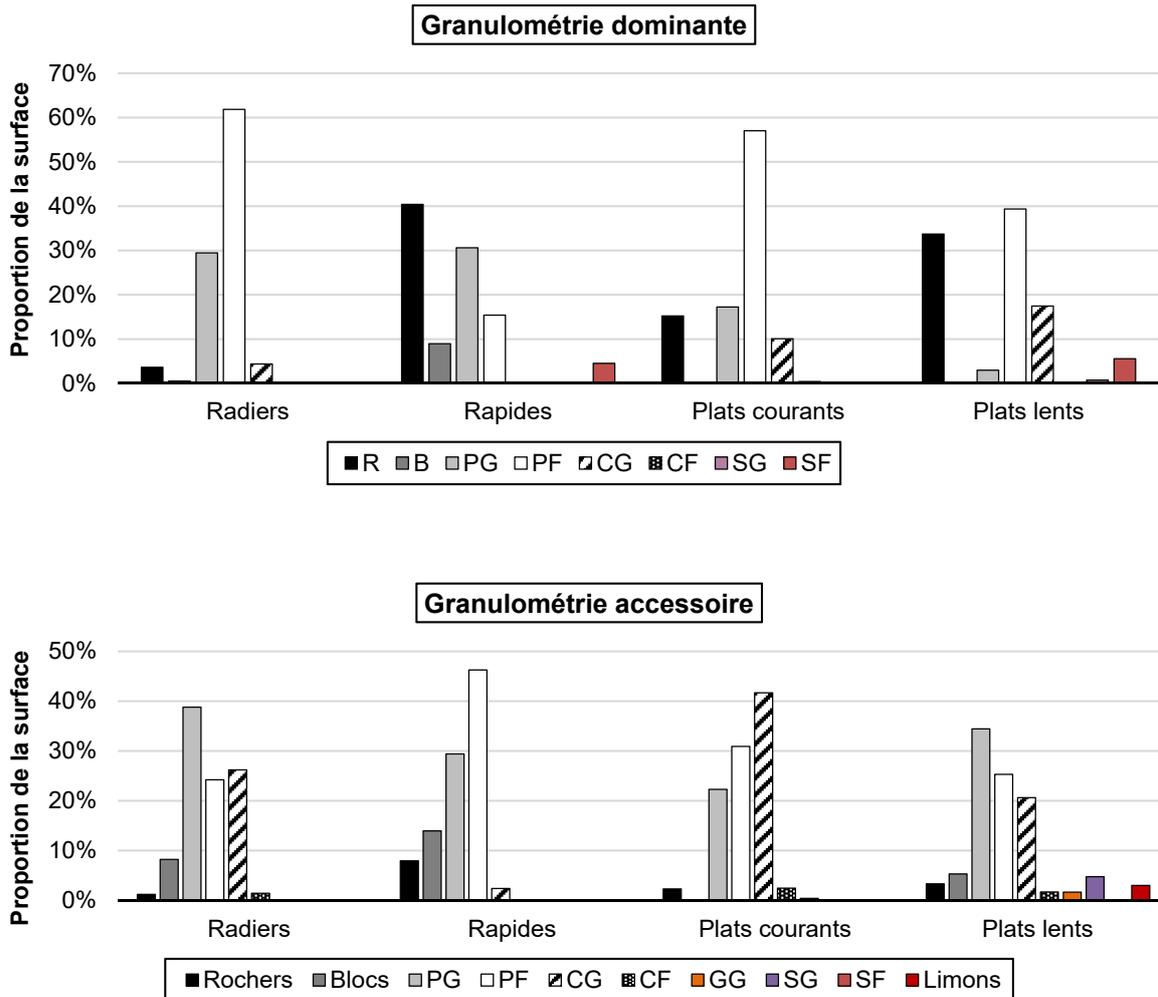
#### 3.2.1 Granulométrie des faciès favorables à la croissance des juvéniles

La Figure 9 présente l'ensemble des classes granulométriques recensées ainsi que leur représentativité à l'échelle des faciès favorables (radiers, rapides et plats courants). Rappelons que les proportions présentées sont données à titre indicatif puisque les surfaces exactes pour chaque classe granulométrique sont inconnues.

Les pierres grossières et pierres fines composent majoritairement les granulométries dominantes relevées au niveau des faciès d'écoulement favorables à la croissance des juvéniles. Ces deux classes granulométriques représentent entre 45 et 95 % de la surface des faciès considérés. Les classes plus fines telles que les cailloux grossiers et cailloux fins peuvent être retrouvées dans la description de la granulométrie accessoire.

Les sables (fins et grossiers) et les limons ont été retrouvés sur quelques faciès de type plat lent, mais ne constituent qu'une faible proportion de la granulométrie décrite (dominante ou accessoire).

Enfin, notons qu'une proportion non négligeable des faciès d'intérêt est constituée de marnes (correspondant au rochers ou R sur les graphiques), et est donc considérée comme non utilisable par les juvéniles de saumons pour leur croissance. Ces marnes représentent 40,4 % de la surface des rapides (5,1 ha), 15,2 % de la surface des plats courants (6,1 ha), 33,7 % de celle des plats lents (3,1 ha) et 3,6 % de celle des radiers (0,8 ha). Bien que présentes sur l'ensemble du linéaire, les marnes sont largement localisées en aval de Saverdun (Annexe 2). Ces surfaces non favorables ne seront pas prises en compte dans le calcul des surfaces d'Equivalents Radier-Rapide et pour la production potentielle en smolts.



**Figure 9 : Composition granulométrique dominante et accessoire des faciès favorables au grossissement des juvéniles de saumon**

### 3.2.2 Répartition des habitats de croissance et potentialités de production

Rappelons que le calcul des Equivalents Radier-Rapide (ERR) est réalisé à partir des surfaces de radiers, rapides, plats courants et plats lents dont les caractéristiques hydro morphologiques sont conformes aux exigences des juvéniles de saumon pour leur croissance. Les faciès dont la hauteur d'eau est inférieure à 10 cm et/ou dont la classe granulométrique dominante n'est pas comprise entre le gravier grossier et la pierre grossière sont exclus du calcul des ERR.

Au regard des surfaces calculées, les secteurs qui ont les plus faibles capacités d'accueil pour les juvéniles de saumon correspondent aux secteurs T6 et T7. Ces deux secteurs sont localisés dans la partie la plus aval de l'Ariège depuis la restitution de l'usine d'Auterive jusqu'à la confluence avec la Garonne. Ces tronçons présentent aussi une proportion de surfaces d'ERR par km de cours d'eau nettement plus faible que celle des autres tronçons (2 à 10 fois moins importantes et inférieures à 0,24 ha ERR / km, tableau 6). L'analyse des régimes thermiques de l'eau pour ces 2 tronçons les plus aval montre aussi leurs moins bonnes capacités à accueillir des juvéniles de saumons (Cf § 3.4).

**Tableau 6 : Bilan des surfaces d'Equivalents Radier-Rapide (ERR en ha) et des potentiels de production de smolts estimés**

Tronçon		Surfaces (ha)						Production en nbre de smolts	
N°	Longueur (km)	RAD	RAP	PCO	PLE	ERR	ERR/km	Min	Max
T1	14,3	4,0	1,8	5,3	1,5	8,1	0,57	4051	8102
T2	9,9	2,5	1,9	6,5	0,3	7,0	0,71	3490	6981
T3	6,8	2,1	1,0	4,4	0,4	4,9	0,72	2459	4918
T4	9,1	2,8	0,3	4,1	1,0	4,8	0,53	2418	4837
T5	20,3	7,9	0,1	8,5	2,3	11,7	0,58	5840	11681
T6	7,3	0,2				0,2	0,03	98	196
T7	16,8	1,5	0,7	4,9	0,0	4,1	0,24	2063	4126
Total	84,4	21,0	5,8	33,8	5,5	40,8	0,48	20420	40840

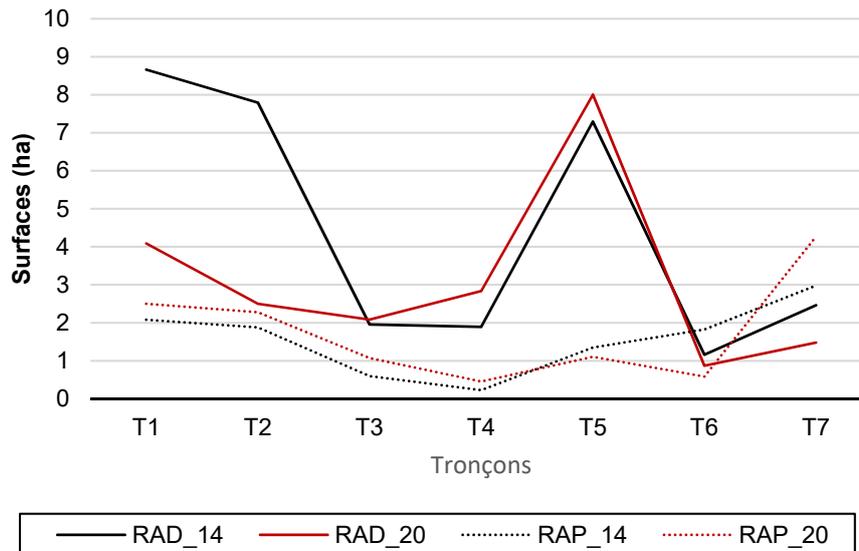
Après pondération des faciès d'écoulements considérés comme étant moins favorables à la croissance des juvéniles (plats courants et plats lents), la surface totale d'ERR sur le secteur étudié est estimée à 40,8 ha (Tableau 6). Cette surface équivaut à un potentiel de production compris entre 20 420 et 40 840 smolts dévalants.

Ce potentiel de production total doit cependant être minoré de 2 000 à 4 000 smolts si l'on retire les surfaces correspondantes aux tronçons T6 et T7 qui présentent des conditions thermiques moins favorables au bon déroulement de la croissance des juvéniles de saumon.

Les secteurs T2 à T5 qui ont des caractéristiques propices à la croissance des juvéniles de saumon sont quant à eux utilisés pour les opérations de repeuplement depuis le début du programme. Le secteur T1 est réservé à une gestion patrimoniale depuis 2014 : les saumons adultes piégés à Golfech y sont transférés.

### 3.2.3 Evolution des habitats de croissance dans le temps

Les données de cette étude peuvent être rapprochées de celles obtenues à l'issue de la cartographie des faciès d'écoulement réalisée sur l'Ariège en 2007 et remise à jour en 2014. Cependant, la classification des faciès utilisée lors de ces relevés était différente de celle utilisée en 2019 et 2020, et seuls les radiers et rapides ont été déterminés à partir des mêmes caractéristiques hydro morphologiques. Les surfaces d'ERR ne pouvant être calculées à partir de la même formule que celle appliquée aux relevés de 2020, seules les surfaces de radiers, rapides ont pu être comparées sur la Figure 10. Ce comparatif permet de donner une vision générale de l'évolution dans le temps des principaux faciès favorables à la croissance des juvéniles sur le secteur suivi.



**Figure 10 : Evolution des surfaces des faciès radiers et rapides de l'Ariège entre 2014 et 2020**

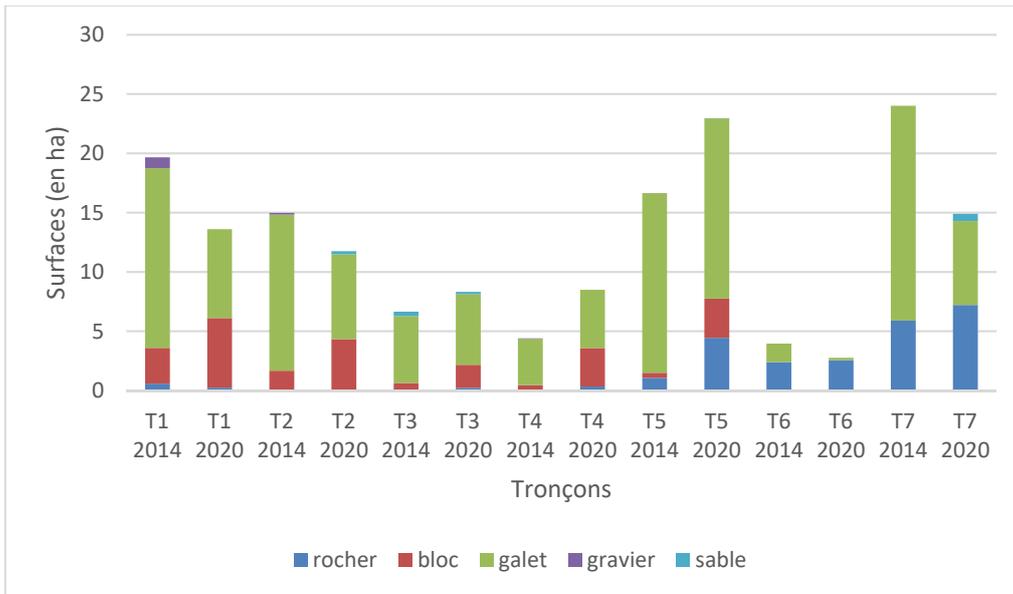
Les surfaces de rapides calculées en 2020 sont très proches de celles relevées en 2007 mises à jour en 2014 soit respectivement 12,3 ha et 11 ha. Pour les tronçons de T1 à T5, les surfaces calculées sont quasi identiques pour les deux dates. On notera néanmoins que pour le tronçon T6, la surface des rapides relevées en 2020 est inférieure à celle mesurées lors de la précédente étude. Par contre, la surface des rapides mesurée au niveau du tronçon T7 en 2020 est plus importante que celle qui avait été précédemment estimée.

Au total, les surfaces de radier relevées lors de cette étude sont inférieures à celles mesurées en 2007 et remises à jour en 2014 (diminution de 31,2 ha à 21,9 ha). Ces modifications sont plus particulièrement localisées dans la partie amont de l'Ariège au niveau des tronçons T1 et T2 soit du barrage de Labarre jusqu'au barrage de la Cavalerie (Figure 10).

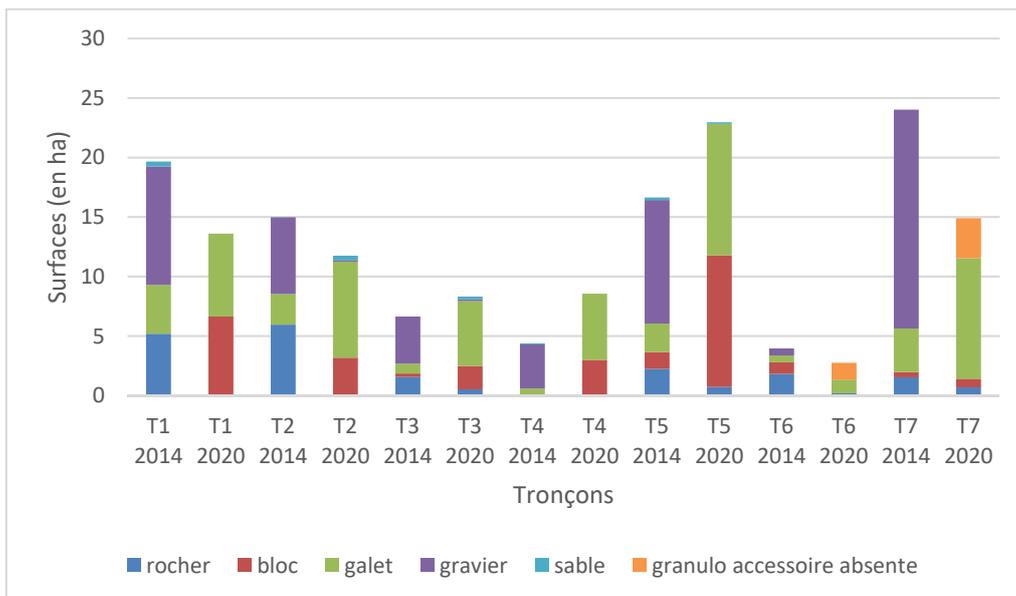
Cette évolution des faciès d'écoulement pourrait être en lien avec les modifications observées durant la même période dans la composition des différentes fractions granulométriques du substrat. On constate sur les Figure 11 et Figure 12 qu'il y a eu une évolution de la composition des substrats dans le temps, au fil des crues, avec un déplacement des granulométries moyennes et fines de l'amont vers l'aval. En effet, pour les substrats dominants, on note principalement la perte des galets et l'apparition des blocs sous-jacents pour les tronçons amont susceptibles d'accueillir les jeunes saumons.

Dans un contexte où le transport sédimentaire est perturbé (plus d'apport de matériaux provenant de l'amont du barrage de Labarre), ces évolutions semblent contribuer à une modification de la capacité d'accueil du cours d'eau pour le saumon. Les déplacements de matériaux ont pu engendrer un phénomène d'incision notamment sur les faciès de type radier et les faire évoluer en faciès de type chenal, plus profond, non propices au développement des juvéniles et avec comme substrat l'apparition des blocs sous-jacents (Figure 11).

Pour les granulométries accessoires (Figure 12), on remarque, plus particulièrement dans le temps, une disparition des sédiments de type gravier (correspondant aux Gravieres Grossiers et fins GG et GF). Les graviers, très présents au niveau de l'ensemble des tronçons en 2007, ne se retrouvent plus dans la classe accessoire relevé en 2020 pour les zones de croissances. Cette évolution est peu dommageable pour les juvéniles mais laisse notamment préfigurer une diminution dans le temps des zones de reproduction potentielles pour les saumons adultes.



**Figure 11 : Evolution de la composition du substrat de l’Ariège entre 2007 et 2020 pour les faciès susceptibles d’accueillir des juvéniles de saumon : comparaison des surfaces de granulométries dominantes observées en surface pour les différents tronçons de l’étude (exprimée en ha).**



**Figure 12 : Evolution de la composition du substrat de l’Ariège entre 2007 et 2020 pour les faciès susceptibles d’accueillir des juvéniles de saumon : comparaison des surfaces de granulométries accessoires observées en surface pour les différents tronçons de l’étude (exprimée en ha).**

### 3.3 Habitats types des saumons adultes

#### 3.3.1 Zones potentielles de reproduction

Sur l'ensemble du linéaire prospecté, 20 zones de frayères potentielles (ZPF) ont été identifiées. Leur localisation générale est présentée dans la Figure 13 et une cartographie plus détaillée est disponible en Annexe 1.

Leurs caractéristiques sont synthétisées dans le Tableau 7 ci-dessous. Les surfaces de ZPF identifiées sont hétérogènes et vont de 27,5 m<sup>2</sup> jusqu'à 425,6 m<sup>2</sup> (ZPF localisée 230 m en amont du pont de Vernet).

Elles ne semblent pas réparties de façon homogène sur le linéaire, tant en termes d'occurrence (nombre de ZPF vis-à-vis de la longueur des tronçons) qu'en termes de surface (surface des ZPF en rapport de la surface totale de chaque tronçon). De manière générale, le tronçon 4 est celui où les ZPF semblent plus fréquentes et mieux représentées en surface.

Toutefois, notons que les surfaces représentées par les ZPF sont globalement très faibles. En effet, elles varient entre 0,01 et 0,32 % de la surface totale de chaque tronçon.

Depuis plus de 20 années, les observations réalisées lors du suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés sur l'Ariège confirment aussi le constat de l'abandon par les salmonidés d'un linéaire de cours d'eau de plus en plus important en relation avec une raréfaction des zones propices à leur reproduction. Si cette raréfaction de zones favorables devait se confirmer, l'augmentation du nombre de géniteurs par des opérations de transfert sur l'Ariège devrait s'accompagner d'un aménagement de l'habitat de reproduction avec des recharges en matériaux de granulométrie adéquate (Dartiguelongue, 2021).

**Tableau 7 : Bilan des surfaces de frayères potentielles**

N° tronçon	Surface en ha	Nombre de zones de frayères	Surface totale (m <sup>2</sup> )	% de la surface totale	Surface min (m <sup>2</sup> )	Surface max (m <sup>2</sup> )
T1	67,0	2	475,6	0,07 %	176,4	299,2
T2	42,6	4	687,0	0,16 %	27,9	269,8
T3	20,1	4	345,0	0,17 %	27,5	220,9
T4	36,6	5	1165,8	0,32 %	86,0	425,6
T5	99,3	4	745,8	0,07 %	120,0	371,5
T6	42,0	0	0	0 %	0	0
T7	109,3	1	126,1	0,01 %	126,1	126,1
<b>Total</b>	416,9	<b>20</b>	<b>3545,3</b>	<b>0,09 %</b>		

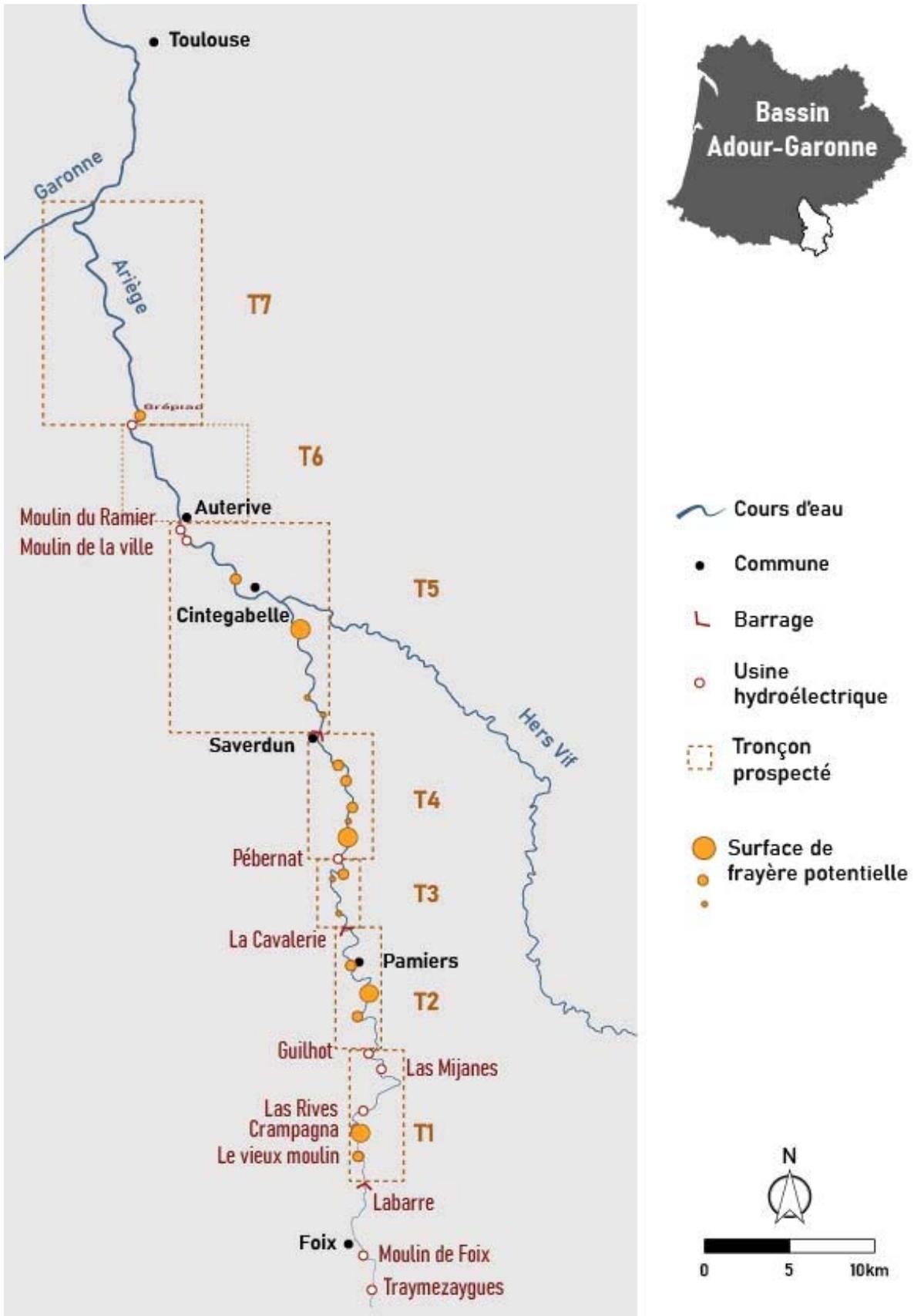
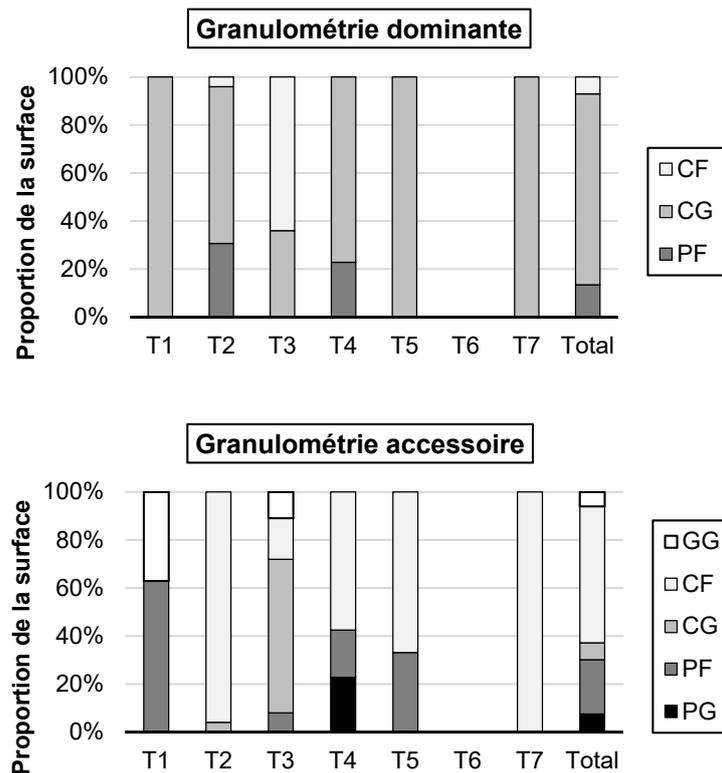


Figure 13 : Localisation des zones de frayères potentielles

Outre les surfaces potentielles et leur répartition le long des secteurs suivis, la composition granulométrique des ZPF est un élément important à prendre en compte (Figure 14). La fraction granulométrique dominante est globalement composée par les cailloux grossiers, et plus rarement par les pierres fines. Ces granulométries sont optimales au regard des exigences du saumon, ce qui est cohérent compte tenu du protocole d'inventaire appliqué ici.

Concernant les granulométries secondaires, les classes répertoriées sont plus variées et s'étendent du gravier grossier à la pierre grossière. Cette dernière est uniquement retrouvée dans le tronçon 4.



**Figure 14 : Composition granulométrique des zones de frayères potentielles**

### 3.3.1 Zones potentielles de refuge (pré-frai)

Les zones potentielles de refuge correspondent à des zones d'eau calme et profondes (supérieures à 90 cm) et sont donc localisées dans des faciès d'écoulement de type chenal lentique ou mouille de concavité. Leur localisation précise est disponible dans l'atlas cartographique en Annexe 1.

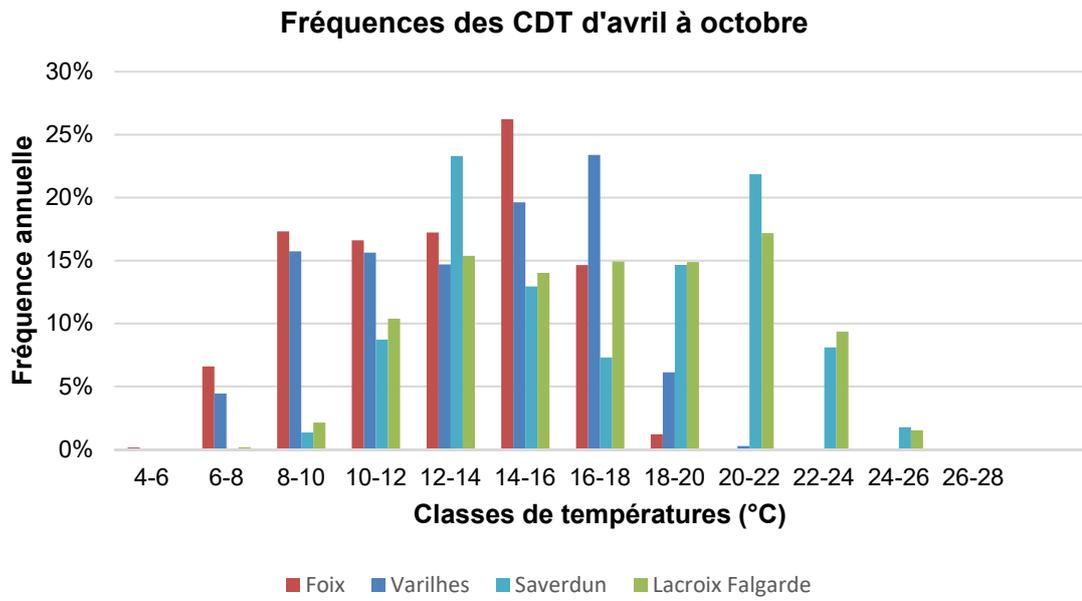
A l'échelle du linéaire étudié, ces zones de repos potentielles semblent abondantes et réparties de façon assez homogène. Selon le tronçon considéré, elles représentent entre 29 et 74 % de la surface. De plus, la végétation rivulaire dense sur tout le linéaire cartographié offre globalement de nombreuses zones d'ombre.

Notons toutefois qu'une certaine proportion des zones décrites comme refuges potentiels présente des marnes en granulométrie dominante. En effet, les marnes sont présentes dans des proportions importantes au niveau des tronçons T5 à T7 de 81% à 99% de la surface identifiée comme refuge (Annexe 3). Dans des proportions moindres, 37 % des zones refuges du tronçon T4 présentent des marnes en granulométrie dominante. Ces surfaces à marnes constituent des refuges de moindre qualité pour les saumons adultes.

### 3.4 Analyse des températures de l'eau sur le secteur suivi

Les courbes d'évolution des températures de l'eau ainsi que les indicateurs thermiques généraux utilisés dans les traitements présentés ci-après pour les stations de Foix, Varilhes, Saverdun et Lacroix Falgarde sont disponibles en annexe 4 et 5.

La Figure 15 ci-dessous présente la répartition en Classes De Températures (CDT) des données enregistrées sur l'Ariège au niveau de 4 stations réparties d'amont en aval du linéaire étudié durant la période de croissance des juvéniles de saumon (avril à octobre).

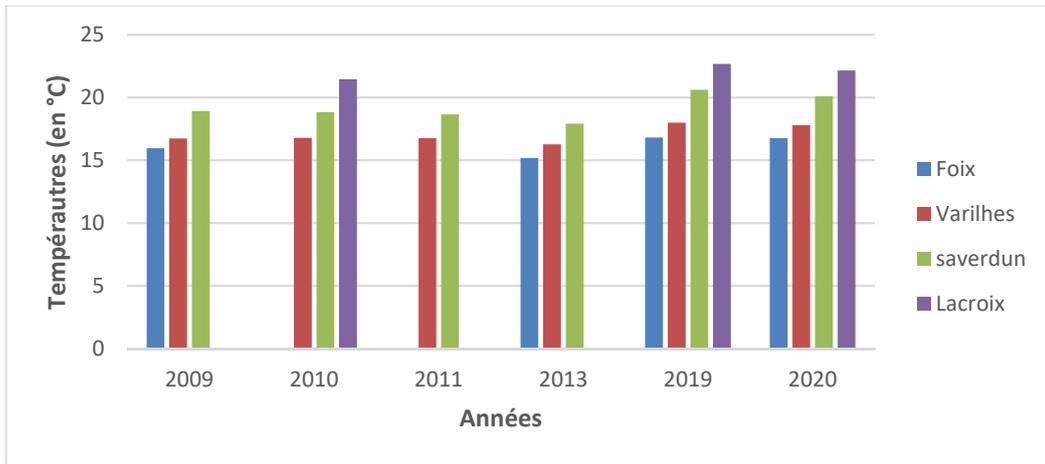


**Figure 15 : Répartition des températures de l'eau enregistrées au pas de temps horaire pendant la période de croissance des juvéniles de saumon à Foix et Varilhes entre 2016 et 2020 et Saverdun et Lacroix Falgarde entre 2010 et 2020**

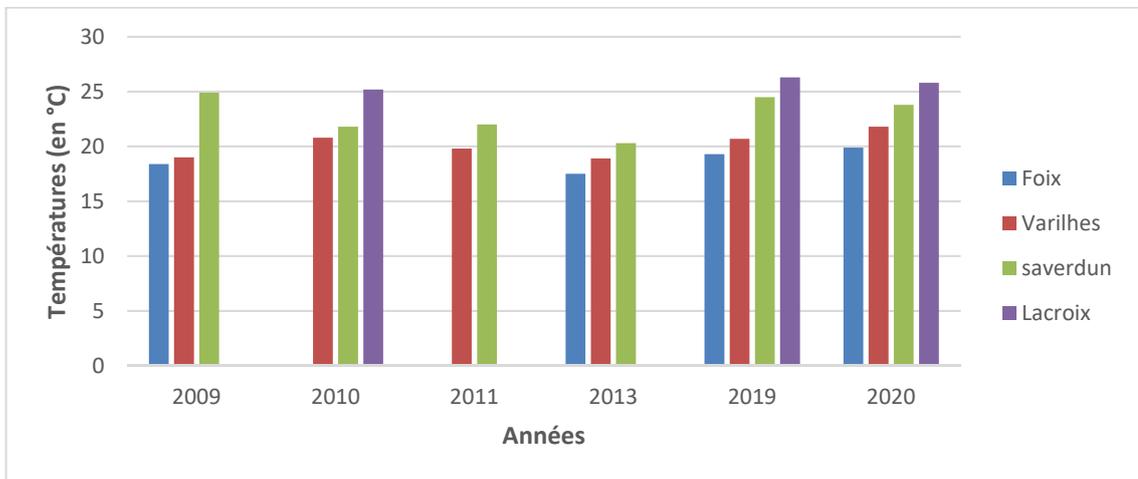
De manière générale, les températures de l'eau enregistrées sur le secteur suivi pour les stations de Foix (positionnée en amont du tronçon T1) et Varilhes (positionnée au milieu du tronçon T2) se situent dans la partie basse des températures données comme optimales pour la croissance des juvéniles de saumon (entre 16 et 20°C). Elles se situent aussi à l'intérieur des bornes définies comme stressantes voire létales vis-à-vis des jeunes stades de développement du saumon (températures inférieures à 7°C et supérieures à 21°C).

Par contre, pour les stations de Saverdun (située en aval du tronçon T4) et de Lacroix Falgarde (située près de la confluence avec la Garonne), on observe sur la Figure 15, la présence de températures appartenant aux classes de températures supérieures à 20°C (près de 30% de la fréquence annuelle pour le cumul des classes 20-22 et 22-24°C). Ces observations classent donc l'aval du tronçon T4 et les tronçons T5, T6 et T7 comme faiblement compatible avec le bon développement des juvéniles de saumon.

Le comparatif, sur plusieurs années, pour chacune des 4 stations des températures moyennes journalières de l'eau enregistrées pendant les 30 jours consécutifs les plus chauds (Figure 16) et des températures instantanées maximales enregistrées sur plusieurs années (Figure 17) confirme la limite aval des habitats les plus propices à une bonne croissance des juvéniles de saumon au niveau de la ville de Saverdun.



**Figure 16 : Températures moyennes journalières de l'eau des 30 jours consécutifs les plus chauds enregistrées sur l'Ariège au niveau de 4 stations (exprimées en °C)**



**Figure 17 : Températures maximales instantanées de l'eau enregistrées sur l'Ariège au niveau de 4 stations (exprimées en °C)**

## 4. BILAN ET PERSPECTIVES

---

Les campagnes de terrain réalisées en 2019 et 2020 dans le cadre de cette étude ont permis d'actualiser la **cartographie des faciès d'écoulement sur le linéaire de l'Ariège compris entre Labarre et la confluence avec la Garonne** (soit 84,4 km de cours d'eau). Elles se sont déroulées dans de bonnes conditions d'identification des faciès d'écoulement compte tenu des niveaux d'eau particulièrement bas en 2019 et dans la normale pour l'étiage estival de 2020.

Par rapport à la cartographie réalisée en 2007 et remise à jour en 2014, la surface des radiers a diminué de 9,2 ha, et celle des rapides de 1,3 ha. Cette perte de surface de radiers est essentiellement observée dans le linéaire compris entre Labarre et le barrage de la Cavalerie à Pamiers. De manière générale, davantage de faciès de type chenal lentique et lotique ont été décrits pendant les campagnes de 2019 et 2020. Cette évolution est certainement révélatrice de modifications qui ont pu être engendrées par un transport solide déficient dû à la présence des grands barrages. En effet, le blocage des matériaux dans les barrages entraîne une absence d'apport en sédiments grossiers depuis l'amont du bassin jusque dans sa partie située en aval du barrage de Labarre.

La composition principale du substrat (granulométrie dominante) observées sur l'Ariège présente des différences importantes suivant les secteurs :

- dans les parties amont les habitats sont composés en grande majorité d'éléments grossiers. Ils figurent parmi ceux qu'affectionnent préférentiellement les jeunes saumons atlantiques lors de leur croissance en rivière
- la roche mère mise à nue correspond dans le cas de l'Ariège, à des couches de marnes, qui apparaissent à partir de l'aval du barrage de la Cavalerie. Leurs proportions augmentent en allant vers l'aval jusqu'à représenter près de 50% de la composition du substrat dominant en aval de Saverdun et la quasi-totalité des substrats dominants de la basse Ariège (de l'aval d'Auterive jusqu'à la confluence avec la Garonne). Il s'agit d'un habitat dégradé et considéré comme non propice au bon fonctionnement des cours d'eau et à l'accueil des saumons.

**Les surfaces utiles à la croissance des juvéniles de saumons** sur le secteur étudié, exprimées en Equivalents Radiers-Rapides (ERR), **ont été estimées au total à près de 41 ha** avec une production annuelle qui représenterait **20 000 à 40 000 smolts**.

L'étude des régimes thermiques de l'eau pendant la période de croissance des juvéniles à différents points du linéaire parcouru indique que les secteurs situés en amont de Saverdun semblent les plus propices à accueillir dans de très bonnes conditions les juvéniles de saumon atlantique.

Les zones potentielles de refuge et de repos pour les adultes en montaison ou en attente du frai sont quant à elles relativement nombreuses et réparties de façon homogène sur le linéaire étudié.

Concernant les habitats de reproduction, **20 zones potentielles de frayères** ont été inventoriées, et représentent une surface totale de **3 545 m<sup>2</sup>**, soient **0,09 % de la surface étudiée**. Cette proportion de zones compatibles pour la reproduction paraît relativement faible et devrait faire l'objet d'une étude plus approfondie. Il s'agirait de mieux quantifier les déficits et envisager le cas échéant la mise en place d'opérations d'aménagement des habitats par la recharge en matériaux de granulométrie adaptée. Ceci est d'autant plus important que la réorientation du programme de restauration du saumon mise sur l'axe Ariège pour retrouver une population autosuffisante.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- BARDONNET A., BAGLINIERE J.L., 2000. Freshwater habitat of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57(2), 497-506.
- BELAND K.F., JORDAN R.M., MEISTER A.L., 1982. Water depth and velocity preferences of spawning Atlantic salmon in Maine rivers. *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 2, no 1, p. 11-13.
- CAZENEUVE L., LAGARRIGUE T., LASCAUX J.M., 2008. Synthèse des potentialités de production en saumons du bassin de la Dordogne. Rapport n°19D-08-RT, MI.GA.DO.
- CORNU V., TEISSIER S., DABOS P., s.d. Analyse de risque saumon atlantique sur le bassin de la Garonne. Note explicative.
- CRISP D.T., 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, vol. 323, no 3, p. 201-221.
- CRISP D. T., CARLING P. A., 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *Journal of Fish Biology*, vol. 34, no 1, p. 119-134.
- DUMOUTIER Q., VIGIER L., CAUDRON A., 2010. Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. *Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03*
- DARTIGUELONGUE J., 2021. Suivi de la fraie des grands salmonidés migrateurs sur l'Ariège, année 2020. Rapport Migado 41p + cartographie.
- GAYOU F., 1986. Possibilités de restauration du saumon atlantique et de l'aloise dans le bassin de la Garonne. Rapport de synthèse C.S.P. DR n°7, 87p.
- GUEGUEN J.C., PROUZET P. (eds), 1994. *Le saumon atlantique: biologie et gestion de la ressource*. Editions Quae.
- HEGGENES J., SALTVEIT S.J., 1990. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation in young Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., in a Norwegian river. *Journal of Fish Biology*. 36(5), 707-720.
- HEGGBERGET T.G., 1991. Some environmental requirements of Atlantic salmon. *Fisheries Bioengineering Symposium: American Fisheries Society Symposium 10*. p. 132.  
 Dans : ARMSTRONG J. D., KEMP P. S., KENNEDY G. J. A., LADLE M., MILNER N.J., 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries research*, vol. 62, no 2, p. 143-170.
- HELAND M., GAUDIN P., BARDONNET A., 1995. Mise en place des premiers comportements et utilisation de l'habitat après l'émergence chez les salmonidés d'eau courante. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 337/338/339 : 191-197.
- JONES J.W., 1959. *The Salmon*. London: Collins. 192 p.  
 Dans : GIBSON R. J., 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 3, no 1, p. 39-73.

JONSSON B., FORSETH T., JENSEN A.J., NÆSJE T.F., 2001. Thermal performance of juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. *Functional Ecology*, 15(6), 701-711.

LOUHI P., MÄKI-PETÄYS A., ERKINARO J., 2008. Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. *River Research and Applications*, vol. 24, no 3, p. 330-339.

MALAVOI J.R., 1989. Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 315 : 189-210.

MALAVOI J.R., 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). *Revue de géographie de Lyon*, vol. 64, p. 252-259.

MALAVOI J.-R., SOUCHON Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (365-366), 357-372.

MOIR H. J., SOULSBY C., YOUNGSON A., 1998. Hydraulic and sedimentary characteristics of habitat utilized by Atlantic salmon for spawning in the Girnock Burn, Scotland. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 5, no 3, p. 241-254.

PETERSON R.H., 1978. Physical characteristics of Atlantic salmon spawning gravel in some New Brunswick streams. Canadian Fisheries and Marine Service Technical Report 785, St. Andrews, New Brunswick, Canada.

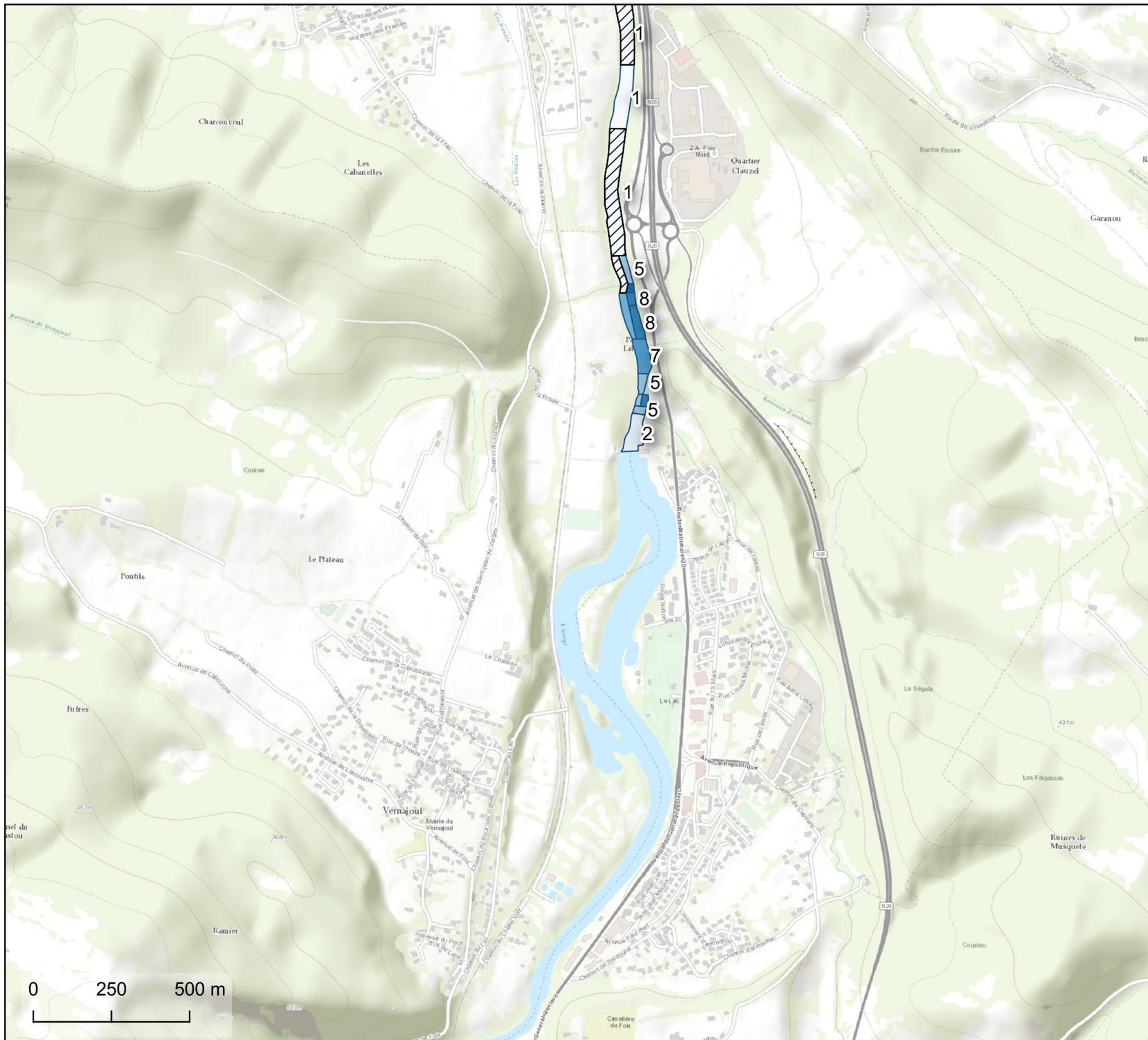
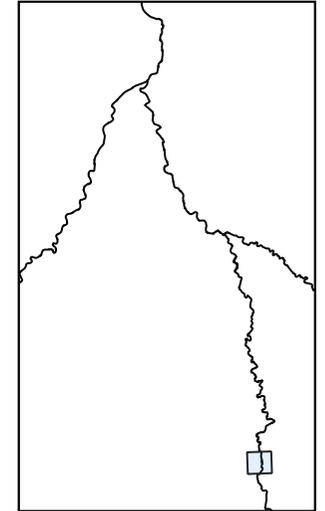
## ANNEXES

---

**Annexe 1 : Cartographie des faciès d'écoulement et des zones potentielles de frayères**

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

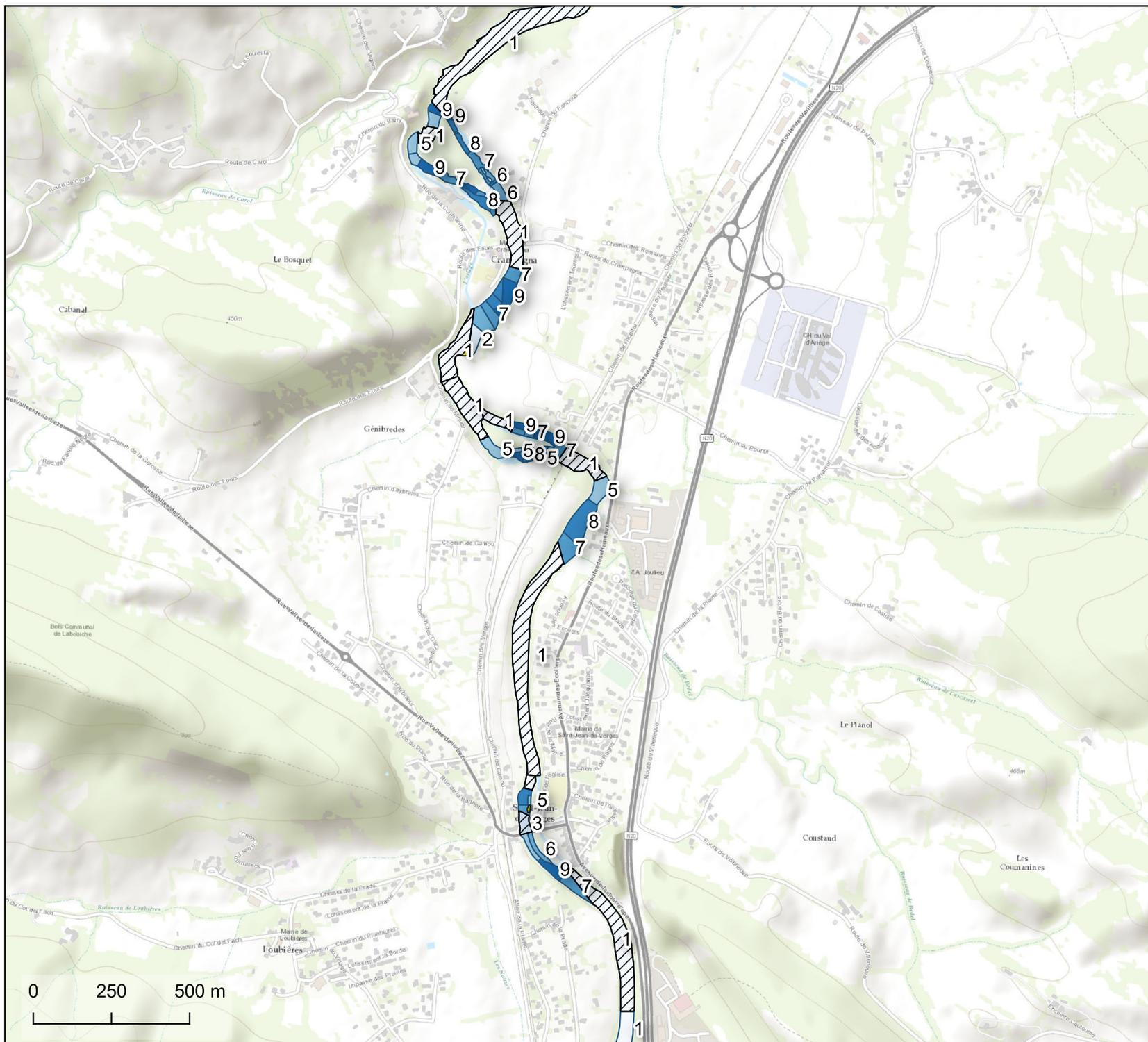
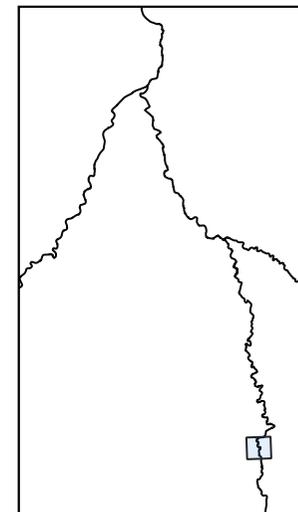
 8 RAP

 9 RAD

 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

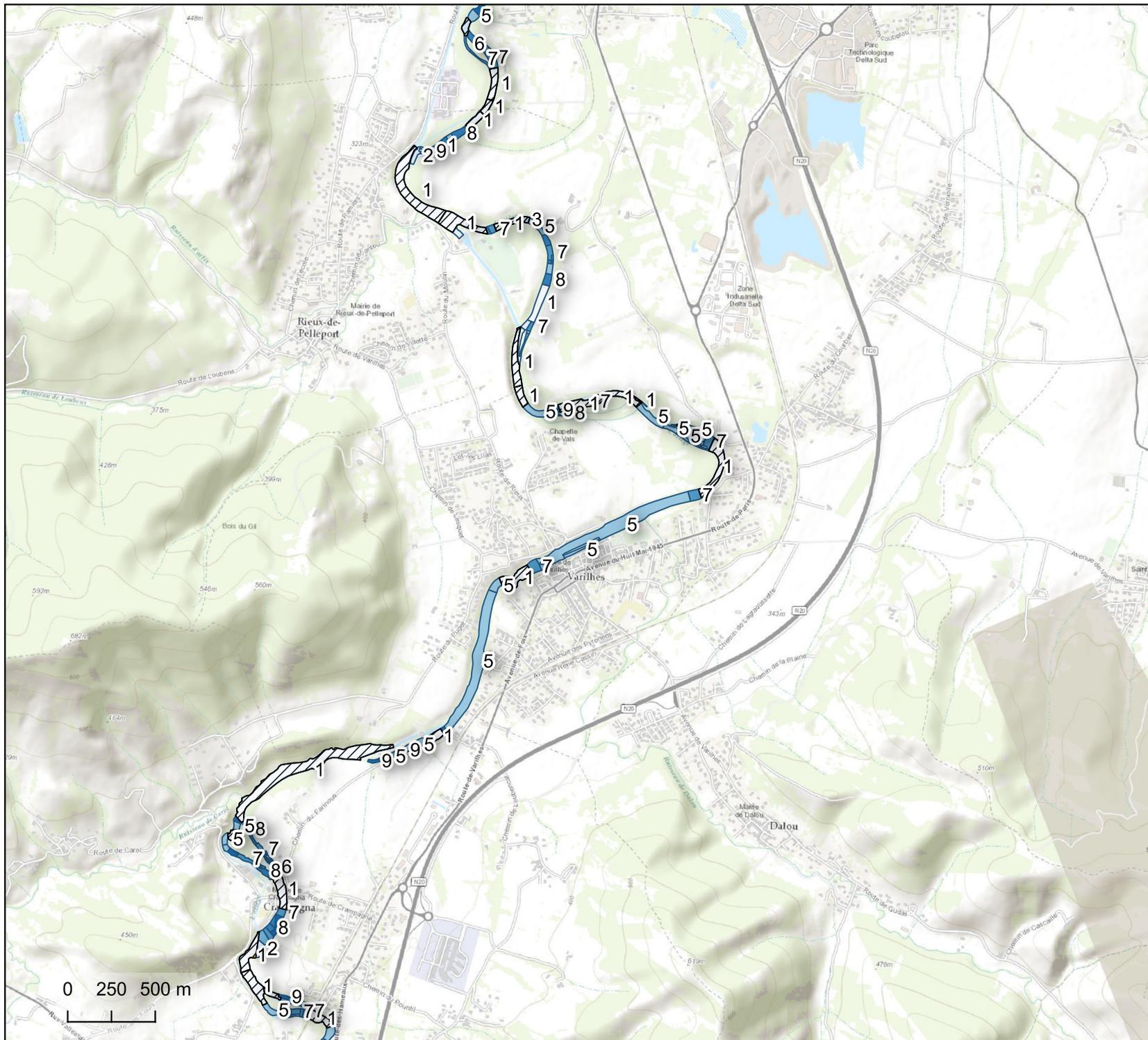
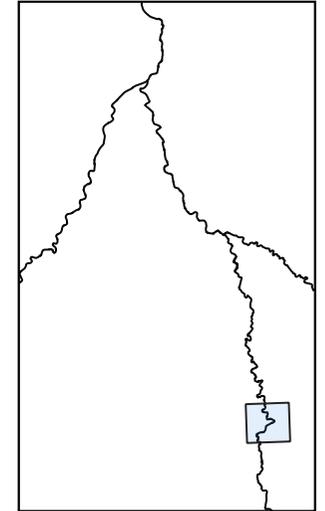
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



Frayère potentielle

Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

1 CLE

2 FDI

3 MOU

4 FDA

5 CLO

6 PLE

7 PCO

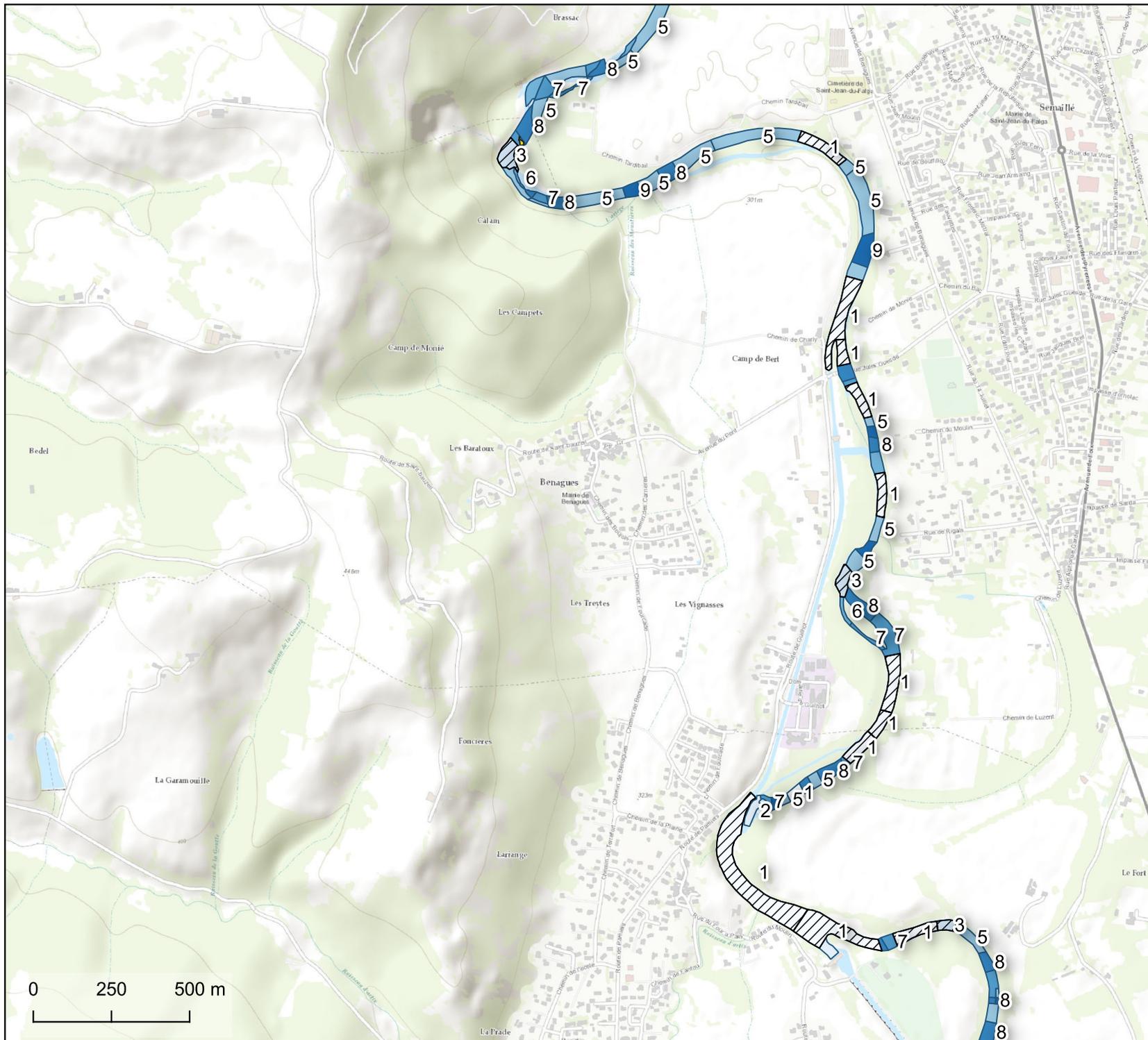
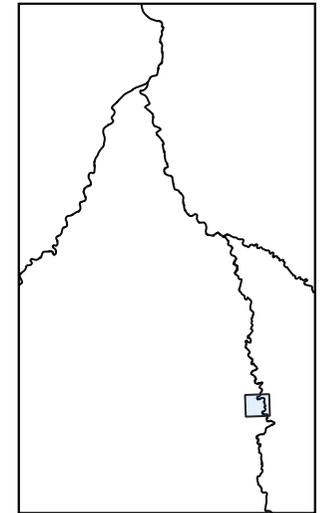
8 RAP

9 RAD

11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



Frayère potentielle

Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

1 CLE

2 FDI

3 MOU

4 FDA

5 CLO

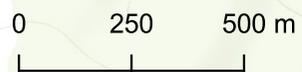
6 PLE

7 PCO

8 RAP

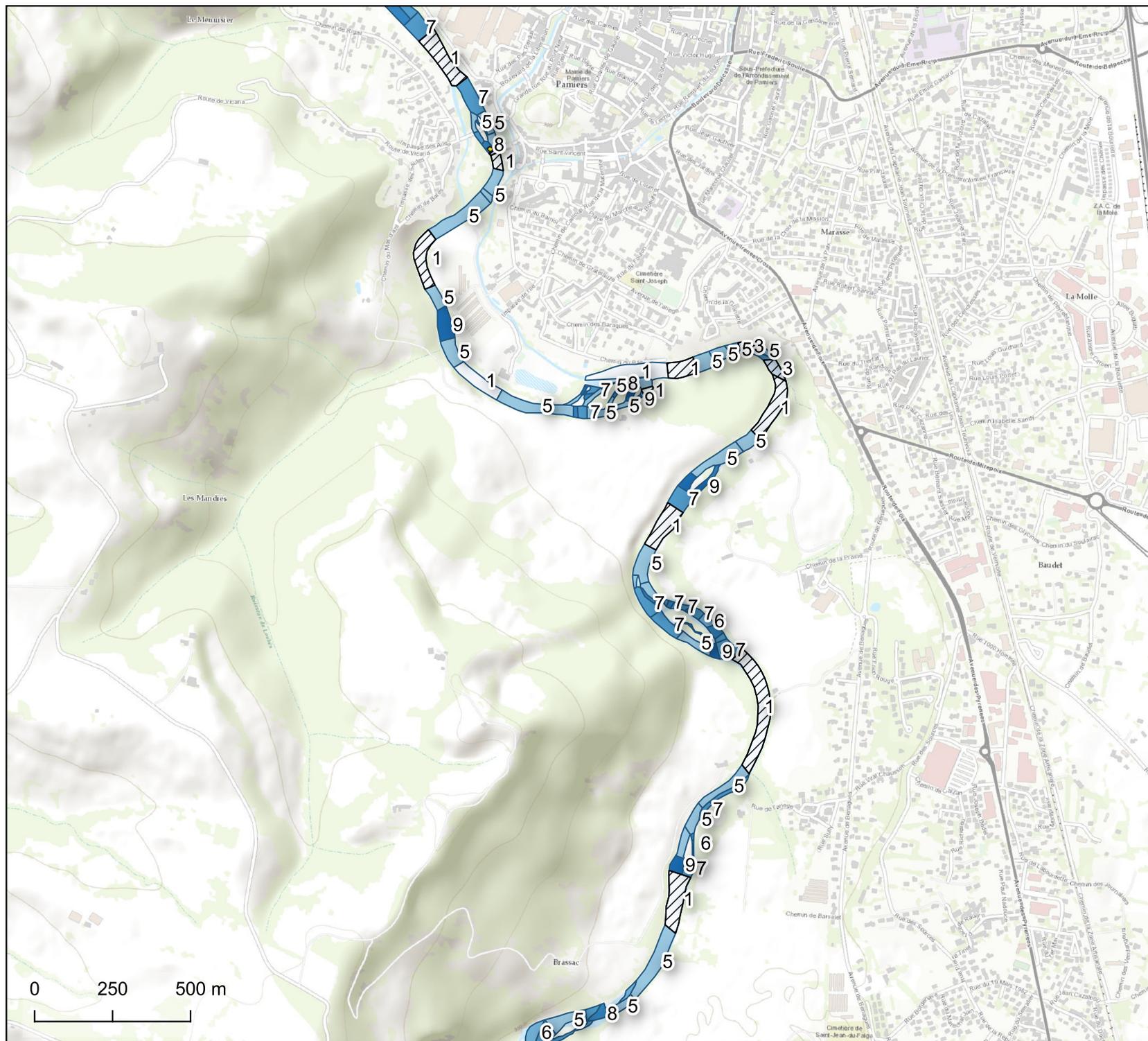
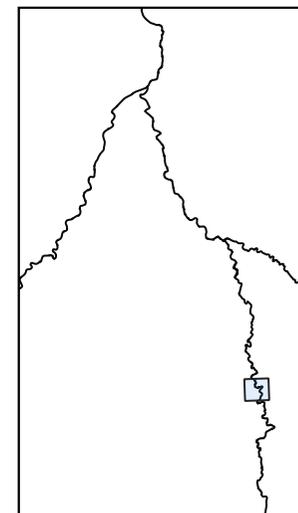
9 RAD

11 CHU



# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

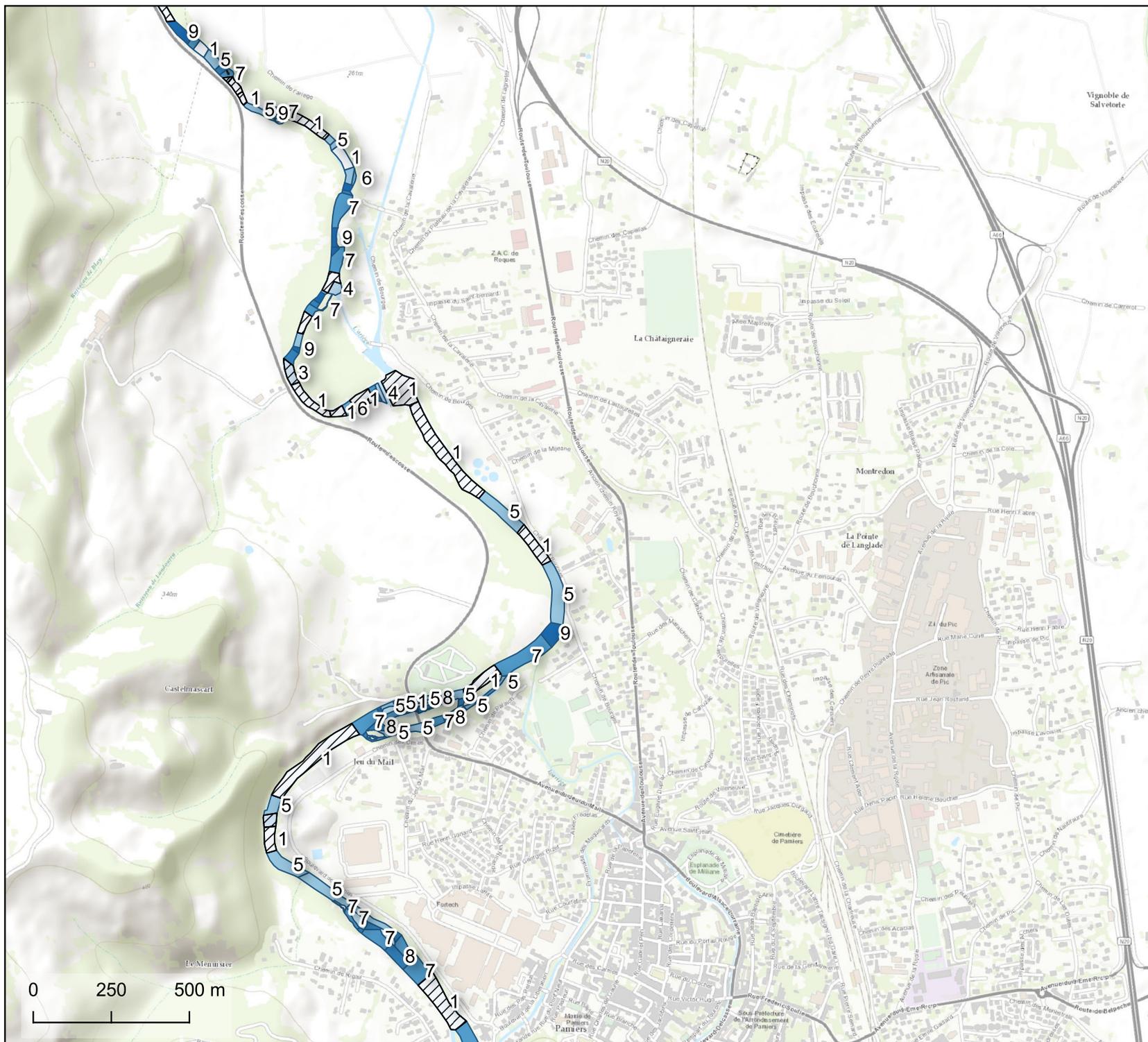
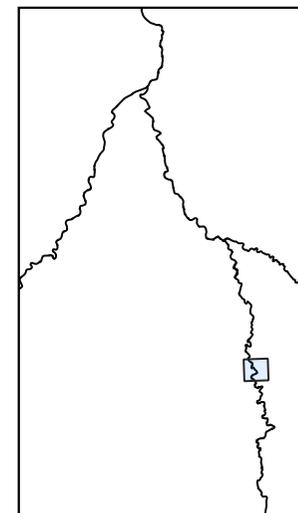
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

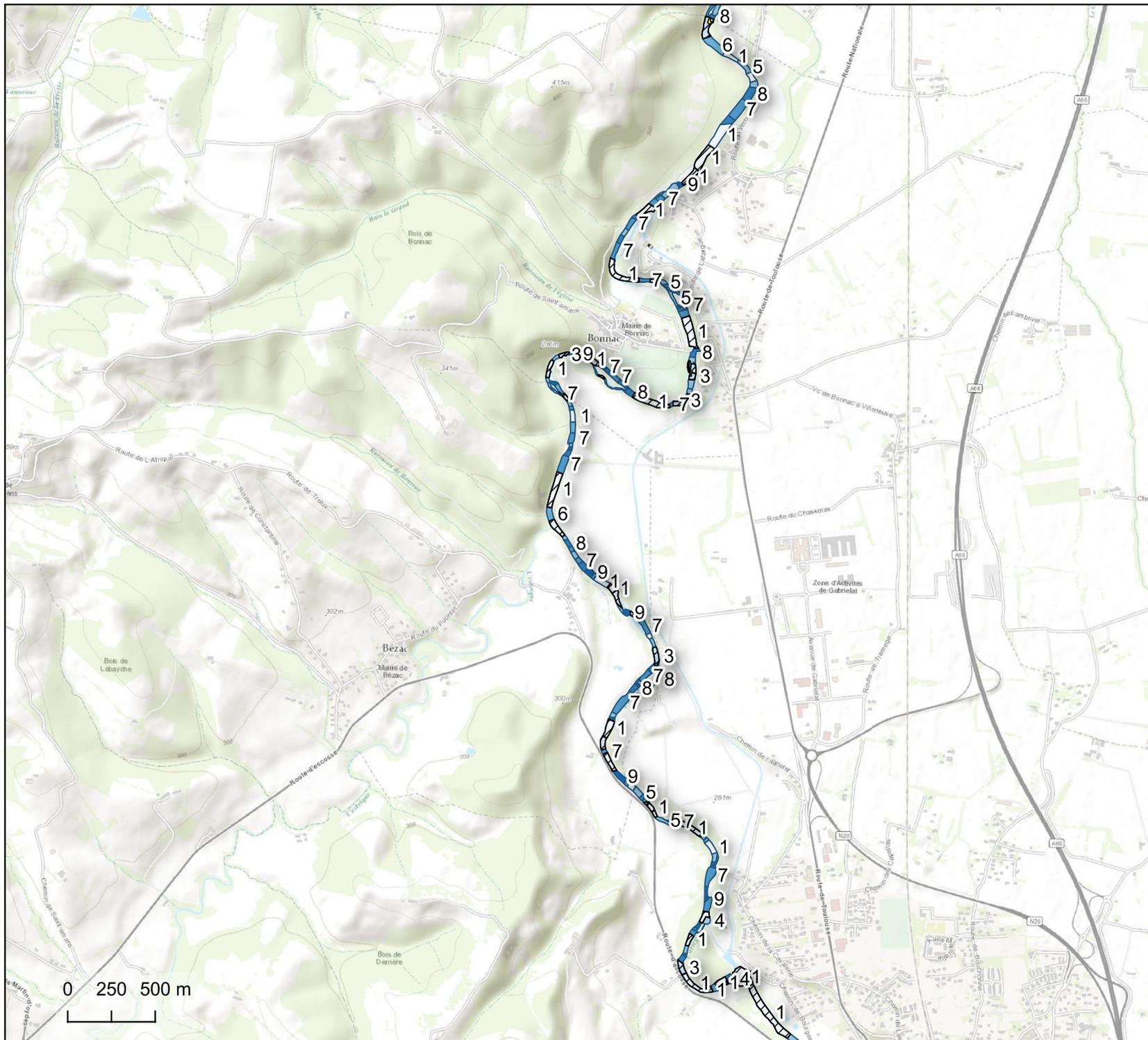
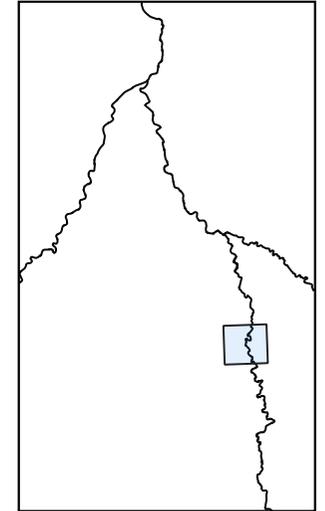
 8 RAP

 9 RAD

 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

 8 RAP

 9 RAD

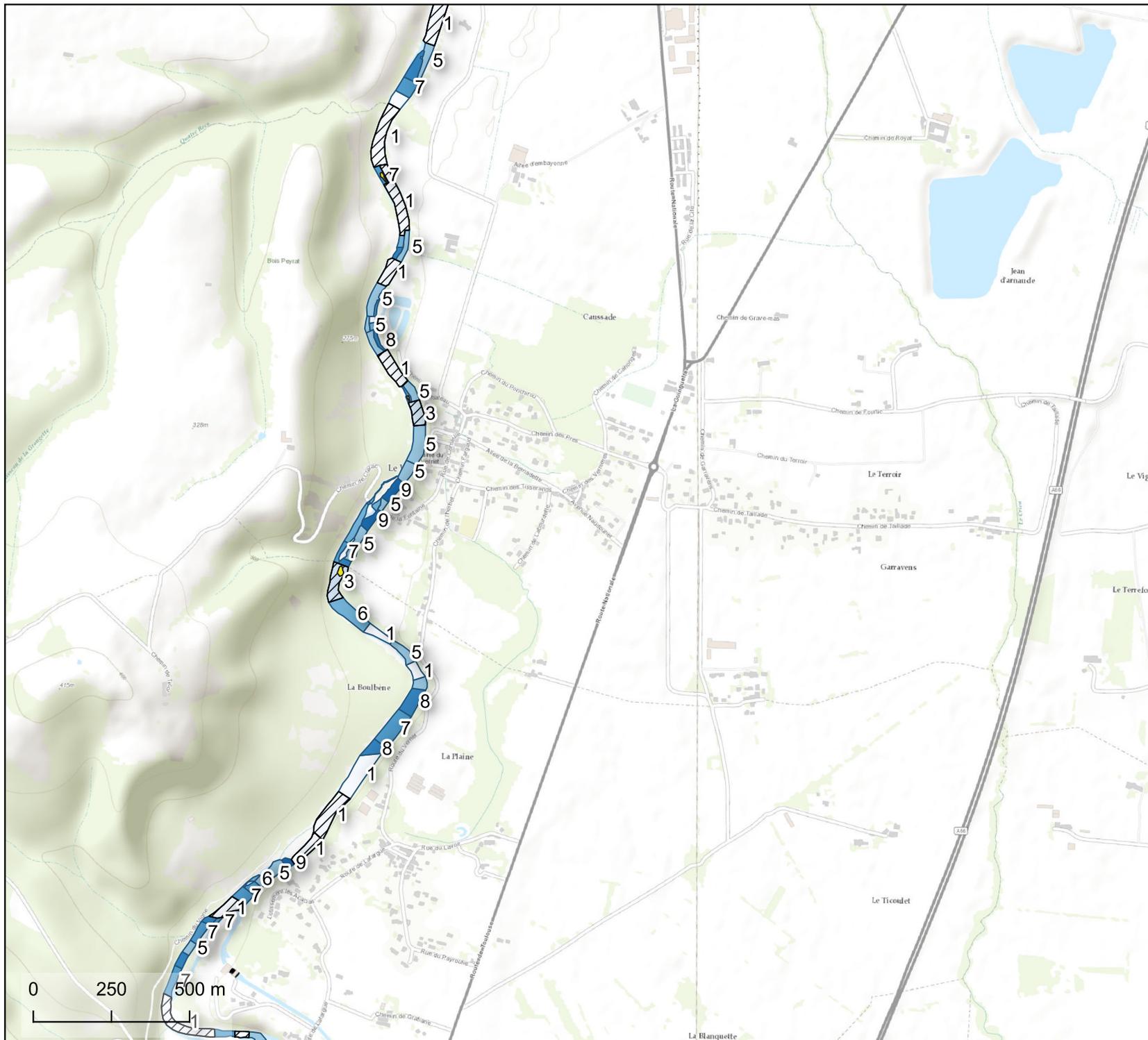
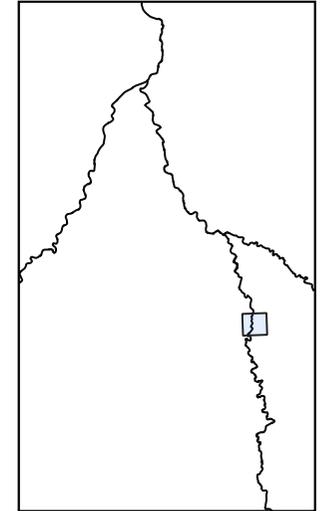
 11 CHU

0 250 500 m



# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale

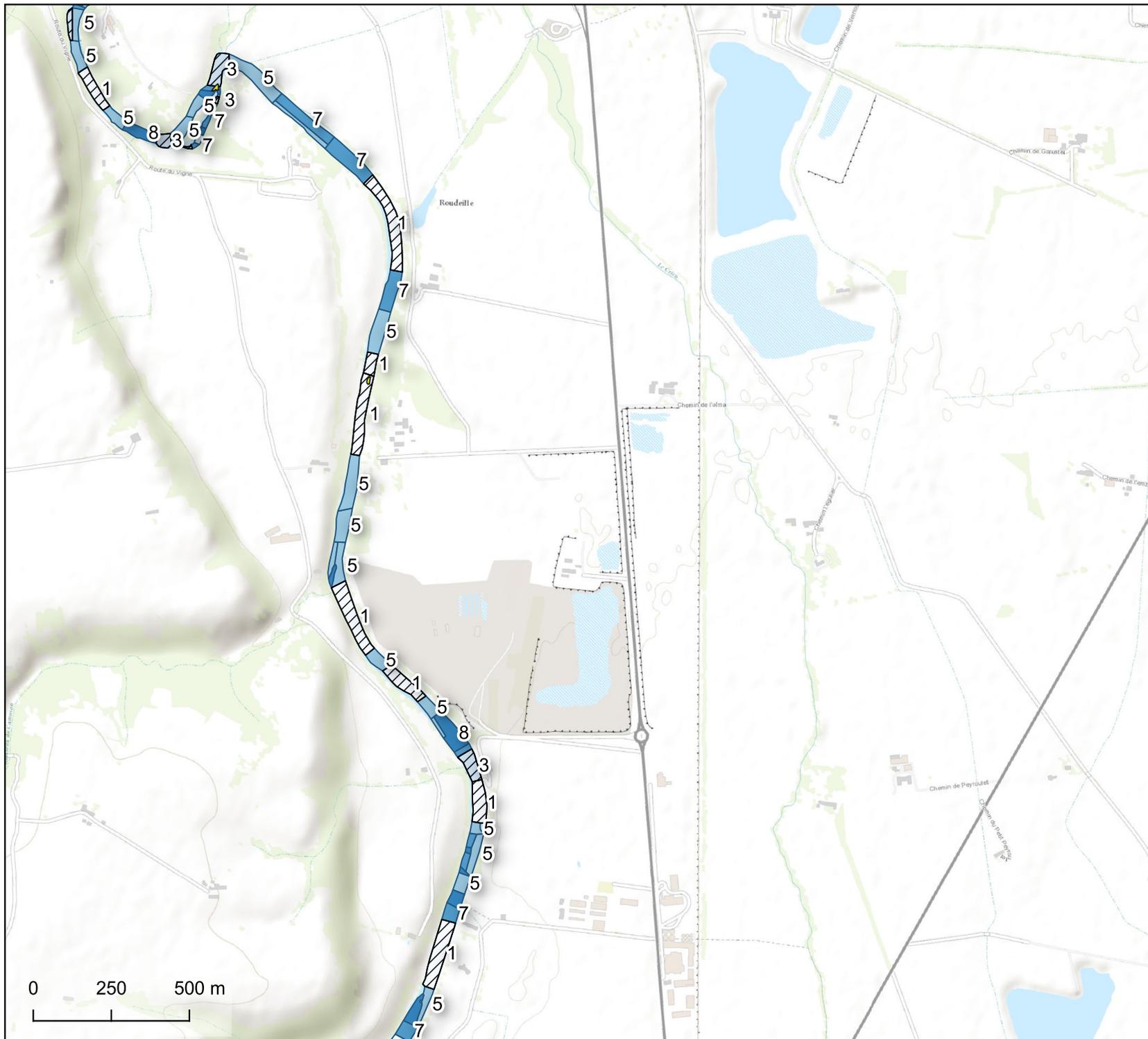
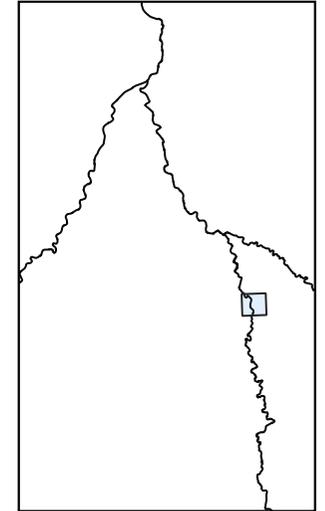


- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

0 250 500 m

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale

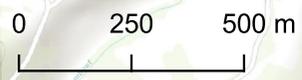
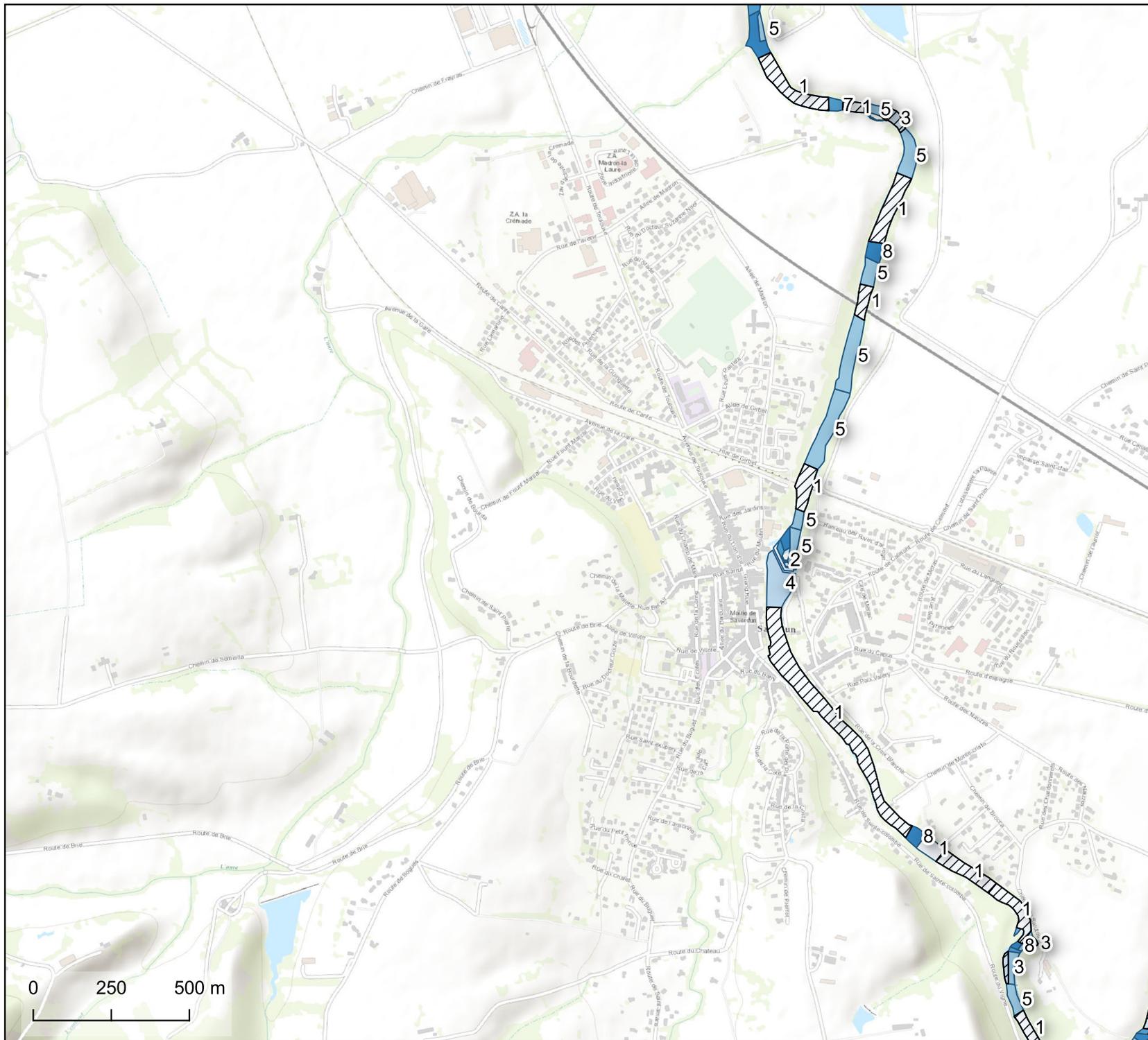
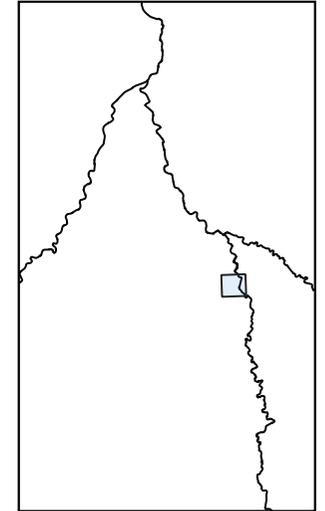


- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU



# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

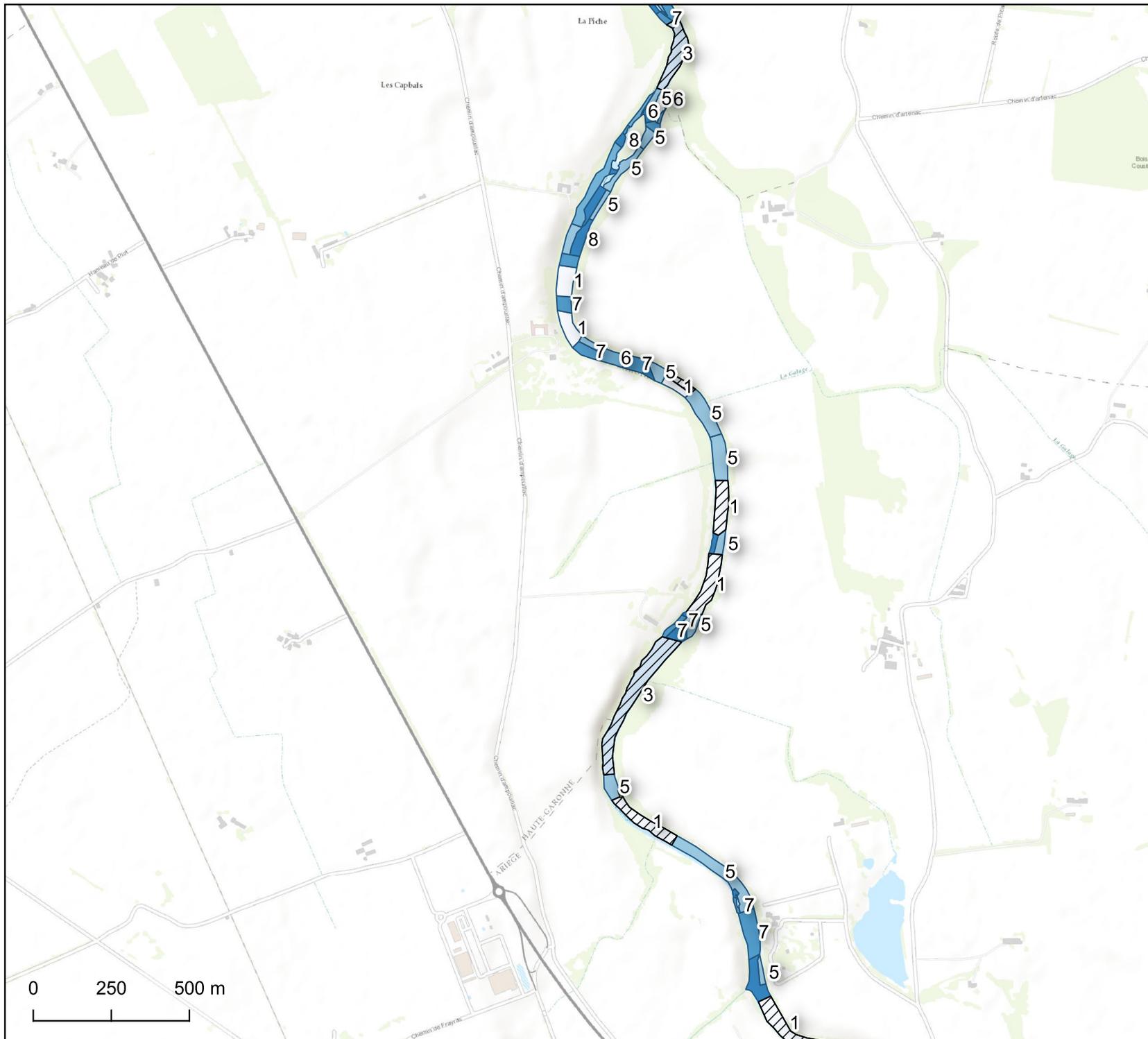
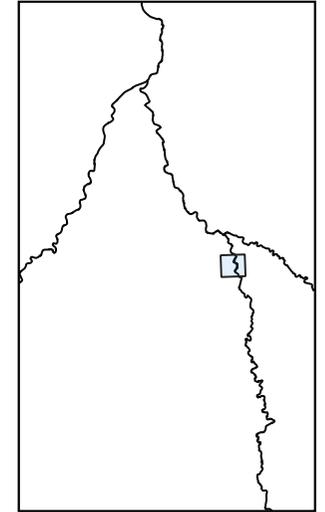
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

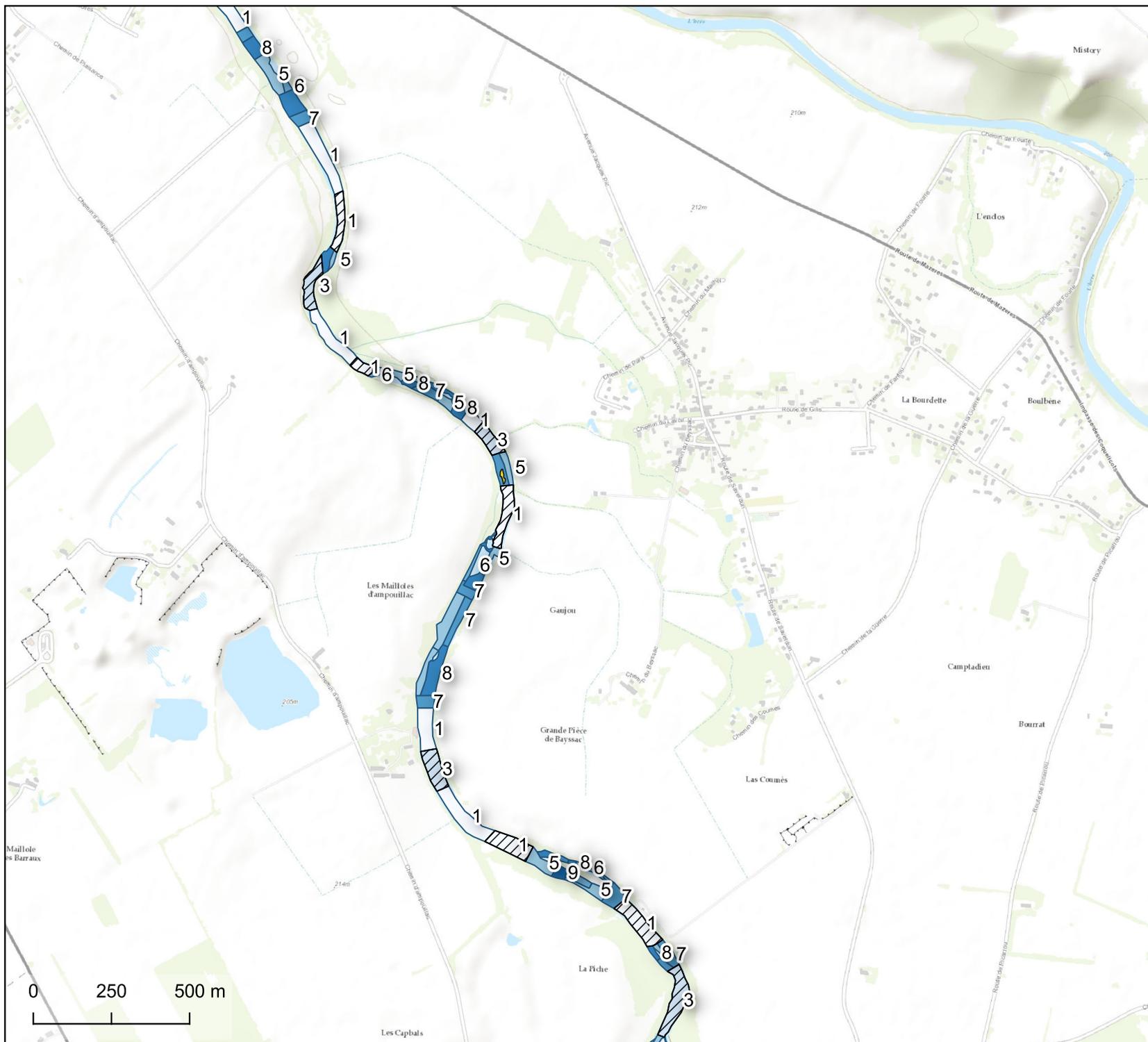
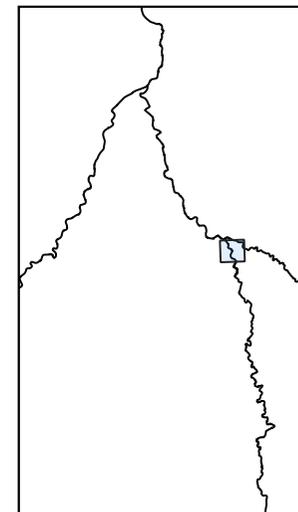
 8 RAP

 9 RAD

 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

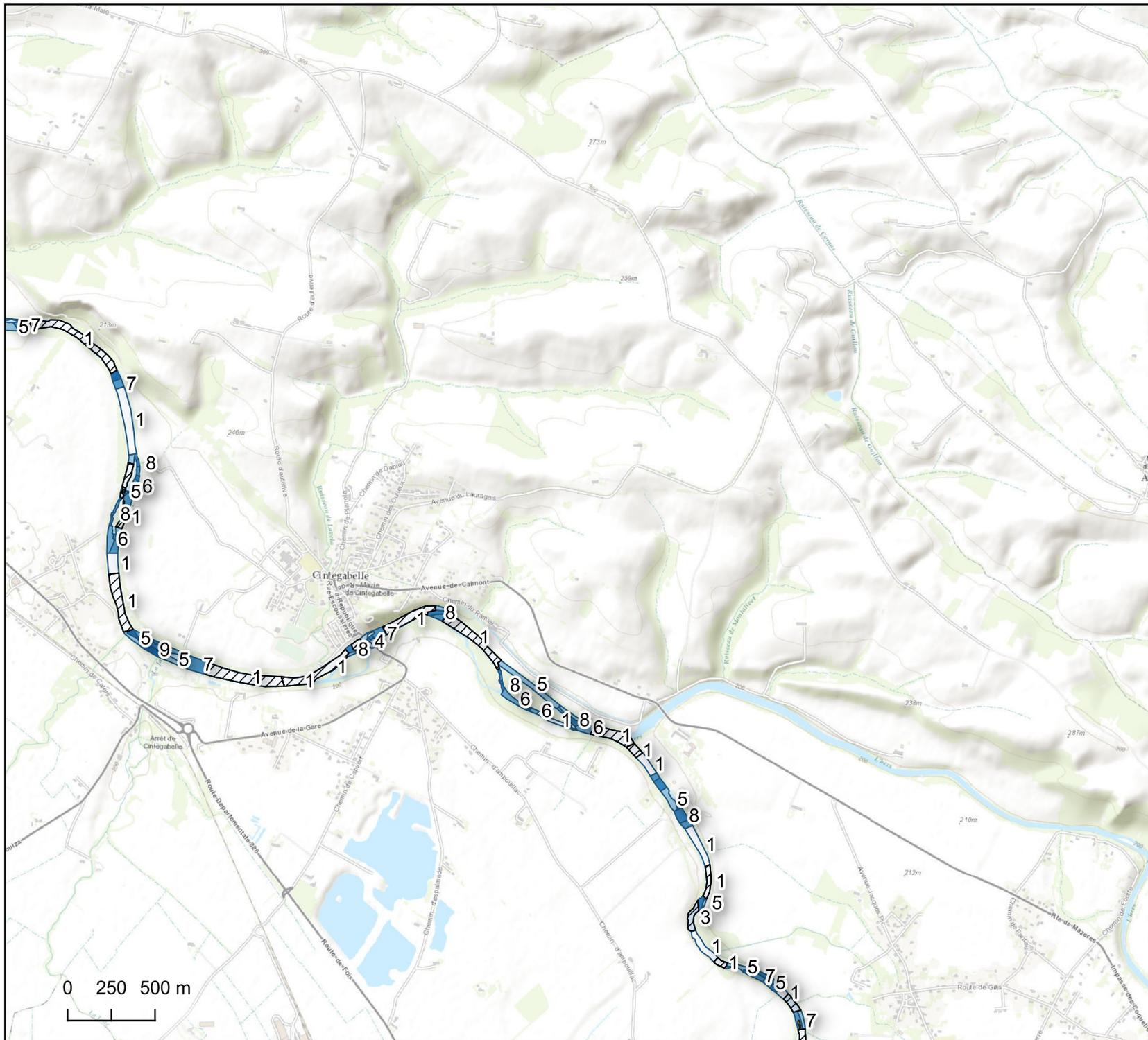
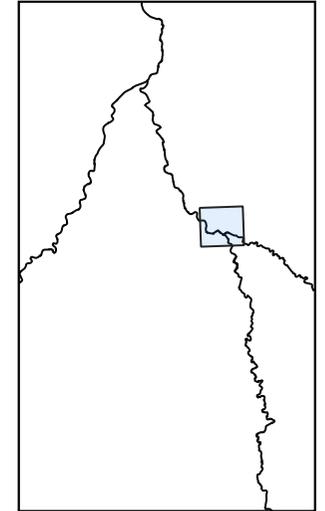
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

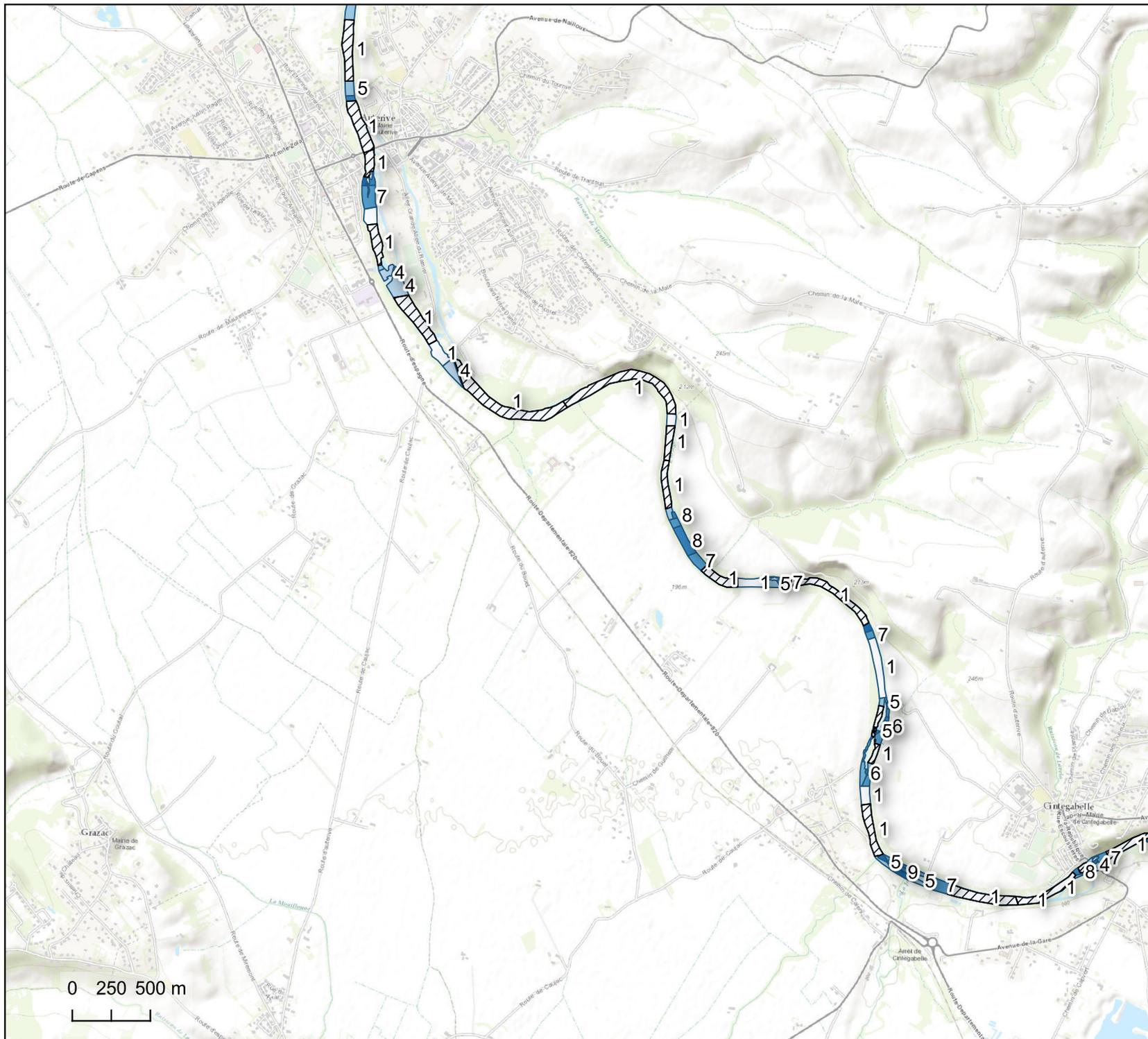
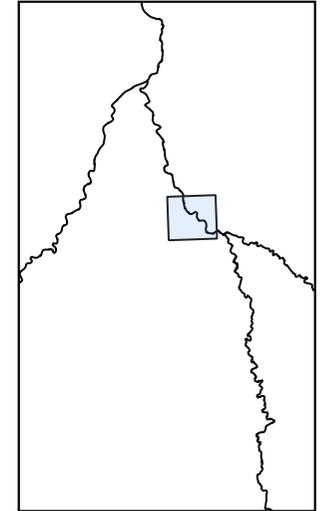
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

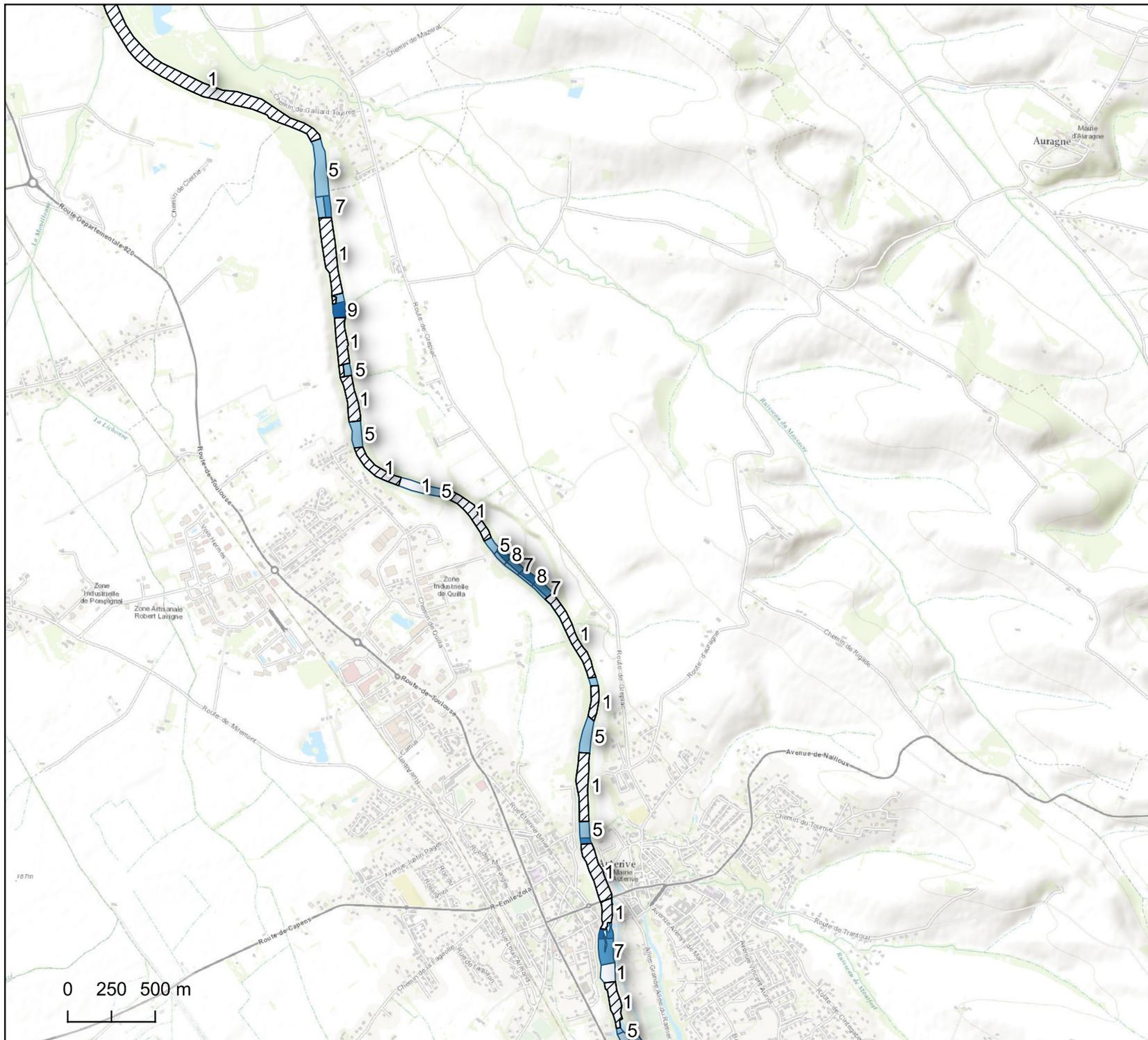
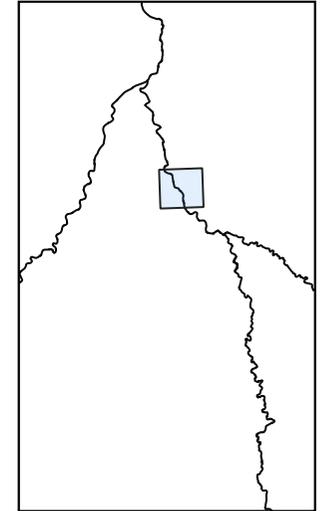
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale

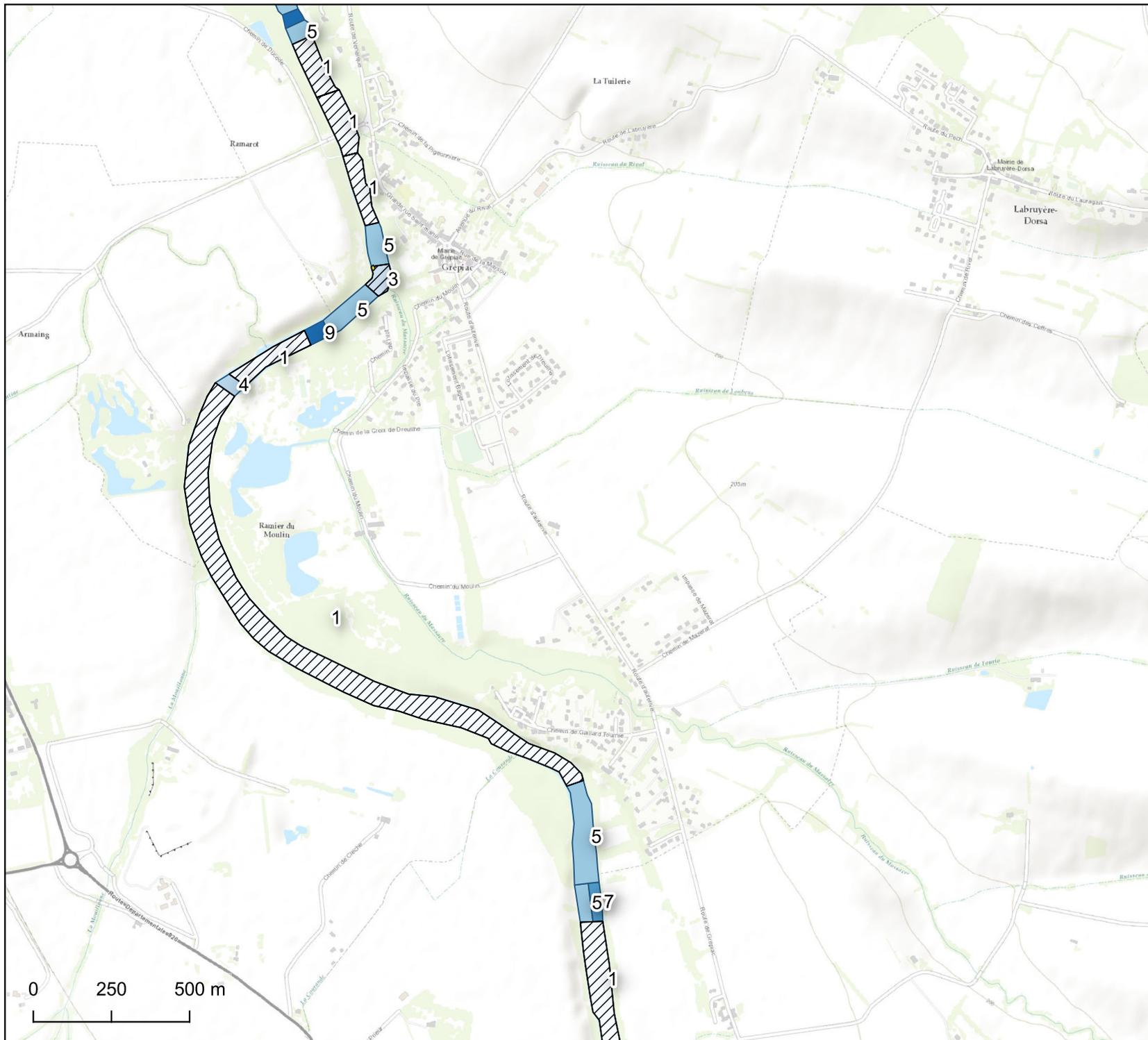
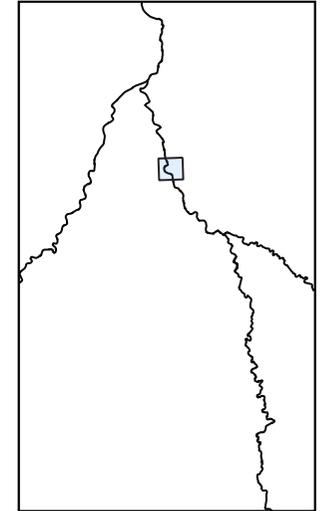


- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

0 250 500 m

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

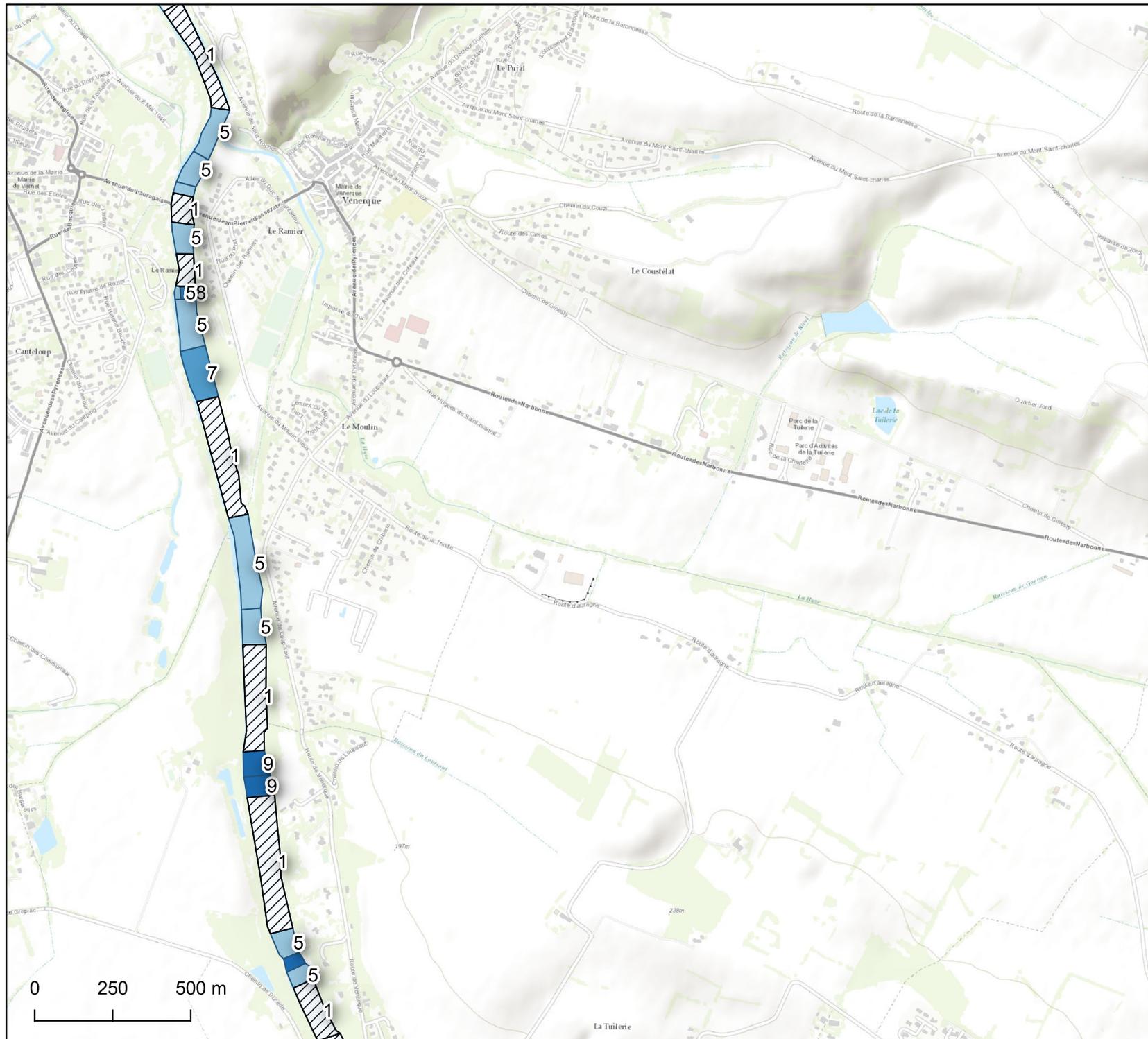
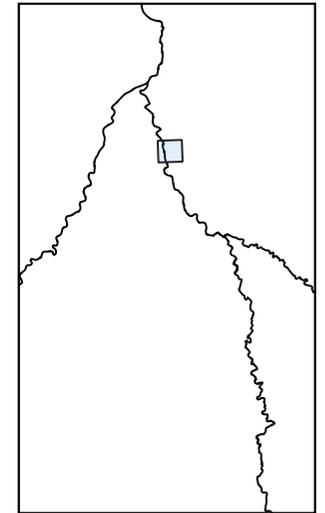
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

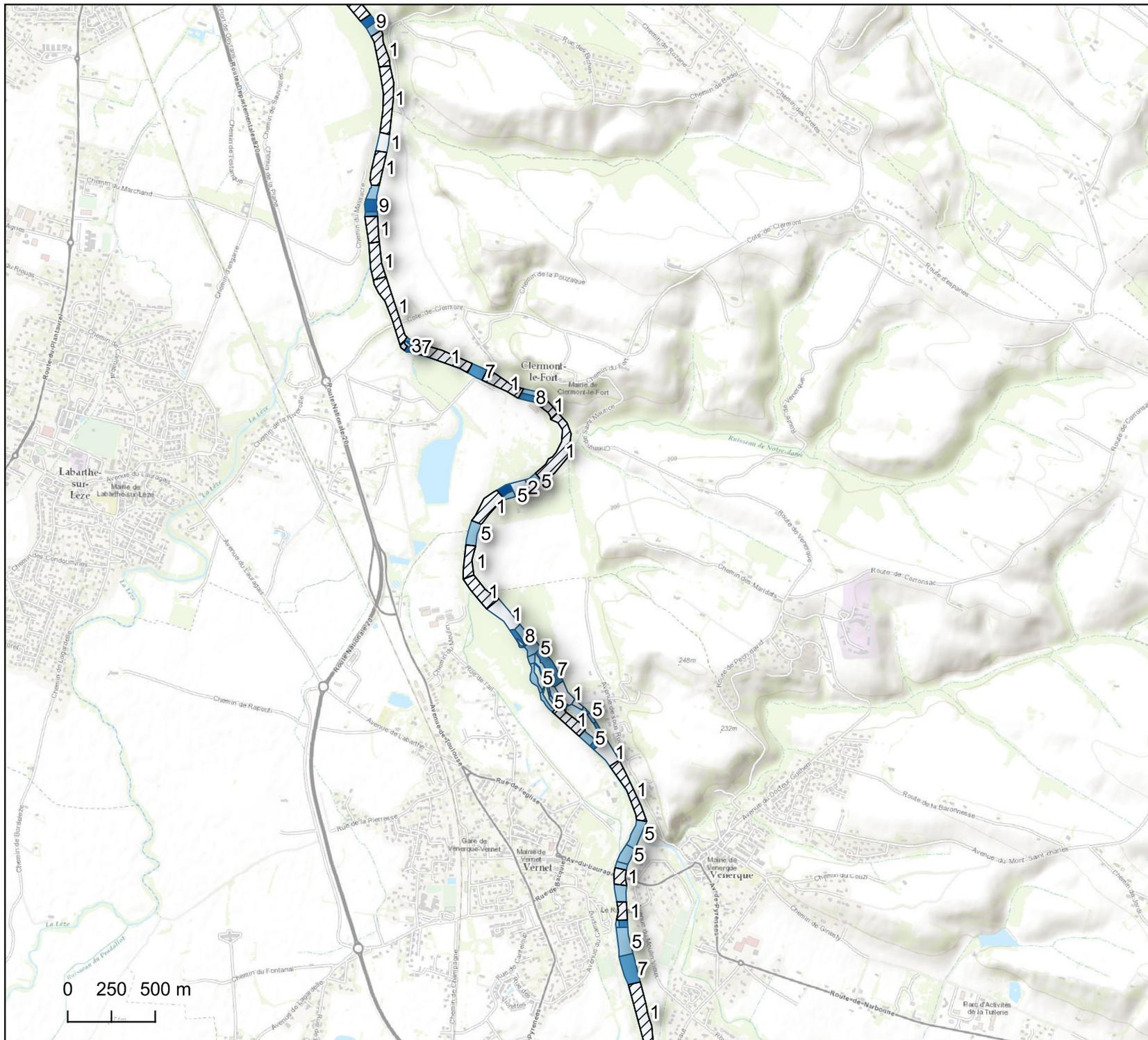
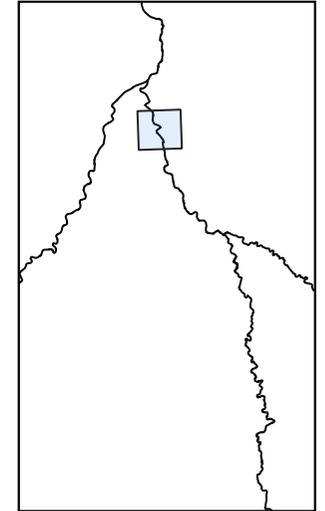
Localisation générale



- Frayère potentielle
- Refuge potentiel
- Faciès d'écoulement**
- 1 CLE
- 2 FDI
- 3 MOU
- 4 FDA
- 5 CLO
- 6 PLE
- 7 PCO
- 8 RAP
- 9 RAD
- 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

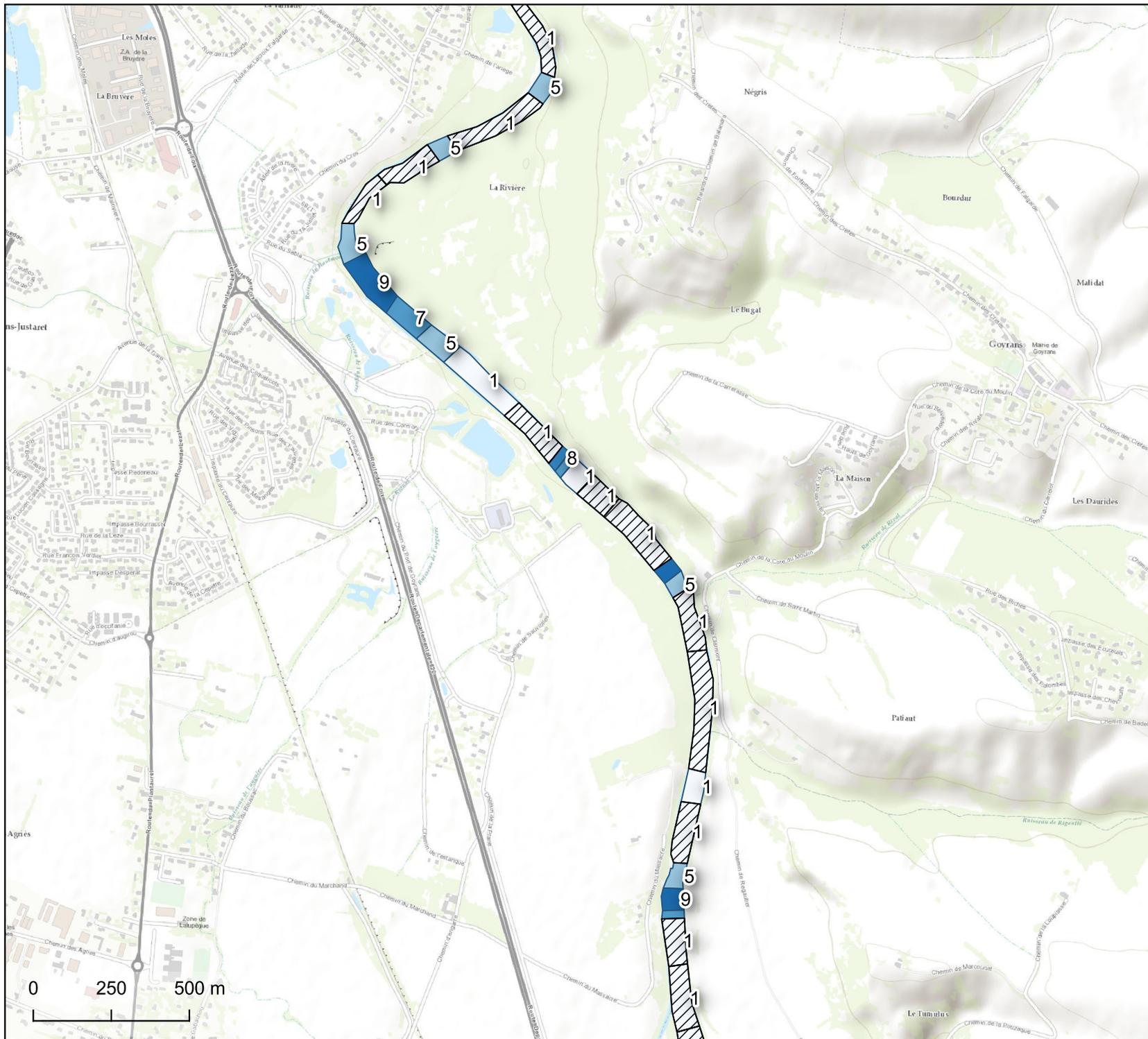
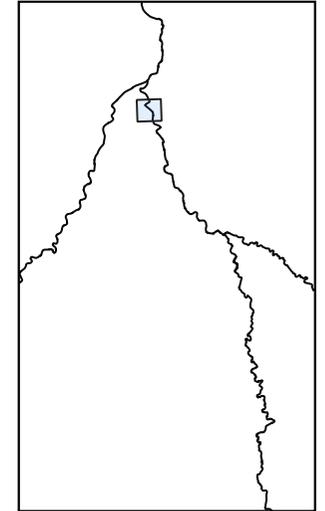
 8 RAP

 9 RAD

 11 CHU

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

 8 RAP

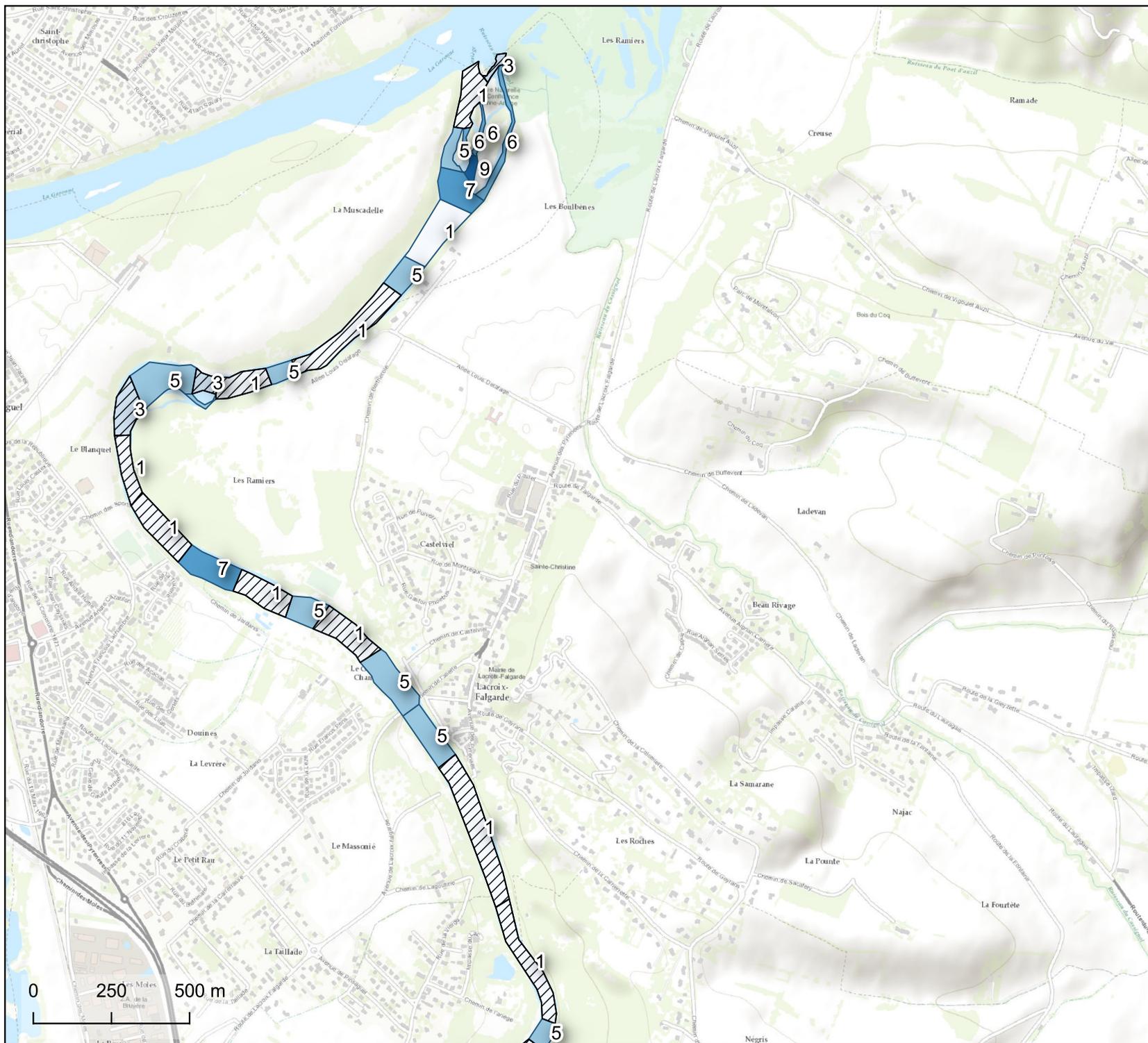
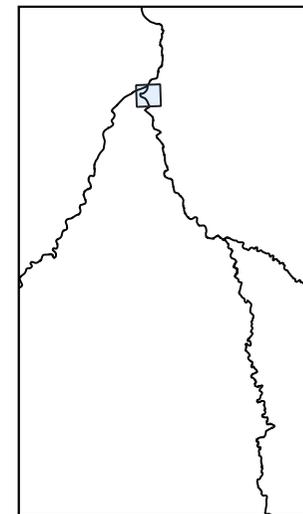
 9 RAD

 11 CHU

0 250 500 m

# Cartographie des faciès d'écoulement sur l'Ariège (2020)

Localisation générale



 Frayère potentielle

 Refuge potentiel

Faciès d'écoulement

 1 CLE

 2 FDI

 3 MOU

 4 FDA

 5 CLO

 6 PLE

 7 PCO

 8 RAP

 9 RAD

 11 CHU

0 250 m 500 m

**Annexe 2 : Surfaces des faciès présentant les marnes  
comme classe granulométrique dominante ou accessoire**

Tronçon	Surface (ha)	Surface (ha) des faciès avec des marnes en granulométrie dominante								
		RAD	RAP	PCO	PLE	CLO	CLE	MOU	FDI	FDA
T1	67,0			0,2	0,1	0,4	0,5		0,3	
T2	42,6					0,4	0,2	0,0		0,0
T3	20,1				0,2	0,4	1,0	0,1		
T4	36,6		0,2	0,1	0,0	3,5	5,8	0,4		
T5	99,6	0,1	1,0	1,6	1,8	8,9	38,2	2,7		0,5
T6	42,0	0,7	0,6	1,3		6,4	31,9			
T7	109,3		3,3	2,9	1,0	16,7	51,3	2,1	0,7	0,3
<b>Total</b>	<b>416,9</b>	<b>0,8</b>	<b>5,1</b>	<b>6,1</b>	<b>3,1</b>	<b>36,7</b>	<b>128,5</b>	<b>5,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>

Tronçon	Surface (ha)	Surface (ha) des faciès avec des marnes en granulométrie accessoire								
		RAD	RAP	PCO	PLE	CLO	CLE	MOU	FDI	FDA
T1	67,0		0,1							
T2	42,6					0,8	1,5			
T3	20,1			0,5		0,4	1,6			
T4	36,6					1,0	4,7	0,4		
T5	99,6	0,1	0,1	0,2	0,3	1,8	8,2	0,1		
T6	42,0	0,2				0,8				
T7	109,3		0,6	0,1		0,2	1,8			
<b>Total</b>	<b>416,9</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,3</b>	<b>5,0</b>	<b>17,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Annexe 3 : Composition granulométrique des zones  
identifiées comme refuges potentiels**

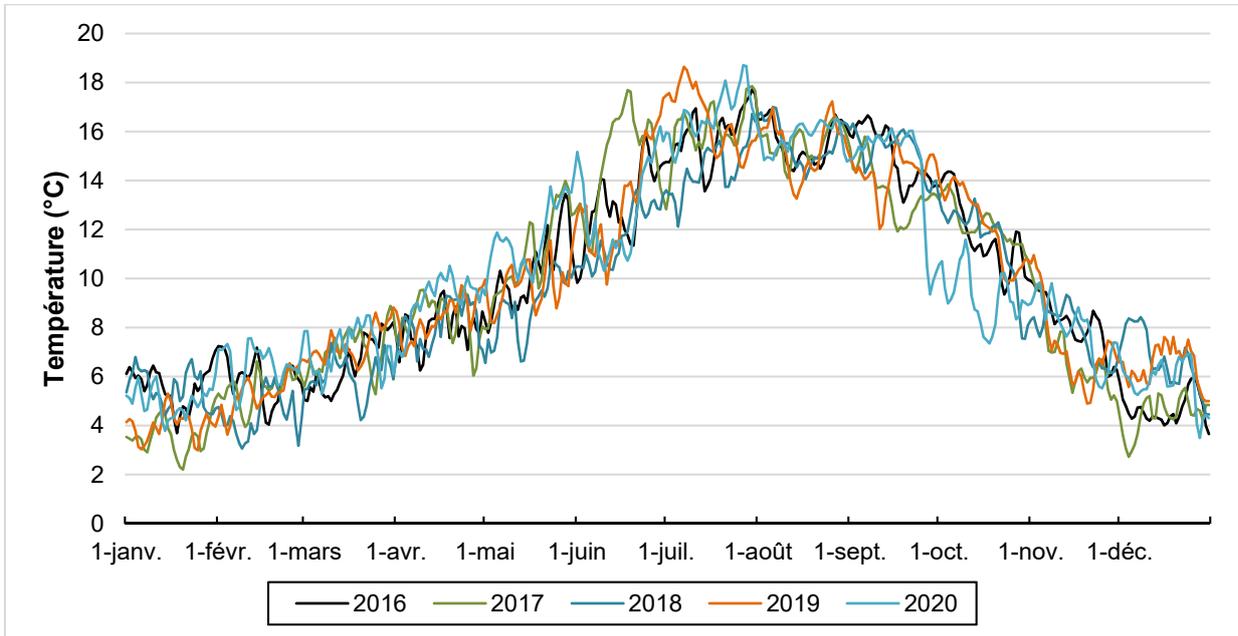
*Rappelons que les surfaces en ha présentées ci-dessous correspondent aux surfaces totales des faciès d'écoulement pour lesquels chacune des classes granulométriques ont été identifiées comme dominantes.*

Tronçon	R	B	PG	PF	CG	CF	GF	SG	SF	L	Total
T1		2,27	21,41	5,95	2,85						<b>32,48</b>
T2		0,69	2,87	7,07	0,70					0,88	<b>12,20</b>
T3		0,19	1,16	3,71	0,66		0,03	0,83	0,72		<b>7,30</b>
T4			1,50	7,88	0,76			0,02	0,02		<b>10,18</b>
T5			0,28	3,85	0,93			3,46			<b>8,52</b>
T6				0,09							<b>0,09</b>
T7			1,22	5,48	3,58	0,04			0,11		<b>10,44</b>
<b>Total</b>		<b>3,15</b>	<b>28,43</b>	<b>34,03</b>	<b>9,48</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>4,32</b>	<b>0,85</b>	<b>0,88</b>	<b>81,21</b>

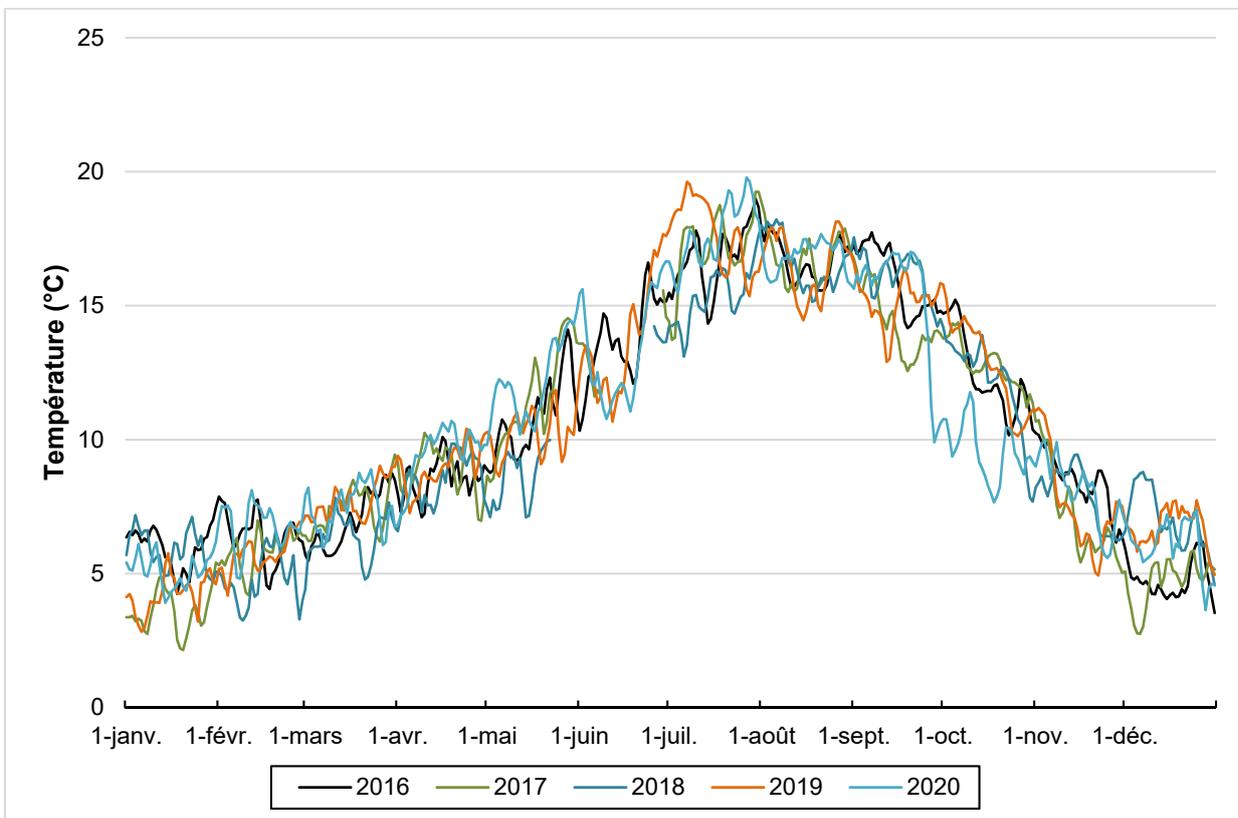
*R : rocher, B : bloc, PG : pierre grossière, PF : pierre fine, CG : cailloux grossier, CF : cailloux fin, GF : gravier fin, SG : sable grossier, SF : sable fin, L : limon*

**Annexe 4 : Evolution des températures journalières sur l'Ariège**

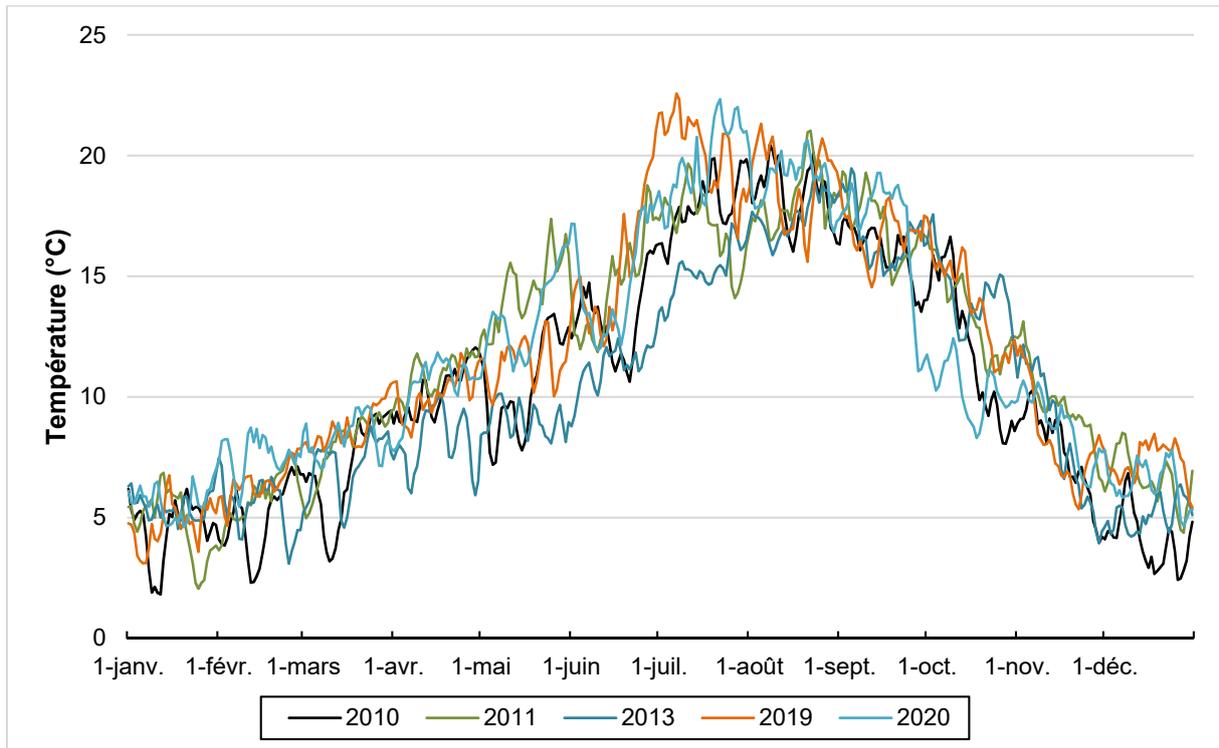
**Evolution des températures journalières sur l'Ariège à Foix, comparaison des données enregistrées de 2016 à 2020**



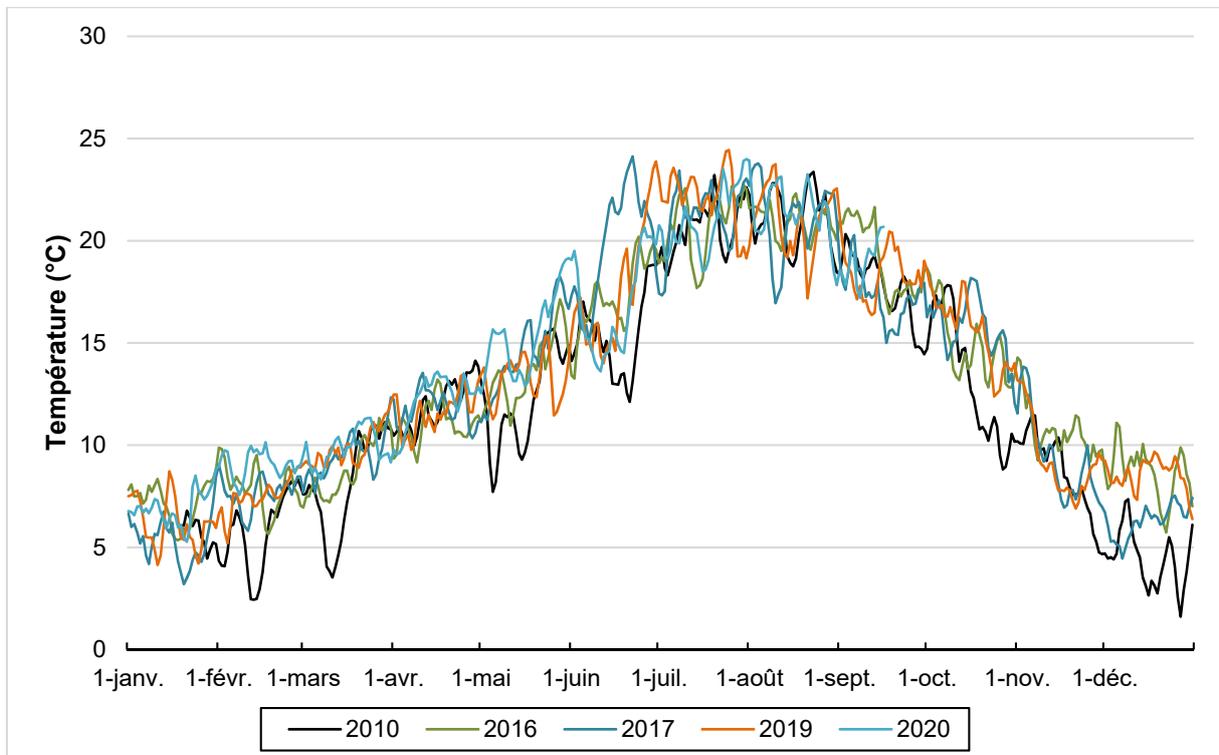
**Evolution des températures journalières sur l'Ariège à Varilhes, comparaison des données enregistrées de 2016 à 2020**



**Evolution des températures journalières sur l'Ariège à Saverdun,  
comparaison des données enregistrées en 2010, 2011, 2013 et de 2019 et 2020**



**Evolution des températures journalières sur l'Ariège à Lacroix Falgarde,  
comparaison des données enregistrées en 2010, 2016, 2017 et de 2019 à 2020**



**Annexe 5 : Bilan des indicateurs thermiques généraux calculés à partir de données horaires**

**Bilan des indicateurs thermiques généraux calculés à partir de données horaires à Foix**

<b>Indicateur</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<i>Ti min</i>	2,9	1,9	2,9	2,8	3,2
<i>Ti max</i>	18,6	18,9	17,8	19,3	19,9
<i>ATi max</i>	15,1	17	14,9	16,5	16,7
<i>Tmin</i>	3,7	2,2	3,1	3	3,5
<i>Tmax</i>	17,7	17,8	17	18,6	18,7
<i>T30</i>	16,2	16,3	15,7	16,8	16,8

**Bilan des indicateurs thermiques généraux calculés à partir de données horaires à Varilhes**

<b>Indicateur</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<i>Ti min</i>	3,2	1,7	2,9	2,5	3,3
<i>Ti max</i>	21,8	18,9	17,8	19,3	21,8
<i>ATi max</i>	16,8	20,4	19,4	18,2	18,5
<i>Tmin</i>	3,5	2,2	3,2	2,8	3,6
<i>Tmax</i>	19,0	19,2	19,9	19,6	19,8
<i>T30</i>	17,3	17,6	8,8	18	17,8

**Bilan des indicateurs thermiques généraux calculés à partir de données horaires à Saverdun**

<b>Indicateur</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2013</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<i>Ti min</i>	1,2	1,4	2,6	2,8	4,2
<i>Ti max</i>	21,8	22	20,3	24,5	23,8
<i>ATi max</i>	20,6	20,6	17,7	21,7	19,6
<i>Tmin</i>	1,8	2,1	3,1	3,1	4,6
<i>Tmax</i>	20,5	21	19,5	22,6	22,3
<i>T30</i>	18,8	18,7	17,9	20,6	20,1

**Bilan des indicateurs thermiques généraux calculés à partir de données horaires à Lacroix Falgarde**

<b>Indicateur</b>	<b>2010</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<i>Ti min</i>	1,1	5	2,9	3,8	5
<i>Ti max</i>	25,2	24,8	26,3	26,3	25,8
<i>ATi max</i>	24,1	19,8	23,4	22,5	20,8
<i>Tmin</i>	1,9	5,4	3,2	4,2	5,3
<i>Tmax</i>	23,6	22,7	24,1	24,4	24
<i>T30</i>	21,5	21,5	21,9	22,7	22,2

**SUIVI DU REGIME THERMIQUE  
GARONNE-PIQUE-NESTE D'AURE ARIEGE**

## SOMMAIRE

---

<b>LISTE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODE.....</b>	<b>5</b>
2.1 PROTOCOLE DE SUIVI THERMIQUE ET LOCALISATION DES STATIONS .....	5
2.2 TRAITEMENT DES DONNEES .....	6
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>8</b>
3.1 VALIDATION DES DONNEES .....	8
3.2 TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES .....	8
3.3 INDICATEURS THERMIQUES .....	11
<b>4. BILAN ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>14</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>15</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>16</b>

## **LISTE DES ILLUSTRATIONS**

---

### **FIGURES**

Figure 1 : Localisation des stations .....	6
Figure 2 : Evolution des températures moyennes journalières sur l'Ariège en 2020 .....	9
Figure 3 : Evolution des températures moyennes journalières sur la Garonne en 2020 .....	9
Figure 4 : Evolution des températures moyennes journalières sur la Neste en 2020 .....	10
Figure 5 : Evolution des températures moyennes journalières sur la Pique en 2020 .....	10
Figure 6 : Températures instantanées minimales, maximales et amplitudes journalières maximales enregistrées sur les stations suivies en 2020 .....	12
Figure 7 : Températures journalières moyennes minimales, maximales et moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds sur les stations suivies en 2020 .....	13

### **TABLEAUX**

Tableau 1 : Caractéristiques des stations de suivi thermique .....	5
Tableau 2 : Synthèse des indicateurs thermiques calculés et de leur désignation .....	7

### **ANNEXES**

Annexe 1 : Synthèse de la donnée disponible sur les stations suivies en 2020 .....	17
Annexe 2 : Evolutions des températures moyennes journalières sur la Garonne en 2020 - Chroniques incomplètes .....	17
Annexe 3 : Synthèse des indicateurs calculés sur les stations présentant des chroniques complètes pour 2020 .....	18

## 1. INTRODUCTION

---

La température de l'eau étant un facteur limitant de la qualité d'un milieu vis-à-vis des populations de saumons, le régime thermique des cours d'eau apparaît alors comme un facteur important à prendre en compte vis-à-vis des opérations de suivi et de repeuplement.

Les suivis thermiques ont été généralisés par MIGADO dans le cadre des différentes actions menées en faveur des poissons migrateurs sur la plupart des cours d'eau du bassin de la Garonne depuis 2004. Pour chaque axe et portion de cours d'eau, les stations ont été positionnées de manière à pouvoir appréhender les variations de température entre l'amont et l'aval ainsi que l'influence des principaux apports des affluents ou des retenues de barrages.

Ce rapport consiste en une synthèse des données de températures mesurées en 2020 sur la Garonne, la Pique, la Neste et l'Ariège.

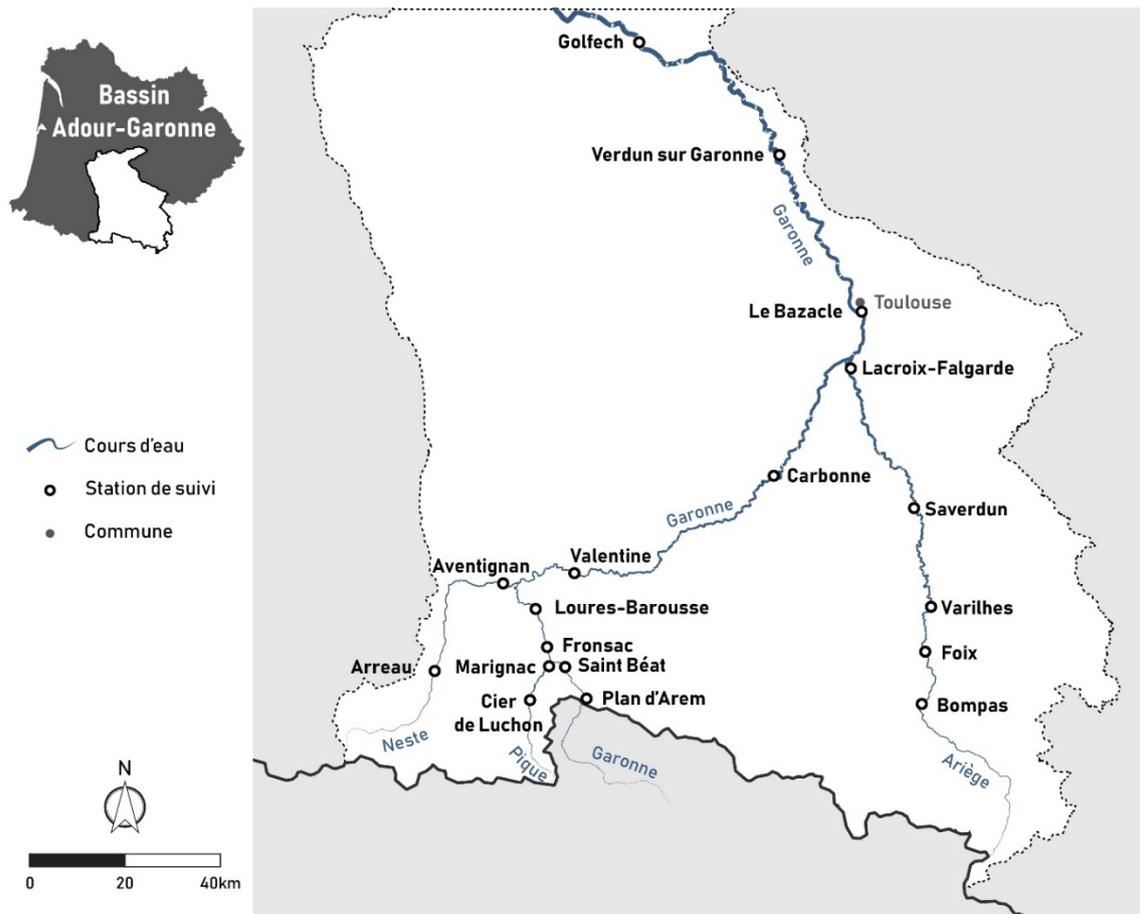
## 2. MATERIEL ET METHODE

### 2.1 Protocole de suivi thermique et localisation des stations

Le suivi thermique du bassin de la Garonne est réalisé sur un total de 18 stations dont 9 sont localisées sur la Garonne (du Plan d'Arem jusqu'à la centrale hydro-électrique de Golfech), 5 sur l'Ariège, 2 sur la Neste et 2 sur la Pique. La localisation des stations est présentée dans la Figure 1, et le Tableau 1 précise leurs caractéristiques.

**Tableau 1 : Caractéristiques des stations de suivi thermique**

Cours d'eau	Station	Localisation
Ariège	Bompas	Pleine eau
	Foix	Pleine eau
	Varilhes	Pleine eau
	Saverdun	Pleine eau
	Lacroix-Falgarde	Pleine eau
Garonne	Plan d'Arem	Pleine eau, dans le tronçon court-circuité
	Saint Bât	Station plus fonctionnelle depuis 2020, remplacée par Marignac G
	Marignac	Pleine eau en amont de la confluence avec la Pique (fonctionnelle pour 2021)
	Fronsac	Pleine eau
	Loures-Barousse	Pleine eau
	Valentine	Pleine eau
	Carbonne	Dans le canal de transfert des poissons
	Le Bazacle	Dans un bassin de la passe à bassins successifs
	Verdun-sur-Garonne	Pleine eau
	Golfech	Au niveau de la centrale hydro électrique, dans le canal de transfert des poissons, non influencée par les rejets de refroidissement des réacteurs nucléaires.
Neste	Arreau	Pleine eau
	Aventignan	Pleine eau
Pique	Cier de Luchon	Pleine eau
	Marignac	Pleine eau



**Figure 1 : Localisation des stations**

Les données thermiques sont enregistrées pour chaque station sur un cycle annuel complet au pas horaire à l'aide d'une sonde thermique Tinytag Aquatic 2 de type TG-4100. Les données de chaque thermographe sont déchargées en moyenne trois fois par an (fin du printemps, de l'été et de l'hiver). Cette périodicité permet, en cas de dysfonctionnement ou de perte du thermographe, de conserver une partie des données de l'année en cours.

Depuis janvier 2019, 2 enregistreurs de températures sont plac es sur chaque station afin d'éviter la perte de données par disfonctionnement.

## 2.2 Traitement des données

L'ensemble des données recueillies est soumis à vérification afin de s'assurer de la cohérence des valeurs enregistrées.

Afin de décrire le régime thermique général au droit des stations suivies, l'évolution des températures moyennes journalières est présentée pour l'ensemble des stations disposant de suffisamment de données.

Ensuite, une série d'indicateurs (Tableau 2) a été calculée à l'aide de la Macro Excel MACMASalmo 1.0 (Dumoutier et *al.*, 2010). Pour que les indicateurs thermiques soient représentatifs et comparables entre les stations suivies, ceux-ci ne sont calcul es que dans le cas où les stations disposent de chroniques complètes.

**Tableau 2 : Synthèse des indicateurs thermiques calculés et de leur désignation**

<b>Indicateur</b>	<b>Description</b>
<b>Ti min</b>	Température instantanée minimale
<b>Ti max</b>	Température instantanée maximale
<b>Aj_Ti max</b>	Valeur de l'amplitude thermique journalière maximale
<b>D_Aj_Timax</b>	Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été enregistrée
<b>Tmin</b>	Température moyenne journalière minimale
<b>Tmax</b>	Température moyenne journalière maximale
<b>D_Tmax</b>	Date à laquelle la température moyenne journalière maximale a été enregistrée
<b>T30j</b>	Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds (sur la base des moyennes journalières)
<b>Dd_T30j</b>	Date de début de la période correspondant aux 30 jours consécutifs les plus chauds
<b>Df_T30j</b>	Date de fin de la période correspondant aux 30 jours consécutifs les plus chauds

## 3. RESULTATS

---

### 3.1 Validation des données

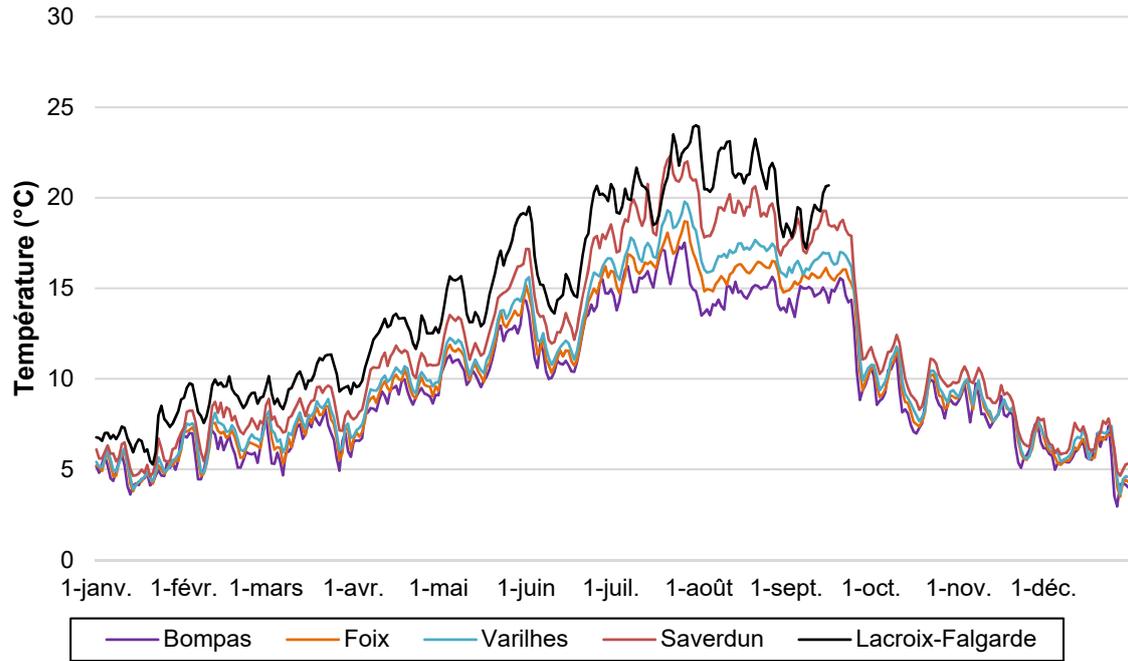
Sur les 18 stations suivies, l'essentiel des stations présente des enregistrements complets et sans valeurs aberrantes de janvier à décembre 2020. Le détail de la donnée disponible est synthétisé en Annexe 1.

Nous noterons toutefois les éléments suivants :

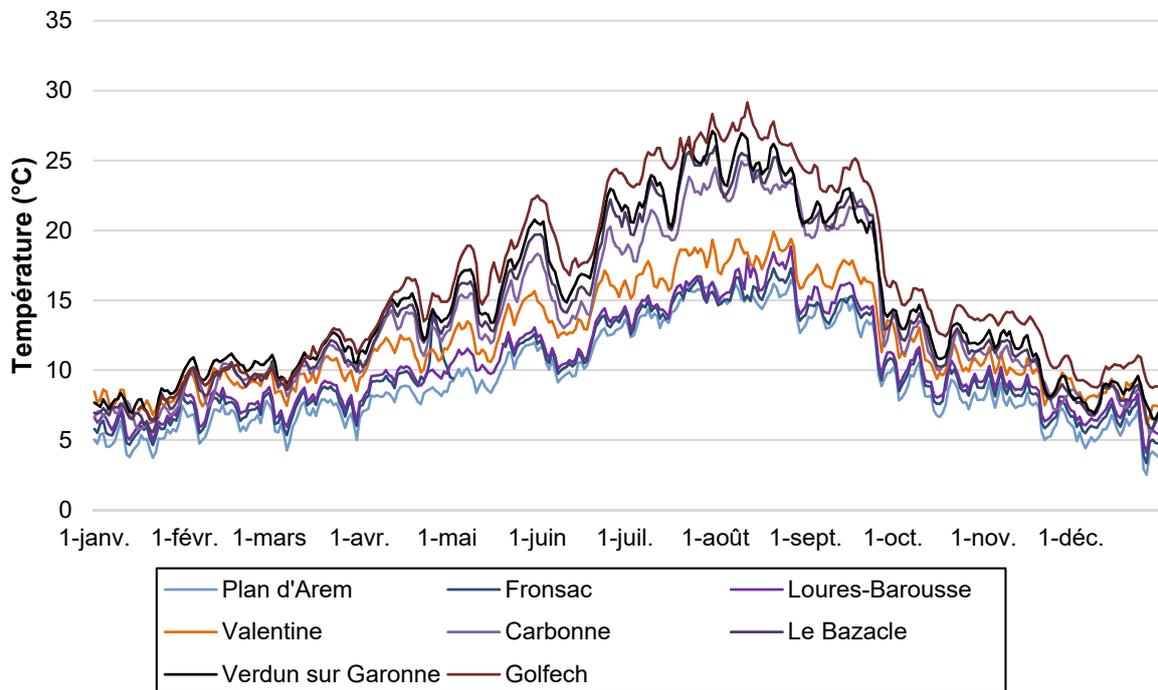
- Les données de la station de Saint Béat ne sont pas disponibles. En effet, les thermographes ont été perdus suite aux travaux d'enrochement réalisés sur la Garonne à ce niveau en 2019. Ces travaux ne permettent plus la mise en place d'enregistreurs sur ce secteur. La station de Saint-Béat sera remplacée par celle de Marignac fonctionnelle pour les données de 2021.
- Pour la station de Fronsac, on note une perte des données du 4 au 19 mai 2020 suite à un dysfonctionnement des 2 enregistreurs. Cette perte de données n'a pas d'incidence sur le calcul des indicateurs présentés dans le Tableau 2.
- Pour la station de Lacroix-Falgarde les 2 enregistreurs ont été volés après la campagne de relevé du 16 septembre 2020 (les chaînes qui attachent les enregistreurs ont été coupées).
- Pour la station de Golfech, il manque les données du 1<sup>er</sup> au 5 janvier 2020. Cette perte de données n'a pas d'incidence sur le calcul des d'indicateurs présentés dans le Tableau 2.
- Pour la station de Cier de Luchon, les conditions hydrauliques n'ont pas permis le relevé des thermographes lors de la campagne de janvier 2021.
- Pour la station de Marignac située sur la Pique, les conditions hydrauliques n'ont pas permis le relevé des thermographes lors des campagnes de relevés réalisées en septembre 2020 et janvier 2021. Ces 2 stations de la Pique seront relevées dès que possible dans le courant du 1<sup>er</sup> trimestre 2021. Aussi, le calcul des indicateurs thermiques a tout de même été réalisé pour ces stations car les températures de la période estivale ont pu être collectées.

### 3.2 Températures moyennes journalières

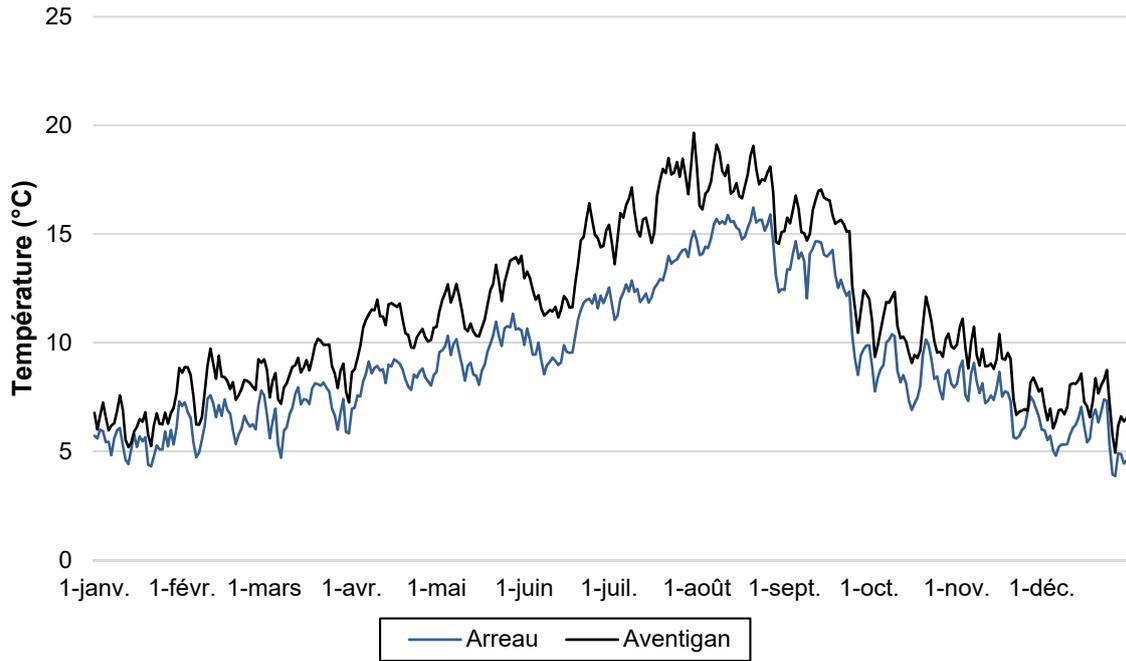
Les Figures 2 à 5 présentent l'évolution des températures moyennes journalières enregistrées pour l'année 2020 pour l'ensemble des stations de chaque cours d'eau.



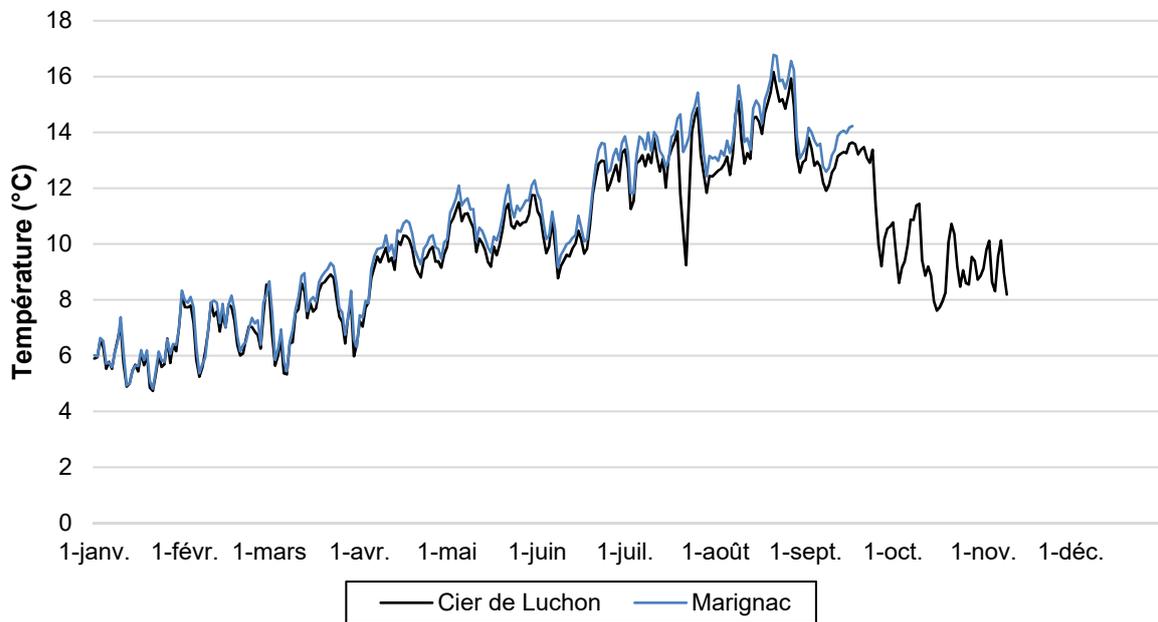
**Figure 2 : Evolution des températures moyennes journalières sur l'Ariège en 2020**



**Figure 3 : Evolution des températures moyennes journalières sur la Garonne en 2020**



**Figure 4 : Evolution des températures moyennes journalières sur la Neste en 2020**



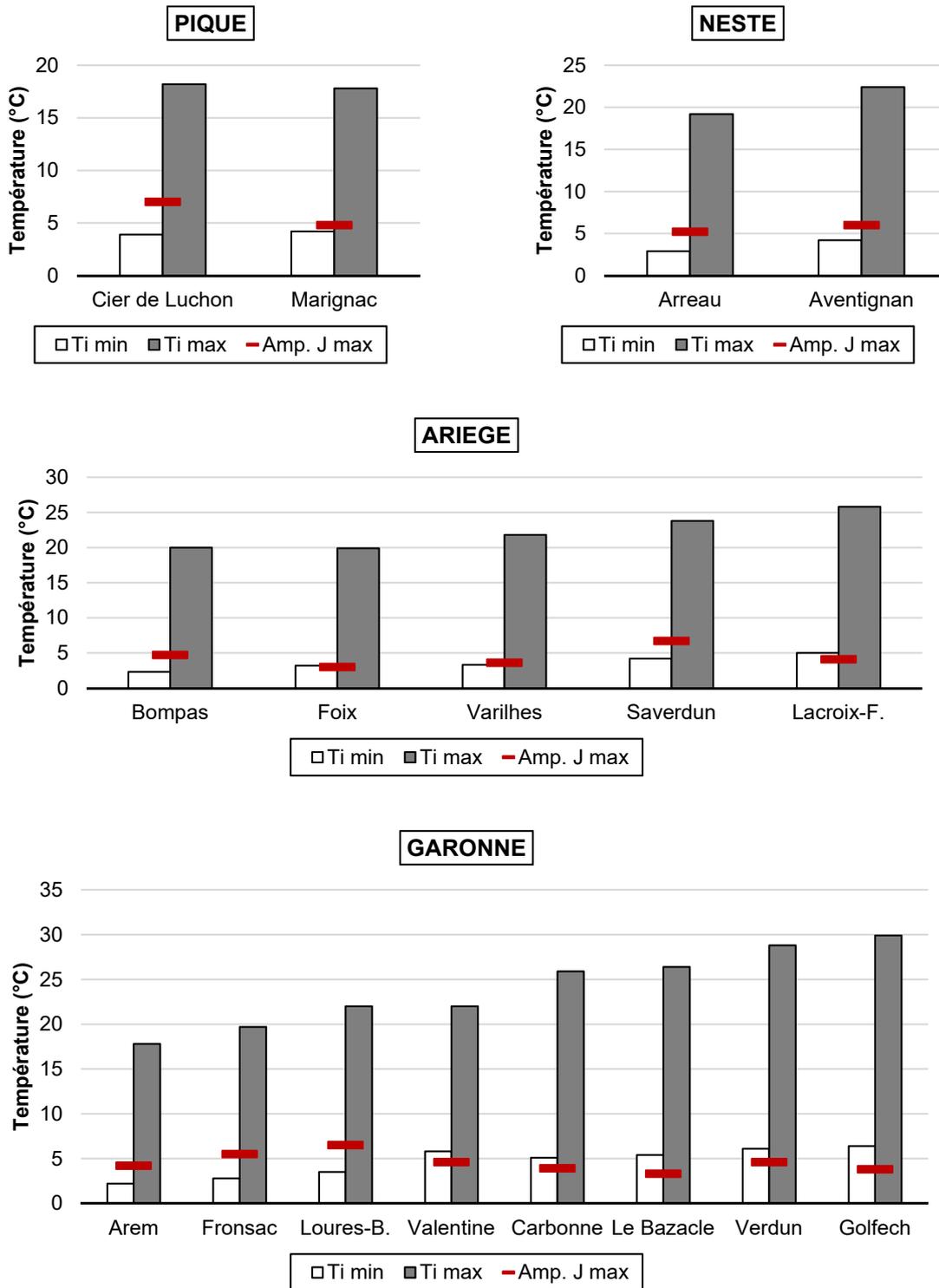
**Figure 5 : Evolution des températures moyennes journalières sur la Pique en 2020**

### 3.3 Indicateurs thermiques

Le détail des indicateurs calculés est présenté en

#### **Annexe 2 : Synthèse des indicateurs calculés sur les stations présentant des chroniques complètes pour 2020**

La Figure 6 présente par station suivie ; les **températures instantanées** minimales et maximales, ainsi que l'amplitude journalière maximale enregistrées sur la période étudiée.



**Figure 6 : Températures instantanées minimales, maximales et amplitudes journalières maximales enregistrées sur les stations suivies en 2020**

Les données présentées dans la **Figure 7** sont à l'échelle des **températures moyennes journalières** (minimales et maximales sur l'année 2020). La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds est également affichée par station.

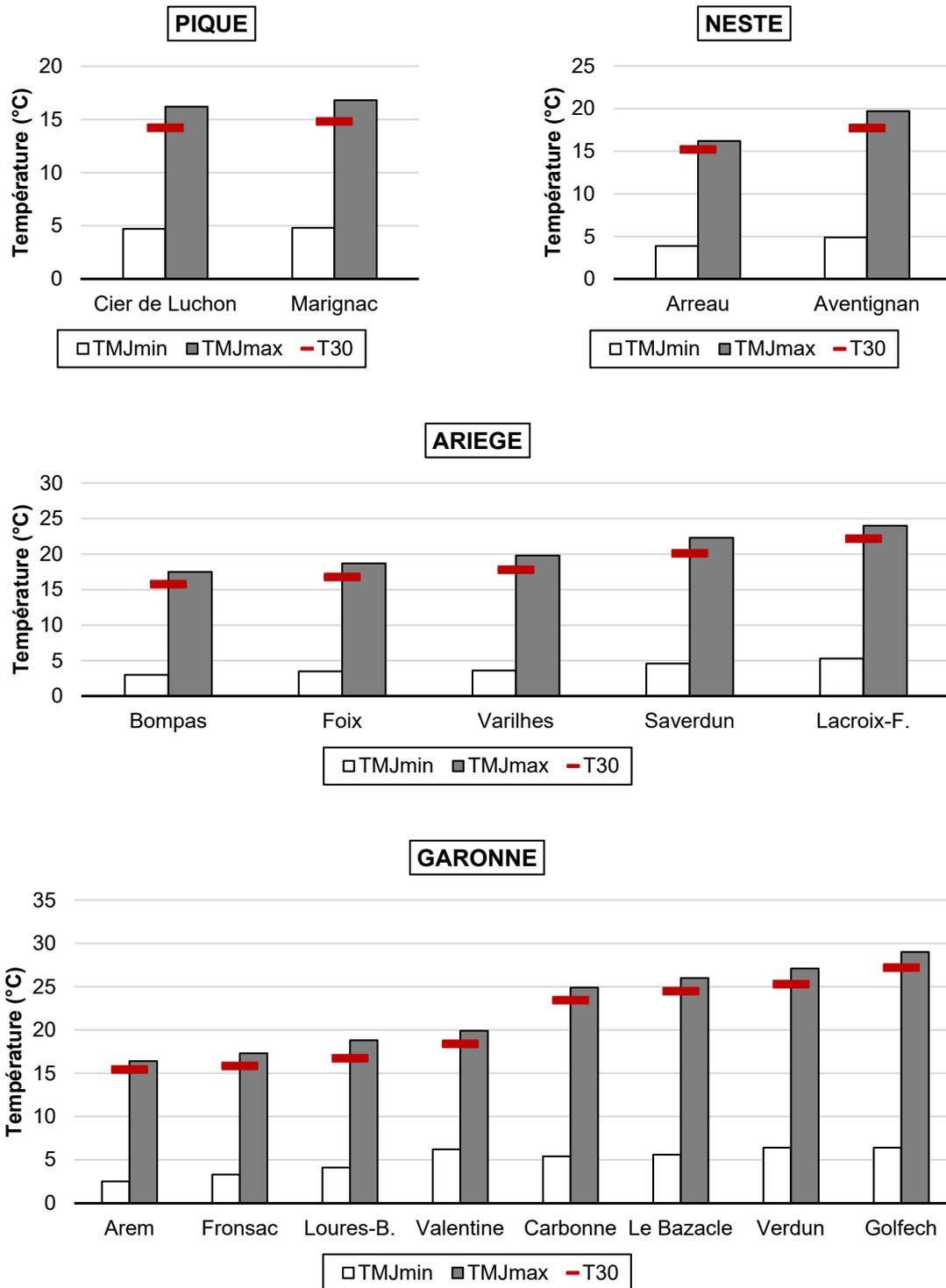


Figure 7 : Températures journalières moyennes minimales, maximales et moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds sur les stations suivies en 2020

## 4. BILAN ET PERSPECTIVES

---

A l'occasion du suivi thermique 2020 du bassin de la Garonne, 18 stations ont été suivies sur la Pique, la Neste, l'Ariège et la Garonne (jusqu'à Golfech). Afin de minimiser la perte de données, le nombre de thermographes par station avait été porté à 2 en 2019. Il a donc été possible de disposer de davantage de données valides et complètes. Malgré cela, on note une perte des données essentiellement due à des actes malveillants, mise hors d'eau ou vol des enregistreurs. La perte des données de la station de Fronsac est essentiellement due à sa configuration. Les thermographes sont placés dans une veine d'eau ce qui occasionne une dérive des enregistrements lors des fortes crues. Une nouvelle prospection des rives n'a pas permis de trouver des endroits plus propices sur ce site.

Enfin, compte tenu du volume de données enregistrées, seuls les principaux indicateurs ont été présentés dans ce rapport. Les données brutes sont toutefois consultables sur demande auprès de l'association MIGADO.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

---

DUMOUTIER Q., VIGIER L., CAUDRON A., 2010. Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. *Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03*

## ANNEXES

---

## Annexe 1 : Synthèse de la donnée disponible sur les stations suivies en 2020

Les valeurs affichées par mois et par station correspondent au pourcentage de données horaires enregistrées par rapport au nombre d'enregistrements attendu.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ariège	Bompas	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Foix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Varilhes	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Saverdun	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Lacroix-Falgarde	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Garonne	Plan d'Arem	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Fronsac	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Loures-Barousse	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Valentine	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Carbonne	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Le Bazacle	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Verdun-sur-Garonne	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Golfèch	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Neste	Arreau	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Aventignan	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Pique	Cier de Luchon*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,0	0,0
	Marignac*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0

\*les données manquantes des 2 stations de la Pique devraient pouvoir être récupérées dans le premier trimestre 2021

## Annexe 2 : Synthèse des indicateurs calculés sur les stations présentant des chroniques complètes pour 2020

Rappel des indicateurs et de leur désignation :

- **Ti min** : Température instantanée minimale
- **Ti max** : Température instantanée maximale
- **Aj\_Ti max** : Valeur de l'amplitude thermique journalière maximale
- **D\_Aj\_Timax** : Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été enregistrée
- **Tmin** : Température moyenne journalière minimale
- **Tmax** : Température moyenne journalière maximale
- **D\_Tmax** : Date à laquelle la température moyenne journalière maximale a été enregistrée
- **T30** : Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds (sur la base des moyennes journalières)
- **Dd\_T30** : Date de début de la période correspondantes aux 30 jours consécutifs les plus chauds
- **Df\_T30** : Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds

Cours d'eau	Station	Ti min	Ti max	Aj_Ti max	D Aj max	T min	T max	D Tmj max	T30	Dd Tm30j max	Df Tm30j max
Pique	Cier de Luchon (*)	3,9	18,2	7	23/07/20	4,7	16,2	21/08/2020	14,21	07/08/20	05/09/20
	Marignac(**)	4,2	17,8	4,8	04/04/20	4,8	16,8	21/08/2020	14,81	07/08/20	05/09/20
Neste	Arreau	2,9	19,2	5,2	25/08/20	3,9	16,2	21/08/2020	15,2	30/07/20	28/08/20
	Aventignan	4,2	22,4	6	30/07/20	4,9	19,7	31/07/2020	17,72	24/07/20	22/08/20
Ariège	Bompas	2,3	20	4,7	18/07/20	3	17,5	27/07/2020	15,76	01/07/20	30/07/20
	Foix	3,2	19,9	3	27/09/20	3,5	18,7	27/07/2020	16,76	05/07/20	03/08/20
	Varilhes	3,3	21,8	3,6	31/05/20	3,6	19,8	27/07/2020	17,8	05/07/20	03/08/20
	Saverdun	4,2	23,8	6,7	14/07/20	4,6	22,3	22/07/2020	20,09	18/07/20	16/08/20
	Lacroix-F.(***)	5	25,8	4,1	24/07/20	5,3	24	31/07/2020	22,16	23/07/20	21/08/20
Garonne	Arem	2,2	17,8	4,2	21/07/20	2,5	16,4	27/08/2020	15,42	22/07/20	20/08/20
	Fronsac	2,8	19,7	5,5	19/10/20	3,3	17,3	21/08/2020	15,83	30/07/20	28/08/20
	Loures-B.	3,5	22	6,5	25/08/20	4,1	18,8	27/08/2020	16,71	30/07/20	28/08/20
	Valentine	5,8	22	4,6	20/08/20	6,2	19,9	21/08/2020	18,38	30/07/20	28/08/20
	Le Bazacle	5,1	25,9	3,9	27/09/20	5,4	24,9	10/08/2020	23,43	30/07/20	28/08/20
	Carbonne	5,4	26,4	3,3	27/09/20	5,6	26	01/08/2020	24,48	22/07/20	20/08/20
	Verdun	6,1	28,8	4,6	27/07/20	6,4	27,1	31/07/2020	25,28	23/07/20	21/08/20
Golfech	6,4	29,9	3,8	13/06/20	6,4	29	12/08/2020	27,19	25/07/20	23/08/20	

(\*) Données de janvier incomplètes. Les indicateurs sont calculés sur les données enregistrées de janvier à fin octobre 2020.

(\*\*) Données de janvier incomplètes. Les indicateurs sont calculés sur les données enregistrées de janvier à fin septembre 2020.

(\*\*\*) Données de janvier incomplètes. Les indicateurs sont calculés sur les données enregistrées de janvier à fin août 2020.

*Les données figurant dans ce document ne pourront être exploitées de quelque manière que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable de MI.GA.DO. et de ses partenaires financiers.*

## Opération financée par :



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

## Autres partenaires :



**Association MIGADO**

18 ter rue de la Garonne - 47520 LE PASSAGE D'AGEN - Tel : 05 53 87 72 42 - mail : [contact@migado.fr](mailto:contact@migado.fr)

[www.migado.fr](http://www.migado.fr)

