

**Etude de l'impact des éclusées hydroélectriques  
sur les peuplements piscicoles du haut bassin de la Garonne**

**Action MPIEG 11**



Etude financée par :

Union Européenne  
Agence de l'Eau Adour Garonne  
Fédération Nationale de la Pêche en France

**Stéphane BOSCH, Alexandre NARS et Olivier MENCHI**

*juin 2012*

**MI.GA.DO. 23G-12-RT**



L'étude des habitats piscicoles du haut bassin  
de la Garonne est cofinancée par l'Union européenne.  
L'Europe s'engage en Midi-Pyrénées avec  
le Fond Européen de Développement Régional.



## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons à remercier tous les organismes et toutes les personnes qui ont participé financièrement ou techniquement à cette étude :

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

- La Fédération Départementale de Pêche de la Haute Garonne, les AAPPMA de la haute vallée de la Garonne et, en particulier, M. Jean LERIME pour sa participation au travail de terrain et son implication dans le suivi de la reproduction naturelle des salmonidés.

- Le service départemental de l'ONEMA de la Haute-Garonne et l'Unité Spécialisée Migrateurs du Sud-Ouest et, en particulier, M. Matthieu CHANSEAU pour sa participation à l'élaboration du protocole de l'étude.

## RESUME

---

En 2011, parallèlement au repeuplement et aux suivis biologiques, une étude de la fonctionnalité des habitats a débuté sur le haut bassin de la Garonne. Cette étude concerne la Garonne entre la Plan d'Arem et sa confluence avec la Neste sur un secteur classé comme très sévèrement perturbé dans l'étude pour la définition d'indicateurs pour les éclusées hydroélectriques réalisée par le GHAPPE (COURRET et al, 2008).

L'objectif de cette étude a été d'identifier les effets des éclusées sur les salmonidés en relation avec les phases de reproduction pour les géniteurs et de grossissement des juvéniles. La méthode utilisée a consisté à réaliser un état des lieux (réévaluation du potentiel de reproduction) et caractériser la présence de nuisances pour la fraie et la survie des juvéniles.

Les résultats obtenus grâce aux différents suivis mis en place (suivi des frayères, observation du colmatage du substrat, mesure de l'oxygénation dans le substrat des frayères...) ont permis d'appréhender les problèmes en fonction des saisons.

Pendant la période printanière, où les forts débits dus à la fonte du manteau neigeux pyrénéen rendent la Garonne moins sensible aux variations de niveau d'eau, il n'a pas été observé de phénomène « d'échouage piégeage » des alevins.

En période d'étiage estival, les éclusées induisent des exondations de plages de galets favorables au développement des juvéniles.

En hiver, lors de la fraie des salmonidés 2011, une frayère de truite exondée a été observée. Les relevés topographiques révèlent un déficit général en substrat de granulométrie favorable à la reproduction ainsi qu'un colmatage important sur de nombreux sites potentiels.

Afin de pallier le manque de site potentiel, l'aménagement de frayère par apport de substrat favorable peut constituer une solution rapide afin de limiter l'impact dû à la présence des barrages et à un transport solide déficient.

## SOMMAIRE

---

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>II</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contexte général.....	1
1.2 Le secteur d'étude .....	1
1.3. L'activité hydroélectrique du haut bassin.....	4
1.4 Le haut bassin de la Garonne et son régime hydrologique.....	4
1.5 Les enjeux salmonicoles sur la Garonne amont .....	5
1.6 Objectifs et déroulement de l'étude .....	6
<b>2 – MATERIEL ET METHODE</b> .....	<b>7</b>
2.1 Fonctionnement hydraulique de la Garonne .....	7
2.2 Suivi du régime thermique.....	7
2.3 Suivi de la reproduction naturelle des salmonidés .....	7
2.4 Mesure de l'oxygénation du substrat des frayères .....	7
2.6 Cartographie des frayères et des zones de grossissement exondées .....	8
2.5 Suivi des échouages piégeages .....	10
<b>3. RESULTATS</b> .....	<b>11</b>
3.1 Fonctionnement hydraulique de la Garonne .....	11
3.4 Caractérisation de la présence de nuisances pour la fraie et la survie embryolarvaire .....	14
3.5 Suivi des échouages piégeages .....	16
3.6 Cartographie et évaluation de la capacité d'accueil pour la reproduction naturelle .....	17
<b>5 - CONCLUSIONS</b> .....	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>20</b>
<b>PLANCHES CARTOGRAPHIQUES</b> .....	<b>22</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>23</b>

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

---

Figure 1 A : Secteur d'étude partie aval.....	2
Figure 1 B : Secteur d'étude partie amont.....	3
Figure 2 : Moyennes mensuelles des débits de la Garonne mesurés à St Beat et Fronsac de 2000 à 2011.....	4
Figure 3 : Baguette de bois de pin enfoncée dans le substrat d'une frayère, le fil électrique orange permet de retrouver le bâton.....	7
Figure 4 : Représentation schématique d'une frayère de truite fario, de sa position dans une séquence mouille radier et de la circulation de l'eau (d'après Ottaway et al, 1981 ; Reiser et al , 1985 in Baglinière et Maisse, 1991) .....	9
Figure 5 : Débits moyens journaliers de la Garonne mesurés au niveau des stations de St Beat et Fronsac pendant le déroulement d'étude.....	11
Figure 6 : Débits de la Garonne enregistrés à pas de temps variables (QTVAR) à la station de St-Béat (exprimé en m <sup>3</sup> /s) pour les mois de décembre 2010 à avril et septembre 2011 .....	12
Figure 7 : Débits de la Garonne enregistrés à pas de temps variables (QTVAR) à la station de Fronsac (exprimé en m <sup>3</sup> /s) pour les mois de décembre 2010 à avril et septembre 2011 .....	13
Figure 8 : Températures moyennes journalières de l'eau de la Garonne mesurées à Loures Barousse pendant le déroulement de l'étude.....	14
Figure 9 : Exemple de la détermination des zones hypoxies sur les bâtons de pin après séjour dans le substrat.....	15
Tableau 1 : Principaux aménagements hydroélectriques produisant (ou sous influence) des éclusées sur le secteur étudié (D'après EAUCEA, 2008).....	4
Tableau 2 : Chaînes d'ouvrages génératrices d'éclusées sur la Garonne (d'après Eauceca, 2007) .....	5
Tableau 3 : Détails des stations de pose des bâtons de pin : dates de mises en place, présence d'activités de géniteurs.....	8
Tableau 4 : Nombre de degrés jours nécessaires pour l'éclosion et l'émergence chez la truite et le saumon atlantique (d'après Baglinière et al 1990, Elliot 1994, Bilard, 1997 et Richard 1998 in Lascaux et al 2006).....	10
Tableau 5 : Résultats par station du suivi de l'oxygénation du substrat des frayères.....	16
Tableau 6 : Nombre et superficies des frayères à salmonidés recensées sur la Garonne pour chaque tronçon cartographié (actives, potentielles, colmatées et nombre de sites potentiels déclassés depuis 1986).....	18

# 1. INTRODUCTION

---

## 1.1 Contexte général

La dégradation et la destruction des précieux habitats de reproduction et de grossissement dues aux modifications anthropiques (modification du débit et canalisation par exemple) sont connues pour avoir des effets dramatiques sur les populations de poissons (ENDERS et al., 2007).

La présence d'une forte activité hydroélectrique sur le haut bassin de la Garonne contraint les poissons, le saumon atlantique en particulier, à se reproduire (pour les adultes) et à grossir (pour les juvéniles) sur des secteurs très fortement soumis aux éclusées.

La caractérisation des problèmes liés aux éclusées et l'établissement de préconisations afin d'améliorer les habitats du bassin de la Garonne figurent parmi les actions prioritaires du PLAGEPOMI (mesure GH11).

Les éclusées hydroélectriques correspondent aux variations plus ou moins brutales de débit à la hausse ou à la baisse, dues à la mise en route ou à l'arrêt des turbines, entre un débit plancher (ou débit de base) et un débit maximum (ou débit d'éclusée). Des éclusées généralement de moindre ampleur peuvent parfois être générées par des centrales au fil de l'eau et, de manière plus générale, par certaines activités entraînant des variations de débits (parcours d'eau vive notamment) (COURRET et al, 2008).

## 1.2 Le secteur d'étude

L'étude concerne le cours de la Garonne depuis le barrage de Plan d'Arem jusqu'à la confluence avec la Neste. Cette partie de la Garonne correspond à un linéaire d'environ 38 km de cours d'eau dont la pente varie de 10,5‰ à 2.2‰.

Sur ce linéaire, 3 secteurs peuvent être différenciés en fonction de la pente, des débits et de la position des aménagements hydroélectriques (figure 1A et 1B) :

- Du plan d'Arem à la centrale d'Arlos, tronçon de 6 km correspondant au débit réservé de la centrale du plan d'Arem (pente moyenne de 10,5 à 7,6‰, SOGREA, 2007).
- De la centrale d'Arlos à la confluence avec la Pique (8 km) débit mesuré par la station de St Beat de la DREAL Midi Pyrénées (pente de 7,6 à 4 ‰, bassin versant de 640 km<sup>2</sup>).
- De la confluence avec la Pique jusqu'à la confluence avec la Neste (24 km, pente de 4 ‰ à 2.2‰). Le débit de la Garonne sur ce tronçon est mesuré par la station de Fronsac (bassin versant de 1080 km<sup>2</sup>, DREAL MP).

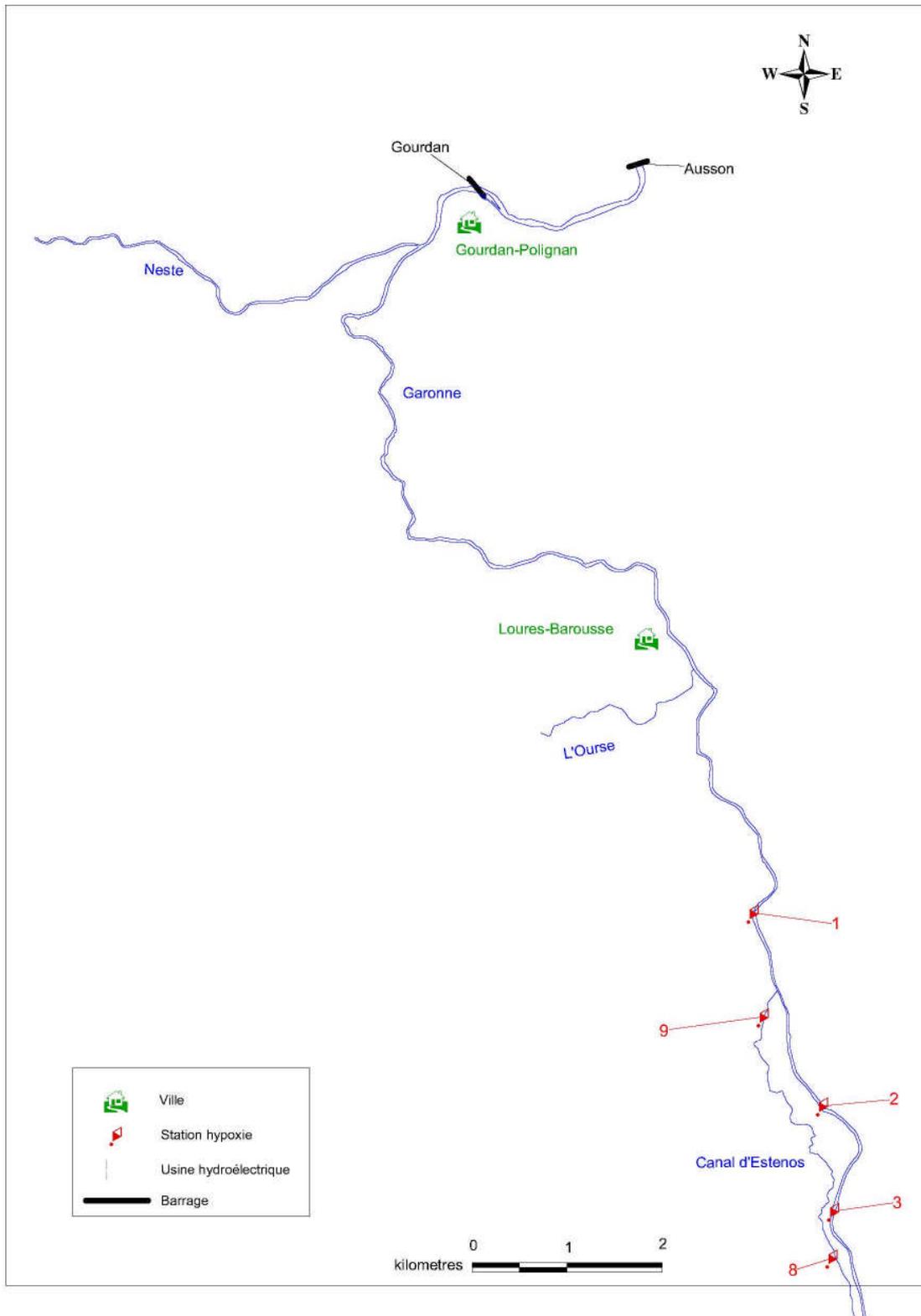


Figure 1 A : Secteur d'étude partie aval

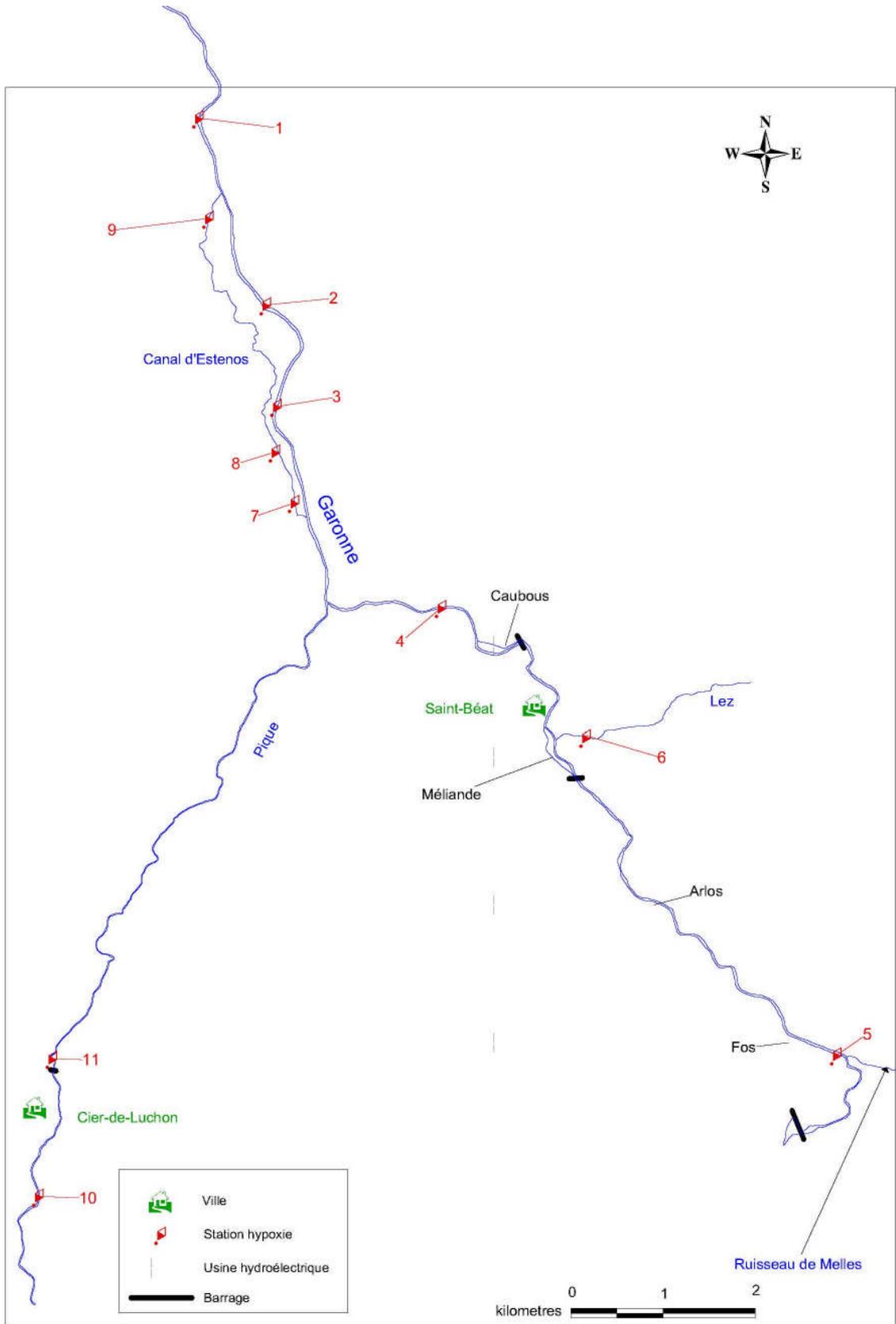


Figure 1 B : Secteur d'étude partie amont

### 1.3. L'activité hydroélectrique du haut bassin

Sur le linéaire étudié, 4 barrages permettent d'alimenter 5 usines destinées à la production d'électricité (cf. figure 1 et tableau 1). Toutes ces usines sont situées sur des dérivations qui court-circuitent plus ou moins le lit naturel du cours d'eau.

Usines	Puissance max MW	Débit d'équipement m <sup>3</sup> /s	Productible GWH
FOS	10.6	34	40
ARLOS	5.3	34	19
MELIANDE	0.6	11	4
CAUBOUS	0.9	14	2
CHAUM	0.0	1	0

Tableau 1 : Principaux aménagements hydroélectriques produisant (ou sous influence) des éclusées sur le secteur étudié (D'après EAUCEA, 2008).

### 1.4 Le haut bassin de la Garonne et son régime hydrologique

#### 1.4.1 Présentation générale

La Garonne prend sa source dans les Pyrénées espagnoles et possède un régime nivo-pluvial caractérisé principalement par les crues printanières dues à la fonte des neiges du massif pyrénéen et des étiages d'hiver et d'été (figure 2). Les débits du haut bassin sont cependant très influencés par les équipements hydroélectriques situés plus en amont sur le bassin, notamment ceux situés en Espagne et sur certains de ses affluents tels que la Pique.

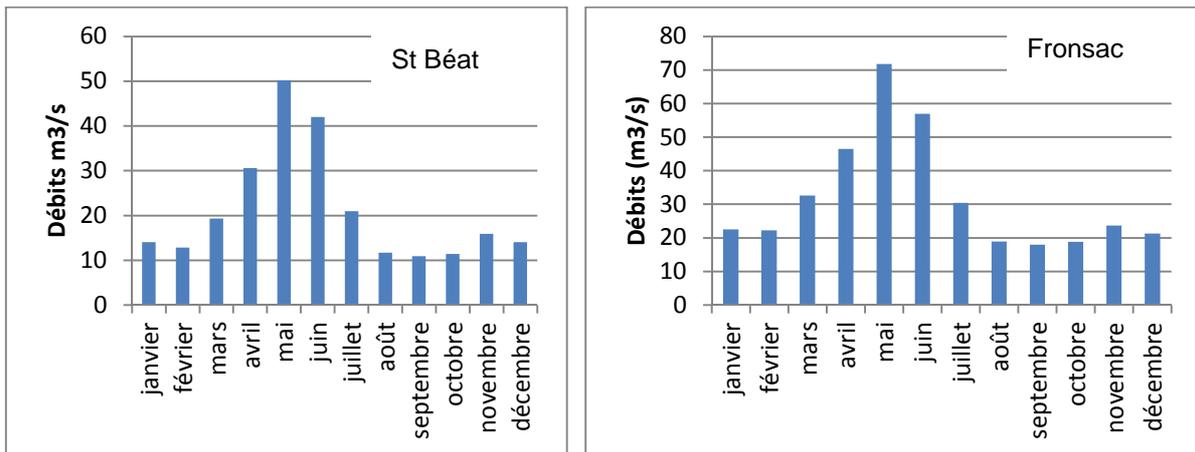


Figure 2 : Moyennes mensuelles des débits de la Garonne mesurés à St Béat et Fronsac de 2000 à 2011

Le module interannuel de la Garonne au niveau de la station de St Béat est voisin de 24 m<sup>3</sup>/s (bassin versant de 640 km<sup>2</sup>) et celui calculé à la station de Fronsac est de 31,2 m<sup>3</sup>/s (bassin versant de 1080 km<sup>2</sup>).

Pendant les mois correspondant à la période de reproduction des salmonidés (novembre, décembre et janvier), les débits moyens mensuels sont respectivement voisins de 16 m<sup>3</sup>/s, 14 m<sup>3</sup>/s et 14 m<sup>3</sup>/s pour la station de St Beat et de 24 m<sup>3</sup>/s, 21 m<sup>3</sup>/s et 22 m<sup>3</sup>/s pour la station de Fronsac (figure). Dans la période d'émergence des alevins (mars, avril et mai) les débits moyens mensuels sont respectivement de 19 m<sup>3</sup>/s, 30 m<sup>3</sup>/s et 50 m<sup>3</sup>/s à St-Béat et de 33 m<sup>3</sup>/s, 46 m<sup>3</sup>/s et 72 m<sup>3</sup>/s.

#### 1.4.2 Les débits influencés par les aménagements hydroélectriques

Les secteurs de la Garonne amont compris entre le barrage du Plan d'Arem et la confluence avec la Neste ont été caractérisés dans les études hydrauliques réalisées par le GHAPPE et le SMEAG, comme présentant un niveau de perturbation hydrologique qualifié de très sévère (COURRET et al 2008).

Ces phénomènes d'éclusées se rencontrent en moyenne de 2 à 6 fois par jour selon la saison et avec des variations maximales de débits pouvant aller jusqu'à 42 m<sup>3</sup>/s dans le secteur de Fronsac où le module représente 31,2m<sup>3</sup>/s (EAUCEA, 2007).

La chaîne hydroélectrique espagnole du Val d'Aran (tableau 2) peut générer des éclusées d'un débit maximum de 37,5 m<sup>3</sup>/s. Les installations du Plan d'Arem (centrale de Fos et Arlos) ont des équipements permettant des éclusées maximales d'un débit de 34 m<sup>3</sup>/s. La chaîne hydroélectrique de la Pique (centrales du Portillon, de la Pique supérieure, de la Pique inférieures et du lac d'Oo) a, quant à elle, une capacité totale d'éclusées de 8,7m<sup>3</sup>/s.

Le cumul théorique des éclusées issues de l'amont peut donc atteindre théoriquement 42,7 m<sup>3</sup>/s sur la Garonne en aval de la confluence de la Pique.

Chaîne hydroélectrique	Volume utile (hm)	Débit max éclusée (m <sup>3</sup> /s)	Module restitution estimé (m <sup>3</sup> /s)	Eclusée % du module au point de restitution	Puissance (MW)	Productible (GWh)	Commentaire
Val d'Aran	23	37.5	24	156%	256	672	Chaîne quasi continu jusqu'à Pont du Roy
Fos Arlos	0.22	34	26	131%	16	59	Plan d'Arem

**Tableau 2 : Chaînes d'ouvrages génératrices d'éclusées sur la Garonne (d'après Eauceca, 2007)**

#### 1.5 Les enjeux salmonicoles sur la Garonne amont

La Garonne amont possède un fort potentiel salmonicole et fait l'objet d'une restauration de l'espèce saumon atlantique et d'une gestion de la pêche pour la truite fario.

La capacité d'accueil pour le grossissement des juvéniles de saumon représente plus de 46 ha (radier, rapide et plat courant) et fait l'objet d'un programme de repeuplement à

l'échelle de ce potentiel. En moyenne, depuis 1999, plus de 180 000 alevins et pré-estivaux ont été déversés annuellement sur les secteurs de la Garonne compris entre l'aval de St Béat et Gourdan Polignan (utilisation d'un potentiel de 35ha).

Dans le cadre de la stratégie de double piégeage transport appliqué à la Garonne (Bosc et Larinier 2000, Menchi et Carry, 2012), les saumons adultes capturés à la station de piégeage de Carbonne sont déversés sur la Pique et peuvent accéder à ce secteur de la Garonne.

La Garonne amont est peuplée en truite fario et constitue un intérêt majeur pour les pêcheurs à la ligne dans le département de la Haute-Garonne. Les parcours pour la pêche de la truite sont gérés par les AAPPMA de Fos, St Beat, Marignac et Montréjeau et la Fédération de Pêche de la Haute Garonne. Des repeuplements en truite fario aux stades alevins et pré-estivaux sont réalisés chaque année à hauteur du potentiel disponible. Des lâchers de truites portions sont aussi effectués ponctuellement sur certains parcours.

## **1.6 Objectifs et déroulement de l'étude**

L'objectif de cette étude a consisté à appréhender quels pouvaient être les effets des éclusées sur les populations de salmonidés (truite fario et saumon atlantique) peuplant la Garonne amont. Il s'agissait plus précisément de réaliser un état des lieux afin de quantifier le potentiel des habitats de reproduction et d'identifier les principaux secteurs impactés en relation avec le bon déroulement du cycle biologique des salmonidés.

Sur la base des protocoles des différentes études déjà réalisées depuis le début des années 2000, pour mesurer l'impact des éclusées du bassin de la Dordogne (suivi Ecogea pour Migado depuis 2000, Courret et al 2006), le travail d'investigation a été ici recentré sur le suivi des habitats de reproduction et de grossissement des juvéniles.

Les différents suivis qui ont été entrepris dans cette étude sont le suivi de la reproduction naturelle des salmonidés, l'évaluation de l'oxygénation et du colmatage du substrat des frayères, le repérage au printemps des zones à risque de piégeage échouage des juvéniles et l'évaluation du potentiel en frayères.

Les différentes observations et relevés de terrain ont permis l'élaboration d'une cartographie (SIG, planches cartographiques associées à une base de données). Ce travail constitue la base de l'état des lieux et doit permettre dans le futur de mesurer d'éventuelles évolutions des habitats.

## 2 – MATERIEL ET METHODE

---

### 2.1 Fonctionnement hydraulique de la Garonne

Les données concernant les débits de la Garonne (QMJ, QTVAR...) ont été extraites de la banque HYDRO de la DREAL Midi Pyrénées.

### 2.2 Suivi du régime thermique

Dans le cadre des opérations de repeuplement en juvéniles de saumons réalisées par MIGADO sur le haut bassin de la Garonne, un enregistreur de la température de l'eau de type Micrel est installé dans la Garonne au niveau de Loures Barousse.

### 2.3 Suivi de la reproduction naturelle des salmonidés

Le suivi de la reproduction naturelle a consisté à réaliser dans un premier temps des observations régulières à partir de la mi-novembre 2010 sur les zones de frayères répertoriées lors des différents suivis déjà réalisés par les AAPPMA et la Fédération de Pêche de la Haute Garonne, le Service Départemental de l'ONEMA de la Haute Garonne et Migado sur le haut bassin de la Garonne.

Au moment où l'activité de reproduction a démarré, ce suivi s'est poursuivi par une prospection plus complète du linéaire à pied et en canoë afin de trouver de nouveaux sites de ponte jusqu'à début janvier 2011. Le suivi effectué lors de l'hiver 2011-2012 a permis de compléter la base de données. Les observations réalisées lors des différents suivis ont été intégrés dans la cartographie (cf 2.6).

### 2.4 Mesure de l'oxygénation du substrat des frayères

La caractérisation de la présence de nuisances pour la fraie et la survie embryolaire telle que le manque d'oxygène dans le substrat des frayères a été réalisée à partir de la méthode du bâton à hypoxie (MARMONIER P. et al., 2004).

Cette méthode simple consiste à enfoncer dans les sédiments une baguette de bois de pin non traitée de 30 cm de long et 1 cm de côté (photos des figures 3 et 8). Ce bâton va servir de support bactérien. Lorsque la concentration en oxygène dissous est en dessous de 2 mg/l, des bactéries anaérobies se développent et teintent le bois en gris. En présence d'oxygène, les bactéries respirent normalement et laissent au bois sa couleur originelle (TREMBLAY J., 2006)



**Figure 3 : Baguette de bois de pin enfoncée dans le substrat d'une frayère, le fil électrique orange permet de retrouver le bâton**

Au total, 13 bâtons répartis sur 5 sites ont été implantés dans le substrat des frayères de la Garonne (tableau 3). A titre de comparaison, 14 bâtons de pin supplémentaires ont aussi été placés sur 2 affluents de la Garonne (2 sur le ruisseau de Lez et 6 sur la Pique) et

une dérivation de la Garonne (6 sur le canal d'Estenos, voir carte de la figure 1).

Les bâtons ont été mis en place les 17 et 25 novembre et le 6 décembre 2010 puis ont été retirés le 17 janvier 2011 soit, conformément au protocole, au-delà d'une durée minimale d'exposition pour les bactéries de trois semaines et dans la période où les œufs de salmonidés sont en incubation dans les frayères. Les implantations ont été choisies dans la mesure du possible à proximité des zones où a été observée une activité de reproduction des salmonidés (nids ou grattés)

N° Station	Nom Station	Cours d'eau	N° Bâtons	Date de pose	Date de relevé	Durée en degrés jour de la température de l'eau	Présence de grattés ou de nids	Observations	
1	Gallié	Garonne	1	25/11/2010	17/01/2011	295	<del>X</del>		
			2						
2	Pont d'Ore	Garonne	3	17/11/2010	17/01/2011	351	gratté		
			4						
			5						
3	Amont SNCF Fronsac	Garonne	6	06/12/2010	17/01/2011	236	<del>X</del>		
			7						
4	Gery	Garonne	8	17/11/2010	17/01/2011	351	grattés, nids		
			9						
			10						
5	Fos aval Melles	Garonne	11	17/11/2010	17/01/2011	351	grattés, nids	Ensablement	
			12						
			13						
6	Ruisseau Lez	Lez	14	17/11/2010	17/01/2011	351	nids		
			15						
7	Amont canal	Estenos	16	17/11/2010	17/01/2011	351	nids		
			17						
8	Canal à Estenos	Estenos	18	25/11/2010	17/01/2011	295	gratté		
9	Aval cabane chasseur	Estenos	19	25/11/2010	17/01/2011	295	grattés, nids		
			20						
			21						
10	Carrosserie	Pique	22	29/11/2010	17/01/2011	262	<del>X</del>		
			23						
			24					Perdu	
11	Luret	Pique	25	29/11/2010	17/01/2011	262	grattés, nids		
			26						
			27						

**Tableau 3 : Détails des stations de pose des bâtons de pin : dates de mises en place, présence d'activités de géniteurs**

## 2.6 Cartographie des frayères et des zones de grossissement exondées

Sur la base des tables cartographiques des différents faciès d'écoulement de la Garonne (Malavoi et Souchon, 2002) réalisées par Migado pour les opérations de repeuplement en saumon et l'évaluation de la capacité d'accueil en juvéniles, une cartographie réalisée avec le système d'information géographique Map Info et un fond de carte IGN au 1/25 000<sup>ème</sup> a été établie pour positionner les emplacements des frayères, actives ou potentielles, ainsi que les bancs de galets exondables (zones de grossissement des juvéniles).

Les relevés sur le terrain se sont déroulés principalement pendant le comptage des frayères lors de l'automne et l'hiver 2010-2011. Une prospection complète du linéaire étudié a pu être réalisée.

Des sorties complémentaires ont eu lieu en période d'étiage estival pour le repérage des zones de grossissement exondables. Ces zones correspondent plus particulièrement aux plages rivulaires de galet et annexes hydrauliques présentant des faciès lothiques (radier, rapide ou plat courant) en période de hautes eaux.

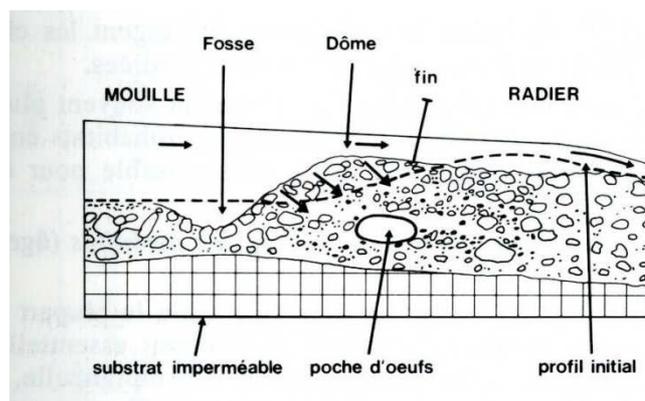
Les zones potentielles de reproduction des salmonidés (truite et saumon) ont été déterminées à partir des caractéristiques physiques de l'habitat, principalement la granulométrie du substrat et le couple hauteur d'eau/vitesse d'écoulement. La structure et les caractéristiques des frayères sont en relation avec la taille des femelles (annexe 1 et 2).

Le substrat adéquat doit être dépourvu de matière fines (<0.06 mm), contenir une fraction de sable (0.06 mm et 2.2 mm) limitée à 20% et permettre une bonne oxygénation des œufs par l'écoulement de l'eau.

Pour le saumon atlantique, les fractions granulométriques dominantes des frayères peuvent varier de 2,5 cm à 15,3 cm. Les frayères se retrouvent généralement en tête de radier dans une zone d'accélération du courant et à proximité d'une cache ou d'une zone permettant le repos.

La hauteur d'eau au niveau de la frayère varie de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres. La vitesse de l'écoulement de l'eau peut atteindre jusqu'à 1 m/s (Crips et Carling, 1989 ; Beall 1994, Lascaux et Cazeneuve 2012, Ombredane et Baglinière 2009).

Pour la truite fario, les macrohabitats de frai correspondent plutôt aux radiers et aux plats, soit des milieux peu profonds (figure 4). Les frayères sont localisées généralement en tête de radier ou en fin de mouille, voire en milieu de radier. Les habitats favorables ont des caractéristiques inférieures à ceux utilisés par les saumons aussi bien pour les vitesses moyennes d'écoulement (limite de 10-20cm/s) que pour la granulométrie (0.6 à 5.4 cm de diamètre (Baglinière et al, 1979 ; Witzel et Mac Crimmon, 1983 ; Crisp et Carling, 1989 ; Jones et Ball, 1954 in Baglinière et Maisse, 1991).



**Figure 4 : Représentation schématique d'une frayère de truite fario, de sa position dans une séquence mouille radier et de la circulation de l'eau (d'après Ottaway et al, 1981 ; Reiser et al , 1985 in Baglinière et Maisse, 1991)**

La description de la composante granulométrique a été réalisée de manière visuelle avec l'aide d'un gabarit selon l'échelle granulométrique déterminée par Malavoi et Souchon en 1989.

Le colmatage du substrat des frayères a été estimé selon la méthode d'évaluation du degré de colmatage et d'enchâssement des matériaux du substrat alluvial (Archambaud et al. 2005 in Malavoi et Bravard, 2010), annexe 1.

Lors des prospections, les zones potentielles de reproduction déterminées par Abad en 1986 ont été validées ou déclassées suivant l'évolution et la modification du substrat de l'écoulement ou du degré de colmatage du substrat.

Les différentes caractéristiques des frayères ont été enregistrées dans la base de données frayères liée aux objets cartographiés.

Les limites du secteur cartographié sont les limites de l'étude, à savoir la Garonne du Plan d'Arem jusqu'à la confluence avec la Neste.

## 2.5 Suivi des échouages piégeages

Parmi les premiers stades du développement des jeunes salmonidés, l'émergence constitue la phase pendant laquelle les alevins sont les plus sensibles aux éclusées. En effet, les suivis d'échouages-piégeages réalisés sur la Maronne ont montré que les éclusées touchent les alevins les plus petits sur le stock présent en rivière, donc les derniers nés par rapport au moment où survient l'éclusee (Lascaux et al, 2006).

L'émergence va se produire au bout de 620 à 765 degrés-jours pour la truite et 800 à 850 degrés-jours pour le saumon (tableau 4), soit, sur la Garonne amont et suivant la température de l'eau, entre la fin du mois de mars et le mois d'avril. Lors de cette période, les débits de la Garonne sortent de l'étiage hivernal.

Au printemps 2011, des passages réguliers ont été effectués en mars et avril pendant la période d'émergence des alevins (vérification de la présence d'échouage-piégeage).

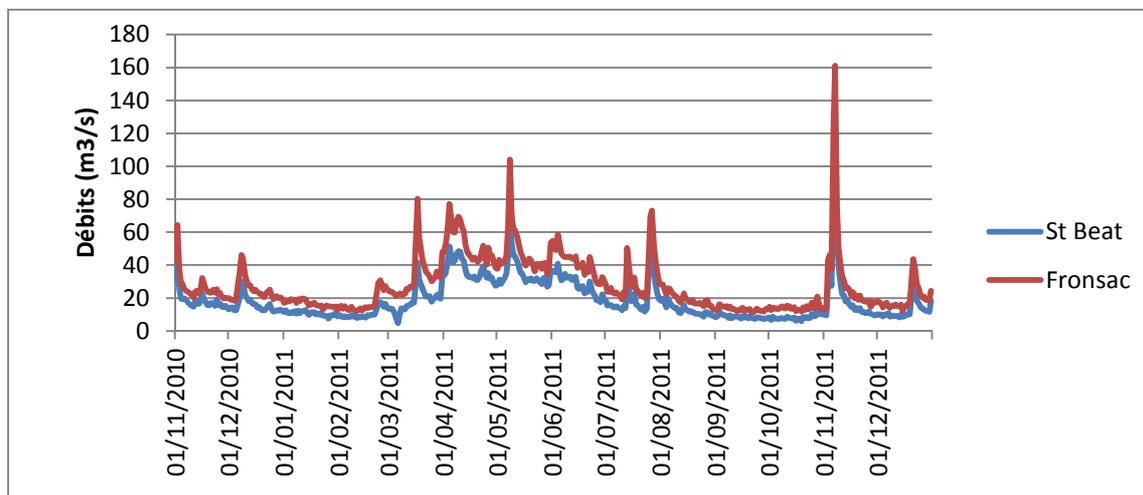
	<b>Truite commune (<i>salmo truita</i>)</b>	<b>Saumon atlantique (<i>salmo salar</i>)</b>
<b>Eclosion</b>	400 à 420 degrés jours après la fécondation	405 à 480 degrés jours après la fécondation
<b>Emergence</b>	620 à 765 degrés jours après la fécondation	800 à 850 degrés jours après la fécondation

**Tableau 4 : Nombre de degrés jours nécessaires pour l'éclosion et l'émergence chez la truite et le saumon atlantique (d'après Baglinière et al 1990, Elliot 1994, Bilard, 1997 et Richard 1998 in Lascaux et al 2006)**

### 3. RESULTATS

#### 3.1 Fonctionnement hydraulique de la Garonne

Pendant la période d'étude, les débits de la Garonne mesurés aux stations de St Beat et de Fronsac présentent des valeurs saisonnières comparables aux moyennes réalisées depuis 2011 (voir § 1.4.1).



**Figure 5 : Débits moyens journaliers de la Garonne mesurés au niveau des stations de St Beat et Fronsac pendant le déroulement d'étude.**

Les débits de la Garonne à pas de temps variables ( $Qtvar$ ) ont été étudiés au niveau des deux stations de mesures présentes sur le secteur d'étude, pour les mois où apparaissent les principales phases sensibles du développement des salmonidés (décembre 2010, avril et septembre 2011, figures 5 et 6).

Globalement, les deux stations apportent des informations similaires : des variations artificielles importantes des débits (de 5 à 42 m<sup>3</sup>/s) sont présentes au moins une fois par jour pour les trois périodes étudiées.

C'est au mois de décembre, période de la reproduction naturelle, que les gradients de hausse et de baisse des débits sont les plus faibles (maxima de 26 (m<sup>3</sup>/s)/h et -29 (m<sup>3</sup>/s)/h à St Beat et de 65 (m<sup>3</sup>/s)/h et -57 (m<sup>3</sup>/s)/h à Fronsac). Le débit de base minimum pour cette période est de l'ordre de 8 m<sup>3</sup>/s à St Béat et de 15 m<sup>3</sup>/s à Fronsac.

En avril, période de l'émergence des alevins, le débit de base est le plus élevé (de 15 à 40 m<sup>3</sup>/s à St Béat et de 30 à 60 m<sup>3</sup>/s à Fronsac). C'est aussi dans cette période qu'apparaissent les plus fortes amplitudes de débits d'éclusées (42 m<sup>3</sup>/s) et les plus forts gradients de hausse et de baisse des débits (jusqu'à 183 (m<sup>3</sup>/s)/h et -108 (m<sup>3</sup>/s)/h à St Beat et de 103 (m<sup>3</sup>/s)/h et -73 (m<sup>3</sup>/s)/h à Fronsac).

Lors de l'étiage de septembre, quand les zones de grossissement sont les plus sensibles aux exondations, le débit de base minimum est de 5 m<sup>3</sup>/s à St Beat et près de 10 m<sup>3</sup>/s à Fronsac. Dans cette période, la valeur des hausses de débit ne dépasse que très rarement la valeur du débit de base. Les gradients maximum de hausse et de baisse des débits sont de 55 (m<sup>3</sup>/s)/h et -43 (m<sup>3</sup>/s)/h à St Beat et de 58 (m<sup>3</sup>/s)/h et -18 (m<sup>3</sup>/s)/h à Fronsac.

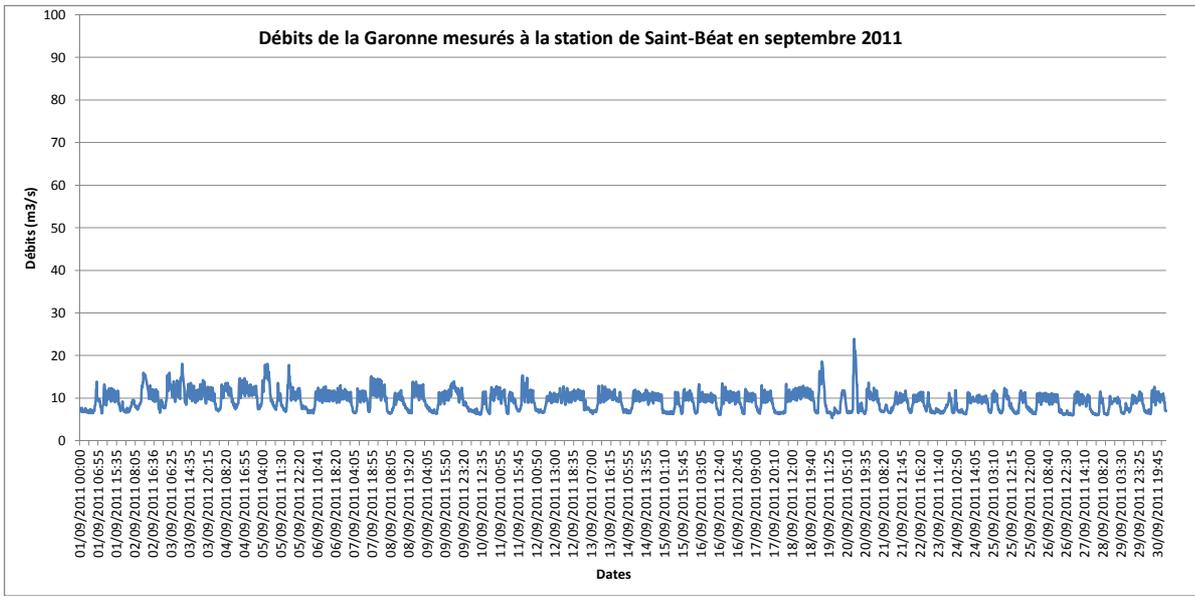
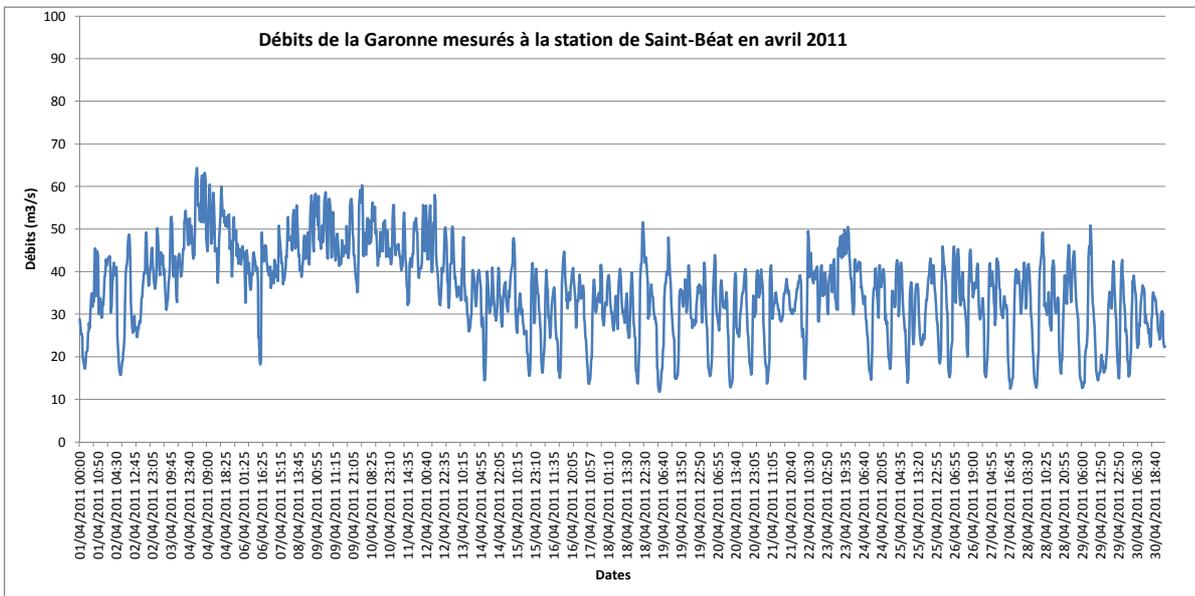
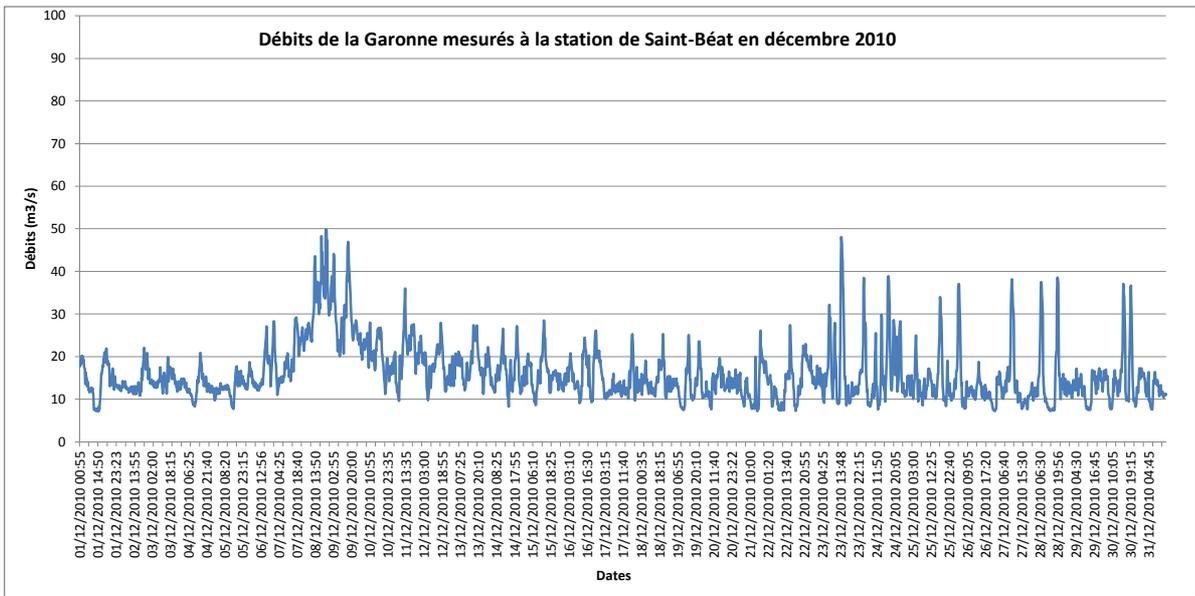
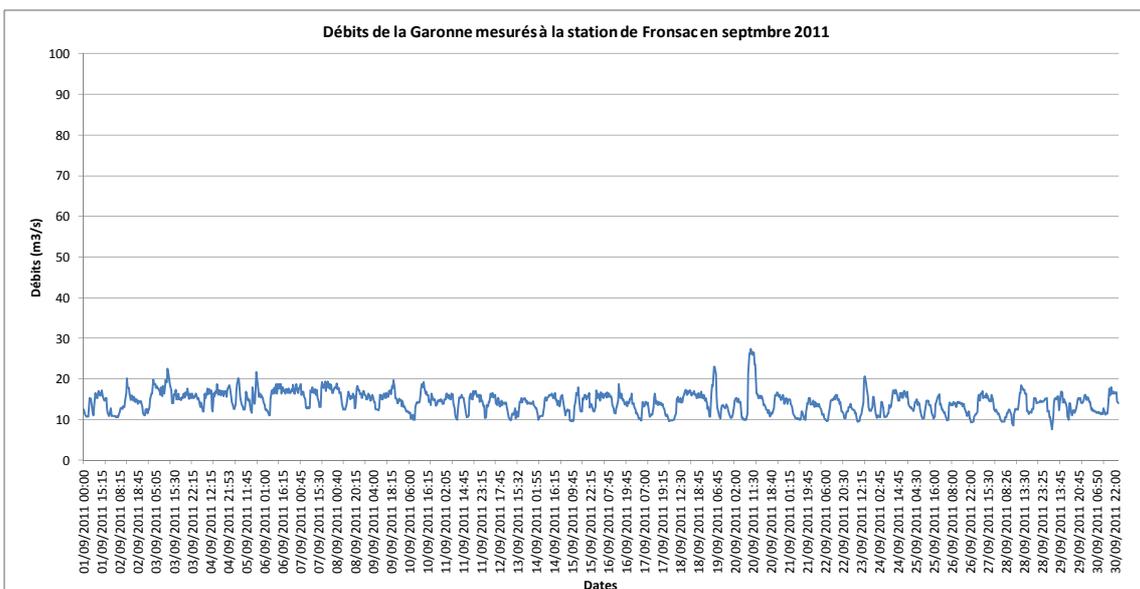
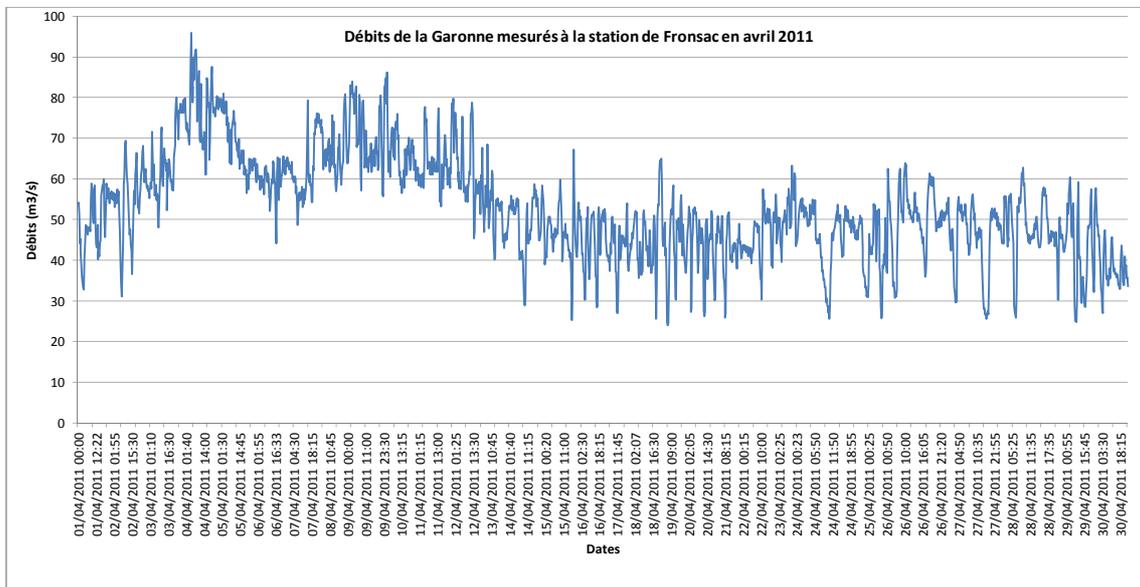
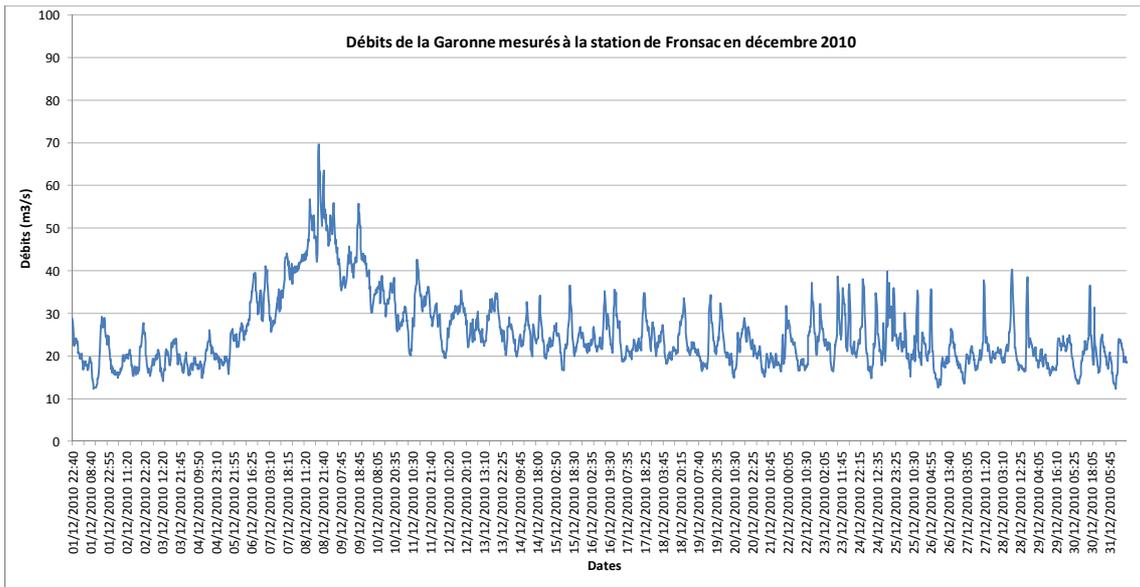


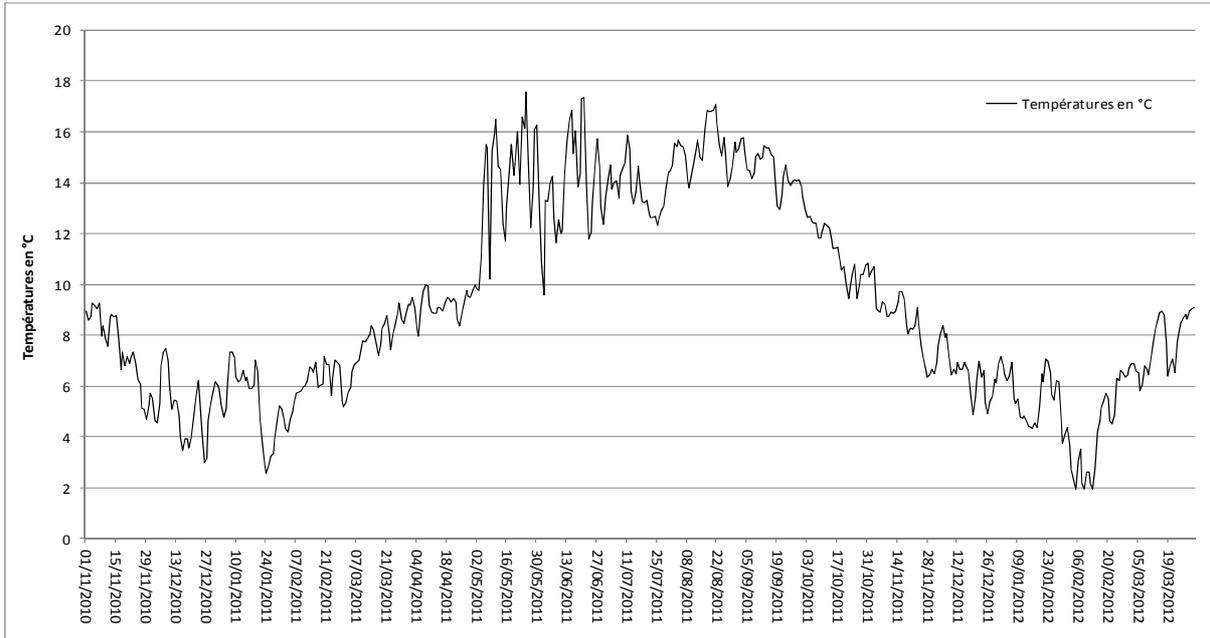
Figure 6 : Débits de la Garonne enregistrés à pas de temps variables (QTVAR) à la station de St Béat (exprimé en m3/s) pour les mois de décembre 2010 avril 2011 et septembre 2011.



**Figure 7 : Débits de la Garonne enregistrés à pas de temps variables (QTVAR) à la station de Fronsac (exprimé en m<sup>3</sup>/s) pour les mois de décembre 2010 avril 2011 et septembre 2011.**

### 3.2 Suivi du régime thermique

Les températures de l'eau de la Garonne enregistrées pour l'automne 2010 et l'année 2011 au niveau de Loures Barrousse sont représentées sur le graphe de la figure 7.

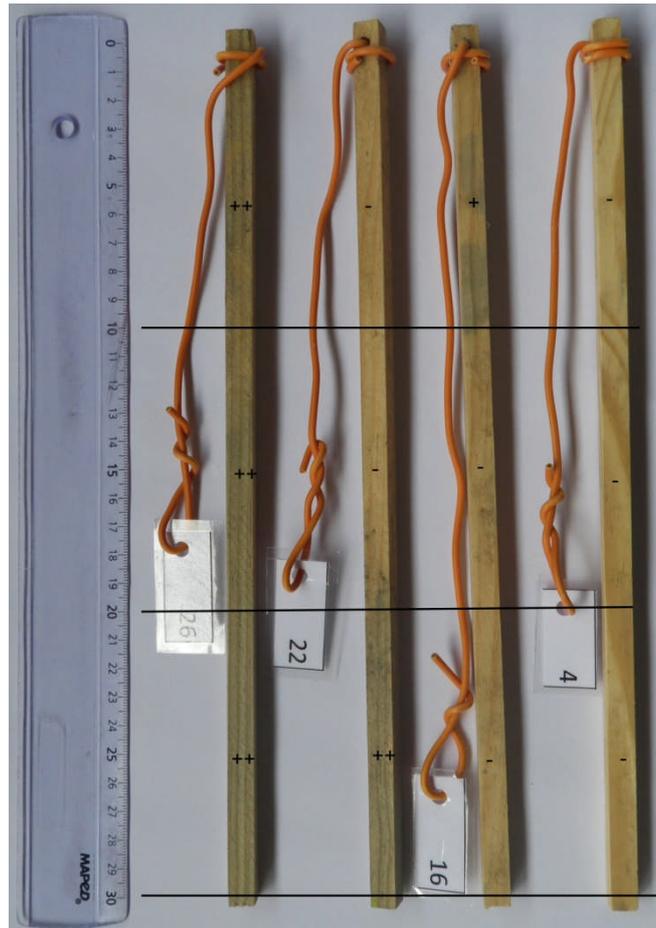


**Figure 8 : Températures moyennes journalières de l'eau de la Garonne mesurées à Loures Barrousse pendant le déroulement de l'étude.**

Le régime thermique enregistré sur la Garonne amont correspond bien aux exigences biologiques des salmonidés.

### 3.4 Caractérisation de la présence de nuisances pour la fraie et la survie embryolarvaire

La mesure de l'oxygénation du substrat des frayères par la méthode des substrats artificiels a permis de déterminer la profondeur d'oxygénation. Lors de l'analyse des résultats, la répartition en altitude des taches sombres sur les bâtons de pin a été subdivisée en 3 zones : de 0 à -10 cm, de -10 cm à -20 cm et de -20 cm à -30 cm. Aussi, 3 classes de dégradation par les bactéries en milieu anoxique ont été déterminées : - milieu oxygéné, + présence localisée d'anoxie et ++ anoxie complète de la zone (figure 8 et tableau 5).



**Figure 9 : Exemple de la détermination des zones hypoxies sur les bâtons de pin après séjour dans le substrat.**

Dans le cours de la Garonne, seul le bâton de la station 4 a marqué la présence d'anoxie dans le substrat de la frayère. Cette observation est d'autant plus regrettable que cette station se trouve à proximité d'une activité avérée de reproduction (présence de grattés et de nids de ponte). Pour l'ensemble des autres stations, il n'a pas été décelé dans les limites de cette méthode de problème d'anoxie en milieu hyporéique.

Les stations les plus pénalisées se retrouvent sur la Pique avec la station de Luret qui apparaît comme très colmatée et donne de très mauvais résultats sur les 3 bâtons, la station de la carrosserie où une frange anoxie a été mesurée mais dans la partie inférieure de la frayère (altitude entre -20 cm et -30 cm). Le canal d'Estenos montre pour la station amont un déficit d'oxygène dans la partie haute du bâton (premiers 10 cm sous les graviers).

Dans la limite de la fiabilité de la méthode utilisée, les résultats indiquent globalement que le risque d'anoxie dans le substrat des frayères est possible mais semble limité dans le lit de la Garonne. La composition des matières fines qui colmatent les interstices au niveau des frayères semble plutôt être d'une d'origine minérale qu'organique.

N° Station	Nom Station	Cours d'eau	N° Bâtons	Zone de 0 à 10cm	Zone de 11 à 20cm	Zone de 21 à 30cm
1	Gallié	Garonne	1	-	-	+
			2	-	-	-
2	Pont d'Ore	Garonne	3	+	+	-
			4	-	-	-
			5	-	-	-
3	Amont SNCF Fronsac	Garonne	6	-	-	-
			7	-	-	-
4	Gery	Garonne	8	+	+	+
			9	-	-	-
			10	-	-	+
5	Fos aval Melles	Garonne	11	-	-	-
			12	-	-	-
			13	-	-	-
6	Ruisseau Lez	Lez	14	-	-	-
			15	-	-	-
7	Amont canal	Estenos	16	+	-	-
			17	-	-	-
8	Canal à Estenos	Estenos	18	-	-	-
9	Aval cabane chasseur	Estenos	19	-	-	-
			20	-	-	-
			21	-	-	-
10	Carrosserie	Pique	22	-	-	++
			23	-	-	-
			24	Perdu	Perdu	Perdu
11	Luret	Pique	25	+	-	+
			26	++	++	++
			27	++	++	++

**Tableau 5 : Résultats par station du suivi de l'oxygénation du substrat des frayères.**

### 3.5 Suivi des échouages piégeages

Lors de ce suivi, les observations réalisées dans des conditions de forts débits printaniers n'ont pas permis de trouver des poissons échoués. En effet, les sites repérés (bancs de galets, cartographiés comme exondables (voir § 3.6) et susceptibles de piéger les poissons sont apparus immergés dans la période où l'émergence des alevins devait se faire.

La configuration générale du lit mineur de la Garonne dans le secteur étudié ne semble pas propice au piégeage des alevins dans la période de forte hydrologie due à la fonte du manteau neigeux pyrénéen.

Dans la période sensible de l'émergence des alevins, les variations du niveau de l'eau dues aux éclusées sont sans influence sur l'exondation des zones colonisées par les jeunes alevins du fait de l'importance du débit de base (voir § 3.1).

L'impact des éclusées sur la phase d'émergence ne serait donc pas à rechercher directement par des mortalités dues à des phénomènes d'échouages piégeages sur la Garonne amont.

Pour les jeunes stades plus avancés (alevins nageant et pré estivaux), il n'a pas été observé de mortalité sur les individus repeuplés depuis 1999. Les résultats des suivis réalisés dans le cadre du programme de repeuplement en juvéniles de saumons sur ces secteurs de la Garonne (pêches électriques, suivis à la dévalaison à Pointis et Camon) permettent de valider les habitats de la Garonne comme très productifs.

### **3.6 Cartographie et évaluation de la capacité d'accueil pour la reproduction naturelle**

La capacité d'accueil pour la reproduction naturelle des salmonidés est donnée pour chaque tronçon cartographié en nombre de sites et en superficie dans le tableau 6.

Le terme « déclassé » correspond aux sites potentiels de la cartographie réalisée en 1986 (Abad, 1886) qui ne correspondent plus aujourd'hui à des zones de reproduction du fait d'une modification dans le temps de leurs caractéristiques.

Les frayères classées de « potentielles colmatées » présentent les caractéristiques des frayères mais ont un degré de colmatage important (à partir du code 3 de la classification donnée par Archanbaud et al. 2005, annexe 1)

Les frayères « actives » correspondent aux sites de pontes où au moins un nid de ponte a été observé lors du suivi de la reproduction naturelle effectué l'hiver 2010-2011.

Au total, 92 sites de la cartographie de 1986 ont été déclassés. Cette diminution du nombre des zones pour la reproduction naturelle des salmonidés est principalement due à une perte des éléments favorables constituant le substrat (graviers et galets). La présence de nombreux barrages en amont de ce secteur de la Garonne ne permet pas un transport solide naturel. Suivant les tronçons, on observe une absence de transport solide (T1 en aval du Plan d'Arem). Un autre facteur diminuant le nombre de zones favorables pour la fraie et l'enfoncement du lit du cours d'eau (SOGREA, 1997).

Ces phénomènes sont les plus prégnants dans la partie amont court circuitée par le barrage du plan d'Arem et conduisent le plus souvent à un pavage du substrat grossier qui devient alors inutilisable par les poissons.

Pour les tronçons situés plus en aval, les affluents permettent quelques apports de matériaux. D'après les estimations réalisées dans le cadre de l'étude de la dynamique fluviale de la Garonne amont (SOGREA, 1997), le transport solide actuel serait, suivant les tronçons, de 3 à 10 fois inférieur à celui que l'on devrait rencontrer naturellement (théorique naturel).

Certaines zones de reproduction peuvent se créer dans des poches de granulométrie favorables récemment créées par une érosion latérale des berges. Ce type de frayère ne peut généralement être utilisé qu'avec des niveaux d'eau élevés. Ces sites sont par leur altitude et leur configuration très sensibles aux éclusées. Une frayère de truite observée dans ces conditions a été retrouvée exondée lors du suivi de la reproduction 2011.

Le colmatage du substrat dû aux matériaux fins a aussi été observé sur de nombreux sites et représente 22% de la superficie totale des sites de reproduction répertoriés. L'impact et l'évolution dans le temps de ce phénomène sur la colonisation des frayères potentielles par les géniteurs et le succès de la reproduction restent à vérifier.

T1 (Frayères F1 à F11)				T5 (Frayères F61 à F81)			
	Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>		Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>
Actives	0	0,00%	0	Actives	2	9,52%	765
Potentielles	3	27,27%	536	Potentielles	4	19,05%	455
Potentielles Colmatées	0	0,00%	0	Potentielles Colmatées	3	14,29%	770
Déclassées	8	72,73%	-	Déclassées	12	57,14%	-
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100,00%</b>	<b>536</b>	<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>100,00%</b>	<b>1990</b>
T2 (Frayères F12 à F22)				T6 (Frayères F82 à F113)			
	Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>		Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>
Actives	0	0,00%	0	Actives	0	0,00%	0
Potentielles	1	9,09%	52	Potentielles	12	37,50%	2846
Potentielles Colmatées	0	0,00%	0	Potentielles Colmatées	3	9,38%	1228
Déclassées	10	90,91%	-	Déclassées	17	53,13%	-
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100,00%</b>	<b>52</b>	<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100,00%</b>	<b>4074</b>
T3 (Frayères F23 à F36)				T7 (Frayères F114 à F147)			
	Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>		Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>
Actives	0	0,00%	0	Actives	0	0,00%	0
Potentielles	4	26,67%	512	Potentielles	11	32,35%	8849
Potentielles Colmatées	0	0,00%	0	Potentielles Colmatées	1	2,94%	1056
Déclassées	11	73,33%	-	Déclassées	22	64,71%	-
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100,00%</b>	<b>512</b>	<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>100,00%</b>	<b>9905</b>
T4 (Frayères F37 à F60)				<b>Bilan T1 à T7 (Frayères F1 à F147)</b>			
	Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>		Nombre	Nbre %	Surface en m <sup>2</sup>
Actives	4	17,39%	685	<b>Actives</b>	<b>6</b>	<b>4,08%</b>	<b>1450</b>
Potentielles	3	13,04%	570	<b>Potentielles</b>	<b>38</b>	<b>25,85%</b>	<b>13820</b>
Potentielles Colmatées	4	17,39%	1289	<b>Potentielles Colmatées</b>	<b>11</b>	<b>7,48%</b>	<b>4343</b>
Déclassées	12	52,17%	-	<b>Déclassées</b>	<b>92</b>	<b>62,59%</b>	<b>-</b>
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100,00%</b>	<b>2544</b>	<b>Total</b>	<b>147</b>	<b>100,00%</b>	<b>19613</b>

**Tableau 6 : Nombre et superficies des frayères à salmonidés recensées sur la Garonne pour chaque tronçon cartographié (actives, potentielles, colmatées et nombre de sites potentiels déclassés depuis 1986).**

## 5 - CONCLUSIONS

---

Cette étude constitue une première étape dans le suivi des habitats piscicoles du haut bassin de la Garonne. La cartographie réalisée a permis de faire un état des lieux et pourra servir de base pour mesurer les évolutions futures de l'habitat.

Ce secteur de la Garonne est largement soumis aux éclusées dont les amplitudes et les gradients de variations de débit différent selon les saisons. Les résultats obtenus grâce aux différents suivis mis en place (suivi des frayères, observation du colmatage du substrat, mesure de l'oxygénation dans le substrat des frayères...) ont permis d'appréhender les problèmes en fonction des saisons.

Pendant la période printanière, où les forts débits dus à la fonte du manteau neigeux pyrénéen rendent la Garonne moins sensible aux variations de niveau d'eau, il n'a pas été observé de phénomène « d'échouage piégeage » des alevins.

En période d'étiage estival, les éclusées induisent des exondations de plages de galets favorables au développement des juvéniles. Mais les surfaces découvertes ne représentent ici qu'une très faible proportion de l'ensemble des zones d'accueil des juvéniles disponibles sur le linéaire.

En hiver, lors de la fraie des salmonidés, le phénomène d'exondation de frayères a été observé. Les relevés de terrain révèlent pour la Garonne amont un déficit général en granulométrie favorable pour la reproduction des salmonidés ainsi que la présence de colmatage important par des matériaux fins sur de nombreux sites potentiels. Bien qu'il n'ait pas été décelé de problème particulier en matière d'oxygénation du substrat dans les frayères testées à l'aide de la méthode des bâtons hypoxie, la question se pose sur l'évolution du colmatage et du pavage des fonds vis à vis de la fonctionnalité des frayères. Des études supplémentaires devraient être menées afin de déceler l'origine de ce problème (apport de l'amont ou remise en suspension régulière des matériaux fins lors de chaque éclusée).

Même si les régimes artificiels de débits et la configuration générale du lit du cours d'eau ne semblent pas à première vue impacter directement les peuplements piscicoles par des mortalités de type échouage-piégeage, les problèmes tels que l'exondation et le colmatage des frayères ne doivent pas être négligés sur ce secteur de la Garonne qui subit une évolution à la baisse du nombre de sites favorables pour la reproduction en relation avec un mauvais fonctionnement du transport solide.

Face à ces premiers constats, il s'agit de pallier les problèmes de colmatage et de raréfaction des matériaux nécessaires pour la reproduction des salmonidés. Ainsi, la faisabilité de mesures de mitigation, telles que la création ou la réhabilitation de zones de frayères par apport de substrat adapté, devraient être étudiée.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ABAD N., 1986. Inventaire et cartographie des frayères potentielles à saumon et des obstacles à la migration sur la Garonne en amont de Carbonne. 102 p.
- ARCHAMBAUD G., GIORDANO L. et DUMONT B., 2005 : Description du substrat minéral et du colmatage. Note technique. Cemagref Aix-en-Provence, UR Hydrobiologie.
- BAGLINIERE et MAISSE, 1991. La truite, biologie et écologie. INRA Editions 303 p.
- BEALL 1994. Les phases de la reproduction. In Gueguen J.C et Prouzet P. (eds), Le saumon atlantique, Biologie et gestion de la ressource. IFREMER, Plouzané, p. 123-140.
- EAUCEA 2008. Etude de la sensibilité de la Garonne aux éclusées Partie 1 Diagnostic et préconisation et partie 2 analyse sectorielle. Rapports Smeag 65 p. et 90 p.
- ENDERS E.C., SMOKOROWSKI K.E., PENNELL C.J. 2007. Habitat use and fish activity of landlocked atlantic salmon and brook char in a newly developed habitat compensation facility. *Hydrobiologia* 582(1), 133-142.
- COURRET D., LARINIER P., LASCAUX J.M., CHANSEAU M. et LARINIER M., 2006. Etude pour la limitation des effets des éclusées sur la Dordogne en aval de l'aménagement du Sablier pour le saumon atlantique. – Secteur Argentat-Saulières. Rapport MIGADO 8D-06-RT/ GHAAPPE RA.06.02 38p + Annexes.
- COURRET D. et LARINIER M., 2008. Etude pour la définition d'indicateurs pour les éclusées hydroélectriques application au bassin Adour-Garonne.
- CRIPS D.T. et CARLING P.A. 1989 observations on sitting, dimensions and structure of salmonid reeds. *J. Fish. Biol*, 34, 119-134
- LASCAUX J.M., LAGARRIGUE T. et VANDEWALLE F. 2002 à 2012. Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du sablier (Département de la Corrèze et du Lot) en automne et hiver. Rapports ECOGEA pour MIGADO.
- LASCAUX J.M., CAZENEUVE L., LAGARRIGUE T. et CHANSEAU M., 2006. Impacts du fonctionnement par éclusées de l'usine hydroélectrique de Hautefage sur la Maronne : suivi des échouages-pièges des poissons de 2003 à 2005. Rapport MIGADO 7D-06-RT.
- MALAVOI J.R. et BRAVARD J.P., 2010. Éléments d'hydromorphologie fluviale. Eds. de l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques), 224 p.
- MALAVOI J.R. et SOUCHON Y, 1989 : Méthodologie de description et quantification des variables morphodynamiques d'un cours d'eau à fond caillouteux. Exemple d'une station sur la Filière (Haute-Savoie). *Revue de Géographie de Lyon* 64, 252-259.
- MALAVOI J.R. et 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.
- MARMONIER P., DELETERRE Y., LEFEBVRE S., GUYON J. et BOULTON A-J., 2004, A simple technique using wooden stakes to estimate vertical patterns of interstitial oxygenation in the bed of rivers, *Archiv für Hydrobiologie*, n°160 p. 133-143.

MENCHI O. et CARRY L. 2012, Bilan de fonctionnement de la station de piégeage transport de Carbonne en 2011, Suivi de l'activité ichtyologique. Rapport MIGADO 15G-12-RT.

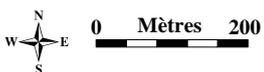
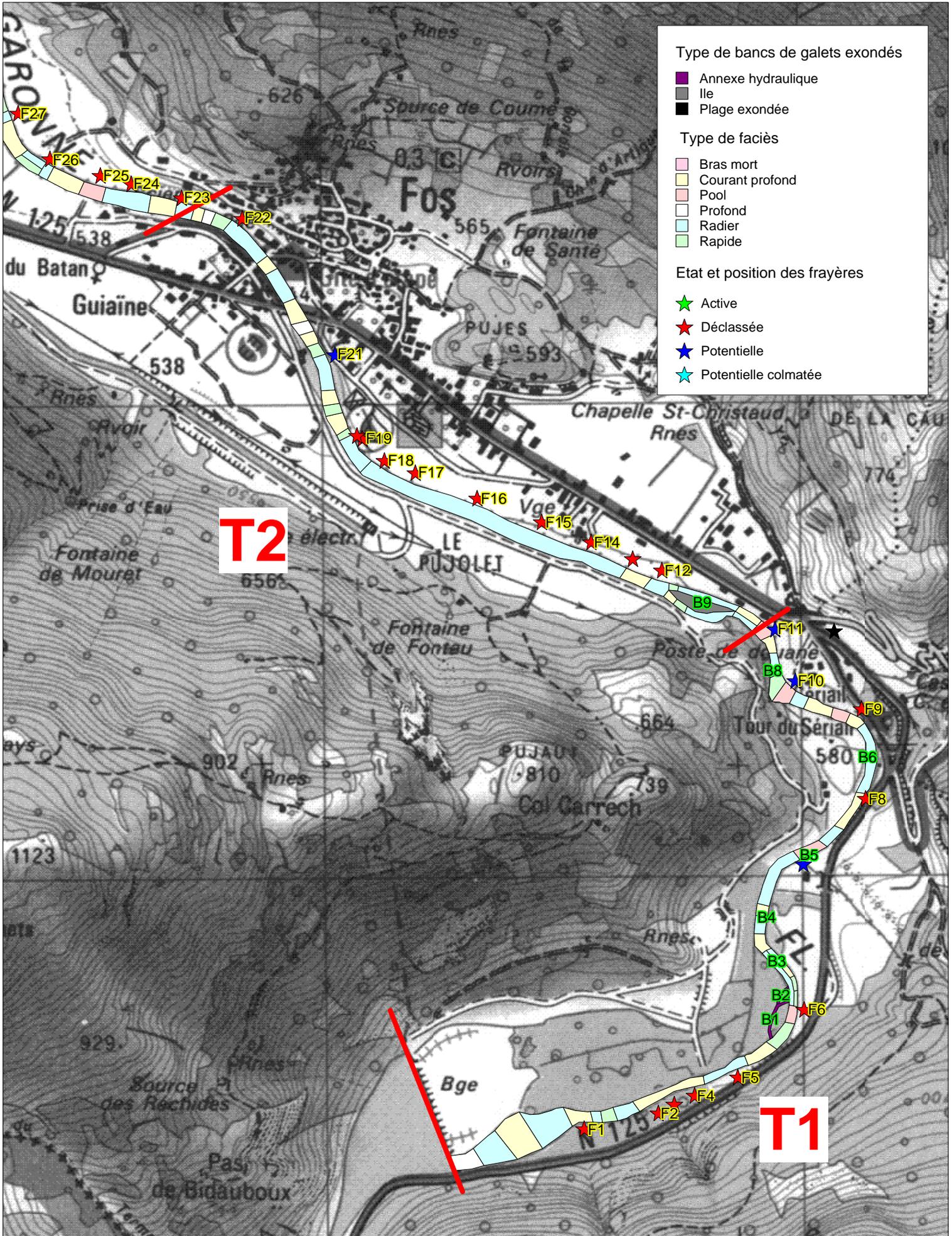
OMBREDANE et BAGLINIERE 2009, Habitats de reproduction du potentiel au fonctionnel. Présentation lors du colloque ONEMA, « Saumon atlantique : pour une bonne gestion des habitats et des salmonicultures de repeuplement » Oloron–Sainte–Marie, 21 & 22 Octobre 2009.

SOGREA, 2007. Etude de la dynamique fluviale de la Garonne amont. Document de synthèse SMEAG.

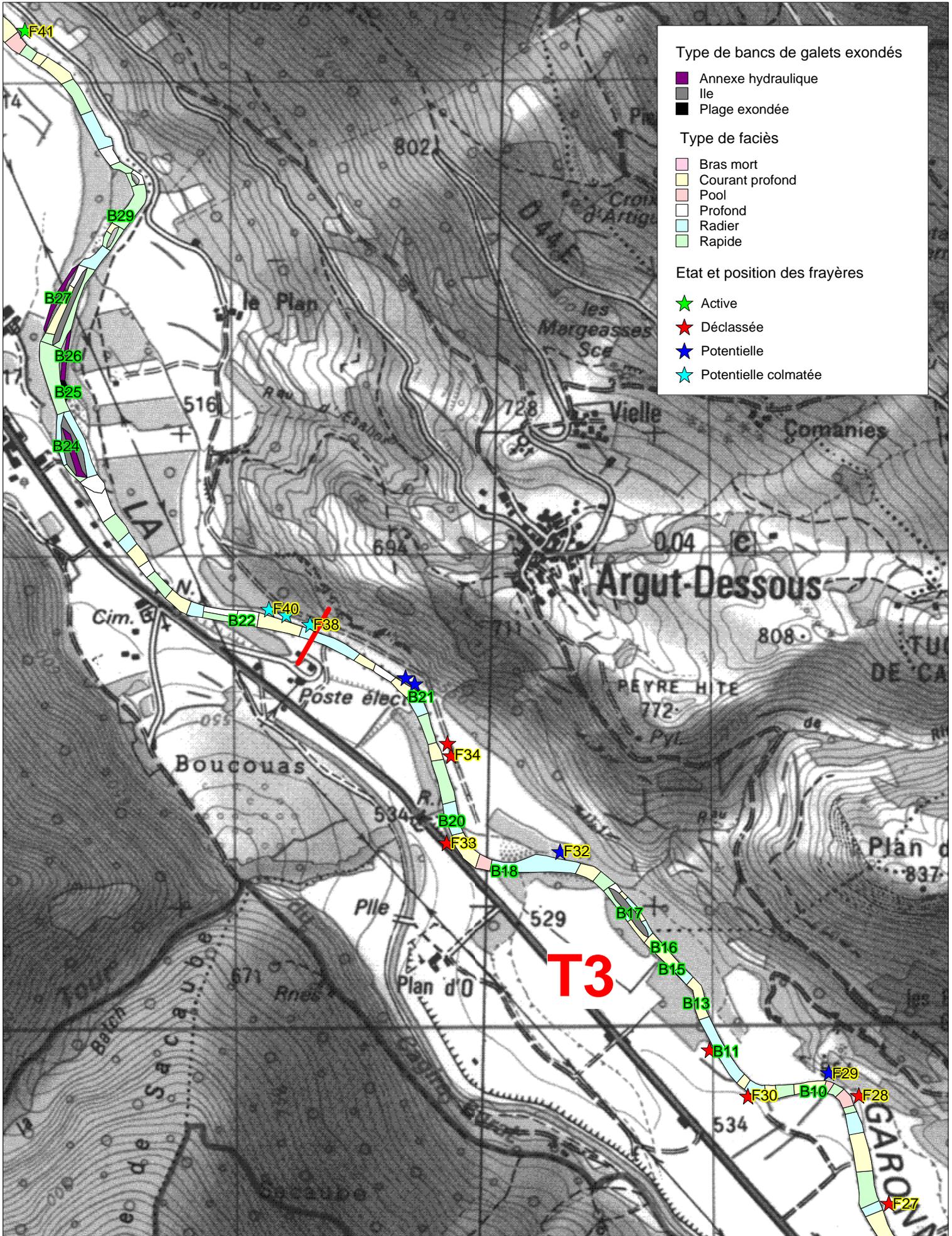
TREMBLAY J., 2006. « Le stick hypoxie » Une nouvelle méthode pour assurer l'oxygénation du lit des rivières. INRA, Numéro spécial, Méthode et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques.

## **PLANCHES CARTOGRAPHIQUES**

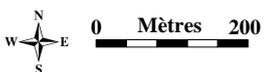
---

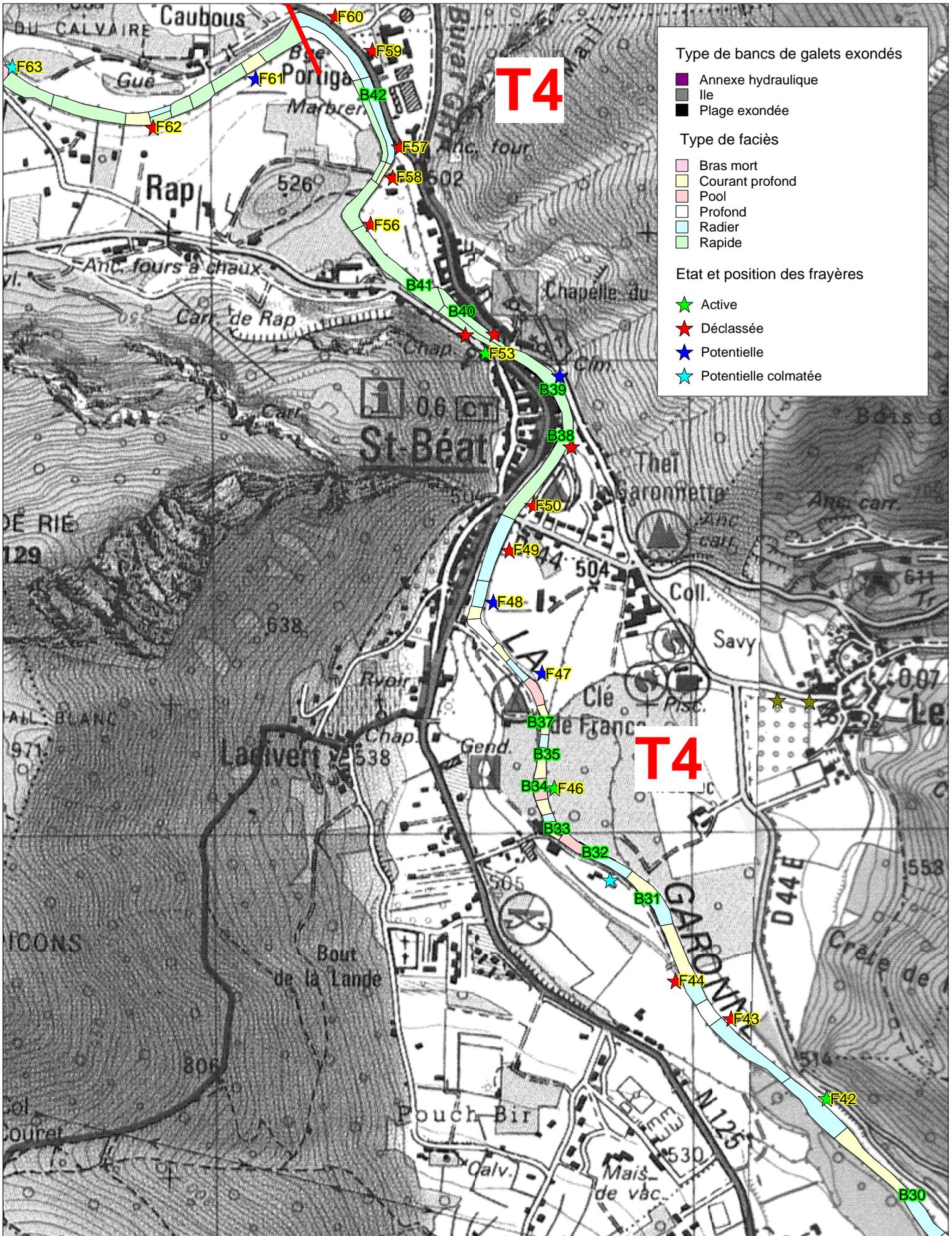


Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 1/13

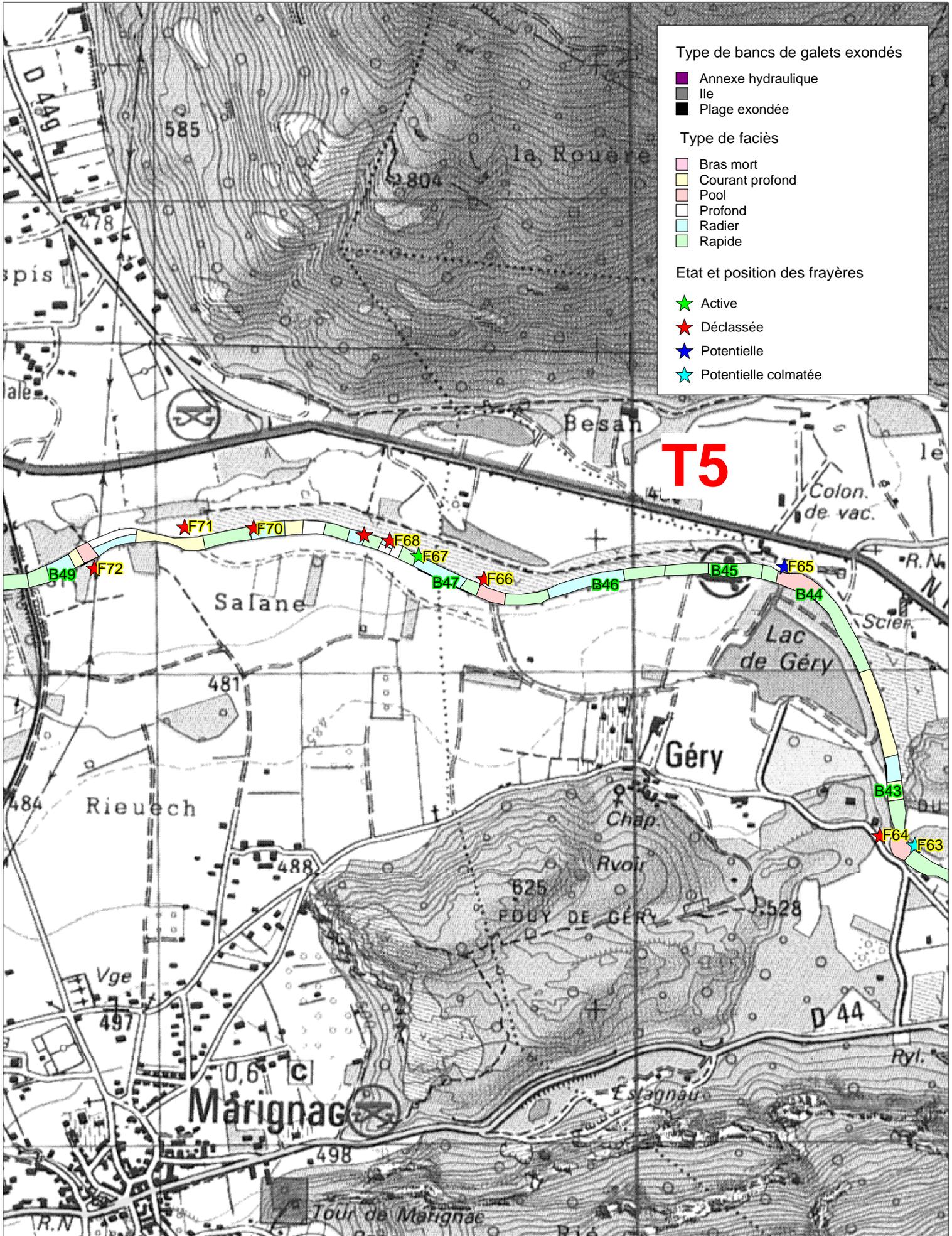


**T3**

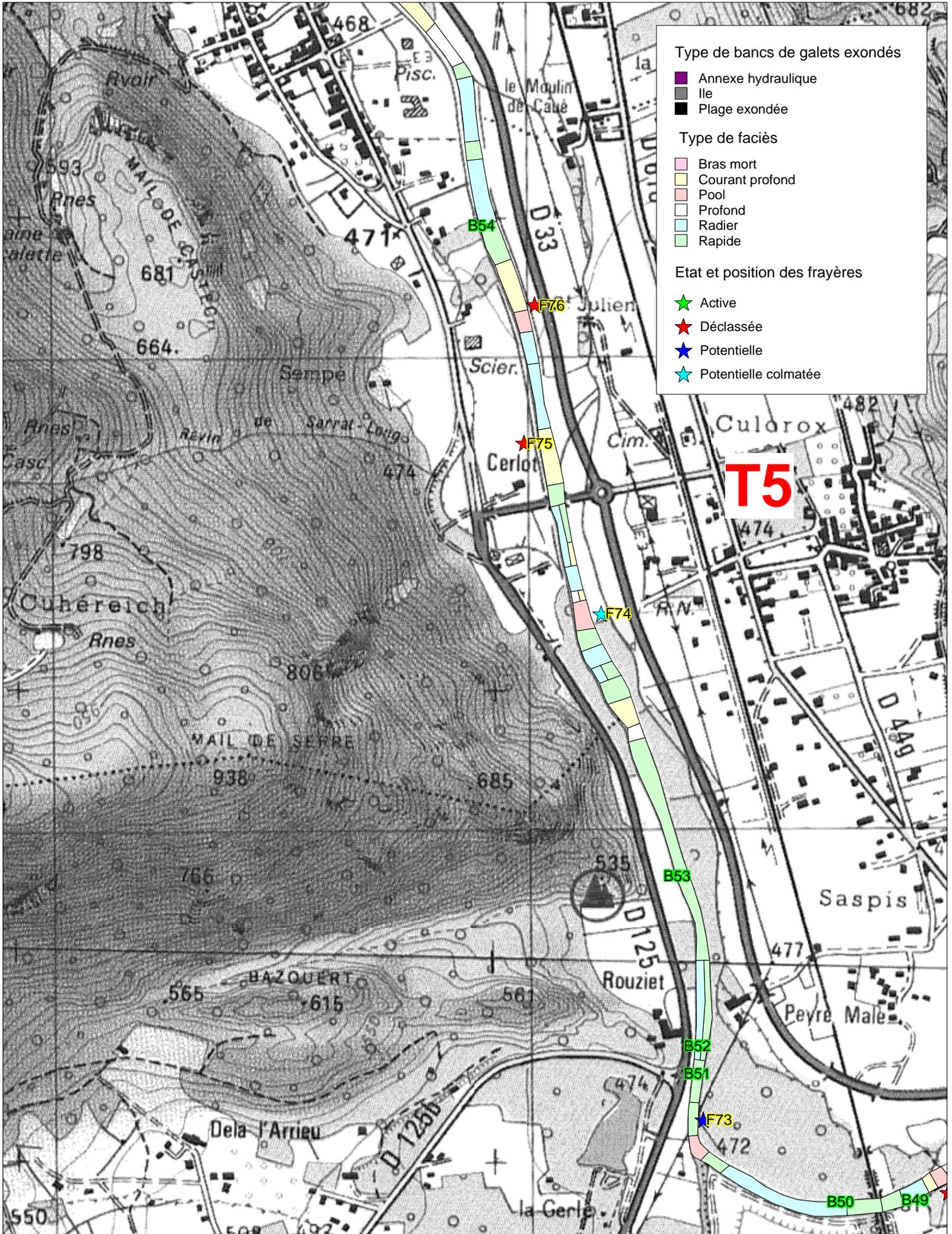


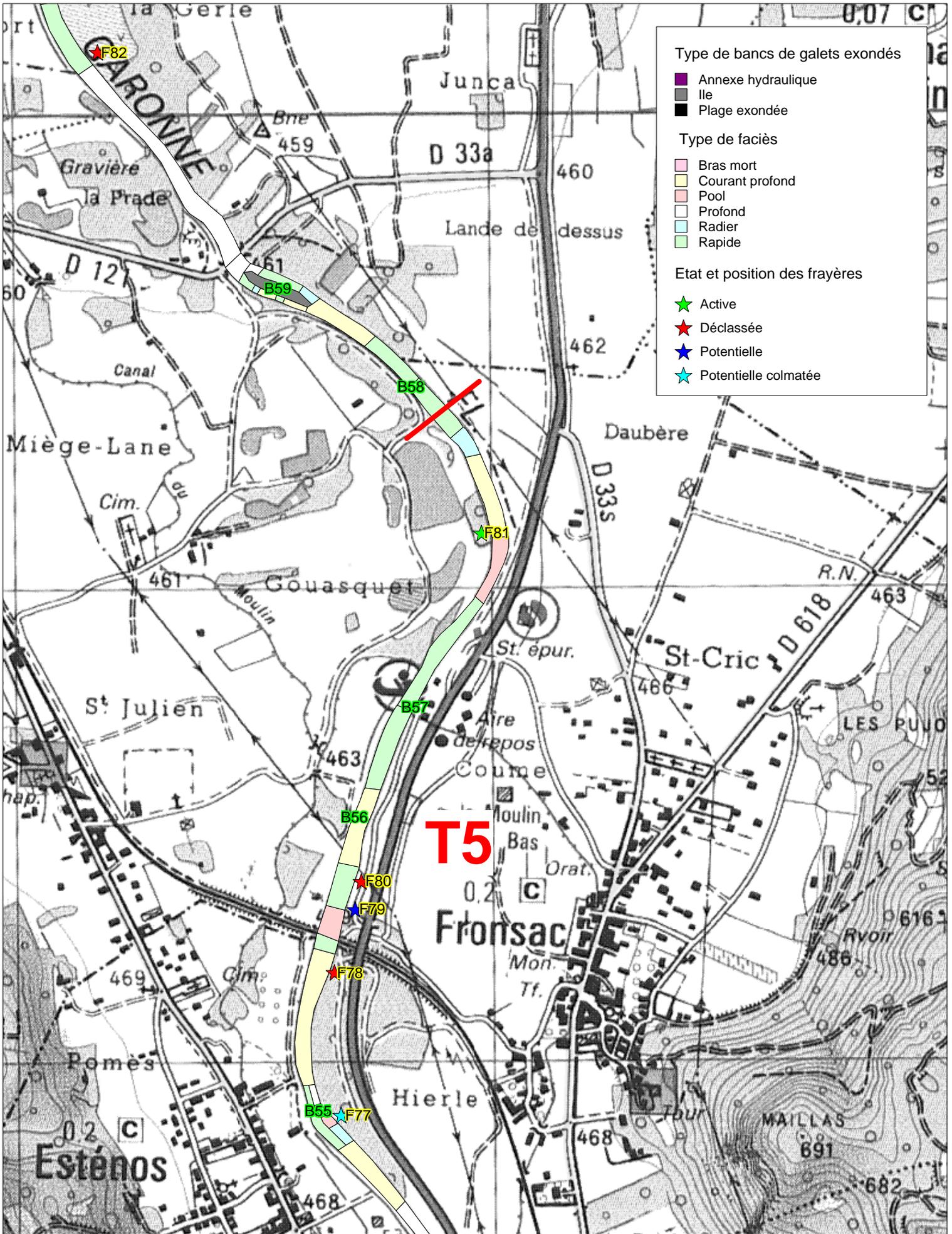


Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 3/13



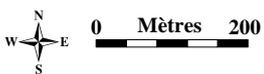
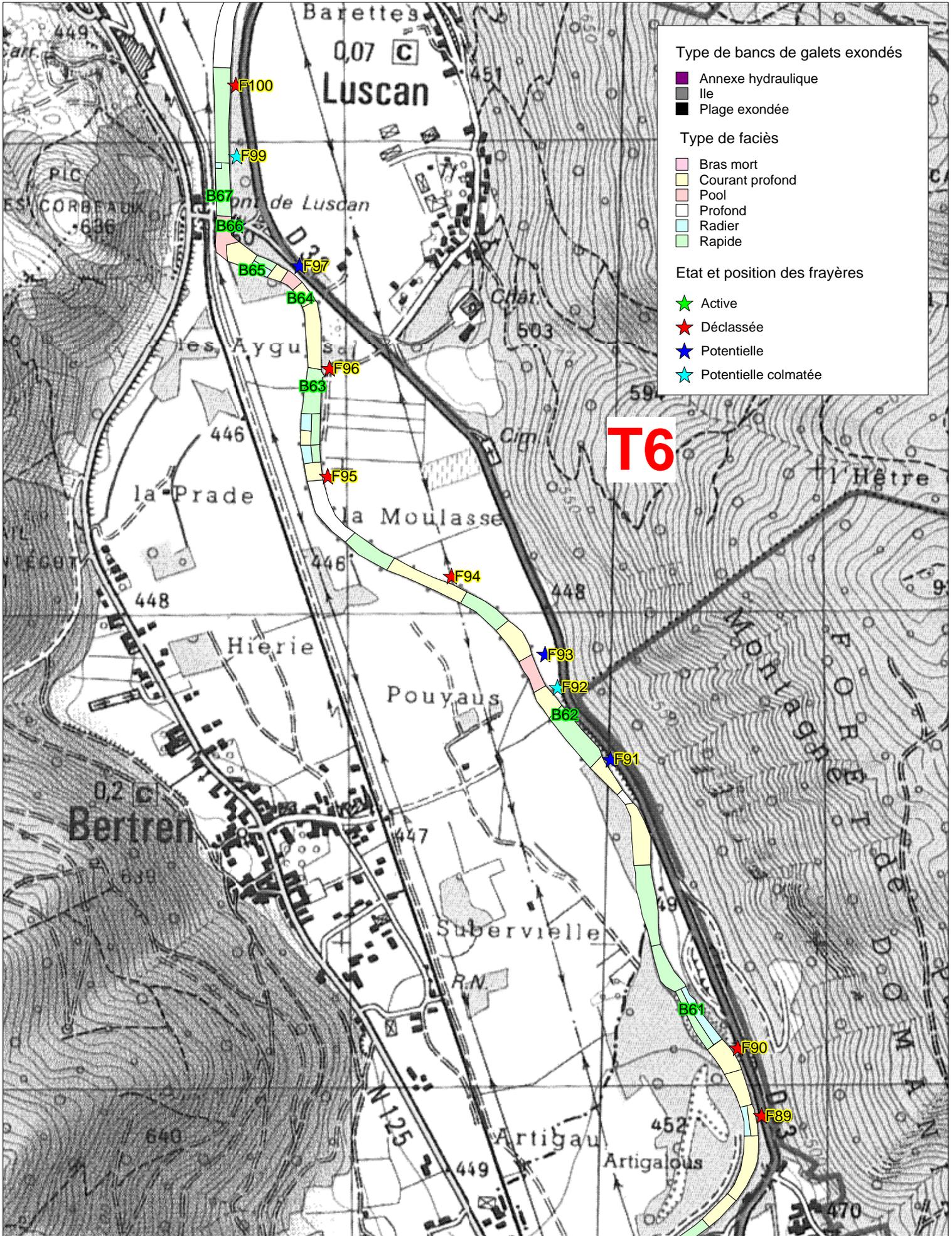
Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 4/13

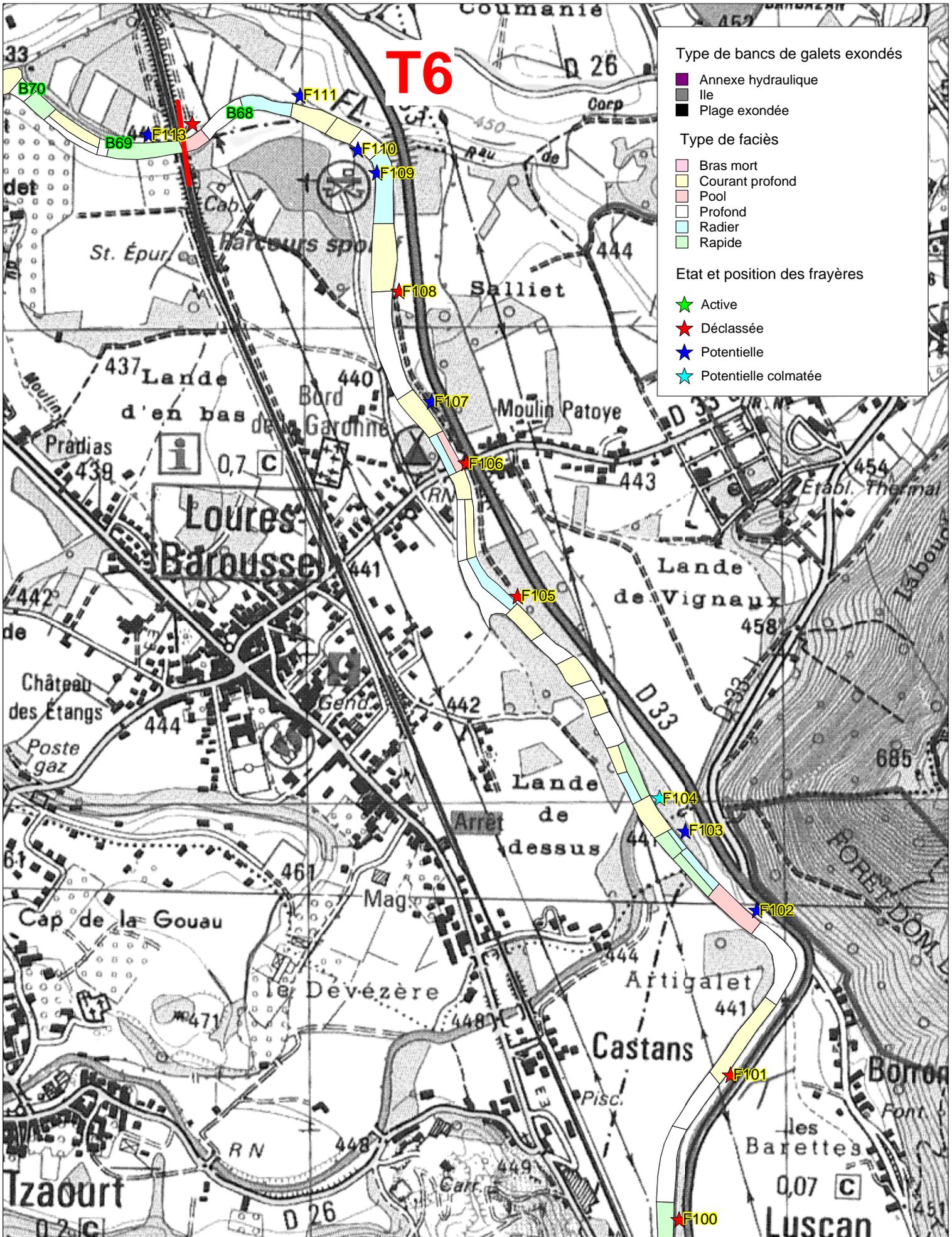




Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 6/13







**Type de bancs de galets exondés**

- Annexe hydraulique
- Ile
- Plage exondée

**Type de faciès**

- Bras mort
- Courant profond
- Pool
- Profond
- Radier
- Rapide

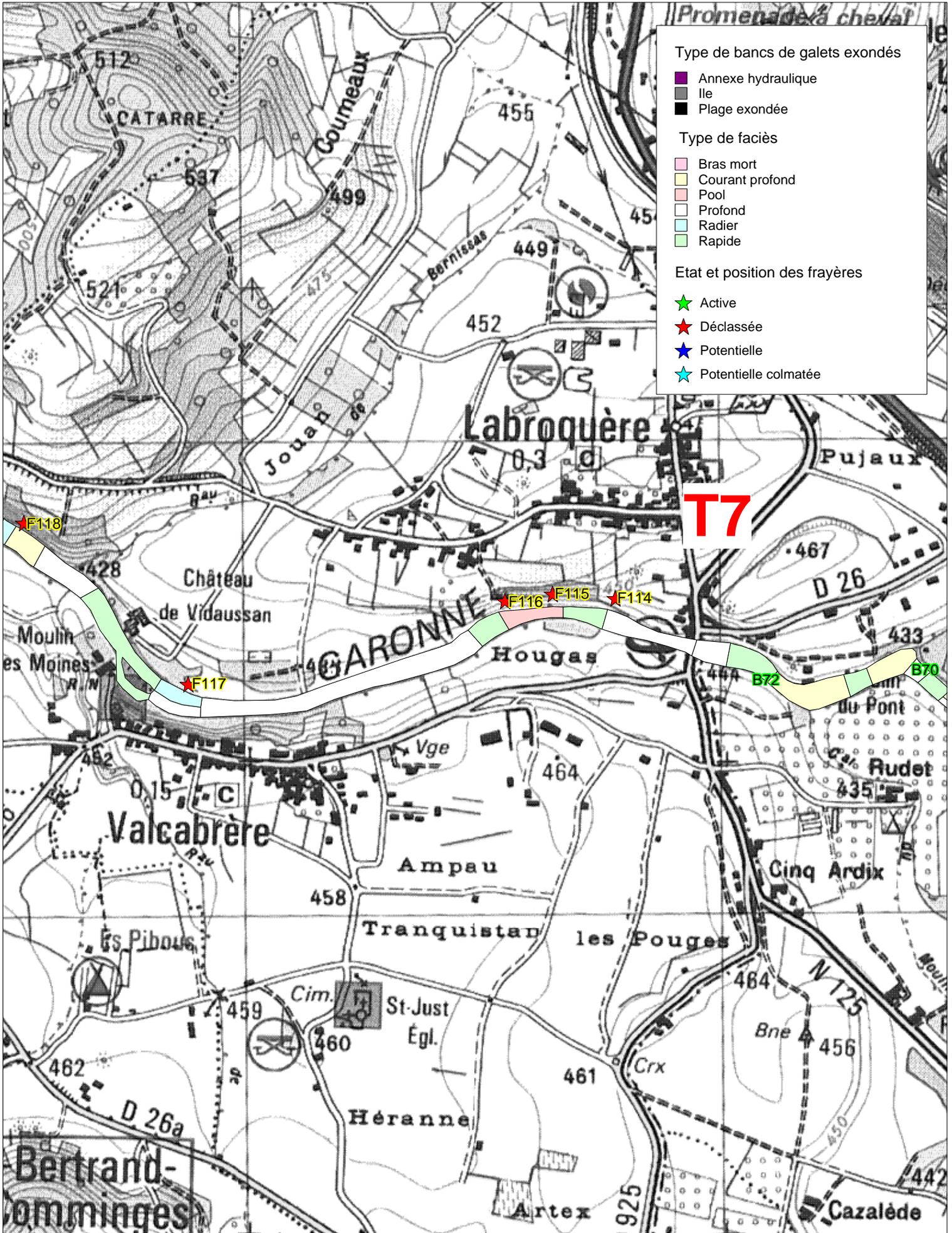
**Etat et position des frayères**

- Active
- Déclassée
- Potentielle
- Potentielle colmatée

**T6**



Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 9/13



Type de bancs de galets exondés

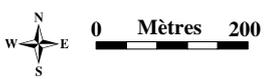
- Annexe hydraulique
- Ile
- Plage exondée

Type de faciès

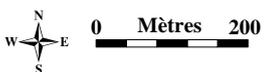
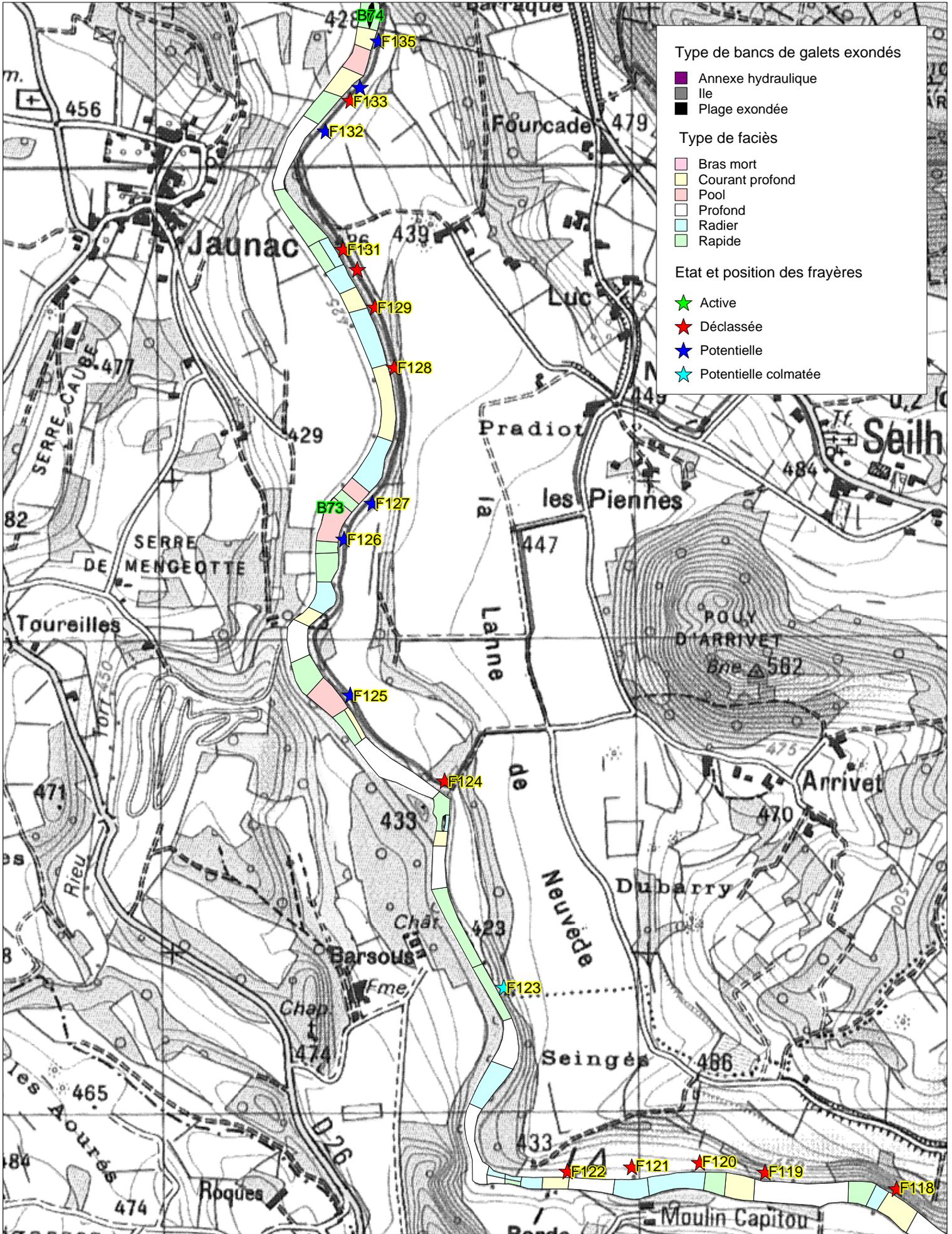
- Bras mort
- Courant profond
- Pool
- Profond
- Radier
- Rapide

Etat et position des frayères

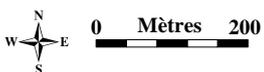
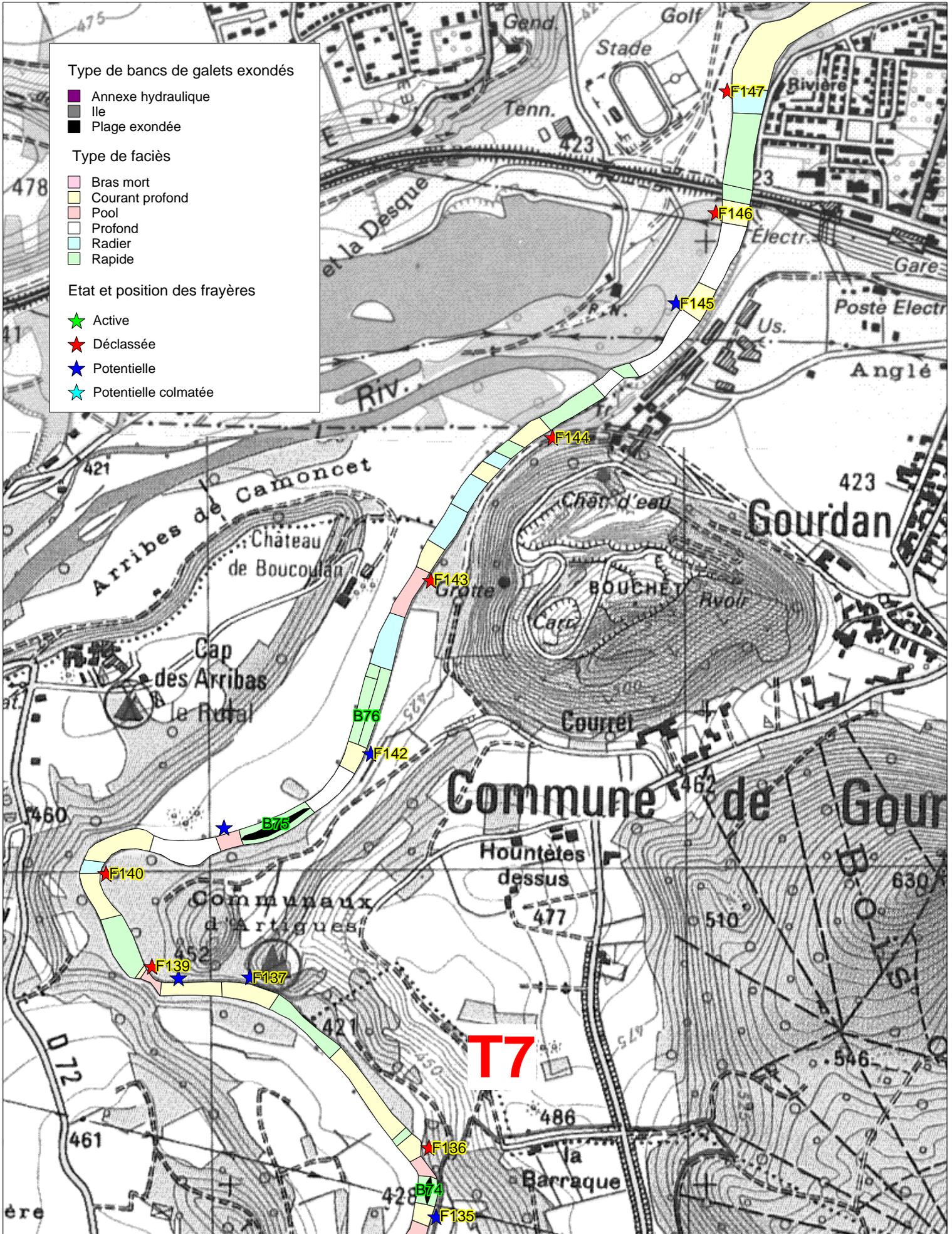
- ★ Active
- ★ Déclassée
- ★ Potentielle
- ★ Potentielle colmatée

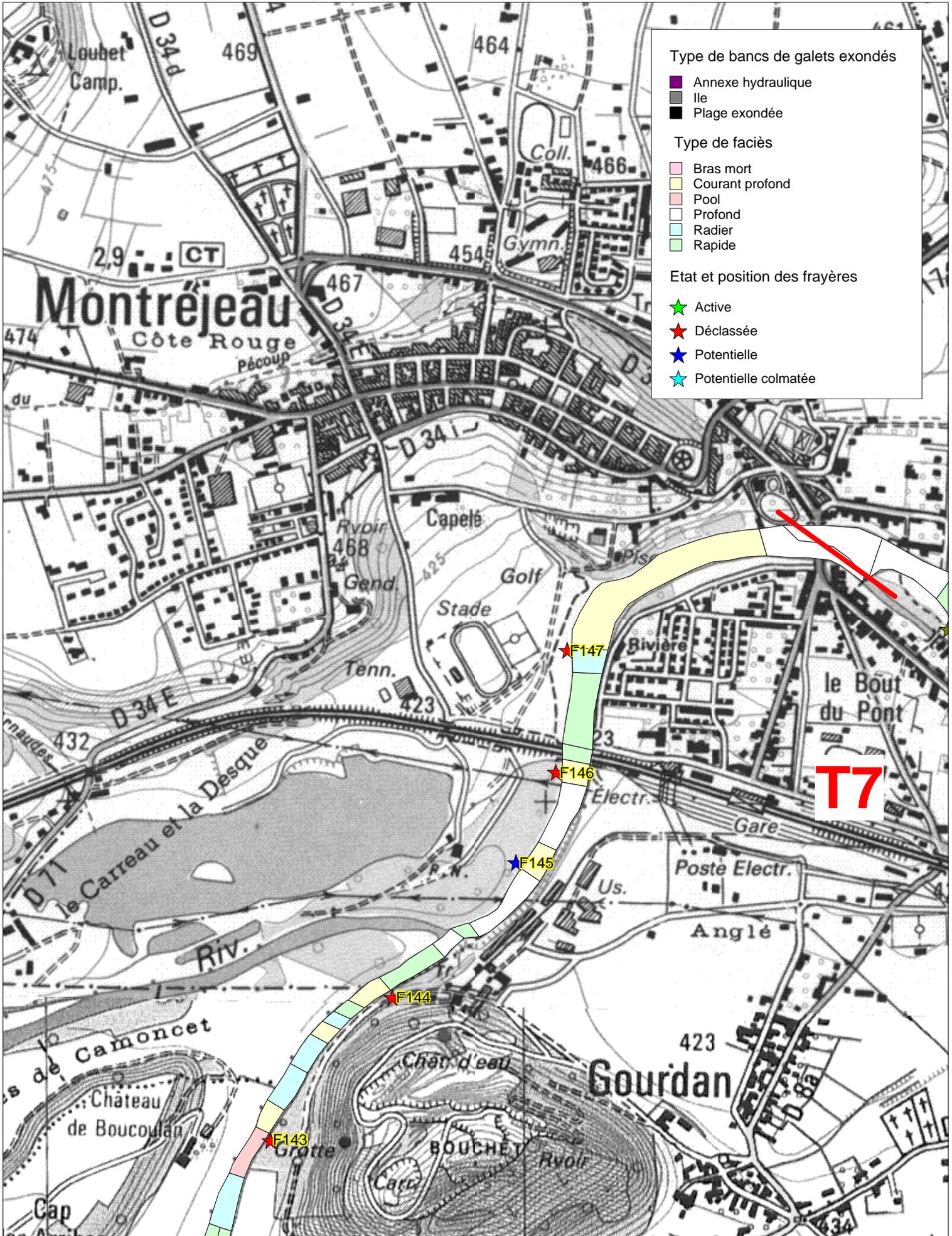


Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 10/13



Cartographie des frayères de salmonidés de la Garonne : planche 11/13





## ANNEXES

---

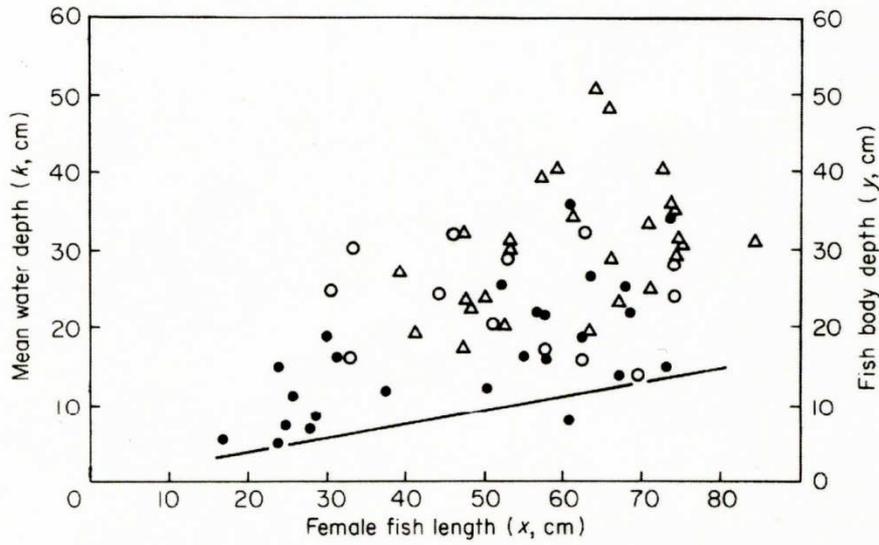
ANNEXE 1 : Relation entre la hauteur d'eau autour de la frayère et la taille de la femelle de salmonidé (Crips et Carling, 1989).

ANNEXE 2 : Vitesses moyennes à 0,6 cm/s de la hauteur d'eau autour de la frayère du salmonidé en fonction de la taille de la femelle dans 3 rivières de Grande Bretagne (Crips et Carling, 1989).

ANNEXE 3: Structure d'une frayère à saumon (Ombredane et Baglinière 2009, traduit d'après Crips et Carling, 1989).

ANNEXE 4 : Evaluation du degré de colmatage et d'enchâssement des matériaux du substrat alluvial (Archambaud et al. 2005 in Malavoi et Bravard, 2010).

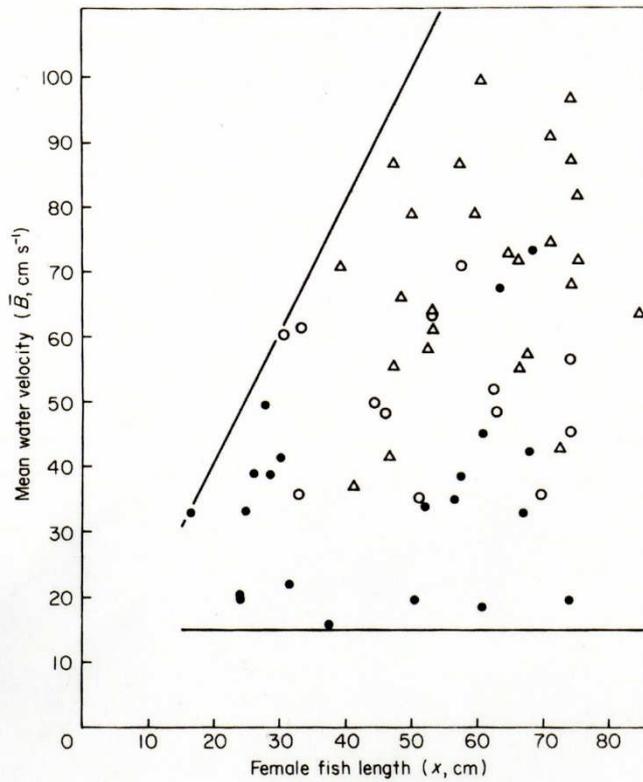
Annexe 1



ANNEXE 1 : Relation entre la hauteur d'eau autour de la frayère et la taille de la femelle de salmonidé (Crips et Carling, 1989).

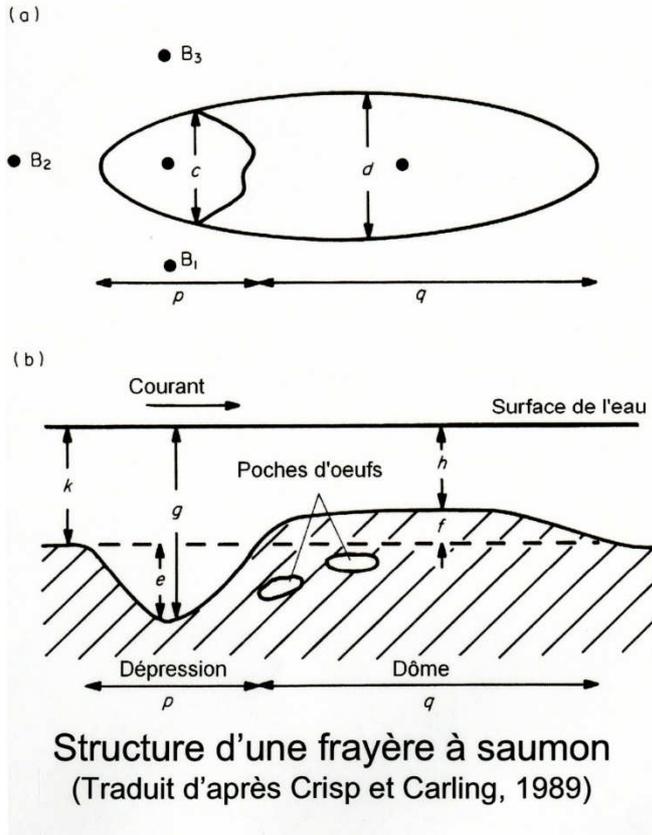
Annexe 2

D. T. CRISP AND P. A. CARLING



ANNEXE 2 : Vitesses moyennes à 0,6 cm/s de la hauteur d'eau autour de la frayère du salmonidé en fonction de la taille de la femelle dans 3 rivières d Grande Bretagne (Crips et Carling, 1989).

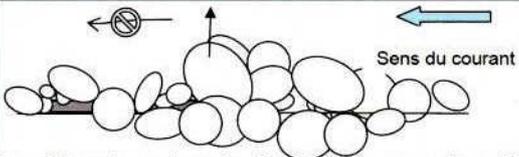
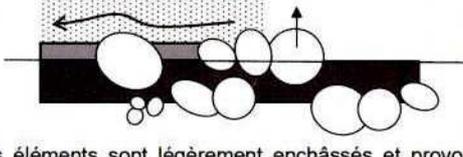
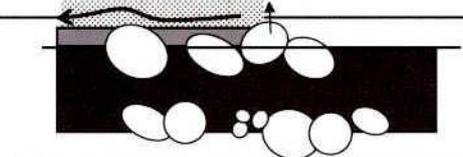
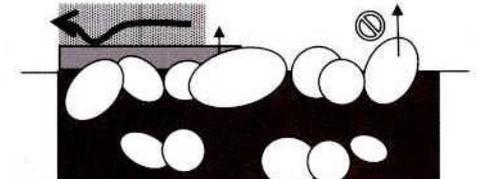
Annexe 3



- Profondeur de la dépression (e) : 20 à 30 cm
- Diamètre de la dépression (c) : 50 à 80 cm
- Largeur (d) : 0,6 à 1,5 m
- Longueur (p+q): 1 à 5 m
- surface de 0,8 à 5 m<sup>2</sup>
- 2 à 10 poches d'oeufs déposés en 2 à 8 jours

ANNEXE 3: Structure d'une frayère à saumon (Ombredane et Baglinière 2009, traduit d'après Crisp et Carling, 1989 et Beal, 1994).

## Annexe 4

Code	Classes de Colmatage	Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond)
1	] 0 - 25%]	 <p>Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite)</p>
2	] 25 - 50%]	 <p>Les éléments sont collés par une sous-couche de limon (avec ou sans limon en dépôt). Le nuage de limon qui se soulève est peu dense.</p>
3	] 50 - 75%]	 <p>Les éléments sont légèrement enchâssés et provoquent un nuage de limon assez épais lorsqu'ils se désolidarisent de la sous-couche.</p>
4	] 75 - 90%]	 <p>Les éléments sont très enchâssés et provoquent un nuage épais de limons (accentué ou non par un dépôt de limons)</p>
5	] 90-100%]	 <p>Les éléments sont recouverts de limons et provoquent un nuage très épais (cas de gauche) ou bien sont entièrement cimentés dans la sous-couche et impossibles à soulever (cas de droite)</p>

ANNEXE 4 : Evaluation du degré de colmatage et d'enchâssement des matériaux du substrat alluvial (Archambaud et al. 2005 in Malavoi et Bravard, 2010).

*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.*