



M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

LES ECLUSEES SUR LA CERE A L'AVAL DE BRUGALES
Analyses hydrologiques, premiers suivis biologiques,
esquisse hydro-morphologique de la rivière



La Cère en aval de Bretenoux (46)

Etude financée par :

Agence de l'Eau Adour Garonne

L. CAZENEUVE

J.M. LASCAUX

février 2008

MI.GA.DO. 4D-08-RT



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE



MI.GA.DO.

ECOGEA

Les éclusées sur la Cère à l'aval de Brugales
Analyses hydrologiques, premiers suivis biologiques, esquisse
hydro-morphologique de la rivière.



La Cère, en aval de Bretenoux (46)



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

Février 2008
MI.GA.DO. 4D-08-RT

Rédacteurs :
L. CAZENEUVE
J.M. LASCAUX

COMPTE RENDU D'ETUDE SOMMAIRE

Rapport de sous-traitance MI.GA.DO./ E.CO.G.E.A.

Auteurs et Titre : (pour fin de citation)

Cazeneuve, L. et Lascaux, J.M., 2008. Les éclusées sur la Cère à l'aval de Brugales - Analyses hydrologiques, premiers suivis biologiques, esquisse hydro-morphologique de la rivière. 21 p + annexes. Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. 4D-08-RT).

Résumé :

Les nombreuses et importantes variations de débit à l'aval de certaines usines hydroélectriques fonctionnant par éclusées sont susceptibles de perturber fortement le milieu aquatique. En ce qui concerne les poissons, les fortes fluctuations des niveaux d'eau peuvent provoquer des exondations de frayères en période de reproduction, des dérives de jeunes alevins et des piégeages de poissons dans les zones du cours d'eau découvertes ou déconnectées par les baisses de débit.

Sur la Cère, les 14 km de cours d'eau compris entre la confluence avec la Dordogne et le barrage-usine de Brugales (infranchissable par les poissons) subissent les éclusées de la chaîne Cère.

C'est aussi sur ces 14 km que viennent se reproduire à la fois saumon, truite de mer et lamproie marine, ce qui confère à la rivière un fort enjeu « migrants ».

La présente étude s'attache dans un premier temps à décrire le fonctionnement hydrologique de la Cère sur les 10 dernières années, puis elle précise ensuite les enjeux « migrants » du cours d'eau, replace les caractéristiques des éclusées de 2006 par rapport à celles de la période 1995-2005, et enfin rend compte des premiers suivis biologiques « échouages-piégeages » et de la prospection hydro-morphologique effectués.

Plusieurs enseignements peuvent être retenus.

Le module de la Cère est de 26 m³/s à Bretenoux.

Le nombre moyen d'éclusées par an est de 140 (période 1995-2005), principalement d'octobre à avril et secondairement en mai, juin et septembre.

Les éclusées sont d'amplitude 7-14 m³/s (1-2 groupes à Brugales) dans 55% des cas et d'amplitude 14-21 m³/s (2-3 groupes à Brugales) dans 32% des cas.

Les gradients de variation moyen sont de 10 m³/s/h à la montée et de 7 m³/s/h à la descente.

Le rapport moyen débit maximum de l'éclusée sur débit de base de l'éclusée est inférieur à 2.

Les éclusées sur la Cère à l'aval de l'usine de Brugales présentent donc des caractéristiques moins drastiques que sur la Maronne. Elles se rapprochent par contre beaucoup (à la nuance de taille de cours d'eau près) des caractéristiques des éclusées de la Dordogne.

Ces éclusées sont susceptibles d'impacter les peuplements piscicoles. De fait, et alors que l'année 2006 a été plutôt moins défavorable en terme d'éclusées que la moyenne des 10 dernières années, des problèmes dans le déroulement du cycle biologique de 10 espèces de poissons ont pu être constatés (mortalités par échouages-piégeages et exondations de frayères).

La prospection hydro-morphologique de la Cère a permis de se rendre compte que, même avec un débit de base de 7 m³/s à Brugales (alors que le débit réservé réglementaire est actuellement de 1 m³/s), il restait encore des sites sensibles, notamment vis à vis de la problématique échouage-piégeage des poissons au printemps. Des travaux d'aménagement, légers, des prises d'eau de certains bras permettraient d'éviter les déconnexions et assèchements de certains sites.

Mots clés : Eclusées, Hydrologie, Echouages, Piégeages, Hydro-morphologie, rivière Cère.

Version : Définitive.

Date : Février 2008.

Table des matières

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Introduction | 1 |
| 2. | La Cère et son régime hydrologique | 1 |
| 2.1. | Les débits caractéristiques de la Cère (1983 à 2006 - Données banque HYDRO) | 3 |
| 2.2. | L'aménagement de Brugales | 4 |
| 2.3. | Les éclusées de 1996 à 2005 | 5 |
| 2.3.1. | Nombre de hausses et de baisses de débit remarquables | 5 |
| 2.3.2. | Rythmes hebdomadaire et journalier | 7 |
| 2.3.3. | Amplitudes des variations | 8 |
| 2.3.4. | Gradients de variations | 9 |
| 2.3.5. | Fréquence de retour au débit réservé lors des éclusées | 10 |
| 2.3.6. | Relation variations de débit - variations de hauteur | 11 |
| 2.3.7. | Comparaisons avec d'autres cours d'eau du bassin fonctionnant par éclusées | 13 |
| 3. | Les enjeux « Migrateurs » sur la Cère | 14 |
| 4. | Caractéristiques des éclusées de l'année 2006 | 14 |
| 4.1. | Généralités | 14 |
| 4.2. | Les amplitudes des baisses de débit de février à juin | 16 |
| 4.3. | Les débits de fin d'éclusées de février à juin | 16 |
| 4.4. | Les gradients de baisses de débit de février à juin | 17 |
| 5. | Premiers suivis des échouages-piégeages | 17 |
| 6. | Prospections du secteur d'étude | 18 |
| 7. | Conclusion et perspectives | 18 |
| 8. | Bibliographie | 19 |

ANNEXE

Les éclusées sur la Cère à l'aval de Brugales

Analyses hydrologiques, premiers suivis biologiques, esquisse hydro-morphologique de la rivière.

1. Introduction

Les nombreuses et importantes variations de débit en aval de certaines usines hydroélectriques fonctionnant par éclusées sont susceptibles de perturber fortement le milieu aquatique. En ce qui concerne les poissons, les fortes fluctuations des niveaux d'eau en aval de certains aménagements peuvent provoquer des exondations de frayères en période de reproduction (voir par exemple concernant les salmonidés **ECOGEA pour MIGADO 2000 à 2006**), des dérives de jeunes alevins qui sont alors très vulnérables (toujours concernant les salmonidés voir par exemple **Liébig, 1998**, ou **Chanseau et Gaudard, 2005**), des échouages et des piégeages de poissons dans les zones du cours d'eau rapidement découvertes ou déconnectées par la baisse du débit (**Saltveit et al, 2001** ; **ECOGEA pour MIGADO, 2006**).

La présente étude s'inscrit dans le cadre du « défi territorial éclusées » lancé par l'Agence de l'Eau Adour – Garonne en novembre 2004 dans son VIII^{ème} programme, en particulier sur les rivières Dordogne, Maronne et Cère. L'objectif du défi est d'améliorer les connaissances concernant l'impact des éclusées sur les milieux aquatiques, les poissons en particulier, afin de proposer des actions concrètes (modification du fonctionnement des aménagements hydroélectriques, aménagements des cours d'eau...) permettant de parvenir à un compromis acceptable par tous les acteurs concernés.

Le présent rapport s'attache dans un premier temps à décrire le fonctionnement hydrologique de la Cère sur les 10 dernières années, puis il précise ensuite les enjeux « migrants » du cours d'eau, replace les caractéristiques des éclusées de 2006 par rapport à celles de la période 1995-2005, et enfin rend compte des premiers suivis biologiques échouage-piégeage et de la prospection hydro-morphologique effectués.

2. La Cère et son régime hydrologique

La Cère prend sa source en Auvergne, au cœur du massif volcanique du Cantal, au col de Font de Cère, à une altitude de 1289 m, entre le puy Griou et le plomb du Cantal. Après 119 km de course, elle rejoint la Dordogne en rive gauche, entre les villages de Girac et Prudhommat dans le département du Lot. Son bassin versant couvre une superficie de 1096 km² à Bretenoux. La Cère, à partir des années 30, a largement été orientée vers la production hydroélectrique.

De l'amont vers l'aval, plusieurs aménagements hydroélectriques y ont été implantés :

- L'ouvrage de Saint Etienne de Cantalès, mis en service en 1945 et dont la capacité utile est de 133,5 millions de m³,
- L'ouvrage de Nèpes, d'une capacité utile de 1,9 millions de m³, mis en service en 1945,
- L'ouvrage de Lamativie, mis en service en 1927, alimenté par la retenue de Montvert,
- La centrale de Laval de Cère 1, mise en service en 1931, qui turbine l'eau restituée par Lamativie dans la prise d'eau de Camps sur la Cère, ainsi que l'eau de la prise d'eau aval de l'Escaumels et l'eau de la prise d'eau aval du ruisseau de Candes,

- La centrale de Laval de Cère 2, mise en service en 1967, dont la retenue (Candes – 3.7 millions de m³) recueille une partie de l'eau de la retenue de Nèpes, l'eau de la prise d'eau amont de l'Escaumels et ainsi que l'eau du ruisseau de Candes,
- L'ouvrage de Brugales, mis en service en 1967, d'une capacité de 1,2 millions de m³.



Figure 1 : Les différents aménagements hydroélectriques de la Cère (schéma tiré du contrat de rivière Cère, EPIDOR, septembre 2000)

Le secteur d'étude se situe de l'aval de l'usine de Brugales jusqu'à la confluence avec la Dordogne à Girac. Long de 14 km, il est soumis aux éclusées de la chaîne hydroélectrique Cère et comporte notamment de nombreuses zones potentielles dangereuses pour les poissons (réseau d'îlots, annexes hydrauliques...).

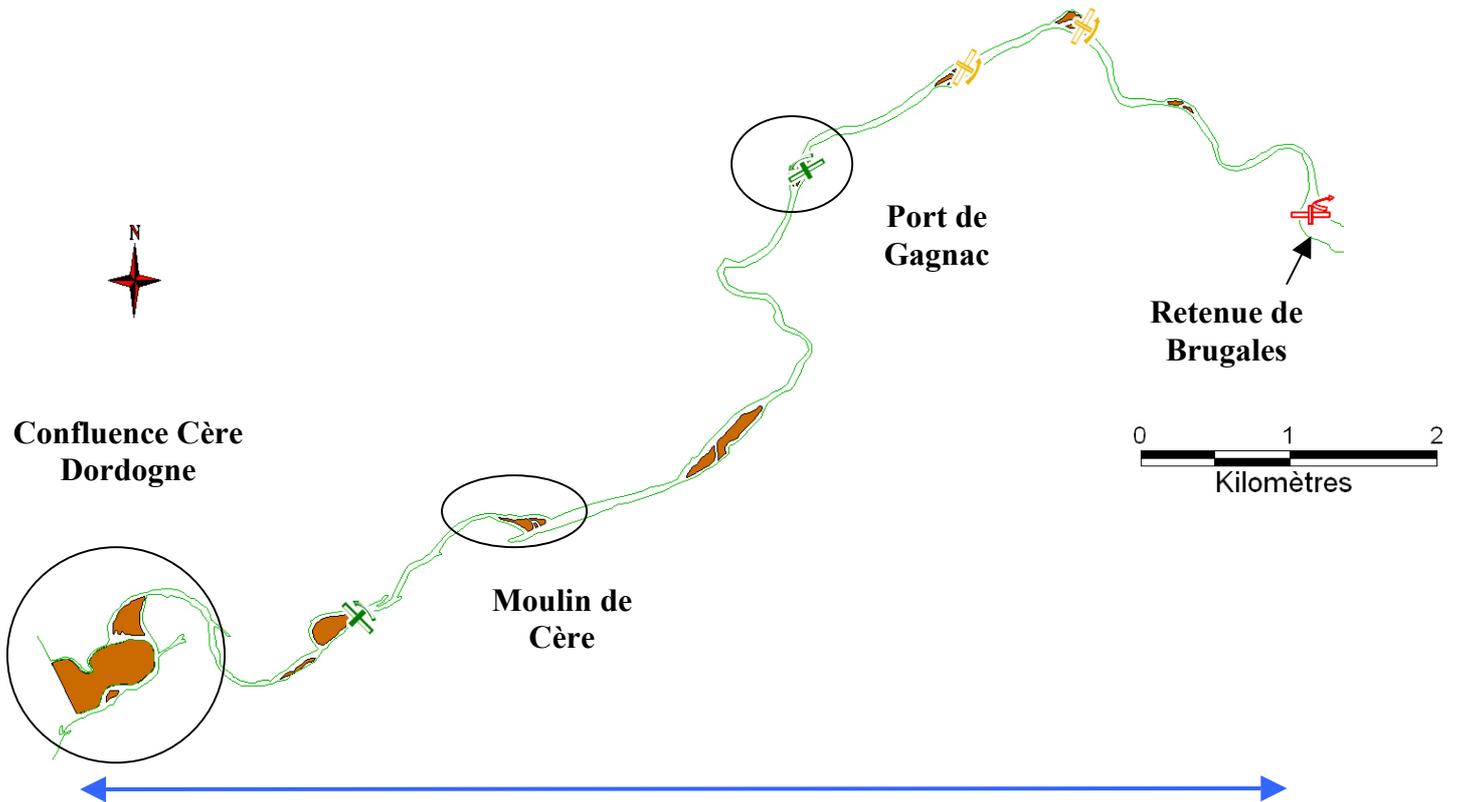


Figure 2 : Secteur d'étude sur la Cère : de la retenue de Brugales à la confluence avec la Dordogne

2.1. Les débits caractéristiques de la Cère (1983 à 2006 - Données banque HYDRO)

| | janv. | fév. | mars | avril | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | année |
|---|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| Débits (m ³ /s) | 41.8 | 41.7 | 34.3 | 34.5 | 26.9 | 18.2 | 11.4 | 6.18 | 13.1 | 22.6 | 31.5 | 33.8 | 26.2 |
| Débits spécifiques (l/s/km ²) | 38.1 | 38.1 | 31.3 | 31.5 | 24.6 | 16.6 | 10.4 | 5.6 | 12 | 20.6 | 28.7 | 30.9 | 23.9 |

Tableau 1 : Ecoulements naturels moyens mensuels de la Cère à Bretenoux calculés sur 24 ans (1983 à 2006)

Directement exposée aux précipitations océaniques, la Cère présente un régime hydrologique essentiellement pluvial (la fonte des neiges du haut-bassin influence peu le régime hydrologique) avec des hautes eaux de novembre à avril et des basses eaux en juillet et août.

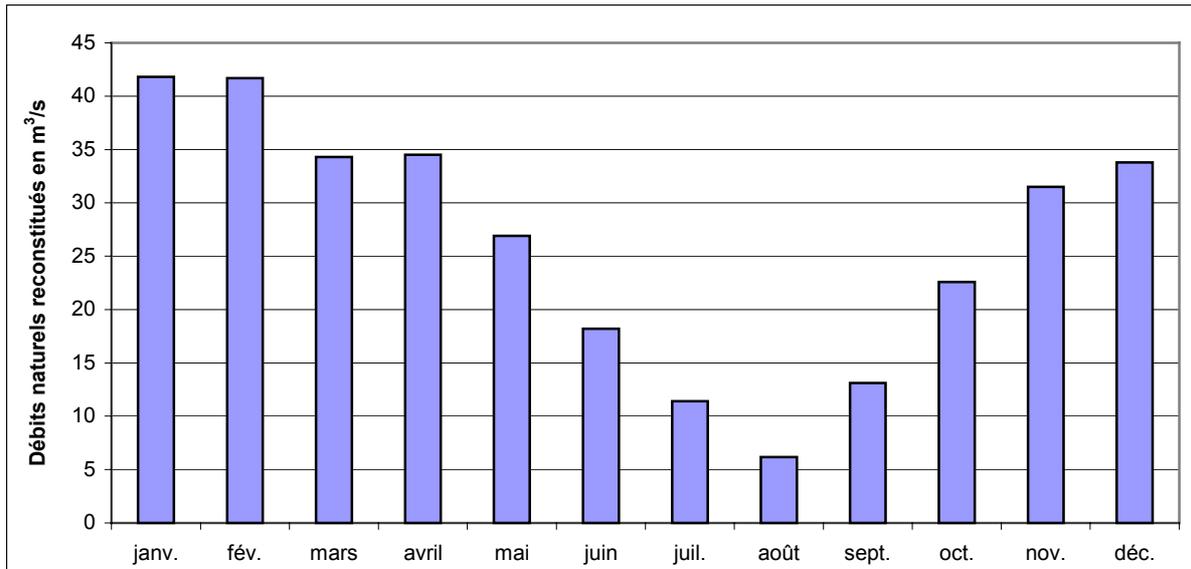


Figure 3 : Débits moyens mensuels de la Cère à Bretenoux

| Module |
|--|
| 26.20 m³/s [24.10;28.30] |

Tableau 2 : Module à Bretenoux calculé sur 24 ans [intervalle de confiance 95 %]

| fréquence | QMNA (m ³ /s) |
|--------------------|------------------------------|
| biennale | 5.000 [4.400;5.700] |
| quinquennale sèche | 3.700 [3.100;4.200] |

Tableau 3 : Basses eaux calculées sur 24 ans [intervalle de confiance 95 %]

| fréquence | Crues - QJ (m ³ /s) |
|----------------|--------------------------------|
| biennale | 150.0 [130.0;180.0] |
| quinquennale | 220.0 [190.0;270.0] |
| décennale | 260.0 [230.0;330.0] |
| vicennale | 300.0 [260.0;390.0] |
| cinquantennale | 360.0 [310.0;470.0] |

Tableau 4: Crues calculées sur 22 ans [intervalle de confiance 95 %]

| fréquence | 0.99 | 0.98 | 0.95 | 0.90 | 0.80 | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.30 | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.02 | 0.01 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| débit (m ³ /s) | 114.0 | 85.10 | 59.70 | 52.00 | 44.30 | 34.50 | 26.30 | 20.60 | 14.50 | 10.40 | 7.140 | 4.710 | 3.690 | 2.820 | 2.410 |

Tableau 5 : Débits classés de la Cère à Bretenoux (1983 à 2006)

2.2. L'aménagement de Brugales

L'usine de Brugales est équipée de 7 turbines Kaplan pour un débit maximum turbinable de 52,5 m³/s (soit 2 fois le module).

Le débit réservé réglementaire est de 1 m³/s (3,8 % du module) mais EDF délivre un débit réservé de l'ordre de 2 m³/s (7,6 % du module) auquel viennent s'ajouter les apports du ruisseau d'Orgues (module d'environ 1 m³/s) et du Négreval.

Dans la suite du rapport, ne seront analysées que les variations de débit au dessous de 55 m³/s au limnigraphe de Bretenoux. Au-delà de cette valeur, il s'agit d'épisodes de surverse (crues) qui échappent au moins partiellement à la gestion hydroélectrique.

Afin de caractériser précisément le régime hydrologique influencé de la Cère, ont été téléchargées et analysées les chroniques de débits à pas de temps variables (ce qui nous permet de connaître précisément les dates de début et de fin de variations) de la banque HYDRO, pour 10 années, de 1996 à 2005.

Chaque groupe de l'usine de Brugales turbinant environ 7 m³/s, seules les variations de niveau d'au moins 7 m³/s d'amplitude et de gradient minimum 3 m³/s/h ont été considérées et imputées à la production hydroélectrique.

Deux variations successives dans le même sens séparées par une durée inférieure à 3 heures ont été considérées comme un seul événement.

2.3. Les éclusées de 1996 à 2005

2.3.1. Nombre de hausses et de baisses de débit remarquables

Il apparaît qu'en moyenne chaque année, environ 140 éclusées ont lieu sur la Cère. (donc 140 hausses et 140 baisses de débit ; minimum de 77 éclusées en 1999 et maximum de 202 éclusées en 2004 et 2005)

Le nombre moyen mensuel de variations est représenté sur la figure 4.

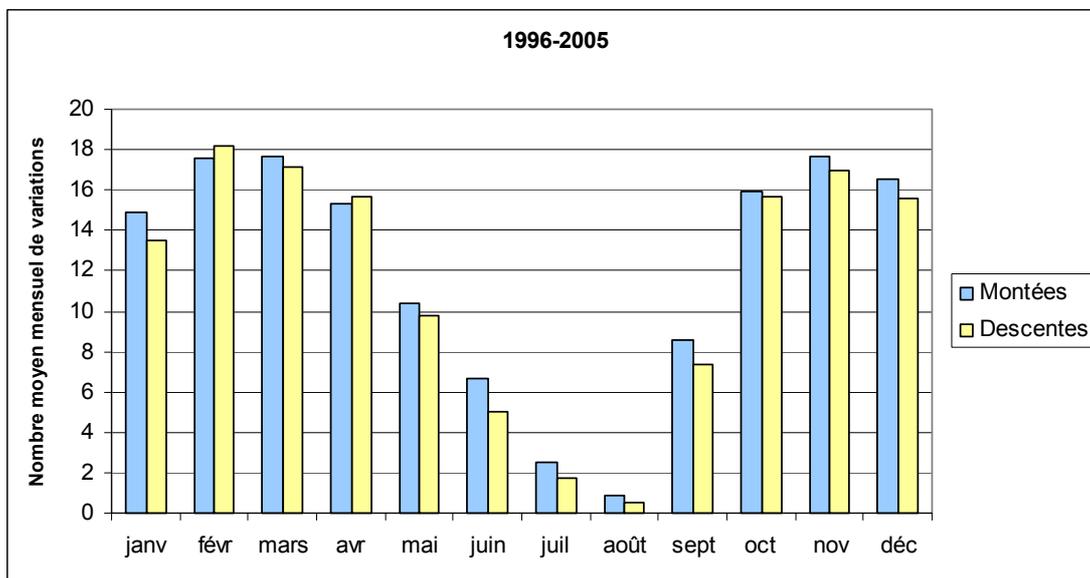


Figure 4 : Nombre moyen mensuel de variations remarquables liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques (1996-2005)

Trois périodes peuvent être distinguées au cours de l'année, même s'il existe d'importantes fluctuations inter-annuelles :

- octobre à avril, mois durant lesquels se déroulent en moyenne de 14 à 18 éclusées,
- mai, juin et septembre pour lesquels de 6 à 10 éclusées mensuelles sont observées,
- juillet et août où les éclusées sont très peu nombreuses voire nulles

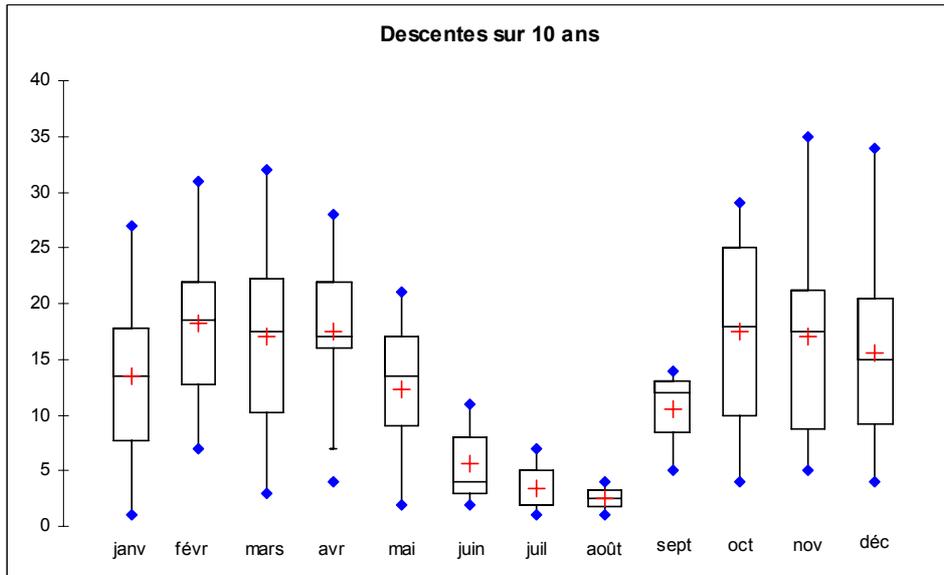


Figure 5 : Box-plot du nombre de descentes remarquables liées au fonctionnement de l'aménagement hydroélectriques de Brugales (1996 - 2005)¹

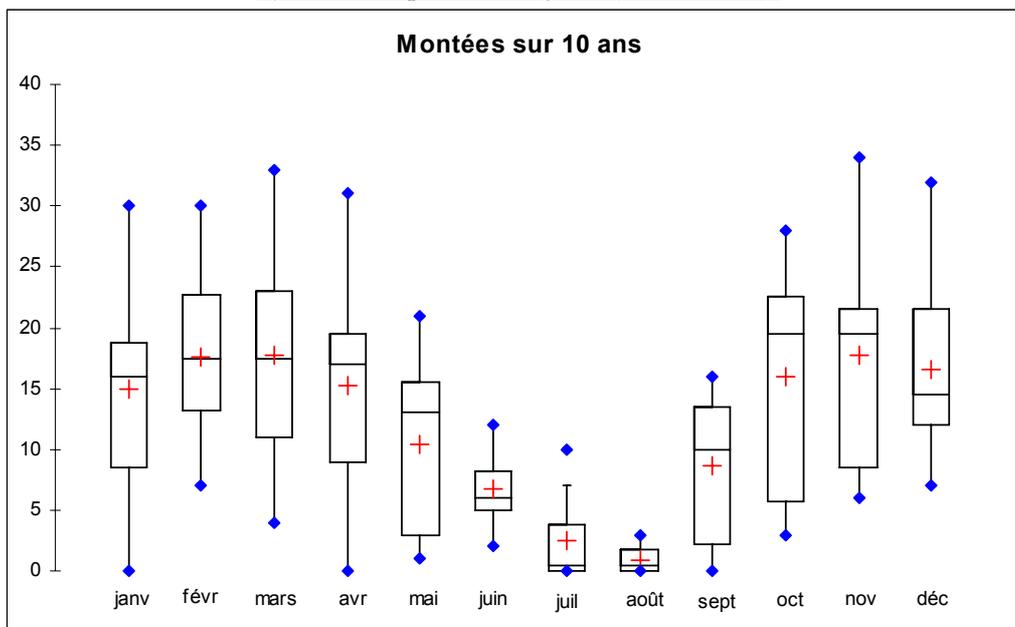


Figure 6 : Box-plot du nombre de montées remarquables liées au fonctionnement de l'aménagement hydroélectriques de Brugales (1996 - 2005)

¹ Le box plot représente la distribution statistique des séries de données, ici le nombre mensuel de variations. Le trait au milieu de la boîte correspond à la médiane, les extrémités de la boîte le 1^{er} et le 3^{ème} quartile, les « moustaches », l'intervalle contenant 99% des données. La croix rouge représente la moyenne et les points bleus constituent les extremums de la série de données.

Ainsi, pour les mois de janvier de 1996 à 2005, les nombres de descentes moyen et médian sont égaux à 13 ; 75% des mois de janvier subissent plus de 8 baisses dans le mois ; 25% des mois de janvier en subissent plus de 18 ; 99% des mois de janvier subissent entre 1 et 27 descentes qui sont aussi les extremums de la série et ainsi de suite pour chaque mois.

2.3.2. Rythmes hebdomadaire et journalier

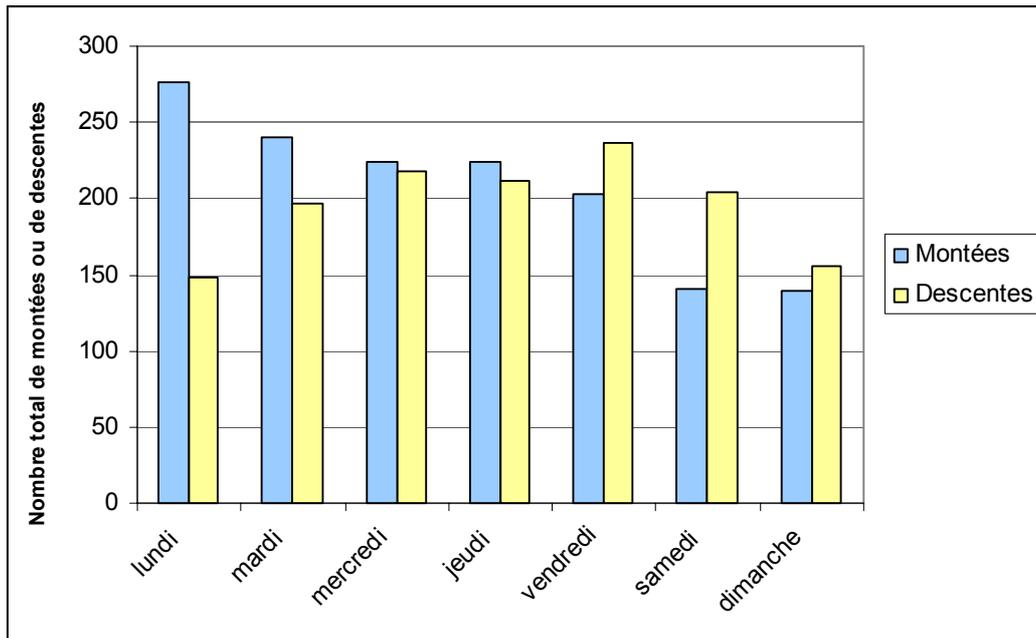


Figure 7 : Nombre de montées et de descents remarquables selon le jour de la semaine

Il apparaît assez classiquement que les éclusées sont moins nombreuses les week-ends, les baisses de débit plus nombreuses les vendredis, les hausses de débit plus nombreuses les lundis (Figure 7), ce qui correspond à une gestion en partie hebdomadaire de la chaîne Cère.

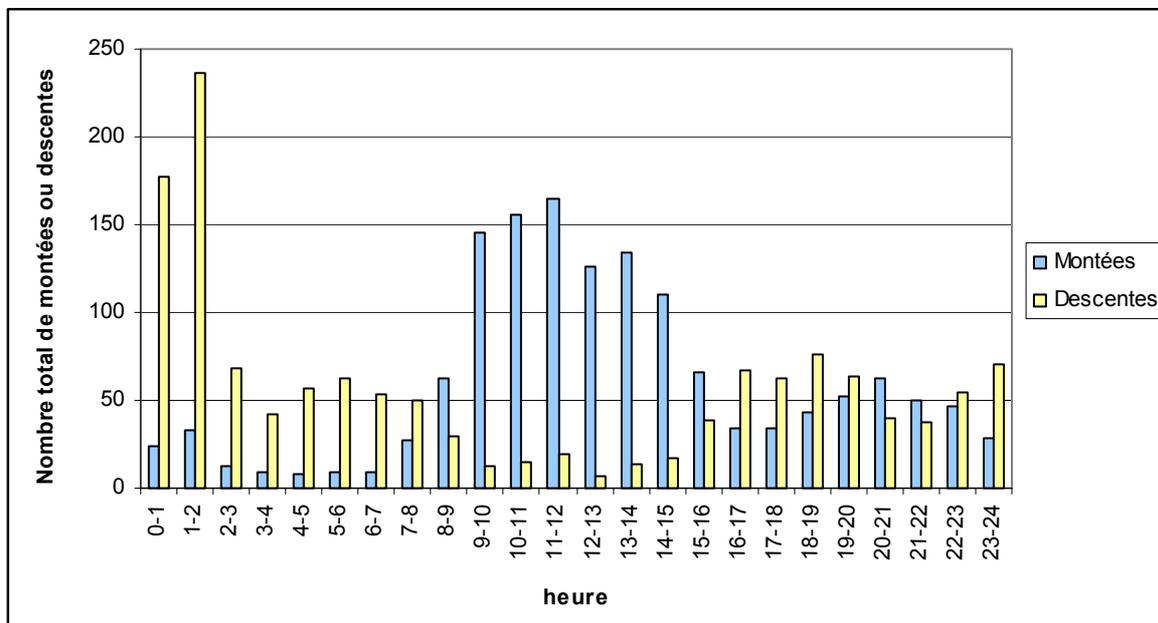


Figure 8 : Répartition du nombre de montées et de descents remarquables en fonction de l'heure de la journée

Les phases de montée se produisent principalement entre 9 heures et 15 heures tandis que les phases de descente débutent principalement entre minuit et 2 heures du matin, ce qui illustre la gestion journalière des ouvrages.

2.3.3. Amplitudes des variations

La figure 9 présente le nombre moyen annuel de montées et de descentes en fonction des amplitudes de variation des débits. Des pas de 7 m³/s ont été choisis en regard du niveau d'équipement et des caractéristiques des turbines de Brugales.

Il apparaît notamment que la classe 7 –14 m³/s, représentant la mise en route ou l'arrêt de 1 à 2 groupes à l'usine, est la plus représentée (Figure 9 et Tableau 6). Il n'existe pas, sur la période d'étude, de variations supérieures ou égales à 35 m³/s liées aux mises en route ou aux arrêts d'au moins 5 groupes de l'usine.

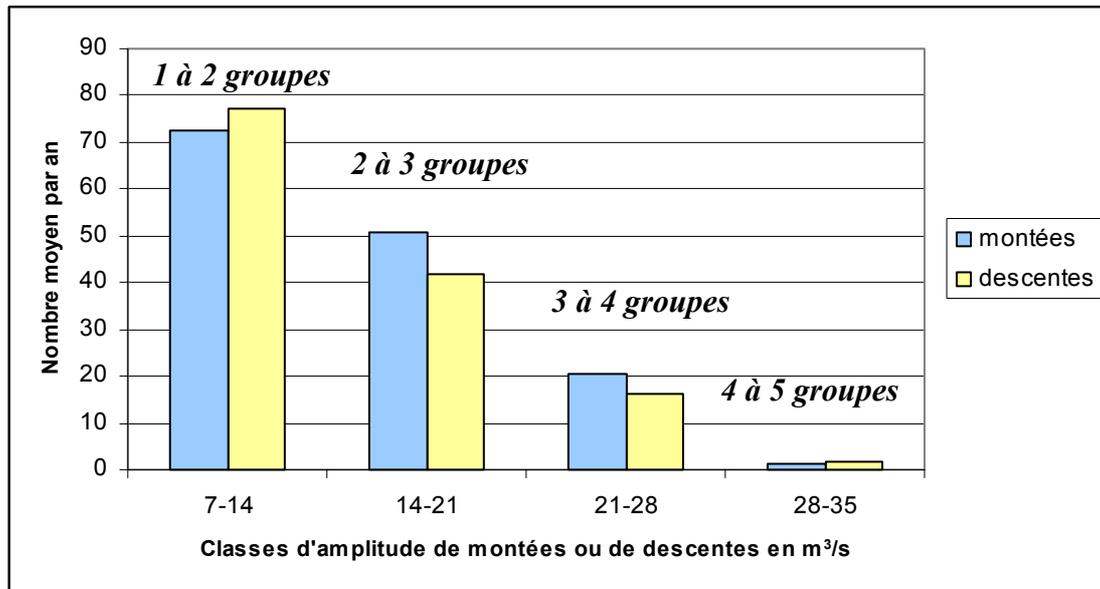


Figure 9 : Nombre moyen annuel de montées et de descentes par classe d'amplitude en m³/s

| classes d'amplitude en m ³ /s | montées % | descentes % |
|--|-----------|-------------|
| 7-14 | 49.97 | 56.41 |
| 14-21 | 35.04 | 30.61 |
| 21-28 | 14.17 | 11.73 |
| 28-35 | 0.83 | 1.24 |

Tableau 6 : Pourcentage de montées et de descentes classé en fonction de l'amplitude

Il est également particulièrement intéressant d'analyser les rapports de début et fin d'éclusées afin de caractériser l'ampleur des variations de débits.

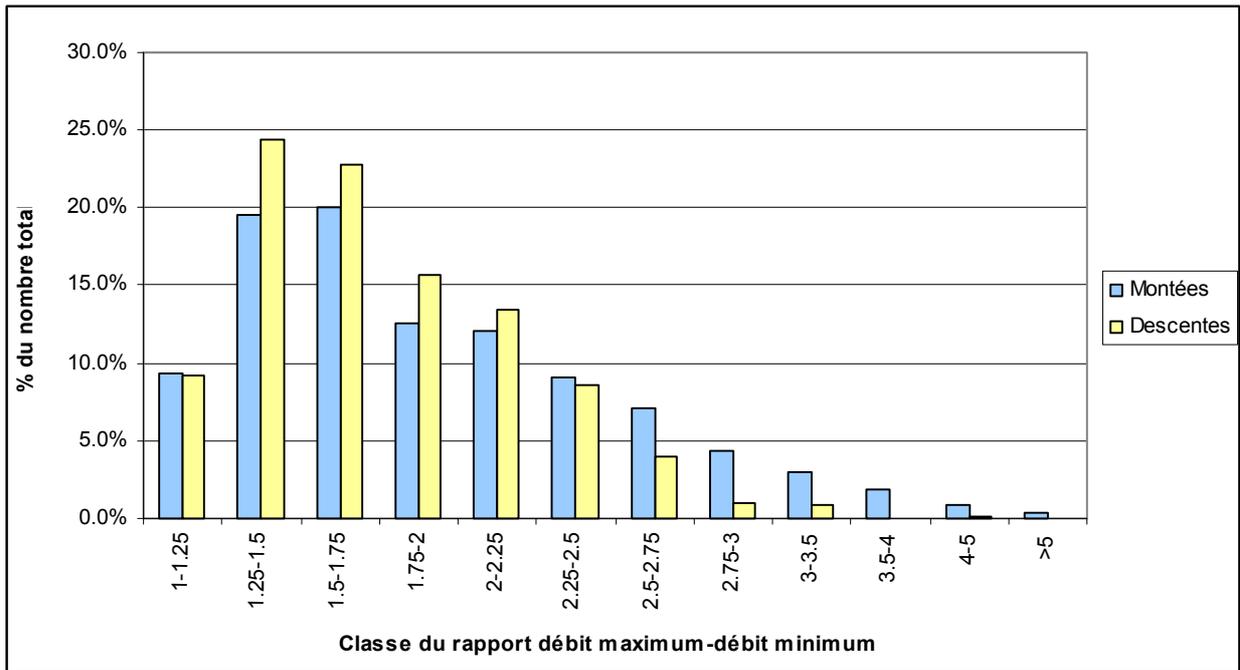


Figure 10 : Distribution des variations en fonction de la classe du rapport débit maximum-débit minimum

Il apparaît notamment que la très grande majorité des hausses ou des baisses de débit présentent des rapports de variation inférieurs à 3.

2.3.4. Gradients de variations

Les hausses de débit présentent un gradient de variation moyen de l'ordre de $10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{h}$ (médiane de 8.8), 75% étant compris entre 3 et $12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{h}$.

Les baisses de débit sont légèrement moins rapides, de l'ordre de $7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{h}$ (médiane de 6), 75% étant comprises entre 2.5 et $7.4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{h}$.

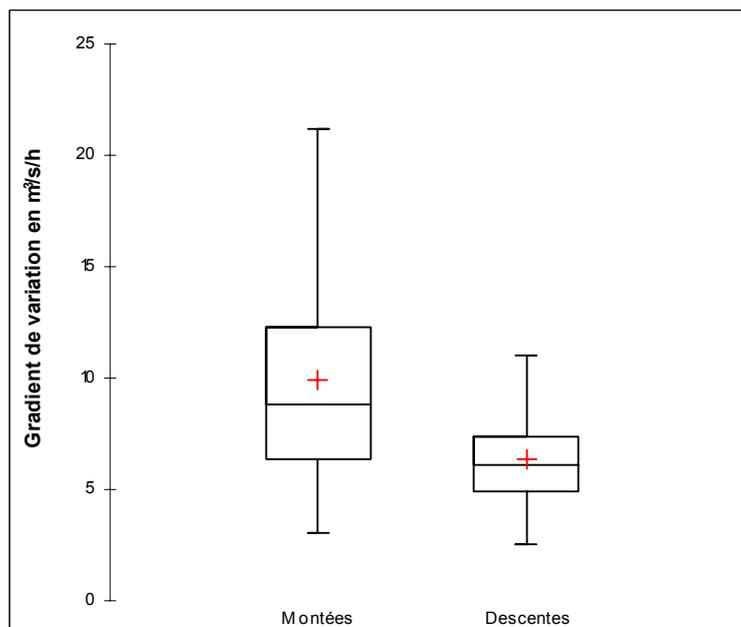


Figure 11 : Distribution des gradients de montées et de descentes pour la période 1996-2005

2.3.5. Fréquence de retour au débit réservé lors des éclusées

Il est intéressant de regarder le débit minimum de fin d'écluse car il est susceptible de refléter, en partie tout au moins, l'impact potentiel sur le peuplement piscicole (échouages et piègeages en particulier).

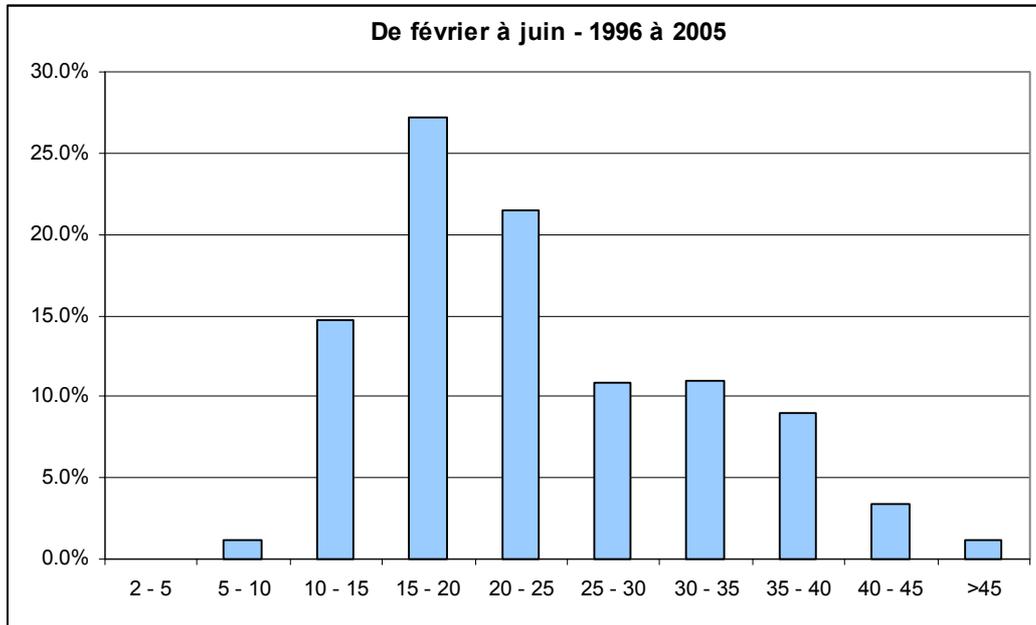


Figure 12 : Distribution des débits de fin d'écluse par classe de 5 m³/s (1996-2005)

La grande majorité des débits de fin d'écluse se situe entre 10 et 25 m³/s, correspondant au fonctionnement de 2 à 3 turbines. Les retours au débit de base sont très rares sur la période 1996 à 2005. Il est à noter que l'analyse prend en compte les apports du ruisseau d'Orgues et du Nègreval.

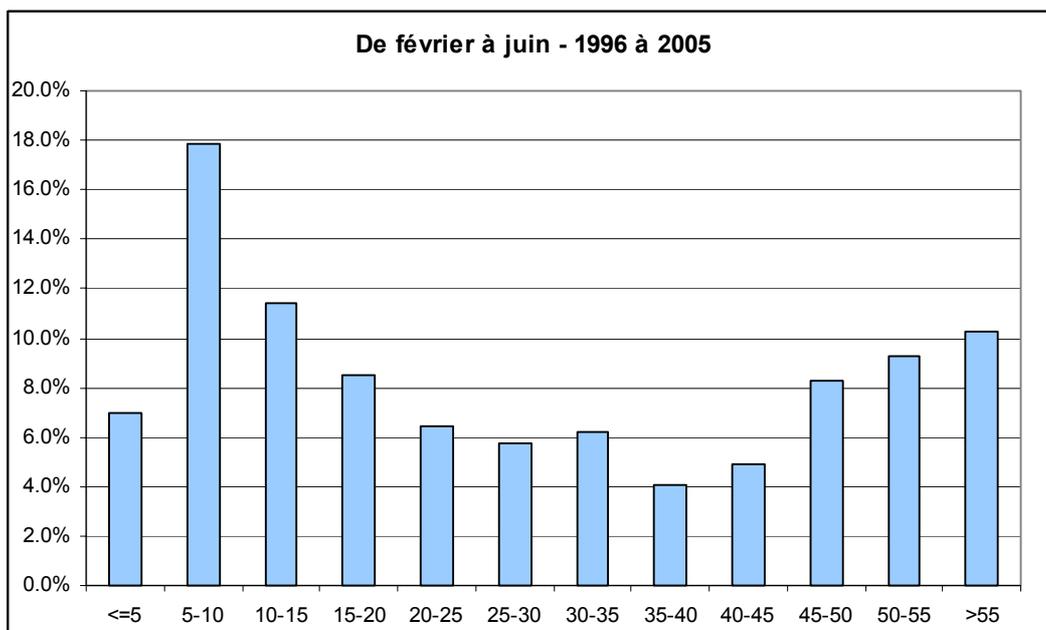


Figure 13 : Distribution des débits en pourcentage du temps écoulé de février à juin

Durant la période de sensibilité maximale des alevins de salmonidés, c'est à dire de février, dates des premières émergences à juin, date à laquelle les alevins auront acquis une taille suffisante pour lutter contre les variations rapides des niveaux d'eau, les débits à Bretenoux restent à 83 % du temps supérieurs à 5 m³/s et à 80 % supérieurs à 9 m³/s (1 turbine + apports intermédiaires) soit environ 5 jours et demi sur 7. Les épisodes de surverse sont fréquents, en intervenant 10 % du temps.

2.3.6. Relation variations de débit - variations de hauteur

A partir des données 2004, 2005 et 2006 du limnigraphe de Bretenoux, des relations ont été établies entre l'amplitude de descente en m³/s et cette même amplitude de descente en cm, en fonction du débit maximum turbiné lors de l'écluse. Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant.

| | | |
|---------------------------|---------------------------------------|--|
| 50<=Qmax<=55 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 10>= ΔQ >=2 | 7 | 10 |
| 20>= ΔQ >10 | 13.8 | 18 |
| 30>= ΔQ >20 | 26.3 | 37 |
| 35>= ΔQ >30 | 33.5 | 46 |
| 40<=Qmax<50 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 10>= ΔQ >=2 | 6.1 | 8 |
| 20>= ΔQ >10 | 15 | 22 |
| 30>= ΔQ >20 | 23.9 | 34 |
| 35>= ΔQ >30 | 33.1 | 45 |
| 30<=Qmax<40 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 10>= ΔQ >=2 | 5.2 | 7 |
| 20>= ΔQ >10 | 15.4 | 22 |
| 25>= ΔQ >20 | 20.8 | 30 |
| ΔQ >25 | 26.9 | 40 |
| 20<=Qmax<30 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 10>= ΔQ >=2 | 4.5 | 6 |
| 15>= ΔQ >10 | 13 | 18 |
| 20>= ΔQ >15 | 17.1 | 25 |
| 15<=Qmax<20 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 5>= ΔQ >=2 | 3 | 4 |
| 10>= ΔQ >5 | 7.4 | 11 |
| ΔQ >10 | 10.8 | 17 |
| 10<=Qmax<15 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 5>= ΔQ >=2 | 3.5 | 6 |
| 10>= ΔQ >5 | 6.7 | 13 |
| Qmax<10 | ΔQ moyen en m ³ /s | variation moyenne correspondante en cm |
| 5>= ΔQ >=1 | 4.2 | 10 |
| ΔQ >5 | 5.5 | 12 |

Tableau 7 : Relations variations de débit – variations de hauteur en fonction du débit maximum turbiné

Globalement, quelles que soient les valeurs de débit, il apparaît une relation assez linéaire entre les variations de débit en m³/s et les variations de hauteurs d'eau.

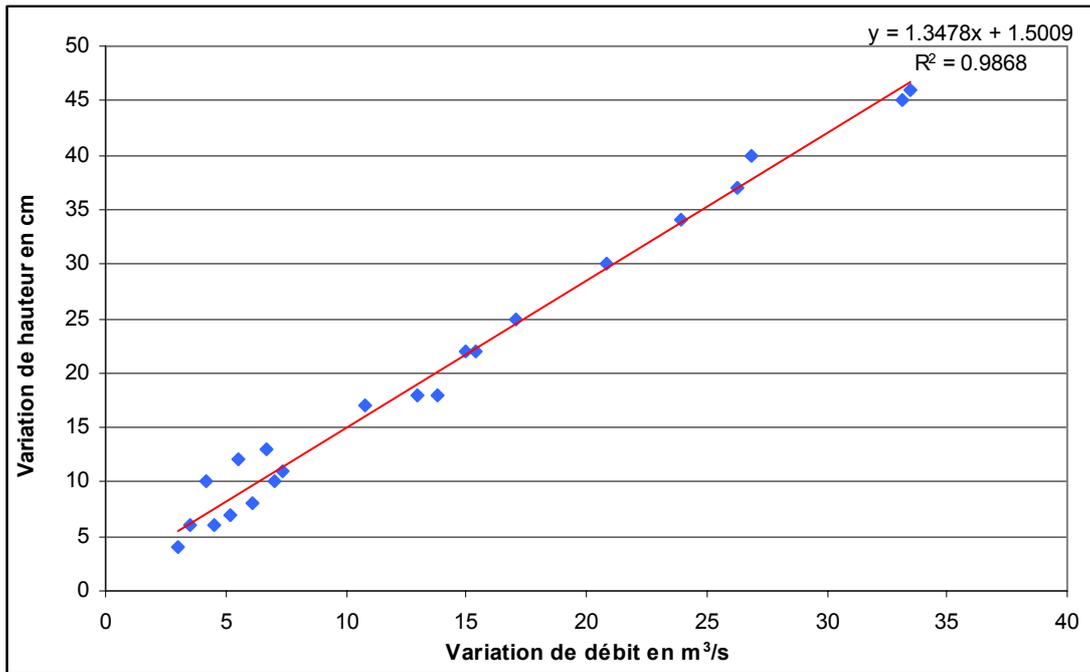


Figure 14: Relation variations de débit – variations de hauteur au limnigraphe de Bretenoux

Un tel résultat permet de déterminer assez précisément les variations des hauteurs d'eau pour différentes variations des débits (tableau 8).

| variations en m³/s | variations en cm |
|--------------------|------------------|
| 5 | 8 |
| 10 | 15 |
| 15 | 22 |
| 20 | 28 |
| 25 | 35 |
| 30 | 42 |
| 35 | 49 |
| 40 | 55 |
| 45 | 62 |
| 50 | 69 |

Tableau 8 : Estimation des variations de hauteur d'eau en fonction des variations de débit

Les variations comprises entre 7 et 14 m³/s, les plus fréquentes, correspondent ainsi à de variations des niveaux d'eau de l'ordre de 10 à 20 cm à Bretenoux. La variation maximale observée sur la période 1996-2005 se situe aux alentours des 45 cm à Bretenoux.

Nous avons vu précédemment que les gradients observés étaient de l'ordre de 10 m³/s/h à la montée et 7 m³/s/h à la descente, ce qui nous donne respectivement des valeurs de 15 cm/h et 10 cm/h au niveau de Bretenoux. Ces estimations sont valables uniquement au niveau de Bretenoux et ne reflètent pas forcément le fonctionnement d'autres sites de la Cère à la morphologie différente aussi bien en amont qu'en aval. Afin de connaître précisément les caractéristiques des variations de niveau d'eau sur tout le linéaire de la Cère, il serait nécessaire d'installer des sondes de pression judicieusement réparties sur l'axe. On gardera à l'esprit qu'il s'agit ici de gradients moyens de descente et qu'au cours des baisses de débit, il se peut que des vitesses supérieures soient atteintes durant de courtes périodes.

2.3.7. Comparaisons avec d'autres cours d'eau du bassin fonctionnant par éclusées

| | Module m ³ /s | Q Max turbiné m ³ /s | Fréquence annuelle moyenne des éclusées | Amplitude moyenne m ³ /s | | Gradient moyen m ³ /s/h | | Rapport Qmax/Qbase moyen | |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|--|--|----------|---------------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| | | | | Montée | Descente | Montée | Descente | Montée | Descente |
| Cère à Bretenoux (1996-2005) | 26.2 | 52.5 | 140 | 15 | 14.3 | 9.8 | 6.4 | 2.0 | 1.8 |
| Maronne à Basteyroux (1989-1998) | 19.3 | 45 | 195 | 35.8 | | 18.0 | | 36.3 | |
| Vézère à St Viance (1997-2006) | 18.5 | 41.5 | 90 | 8.7 | 8.4 | 3.4 | 2.7 | 1.7 | 1.6 |
| Dordogne à Argentat (1989-2004) | 103 | 340 | 175 | 69.8 | 61.6 | 37.5 | 30.5 | 1.9 | 1.8 |

Tableau 9 : Comparatif des caractéristiques des éclusées des rivières « équipées » du bassin de la Dordogne

| | Rapport moyen amplitude/module | | Rapport moyen gradient/module | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| | Montée | Descente | Montée | Descente |
| Cère à Bretenoux | 0.57 | 0.55 | 0.37 | 0.24 |
| Maronne à Basteyroux | 1.85 | | 0.93 | |
| Vézère à St Viance | 0.47 | 0.45 | 0.18 | 0.15 |
| Dordogne à Argentat | 0.68 | 0.60 | 0.36 | 0.30 |

Tableau 10 : Comparatif des amplitudes et gradients rapportés au module des éclusées des rivières « équipées » du bassin de la Dordogne

Les tableaux 9 et 10 permettent de distinguer deux types de fonctionnement par éclusées pour les quatre cours d'eau principaux du bassin Dordogne.

Sur la Maronne, les forts débits turbinés retombent très fréquemment sur un faible débit, réglementaire (jusqu'en 1998, le débit de base ayant été augmenté depuis par convention). Les ratios « amplitude/module » et « Débit max. turbinés/Débit de base » sont très importants (même si ce dernier a diminué de moitié depuis 1998, grâce au relèvement du débit de base par convention). Les éclusées sont très fréquentes. Le fonctionnement par éclusées peut être qualifié de très intense sur la Maronne.

Sur les trois autres cours d'eau, les forts débits turbinés ne retombent que rarement (voire très rarement) sur un débit réglementaire ou conventionnel. On passe en général de forts débits turbinés à des débits toujours turbinés mais plus faibles. Les ratios « amplitude/module » et « Débit max. turbinés/Débit de base » sont moins élevés que sur la Maronne. Sur ces seules caractéristiques hydrologiques, le fonctionnement par éclusées pourrait être qualifié de moins « prégnant » sur ces trois cours d'eau que sur la Maronne.

Du point de vue de ces seules caractéristiques hydrologiques, les éclusées sur la Cère ressemblent beaucoup aux éclusées sur la Dordogne.

Les éclusées sur la rivière Cère en aval de Brugales sont donc au nombre de 140 en moyenne par an, principalement d'octobre à avril. Leur amplitude varie, pour 85% des cas, de 7 à 21 m³/s (pour un module de la rivière de 26.2 m³/s). Leur gradient moyen à Bretenoux est 10 m³/s/h à la hausse et de 7 m³/s/h à la baisse, soit des variations de 10 à 15 cm/h (10 cm/h étant la limite en dessous de laquelle il faudrait descendre pour limiter

le risque d'échouage d'alevins de salmonidés²). En période d'émergence et des tous premiers stades de développement libre des alevins de salmonidés (donc en période de risque maximum d'échouage-piégeage), les débits à Bretenoux restent à 80% du temps supérieurs à 9 m³/s (soit le fonctionnement d'une turbine plus les apports intermédiaires entre Brugales et Bretenoux). 20% du temps, ils se situent donc entre 3 et 9 m³/s.

3. Les enjeux « Migrateurs » sur la Cère

Depuis plusieurs années maintenant, avec la mise en place d'un suivi « exhaustif » de la reproduction des grands salmonidés sur le bassin de la Dordogne (ECOGEA pour MIGADO, 2000 à 2007), une activité de reproduction notable est constatée tous les ans sur la Cère en aval de l'usine de Brugales (de 5 à 35 frayères selon les années). Cette attractivité peut être toutefois considérée comme faible au regard de la taille du cours d'eau et des débits importants turbinés.

La période d'émergence et de post-émergence est une période particulièrement sensible de la vie des salmonidés. Les variations brusques de débit, de vitesse et de profondeur, à la hausse ou à la baisse, liées au fonctionnement par éclusées des usines hydroélectriques sont susceptibles de provoquer d'importantes mortalités par dérives, échouages et/ou piègeages d'alevins.

A cette problématique « salmonidés », vient s'ajouter l'impact du fonctionnement de Brugales sur les larves de lamproie marine. En effet, la Cère constitue un site privilégié de reproduction de la lamproie marine. Le comportement de ces larves lors des variations de niveau d'eau est assez méconnu mais le fait qu'elles vivent enfouies aussi bien dans le sable, que dans les dépôts organiques et les limons, les rend extrêmement vulnérables aux exondations de ces zones, bien souvent situées en bordure du cours d'eau ou dans les zones d'îlots, abritées des courants violents du chenal.

4. Caractéristiques des éclusées de l'année 2006

4.1. Généralités

A été analysée la chronique des débits de janvier à juillet 2006, ce qui permet d'englober la période critique des mortalités d'alevins de salmonidés par échouages-piégeages.

La figure 15 illustre bien les variations fréquentes de débit. On notera cette année durant les mois de mars et avril de nombreux épisodes de surverse, avec des débits supérieurs à 55 m³/s.

² Halleraker J.H., Saltveit S.J., Harby A., Arnekleiv J.V., Fjelstad H.P., Kohler B., 2003. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in a artificial stream. *River Research and Applications* 19:589-603.

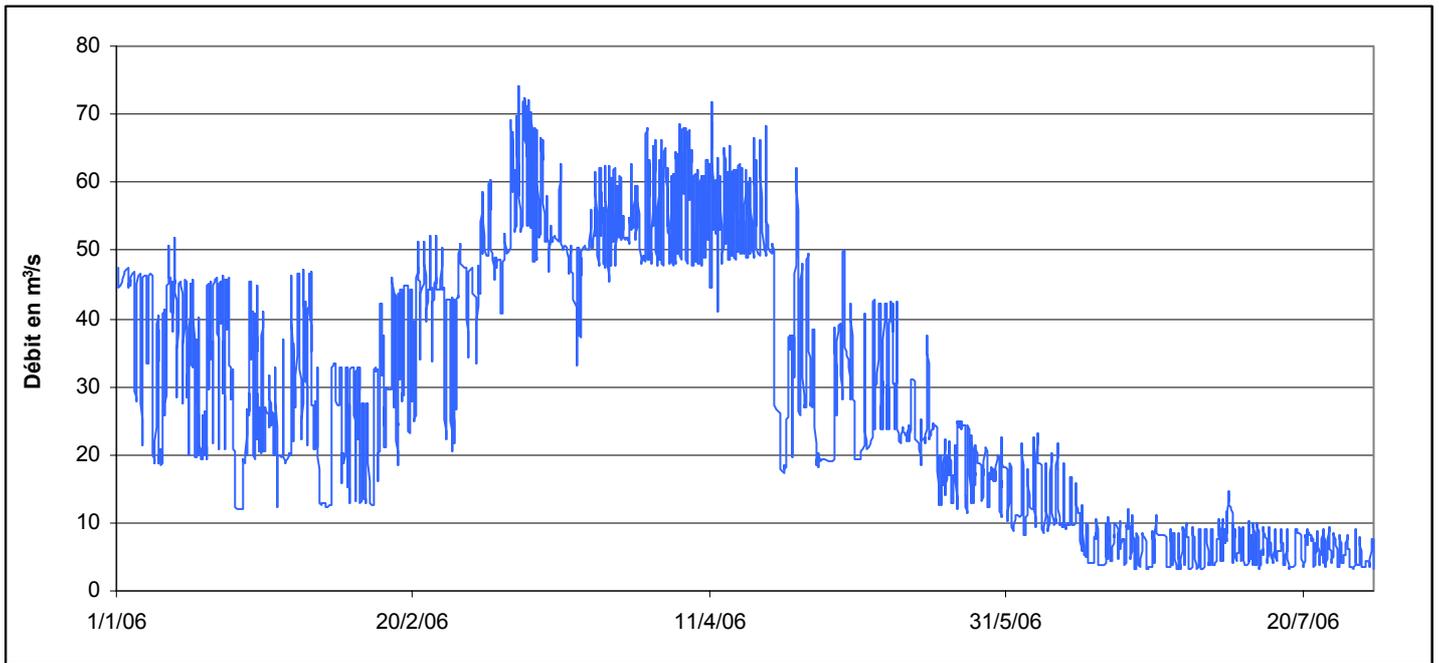


Figure 15: Chronique de débits de janvier à juillet 2006 à Bretenoux

| | Montées | | Descentes | |
|------|---------|------|-----------|------|
| | Moyenne | 2006 | Moyenne | 2006 |
| janv | 14.9 | 29 | 13.5 | 31 |
| févr | 17.6 | 32 | 18.2 | 29 |
| mars | 17.7 | 4 | 17.1 | 4 |
| avr | 15.3 | 5 | 15.7 | 7 |
| mai | 10.4 | 17 | 9.8 | 12 |
| juin | 6.7 | 6 | 5 | 1 |
| juil | 2.5 | 0 | 1.7 | 0 |

Tableau 15: Nombre de montées et descentes liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques en moyenne sur 10 ans et en 2006

Le nombre d'éclusées durant les mois de janvier et février a été important en 2006 avec une trentaine d'éclusées mensuelles. Durant les mois de mars et avril, les débits sont restés élevés (au dessus de 50 m³/s) avec de nombreuses variations qui ne peuvent être imputées au fonctionnement de l'usine de Brugales (surverse). Le nombre d'éclusées a, par contre, été nettement supérieur à la moyenne 1995-2005 en mai, puis inférieur à la moyenne en juin et début juillet.

4.2. Les amplitudes des baisses de débit de février à juin

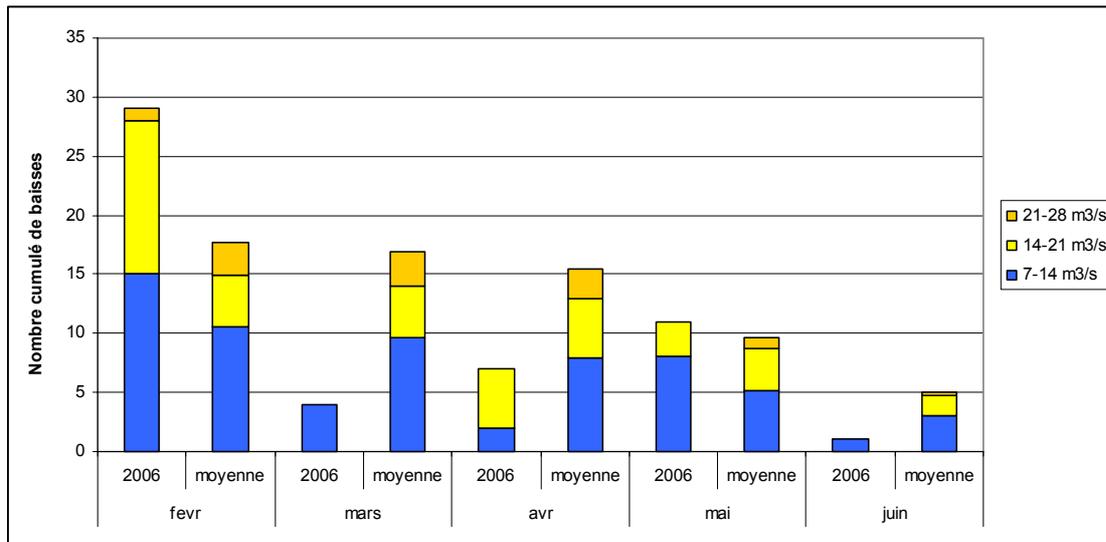


Figure 16: Répartition des baisses de débit en fonction du mois et du type de descente

Quel que soit le mois, la majorité des baisses de débit présentent de faibles amplitudes (7-14 m³/s) correspondant à l'arrêt de 1 ou 2 groupes. Les descentes correspondant à l'arrêt de plus de 3 groupes sont absentes en 2006 hormis 1 fois en février.

Durant les mois de mars à juin, période pendant laquelle un maximum d'espèces piscicoles sont à des phases sensibles de leur cycle biologique (émergence des salmonidés, reproduction des ombres, des vandoises, des barbeaux...), les variations de niveau de la Cère ont été nettement moins nombreuses qu'une année moyenne et de plus faible amplitude.

4.3. Les débits de fin d'éclusées de février à juin

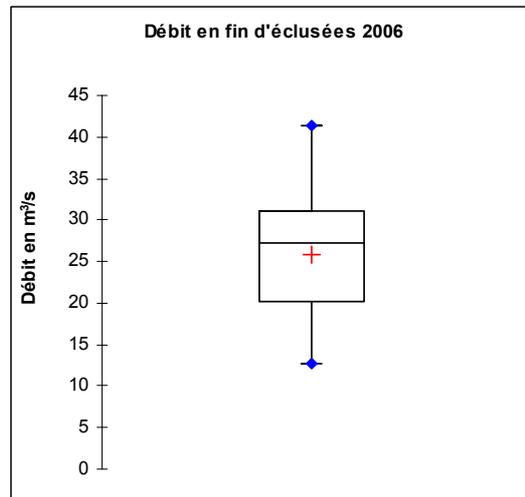


Figure 17: Répartition des débits atteints en fin d'éclusées en 2006

Les débits de fin d'éclusées ont été sur le premier semestre 2006, à 75 % supérieurs à 20 m³/s avec un minimum de 12,8 m³/s. Ces débits peuvent être considérés comme élevés au regard du débit réservé réglementaire de 2 m³/s et ont probablement permis le maintien en eau d'une grande partie de la surface du lit de la rivière.

4.4. Les gradients de baisses de débit de février à juin

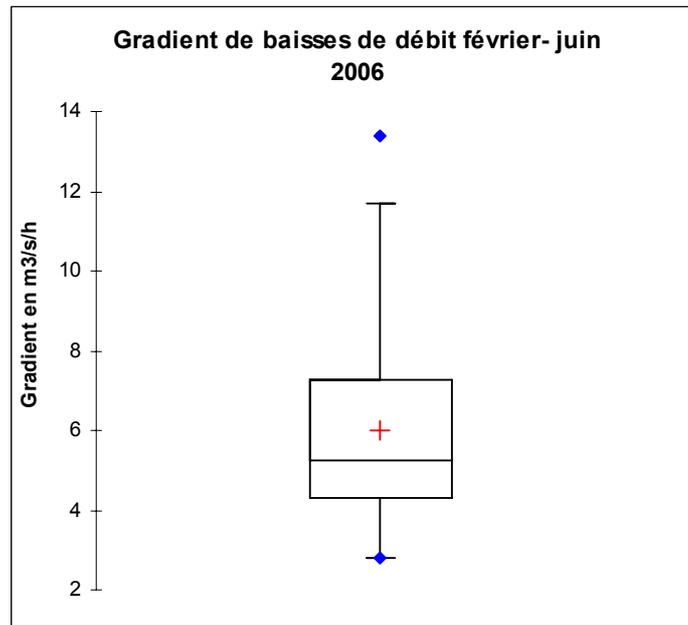


Figure 18: Répartition des gradients de baisses de débit de février à juin 2006

Ces gradients de baisse se situent en valeur médiane à 5,3 m³/s/h soit légèrement en dessous de la moyenne de 6 m³/s/h. Cela correspond approximativement à des variations de niveau de 10 cm/h à Bretenoux, soit des valeurs au dessus desquelles des échouages de poissons peuvent se produire.

5. Premiers suivis des échouages-piégeages

Cette première approche des échouages-piégeages s'est déroulée dans un contexte particulier au printemps 2006, avec un petit nombre d'éclusées, dans la gamme d'amplitude la plus faible pour la Cère.

Néanmoins lors des 3 prospections qui ont été effectuées, en avril et mai 2006, 1765 poissons (dont 1634 vairons) ont été retrouvés échoués ou piégés. Ces poissons appartiennent à 9 espèces différentes, pour certaines possédant un grand intérêt patrimonial (larves de lamproie marine, saumon atlantique, truite commune et ombre commun).

| | | Amnocète | Cypr ind | CHE | GAR | GOU | LOF | OMB | TRF | TRF/SAT | VAI | total par site et date |
|----------------------|--------------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|------------------------|
| 23/04/2006 | Moulin de Cère | 27 | | | | | | | | 3 | | 30 |
| 23/04/2006 | Port de Gagnac, TCC | 7 | | | | 3 | 2 | | | | | 12 |
| 19/05/2006 | Moulin de Cère | 37 | | | | 2 | 7 | 3 | 1 | 1 | | 51 |
| 20/05/2006 | Confluence Cère Dordogne | | 29 | 1 | 2 | 6 | | | | | 1634 | 1672 |
| total /espèce | | 71 | 29 | 1 | 2 | 11 | 9 | 3 | 1 | 4 | 1634 | 1765 |

Tableau 16 : Récapitulatif des échouages-piégeages de poissons sur la Cère en 2006

Des exondations de frayères de barbeau ont aussi été constatées au niveau du Moulin de Cère.

6. Prospections du secteur d'étude

Afin de se faire une idée plus précise du contexte hydro-morphologique de la Cère et de mieux cerner les problèmes qui peuvent survenir, vis à vis des cycles biologiques des poissons, sur cette rivière soumise à des fluctuations de niveau d'eau rapides, une descente en canoë avait été réalisée avec MIGADO, le 21 décembre 2003, pour un débit délivré à Brugales de 7 m³/s.

La cartographie illustrée, livrée en annexe, rend compte de cette prospection. Nous avons également profité de ce rendu cartographique pour situer les principaux sites de fraie de la lamproie marine et du saumon atlantique repérés sur la Cère depuis l'automne-hiver 2000-2001.

Cette prospection de la Cère permet de se rendre compte que, même avec un débit de base inter-éclusée de 7 m³/s à Brugales, il reste encore des sites sensibles, notamment vis à vis de la problématique échouage-piégeage des poissons au printemps.

7. Conclusion et perspectives

Les éclusées sur la Cère à l'aval de l'usine de Brugales présentent des caractéristiques (fréquence, amplitude, gradient) moins drastiques que sur la Maronne. Elles se rapprochent par contre beaucoup (à la nuance de taille de cours d'eau près) des caractéristiques des éclusées de la Dordogne.

Ces éclusées sont susceptibles d'impacter les peuplements piscicoles. De fait, et alors que l'année 2006 a été plutôt moins défavorable en terme d'éclusées que la moyenne des 10 dernières années, des problèmes dans le déroulement du cycle biologique de 10 espèces de poissons ont pu être constatés (mortalités par échouages-piégeages et exondations de frayères).

La prospection hydro-morphologique de la Cère a permis de se rendre compte que, même avec un débit de base de 7 m³/s à Brugales (alors que le débit réservé réglementaire est actuellement de 1 m³/s), il restait encore des sites sensibles, notamment vis à vis de la problématique échouage-piégeage des poissons au printemps. Des travaux d'aménagement, légers, des prises d'eau de certains bras permettraient d'éviter les déconnexions et assèchements de certains sites.

En 2007, la mise en place de sondes de pression à l'aval de Brugales ainsi qu'en amont de la confluence avec la Dordogne, nous permettra de mieux appréhender l'évolution des fluctuations de niveau sur l'axe Cère et les possibilités d'actions pour les rendre biologiquement acceptables. De nouvelles prospections permettront également de mieux cerner les interférences hydrologie influencée - cycle biologique des différentes espèces de poissons.

8. Bibliographie

- Chanseau, M et Gaudard, G., 2005.** Repeuplement en saumon atlantique (*salmo salar* L.) du bassin de la Dordogne. Suivi des zones de grossissement des juvéniles. Synthèses des actions 204. Rapport MI.GA.DO. 11D-05-RT.
- E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO., novembre 2001.** Localisation des zones de fraie de lamproie marine (*Petromyzon marinus* L.) sur la rivière Dordogne dans le département du Lot.
- E.CO.G.E.A pour MI.GA.DO., 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006.** Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (départements de la Corrèze et du Lot) – Automne Hiver 99/00, 00/01, 01/02, 02/03, 03/04 , 04/05, 05/06.
- E.CO.G.E.A pour MI.GA.DO., mai 2006.** Impacts du fonctionnement par éclusées de l'usine hydroélectrique de Hauteffage sur la Maronne : suivi des échouages-piégeages de poissons de 2003 à 2005.
- EPIDOR, septembre 2000** – deuxième édition. Contrat de rivière Cère
- Halleraker J.H., Saltveit S.J., Harby A., Arnekleiv J.V., Fjelstad H.P., Kohler B., 2003.** Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in a artificial stream. *River Research and Applications* 19:589-603.
- Liébig H., 1998.** Etude du recrutement de la truite commune d'une rivière de moyenne montagne. Effets de la gestion par éclusées d'une centrale hydroélectrique. Thèse de l'INP-ENSAT.
- Saltveit S.J., Hallereker J.H., Arnekleiv J.V. and Harby A., 2001.** Field experiment on stranding in juvenile atlantic salmon (*Salmo Salar*) and brown trout (*Salmo Trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated rivers : research and management*, 17 : 609-622.

**ANNEXE : Cartographie des sites à enjeux sur la Cère
à l'aval de Brugales**

LEGENDE CARTOGRAPHIQUE



Berges du cours d'eau



Ile



Bancs de galets exondés à 7 m³/s



Bras ou chenaux secondaires déconnectés à 7 m³/s



Sites de fraie de saumon atlantique, truite commune et lamproie marine



Sites de fraie de lamproie marine uniquement

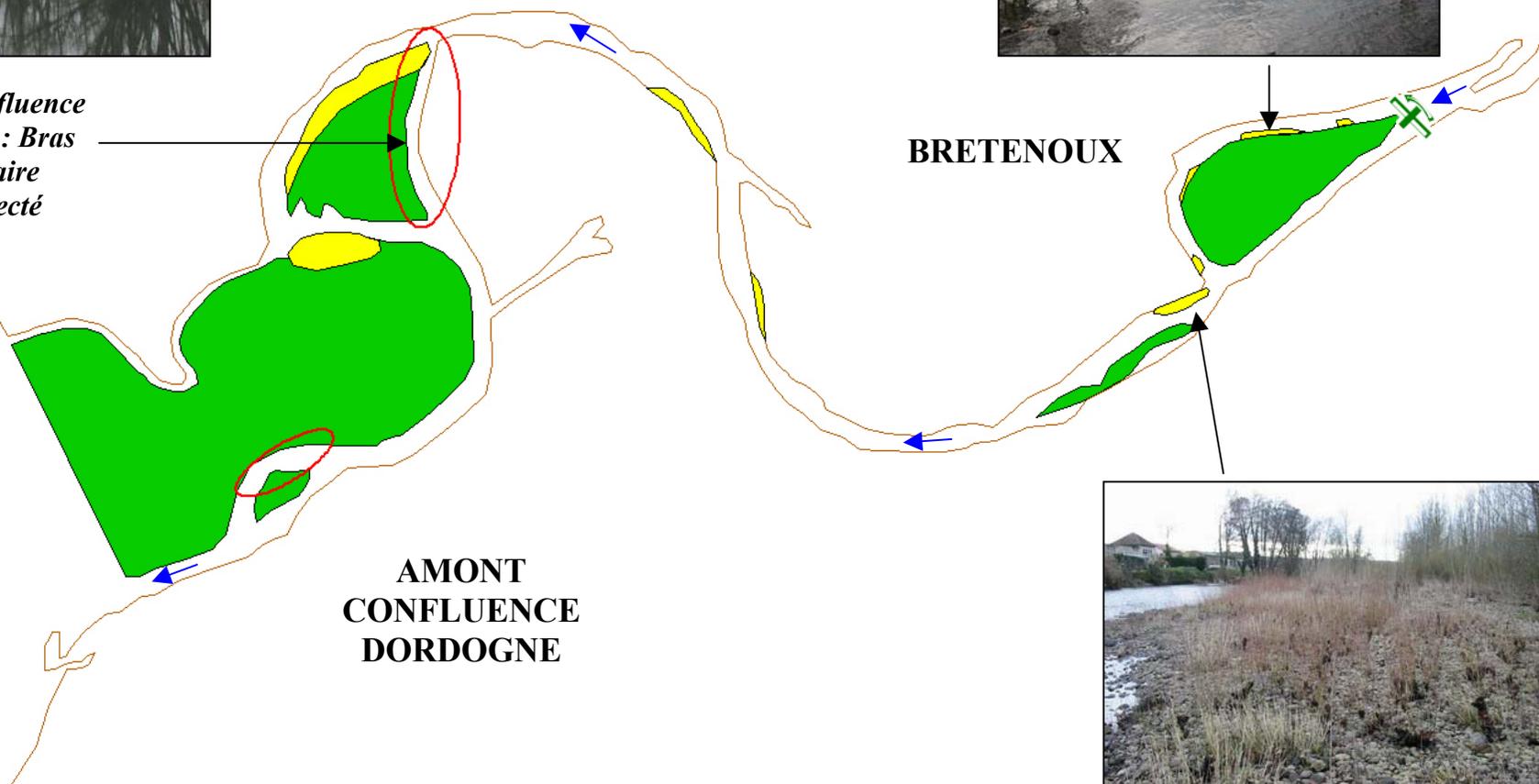


Sens de l'écoulement



Banc de galets

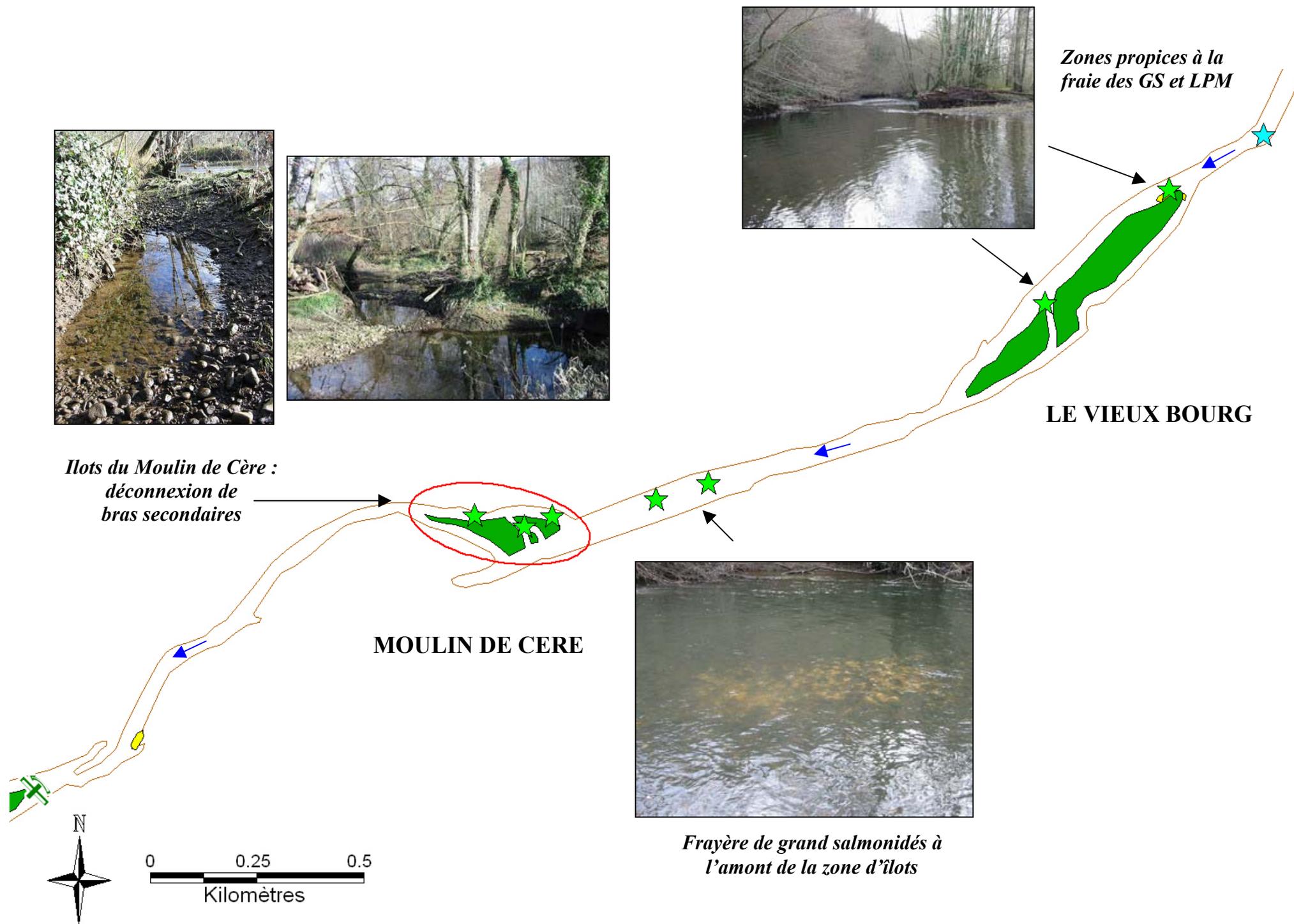
*Amont confluence
Dordogne : Bras
secondaire
déconnecté*



Banc de galets végétalisé



0 0.25 0.5
Kilomètres





Déconnexion de bras secondaire

PORT DE GAGNAC



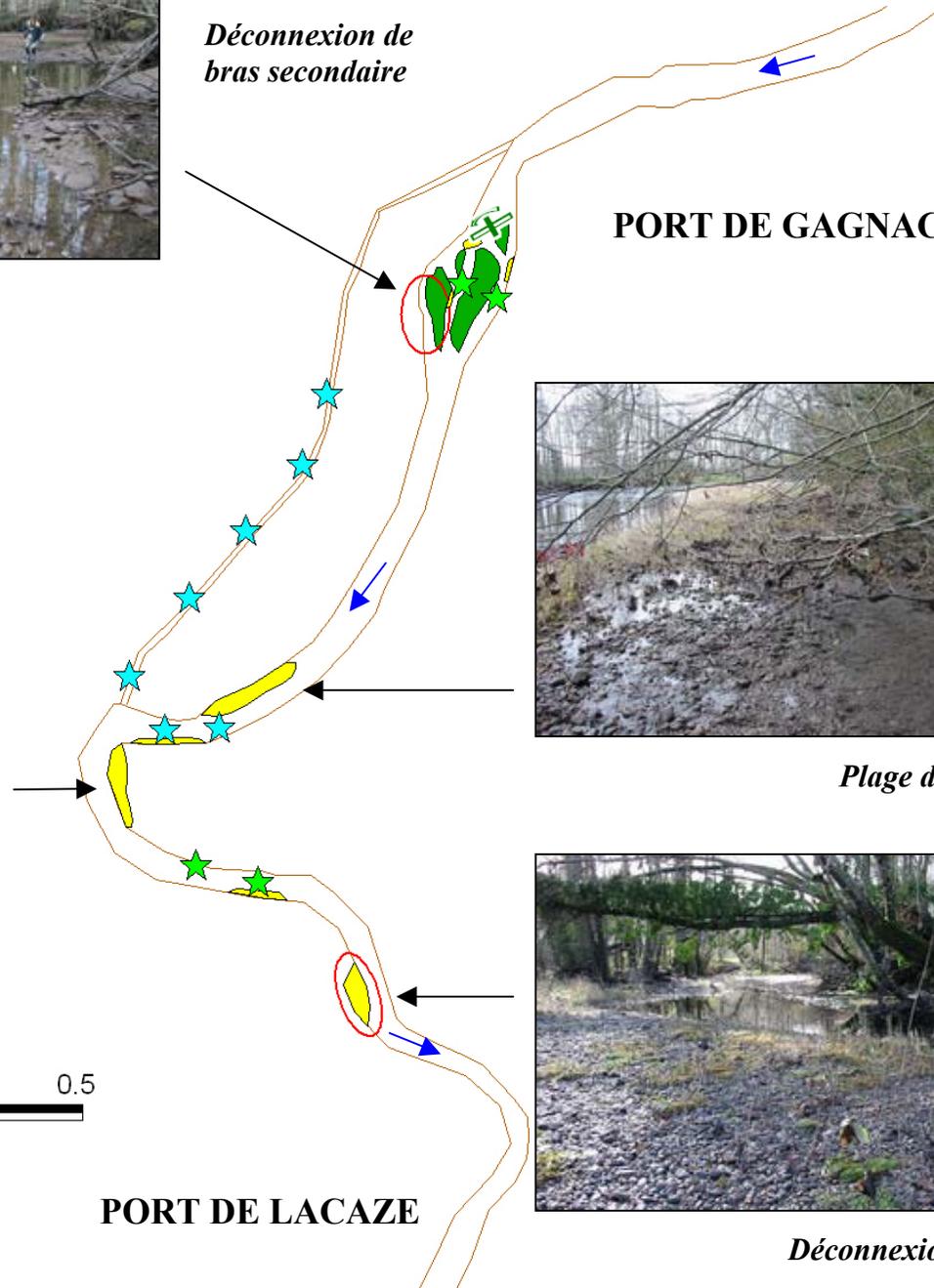
Plage de galets végétalisée



Déconnexion de bras secondaire



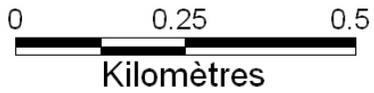
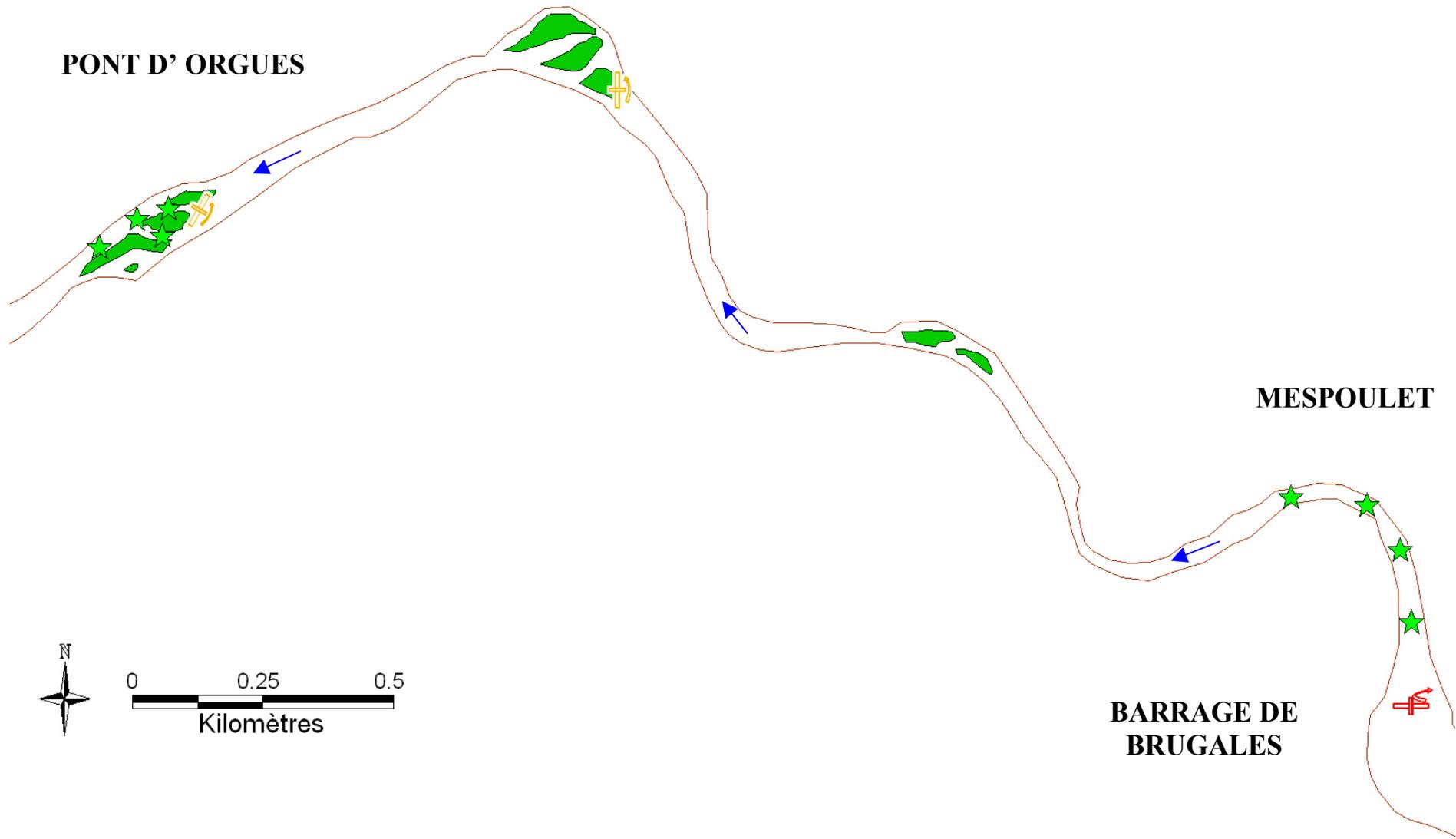
Plage de galets et petit chenal



PORT DE LACAZE



0 0.25 0.5
Kilomètres



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.