

Synthèse des données biologiques et hydrologiques pour l'analyse du recrutement des salmonidés dans les habitats amont de la Dordogne corrézienne

Année 2016

A. Pinte ; D. Clave



M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	II
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	III
RESUME	IV
INTRODUCTION	1
1 CONTEXTE	3
1.1 Enjeux économiques et environnementaux.....	3
1.2 Biologie des espèces étudiées.....	3
2 MATERIELS ET METHODES	6
2.1 Les données de pêches électriques	6
2.2 Données Frayères de grands salmonidés.....	9
2.3 Les données hydrologiques	9
2.4 L'indicateur Crue	11
3 RESULTATS	14
3.1 Abondances de Salmonidés juvéniles.....	14
3.2 Abondance des frayères de grands salmonidés	15
3.3 L'indicateur éclusées	16
3.4 L'indicateur Crue	17
3.5 Relation entre l'abondance de Salmonidés, le nombre de frayères, les indicateurs Eclusées et Crues.	19
4 DISCUSSION	24
4.1 L'influence de l'activité Eclusée sur l'abondance de Salmonidés Juvéniles 24	
4.2 Influence des autres facteurs et cumulation des effets	25
4.3 Efficacité du Défi et des Conventions Eclusées	27
5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES	28
BIBLIOGRAPHIE	29

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1 : A gauche, valeurs de l'indicateur crue hivernal Dordogne ; à droite, valeurs de l'indicateur crue printanier Dordogne. _____	18
Tableau 2 : Présentation annuelle des différents facteurs étudiés, (vert = bon ; rouge = mauvais). _____	19
Tableau 3 : Matrice des corrélations de Pearson issue de l'ACP Dordogne _____	20
Tableau 4 : Résultats du test de Barlett de l'ACP Dordogne _____	21
Tableau 5 : Matrice des corrélations et paramètre du GLM Dordogne _____	21
Tableau 6 : Coefficient de corrélation du GLM Dordogne et significativité du modèle _____	22
Tableau 7 : Coefficient de détermination du GLM en fonction des paramètres pris en compte dans le modèle _____	23
Figure 1 : Chronique des cadres successifs de gestion concertée de la problématique éclusée. _____	2
Figure 2 : Cycle biologique de la truite fario. _____	3
Figure 3 : Cycle biologique du saumon atlantique. _____	4
Figure 4 : Schéma de principe des prospections par CPUE (à gauche) et De Lury (à droite). _____	6
Figure 5 : Exemple des données stockées dans la base Migado _____	7
Figure 6 : Exemple des données spécifiques traitement salmonidés _____	8
Figure 7 : Visuel du modèle Indicateur Eclusées, onglet paramètres du cours d'eau et critères _____	10
Figure 8 : Visuel du modèle Indicateur Eclusées, onglet Note Eclusées et paramètres d'éclusées. _____	11
Figure 9 : Schéma explicatif des seuils hydrologique utilisés pour la définition de l'indicateur crue hivernale (exemple de la Dordogne en 2007) _____	12
Figure 10 : Schéma explicatif des seuils hydrologique utilisés pour la définition de l'indicateur crue printanier (exemple de la Dordogne en 2012) _____	12
Figure 11 : Graphique de régression linéaire des abondances moyennes de Salmo 0+ sur la Dordogne Amont en fonction du débit maximum hivernal _____	13
Figure 12 : Abondances moyennes en salmonidés de 200 à 2015. _____	14
Figure 13 : Frayères comptabilisées annuellement entre Argentat et Sauliere, depuis 2000 à 2015. _____	16
Figure 14 : Schéma explicatif du niveau de perturbation par éclusée en fonction de la valeur de l'indicateur éclusées _____	16
Figure 15 : Evolution de l'indicateur éclusée annuel et printanier sur la Dordogne _____	17
Figure 16 : Evolution du niveau de perturbation en fonction de la valeur de l'indicateur de crue. _____	17
Figure 17 : Graphique de régression linéaire des abondances de Salmo 0+ de Dordogne en fonction de l'indicateur éclusées annuel (à gauche) et printanier (à droite). _____	19
Figure 18 : Cercle des corrélations de l'ACP effectuée pour la Dordogne _____	21

RESUME

Territoire où se côtoient étroitement enjeux économiques et environnementaux, le bassin de la Dordogne abrite une chaîne d'ouvrages hydroélectriques dont le fonctionnement a des implications d'ordre national. Cependant, ce bassin abrite également des peuplements piscicoles remarquables avec notamment la présence de grands poissons migrateurs tels que la Grande Alose (*Alosa alosa*) ou encore l'Esturgeon Européen (*Acipenser sturio*). Parmi ces migrateurs, l'un d'eux s'est vu devenir le symbole de la lutte contre la dégradation des cours d'eaux : il s'agit du Saumon Atlantique (*Salmo salar*), dont les populations sur le bassin de la Dordogne se sont à jamais éteintes du fait des activités humaines (fractionnement de la continuité écologique, perturbation de l'hydrologie naturelle des cours d'eaux, surpêche ...). Un plan de restauration entrepris dans les années 80 a permis d'acclimater une population de substitution à ce bassin. Néanmoins, même si une frange non négligeable de cette population se reproduit naturellement, de nombreuses pressions limitent son expansion : l'accès difficile aux zones amont d'une part, mais aussi l'impact majeur de la grande hydroélectricité sur le cycle reproducteur du saumon réalisé dans cette partie du cours d'eau. Les impacts des éclusées sur le maintien en eau des nids et le recrutement des juvéniles ont été constatés visuellement et scientifiquement de même que celui des crues. Les données recueillies par l'association Migado ont permis de mettre en évidence un impact prépondérant des éclusées printanières sur le recrutement des salmonidés. Les actions mises en œuvre pour gérer ces impacts ont amélioré la situation de manière significative sur la Dordogne amont.

Mots clés : salmonidés, recrutement, éclusées, crues.

INTRODUCTION

La Dordogne s'étend sur près de 24 000 Km², la rivière Dordogne s'écoule sur plus de 480 kilomètres pour une largeur moyenne comprise entre 80 et 100 mètres. Cette dernière prend sa source à Puy de Sancy dans le Puy-de-Dôme à 1855 m d'altitude dans le Massif Central, avant de traverser le Cantal, la Corrèze, le Lot, la Dordogne et la Gironde. Ce puissant cours d'eau conflue avec la Garonne au « Bec d'Ambès », formant ainsi l'estuaire de la Gironde.

Ce cours d'eau abrite une importante chaîne d'ouvrages hydroélectriques, conférant à la Dordogne des enjeux économiques importants. Par ailleurs, la présence d'espèces classées comme le Saumon Atlantique (*Salmo salar*) et d'habitats protégés au titre de Natura 2000 reflète également de forts enjeux environnementaux. Il y a donc une nécessité forte à concilier ces enjeux économiques avec les enjeux environnementaux.

Le fonctionnement par éclusées des ouvrages hydroélectriques impacte les salmonidés et toutes la faune et la flore aquatique à plusieurs occasions. Ce constat fait suite aux observations de terrain de ces quinze dernières années où les pratiques d'éclusées ont été clairement mises en cause. En effet, les variations brusques du niveau d'eau dues au fonctionnement par éclusées ont été identifiées comme principales responsables des problématiques d'exondation de frayères ou encore des échouages et des piégeages d'alevins durant la période d'émergence de ces derniers. La problématique de l'impact des éclusées liées aux aménagements hydroélectriques de la haute vallée de la Dordogne a émergé de façon significative dans les années 1990. La charte vallée Dordogne (1992), puis les États Généraux de la Dordogne (2001) en ont souligné l'importance. Le SDAGE Adour-Garonne de 1996, identifie la Dordogne comme grande rivière sensible aux éclusées, dont la réalité des impacts et le champ des usages concernés sont confirmés par des études réalisées pour EPIDOR au début des années 2000 et Migado par la suite. C'est dans ce contexte qu'en 2004, EDF, l'État, EPIDOR et l'Agence de l'Eau signent un défi territorial pour réduire les impacts des éclusées à l'aval des grandes chaînes de la Dordogne, de la Maronne et de la Cère, sous la forme d'un programme axé sur :

- des actions sur le régime des eaux et sur les milieux aquatiques,
- des études menées en complément du programme de restauration des poissons migrateurs et visant une amélioration des connaissances ainsi qu'une évaluation du programme, l'information des usagers,
- la concertation, la coordination des partenaires et l'animation du programme d'actions.

Depuis l'année 2000, MIGADO assure la maîtrise d'ouvrage d'études permettant de suivre l'impact des éclusées sur la reproduction et le recrutement. Ces études permettent également de suivre l'efficacité des actions mises en œuvre dans le cadre du « défi éclusée ». Les études réalisées jusqu'à fin 2007, dans le cadre de ce défi, ont permis de préciser le gain d'une modification de gestion de ces aménagements sur les différentes phases de développement de la plupart des espèces piscicoles. Sur la base de ces nouveaux éléments, une « convention éclusées » a été signée sur la période 2008-2012 entre les quatre mêmes partenaires. L'objectif visé est alors d'expérimenter de nouvelles modalités de gestion des barrages pour aboutir au meilleur compromis entre l'usage

énergétique, les autres usages et le milieu. Cet exercice pluriannuel, évalué par des constats écologiques de terrain, a permis de dégager des voies de progrès en termes de pilotage des aménagements, sans remettre en cause la vocation énergétique des chaînes de barrage et de la « convention éclusée ». Cette démarche est encore en cours au moment de la rédaction du présent rapport.

L'analyse annuelle des données biologiques produites permet un pilotage efficace de la convention. Cependant, il est apparu après plusieurs années d'exercice qu'une approche pluriannuelle permettra de mieux appréhender la situation. Les données et analyses du recrutement des salmonidés en fonction de l'hydrologie et des éclusées réalisées sur la Dordogne depuis 2002 jusqu'à 2015 seront présentés.

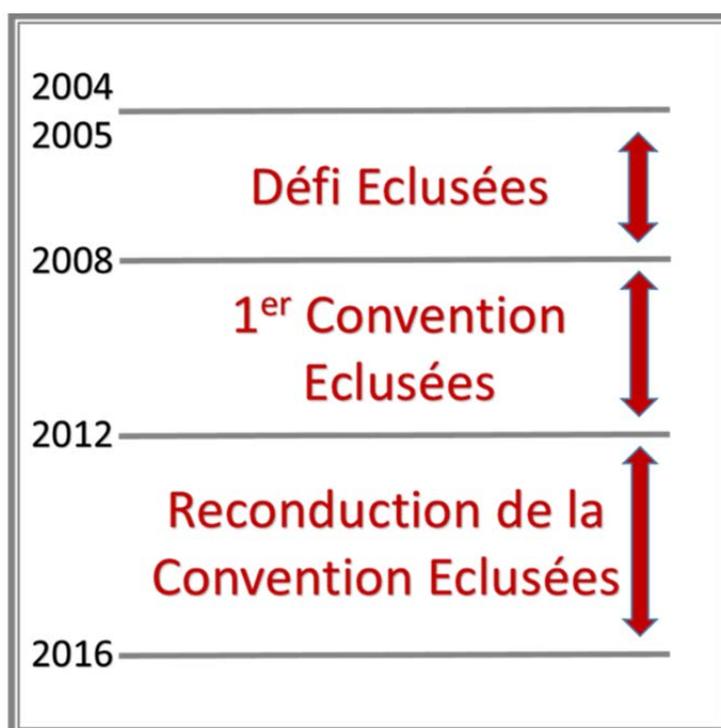


Figure 1 : Chronique des cadres successifs de gestion concertée de la problématique éclusée.

1 CONTEXTE

1.1 Enjeux économiques et environnementaux

Les enjeux en termes d'hydroélectricité sur le bassin Dordogne sont d'importance nationale. Ce bassin comprend 52 grands barrages hydroélectriques, dont 24 intéressant la sécurité publique. Le volume total d'eau stocké représente 1,1 milliard de m³ alimentant 28 usines d'une puissance totale de 1800 MW pour un productible moyen de 3000 GWh. Le principal intérêt de ce complexe est sa capacité à mettre à disposition en quelques minutes sur le réseau une puissance importante, pour répondre aux pointes quotidiennes, pour compenser les défaillances éventuelles d'un outil de production, ou pour relancer le réseau en cas d'effondrement. Le premier barrage à l'Amont de notre zone d'étude est l'ouvrage du Sablier sur la commune d'Argentat, ce dernier ne pouvant pas être équipé de dispositif de franchissement, marque donc la limite du tronçon de Dordogne colonisable par les poissons migrateurs.

Les enjeux environnementaux sont nombreux sur ce tronçon de la Dordogne. On y retrouve en effet de nombreuses espèces animales et végétales protégées ce qui a valu au bassin de la Dordogne d'être classé Réserve Mondiale de Biosphère par l'UNESCO en 2012. On y retrouve des espèces piscicoles remarquables telles que l'ensemble des 8 espèces de poissons migrateurs : saumon atlantique, truite de mer, grande alose, alose feinte, lamproie marine, lamproie fluviatile, anguille et esturgeon européen. Le tronçon de cet axe que nous avons étudié dans le cadre de ce projet est particulièrement intéressant en ce qui concerne le recrutement des juvéniles de salmonidés et de lamproies marines, ce sont des zones de fraies et de croissance, la compréhension des pressions qui y pèsent représente donc un enjeu capital pour la pérennité de ces espèces dans le bassin.

1.2 Biologie des espèces étudiées

Deux espèces seront retenues pour les analyses, la truite fario et le saumon atlantique. D'une part parce que ces espèces sont bien connues et bénéficient d'un grand retour sur expérience en matière d'échantillonnage et de connaissances biologiques. D'autre part, parce qu'elles sont directement impactées par les éclusées dans des conditions similaires.

1.2.1 La truite fario

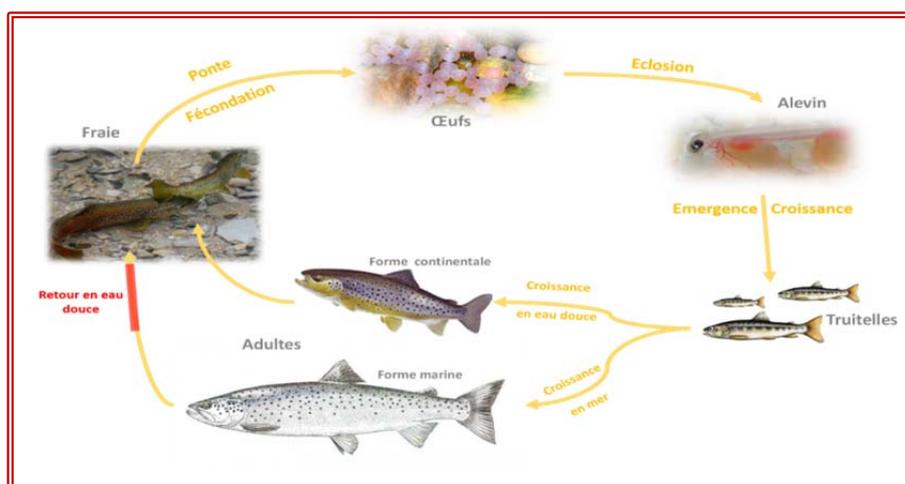


Figure 2 : Cycle biologique de la truite fario.

La Truite Fario (*Salmo trutta*) est un poisson de la famille des Salmonidés pouvant atteindre un mètre de long pour un poids de plus de dix kilos. Elle colonise principalement les têtes de bassin et les petits affluents où elle retrouve les conditions d'écoulement, de température et d'oxygène qu'elle affectionne (0 à 20°C pour un taux d'Oxygène dissous de 6mg/l minimum).

Le Fraie de la Truite Fario s'étale du mois de novembre au mois de février dans les zones courantes des parties supérieures des bassins, la Truite Fario étant, comme tous les Salmonidés, très exigeante vis-à-vis du substrat de fraie (gravier – galets). La femelle dépose ses œufs dans une cuvette préalablement creusée dans le gravier, le mâle libère ensuite sa semence pour les féconder.

Une fois la fécondation réalisée, la femelle recouvre les œufs de graviers à l'aide de sa queue pour les protéger. Les œufs éclosent à environ 400 degrés-jours, entre la fin janvier et début mars, les larves d'une vingtaine de millimètres restent alors cachées dans le substrat se nourrissant grâce à leur vésicule vitelline. Au printemps, se produit l'émergence entre début mars et début mai, cet épisode caractérisant la fin de la vie larvaire sous gravier et le début de la vie libre de ce que l'on appelle désormais des alevins et qui après une première période de croissance porteront le nom de Truitelles. Après l'émergence, le comportement des juvéniles change et ces derniers deviennent territoriaux, colonisant les radiers et plat courant environnant en instaurant une compétition intra-spécifique pour l'occupation des meilleurs postes alimentaires. Il existe deux stratégies de croissance différentes chez la Truite Fario. La Truite peut réaliser sa croissance en eau douce ou elle peut choisir de dévaler vers la mer pour effectuer sa croissance dans l'océan. Dans le deuxième cas, la jeune Truite subit un ensemble de processus d'adaptation physiologique et morphologique à la vie marine comparable à la smoltification des tacons chez le Saumon Atlantique (*Salmo salar*). Il en résulte l'existence de deux phénotypes adultes différents avec une forme continentale de la Truite Fario, de coloration brunâtre et une forme marine de coloration argentée et plus grosse à âge équivalent. Après cette phase de croissance, en eau douce ou en mer, la truite migre vers l'amont de la rivière qui l'a vu naître pour s'y reproduire.

1.2.2 Le saumon atlantique

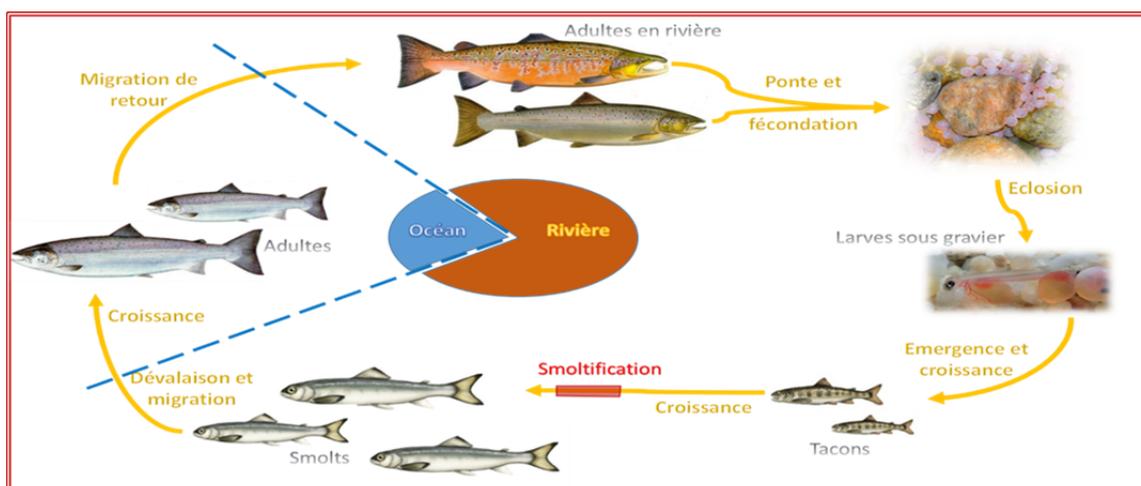


Figure 3 : Cycle biologique du saumon atlantique.

Représentant emblématique de la famille des Salmonidés, le Saumon Atlantique (*Salmo salar*) peut atteindre à l'âge adulte une taille allant de 45 cm à plus d'un mètre pour un poids pouvant dépasser les dix kilos. La taille des adultes étant fortement dépendante du temps passé en mer (un, deux ou trois voire quatre hivers en mer). Le cycle vital du Saumon Atlantique est composé de deux phases : une phase de vie juvénile en eau douce et une phase de vie adulte en mer. En France, ce cycle (**fig. 7**) peut s'étaler sur une période allant de 2 à 6 ans. La reproduction du Saumon Atlantique est hivernale et s'étale de novembre à janvier. Le fraie se déroule, tout comme pour les *S. trutta*, dans les parties supérieures des bassins sur des zones de substrat graveleux avec un courant soutenu.

La femelle creuse une cuvette où elle déposera ses œufs, à raison de 1500 œufs par kg, afin que le mâle les féconde. Après avoir recouvert le nid, la femelle et le mâle meurent, épuisés par le voyage migratoire et la reproduction, certains peuvent survivre mais ils sont en faible proportion dans le bassin Dordogne. L'éclosion, plus tardive que pour la truite, a lieu à 440 degrés-jours. Tout comme les larves de Truite, les larves de Saumon restent cachées dans le substrat jusqu'au printemps, se nourrissant par l'intermédiaire de leur vésicule vitelline. La période mai-juin est le théâtre de l'émergence des juvéniles qui sortent du gravier, se dispersant sur les radiers à la recherche de bons postes d'alimentation. Ces juvéniles de Saumon sont appelés Tacons et comme les Truitelles sont caractérisés par une forte territorialité. Après une période de croissance de 1 à 2 ans, les tacons changent de comportement et se regroupent poussés par l'instinct pour entreprendre une première migration printanière vers l'aval : la Dévalaison. Durant cette migration, les tacons descendent la rivière vers l'embouchure et subissent tout un ensemble de modifications physiologiques et morphologiques visant à les préparer à la vie marine : c'est la Smoltification. La coloration brune tachetée proche de celle de la Truite commune laisse alors place à une magnifique robe argentée caractéristique de ce que l'on appelle désormais des Smolts. Une fois dans l'Océan Atlantique, ils migrent vers des zones de grossissement en Atlantique Nord. Là-bas, ils trouveront de la nourriture en quantité grâce aux grands bancs de poissons fourrages et pourront ainsi grandir avant leur long voyage de retour. Après un ou plusieurs hivers sur ces zones de grossissement, les saumons désormais adultes et matures entament le voyage de retour (phénomène de « Homing »). Ils remontent la rivière jusqu'aux têtes de bassin et affluents afin de se reproduire sur les zones de fraie où ils ont vu le jour quelques années auparavant

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 Les données de pêches électriques

2.1.1 Méthode d'échantillonnage

Les données sont issues des chroniques de seize années de pêche électrique. Ces campagnes de pêches sont réalisées à la fin août durant la période d'étiage. A cette période, les niveaux d'eaux sont au plus bas et permettent ainsi la prospection des stations par les équipes de pêches électriques

2.1.1.1 CPUE

La technique de pêche électrique en CPUE se pratique à l'aide d'une seule électrode et consiste à réaliser un certain nombre de posés de manière aléatoire sur la station pêchée. Cette technique est adaptée aux cours d'eau de grand gabarit. L'exploitation des résultats de ces pêches permet de fournir une EPA ou Estimation Ponctuelle d'Abondance, qui consiste en un nombre de poissons moyens par posé et nous donne une idée de la situation sur l'ensemble de la station.

2.1.1.2 De Lury

La technique de pêche électrique De Lury est en revanche plus adaptée aux cours d'eau de petit gabarit. Elle consiste en une prospection continue d'une surface de radier par plusieurs opérateurs et permet ainsi de dégager un nombre de captures par m².

Sur le tronçon de Dordogne étudié, la méthode d'échantillonnage principalement utilisée est la CPUE.

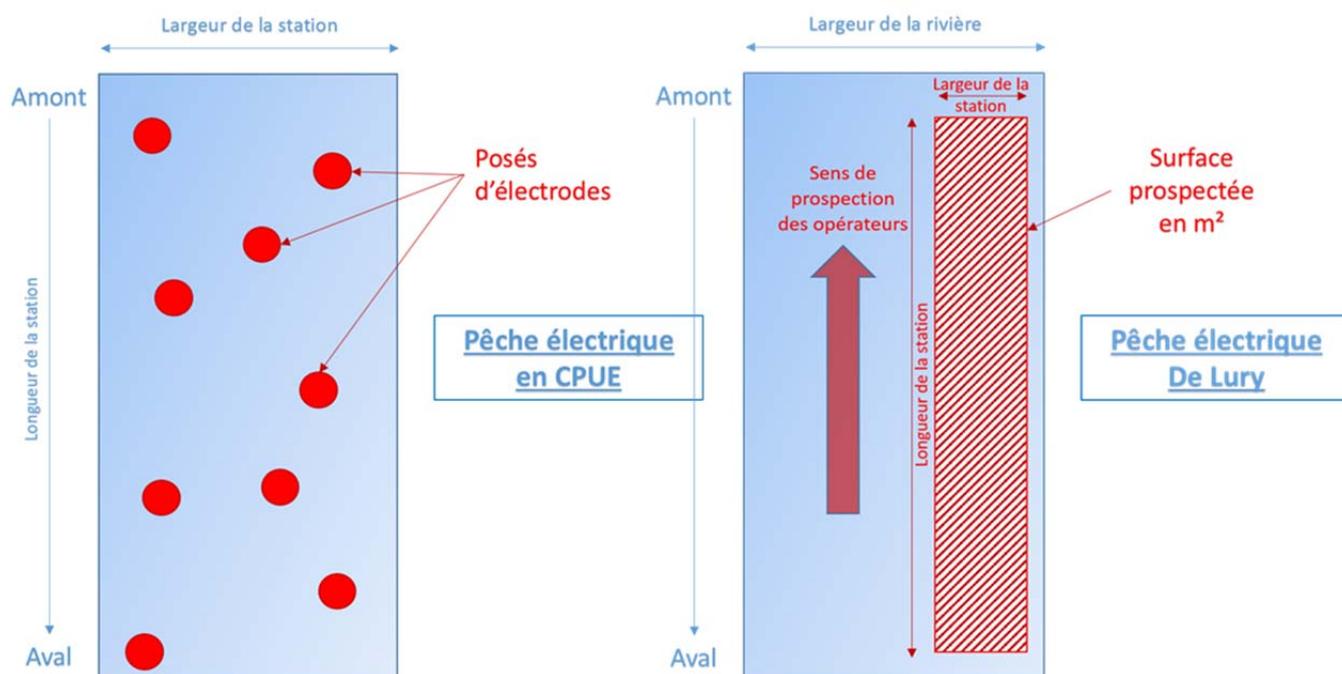


Figure 4 : Schéma de principe des prospections par CPUE (à gauche) et De Lury (à droite).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Station	Longueur (mm)	Cohorte	nb	classe	Fréquence	Intervalle		Cohorte	Effectif	%
1	D21	86	0+	549	10	0	]classe;10]		0+	530	96,54%
2	D21	102	0+		15	0	]10;15]		1+	19	3,46%
3	D21	105	0+		20	0	]15;20]				
4	D21	103	0+		25	0	]20;25]				
5	D21	101	0+		30	0	]25;30]				
6	D21	94	0+		35	0	]30;35]		Total	549	100,00%
7	D21	89	0+		40	0	]35;40]				
8	D21	87	0+		45	0	]40;45]		0+	]10;140]	
9	D21	84	0+		50	0	]45;50]		1+	]140;--]	
10	D21	85	0+		55	0	]50;55]				
11	D21	82	0+		60	2	]55;60]				
12	D21	76	0+		65	14	]60;65]				
13	D21	67	0+		70	35	]65;70]				
14	D21	66	0+		75	47	]70;75]				
15	D20b	91	0+		80	50	]75;80]				
16	D20b	92	0+		85	55	]80;85]				
17	D20b	93	0+		90	57	]85;90]				
18	D20b	101	0+		95	43	]90;95]				
19											

Figure 6 : Exemple des données spécifiques traitement salmonidés

Etant donné que notre intérêt s'est porté sur les populations juvéniles, il a fallu distinguer les données relatives aux individus 0+ du reste des individus. Pour cela, il a fallu définir, pour chaque cohorte, une classe de taille associée en réalisant un diagramme de distribution avec les données de taille de chacune des deux espèces toutes années confondues. Un diagramme par espèce, et surtout par rivière, a été réalisé pour prendre en compte les différences potentielles de productivité qui peuvent exister entre deux cours d'eau. Une fois ces diagrammes réalisés, il nous a été possible de définir les classes de tailles correspondantes aux individus 0+ de SAT et de TRF. Pour les SAT de Dordogne par exemple, il nous a été possible de définir que les individus 0+ avaient une taille comprise entre 0 et 140 mm et ainsi de les différencier des individus plus âgés. On a ainsi créé pour chaque rivière une base de données SAT 0+, une base de données TRF 0+ ainsi qu'une base de données regroupant les deux espèces sous l'intitulé Salmo 0+. Les très faibles effectifs de SAT 0+ n'ont pas permis de mener des analyses par espèce. Les analyses ont donc été faites sur les données Salmo 0+.

Traitement descriptif des données

Les données des individus 0+ de SAT et de TRF ainsi distinguées du reste des données, nous avons procédé à un traitement descriptif de ces données. Une étape préalable a cependant été nécessaire puisqu'il a d'abord fallu pondérer les effectifs de 0+ de SAT et de TRF sur chaque station par l'effort de pêche mis en œuvre sur la station correspondante. Pour les pêches en CPUE sur la Dordogne, cet effort de pêche se résume au nombre de posés d'électrodes. Tout le travail de compilation, d'extraction et de traitement de données réalisé a permis de dégager au final les effectifs pondérés de Salmo 0+ pour chaque station de la zone étudiée. Les résultats ont été représentés graphiquement pour faciliter leur analyse et leur mise en relation avec les autres paramètres.

Compte tenu du fait que le tronçon étudié sur la Dordogne est composé de très nombreuses stations et que toutes n'ont pas forcément été suivies chaque années, nous avons choisi de fonctionner en calculant des abondances pondérées totales à l'échelle du tronçon en additionnant les effectifs capturés sur chaque station chaque année et en divisant cet effectif total par la somme des efforts de pêche (nombre de posés d'électrodes).

2.2 Données Frayères de grands salmonidés

Durant la phase de reproduction, mâles et femelles de salmonidés se retrouvent sur des zones à substrat particulier afin de creuser leurs nids et d'y déposer les œufs formant ainsi ce que l'on appelle des frayères. Ces zones sont identifiables par la différence de coloration du substrat, plus claire sur la zone de fraie compte tenu du réaménagement de cette zone par la femelle. Un œil avisé pourra ainsi repérer et compter ces zones de fraie. L'acquisition des données Frayères Salmonidés par comptage est réalisée par un bureau d'étude spécialisé, le bureau d'étude ECOGEA, prestataire pour MIGADO. Les équipes de terrain d'ECOGEA parcourent tout le linéaire de la Dordogne depuis Vayrac jusqu'au barrage d'Argentat. Il s'agit d'une prospection à pied que le personnel d'ECOGEA réalise régulièrement durant la période de fraie des salmonidés. Sur la Dordogne, les frayères sont majoritairement situées en berge, ce qui facilite leur observation mais révèle les déficits du matelas sédimentaire.

2.3 Les données hydrologiques

2.3.1 L'indicateur éclusées

Développé en 2008 par D.COURRET pour le compte de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, l'indicateur Eclusées permet de rendre compte de l'ampleur des perturbations liées au fonctionnement par éclusées des ouvrages hydroélectriques sur un cours d'eau.

Basé sur l'étude des phénomènes de hausses et de baisses du débit, il permet de dégager les phénomènes de variations naturelles du débit (phénomène de crue) des variations du débit provoquées par le fonctionnement par éclusées. Le modèle indicateur éclusée permet après analyse des données de débit de donner une note rendant compte de l'importance de la perturbation liée aux éclusées et des paramètres des éclusées qui ont eu lieu.

Le traitement porte sur les chroniques de débit à pas de temps variables (QTVAR obtenu via banque HYDRO) qui sont seules à même de rendre compte correctement des variations de débit liées aux éclusées. Chaque mesure est constituée d'un couple date-débit. Le traitement s'effectue sous Excel ; l'automatisation est réalisée au travers d'une Macro codée en Visual Basic.

Le traitement des chroniques de débit s'organise en deux étapes : une première étape d'identification et de caractérisation des événements significatifs de hausse et de baisse de débit et une seconde étape de sélection parmi ces événements, visant à ne garder que les variations de débit liées aux éclusées.

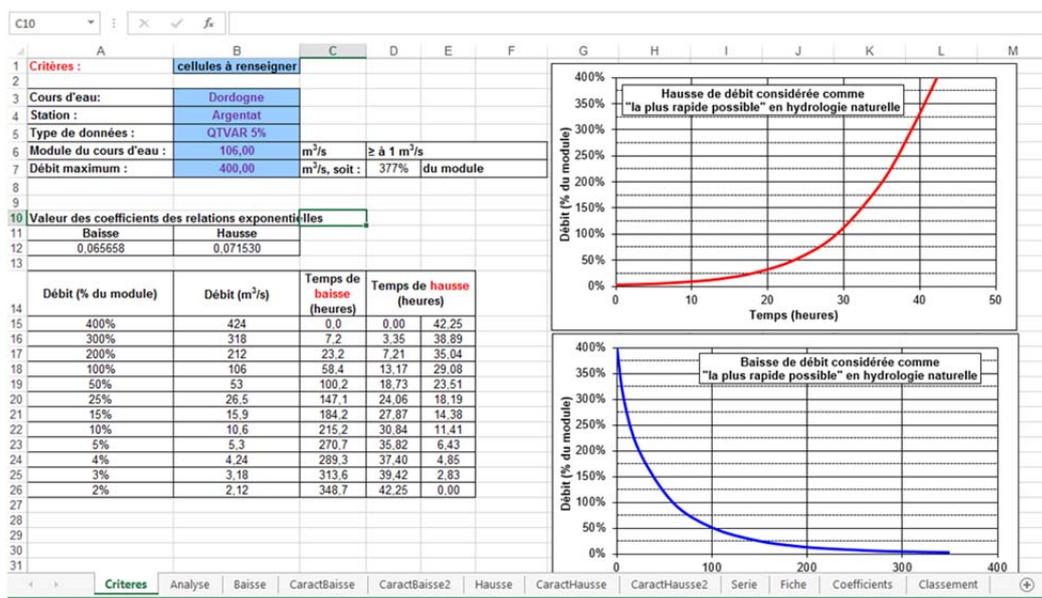


Figure 7 : Visuel du modèle Indicateur Eclusées, onglet paramètres du cours d'eau et critères

Dans un premier temps, on identifie les hausses et les baisses de débit significatives parmi les variations élémentaires, leur gradient instantané devant être supérieur à une valeur-seuil définie par l'opérateur. Cette valeur-seuil sur le gradient doit être suffisamment faible pour permettre une prise en compte correcte des débuts et des fins d'événements présentant des gradients généralement plus faibles que le « cœur » des événements, dans le souci notamment de bien obtenir leur amplitude totale. La valeur seuil de 1% du module par heure s'avère généralement satisfaisante.

Dans un second temps, chaque série continue de variations élémentaires identifiées comme des hausses significatives est regroupée et constitue un événement de hausse (de même pour les baisses). Chaque événement est caractérisé par les débits et les dates de début et de fin. L'amplitude totale, le gradient moyen sur l'évènement et le rapport entre le débit maximum et le débit de base sont reportés.

Classement de l'Indicateur Eclusées V2																								
Station	Module	Année	Paramètres						Paramètres calculés pour l'analyse discriminante					Classement de l'Indicateur										
			Baisse	Bqbase10	Bamp190	Bgrad90	Hausse	Hgrad90	Hgrad90an	NbTot	Log(NbTot)	Log(1-Nbqbase10)	Log(1-Nbamp190)	Log(1-Nbgrad90-Hgrad90)	Score					Score minimum	Zem	Class e1	Class e2	Class e finale
Mod	Année	Baisse	Bqbase10	Bamp190	Bgrad90	Hausse	Hgrad90	Hgrad90an	NbTot	Log(NbTot)	Log(1-Nbqbase10)	Log(1-Nbamp190)	Log(1-Nbgrad90-Hgrad90)	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Score minimum	Zem	Class e1	Class e2	Class e finale	
Argentat	106.0	1989	63	0.347	1496	0.850	53	0.586	0.586	464	2.67	1.47	1.20	0.77	373.4	395.6	406.4	410.3	407.3	410.3	407.3	4	5	4+
Argentat	106.0	1990	25	0.129	2343	0.150	13	0.483	0.483	152	2.18	1.90	1.39	0.35	378.8	399.3	408.1	409.9	409.0	409.9	409.0	4	5	4+
Argentat	106.0	1991	43	0.148	1690	0.406	50	0.507	0.507	372	2.57	1.84	1.25	0.55	392.5	415.9	426.5	431.0	431.3	431.3	431.0	5	4	5
Argentat	106.0	1992	95	0.171	1498	0.287	47	0.351	0.351	328	2.52	1.77	1.20	0.45	371.4	391.4	399.7	401.7	398.6	401.7	399.7	4	3	4-
Argentat	106.0	1993	41	0.184	0.898	0.254	41	0.348	0.348	328	2.52	1.74	1.00	0.42	333.5	347.4	351.0	349.5	340.1	351.0	349.5	3	4	3+
Argentat	106.0	1994	70	0.494	1360	0.469	60	0.499	0.499	520	2.72	1.33	1.16	0.58	360.1	390.3	390.0	392.0	386.2	392.0	390.0	4	3	4-
Argentat	106.0	1995	41	0.365	1085	0.281	35	0.455	0.455	304	2.48	1.45	1.07	0.46	326.2	340.1	344.8	342.8	332.1	344.8	342.8	3	4	3+
Argentat	106.0	1996	31	0.230	1336	0.262	30	0.303	0.303	244	2.39	1.65	1.16	0.42	343.2	359.1	364.7	363.9	356.4	364.7	363.9	3	4	3+
Argentat	106.0	1997	25	0.172	0.799	0.237	27	0.250	0.250	208	2.32	1.77	0.95	0.39	306.5	315.9	316.0	311.7	286.5	316.0	315.9	3	2	3-
Argentat	106.0	1998	60	0.420	1643	0.532	49	0.620	0.620	436	2.64	1.39	1.24	0.63	371.0	392.9	403.7	406.7	403.1	406.7	403.7	4	3	4-
Argentat	106	1999	56	0.442	1562	0.396	52	0.658	0.658	432	2.64	1.37	1.22	0.56	364.7	395.4	395.5	397.6	397.6	395.5	4	3	4-	
Argentat	106	2000	57	0.623	1526	0.371	49	0.490	0.490	424	2.63	1.23	1.21	0.52	352.9	372.2	381.7	382.6	375.7	382.6	381.7	4	3	4-
Argentat	106	2001	15	0.320	1393	0.556	13	0.864	0.864	112	2.05	1.51	1.17	0.67	306.3	317.4	320.2	316.7	304.5	320.2	317.4	3	2	3-
Argentat	106	2002	23	0.440	1174	0.287	16	0.454	0.454	156	2.19	1.38	1.11	0.46	297.6	307.3	309.4	304.4	289.9	309.4	307.3	3	2	3-
Argentat	106	2003	11	0.220	1642	0.289	14	0.350	0.350	100	2.00	1.67	1.24	0.45	320.6	332.9	336.2	332.9	323.0	336.2	332.9	3	2	3-
Argentat	106	2004	29	0.541	1380	0.217	20	0.286	0.286	196	2.29	1.29	1.17	0.37	313.2	325.5	329.9	326.0	313.6	329.9	326.0	3	4	3+
Argentat	106	2005	34	0.491	0.950	0.223	10	0.197	0.197	176	2.25	1.33	1.02	0.36	263.7	291.1	291.4	284.8	267.7	291.4	291.1	3	2	3-
Argentat	106	2006	26	0.442	1.156	0.175	3	0.125	0.125	116	2.06	1.37	1.10	0.30	281.4	288.1	288.0	280.6	263.6	288.1	288.0	2	3	2+
Argentat	106	2007	23	0.491	0.979	0.217	16	0.273	0.273	164	2.21	1.33	1.03	0.37	282.8	290.1	290.4	283.7	266.5	290.4	290.1	3	2	3-
Argentat	106	2008	4	1.462	0.897	0.107	1	0.193	0.000	20	1.30	0.89	1.00	0.19	154.4	142.2	130.3	109.8	73.9	154.4	142.2	1	2	1
Argentat	106	2009	27	0.467	0.958	0.239	20	0.229	0.229	198	2.27	1.35	1.02	0.38	288.8	296.9	297.7	291.7	275.4	297.7	296.9	3	2	3-
Argentat	106	2010	19	0.568	1.099	0.200	14	0.230	0.230	132	2.12	1.27	1.08	0.35	277.5	284.1	284.3	276.8	259.0	284.3	284.1	3	2	3-
Argentat	106	2011	4	0.589	0.581	0.206	1	0.257	0.000	20	1.30	1.25	0.83	0.31	148.2	133.9	116.8	98.4	61.9	148.2	133.9	1	2	1
Argentat	106	2012	6	0.685	0.308	0.134	3	0.204	0.204	36	1.56	1.19	0.61	0.27	129.3	112.1	94.6	72.7	32.2	129.3	112.1	1	2	1

Figure 8 : Visuel du modèle Indicateur Eclusées, onglet Note Eclusées et paramètres d'éclusées.

Il nous a été possible d'extraire pour chaque année une note annuelle et une note printanière. La première caractérise le niveau de perturbation hydrologique due aux éclusées sur une base annuelle. La seconde définit le niveau de perturbation hydrologique due aux éclusées sur la période printanière qui est également la période d'émergence des salmonidés, donc à enjeu pour notre analyse.

2.4 L'indicateur Crue

Après avoir caractérisé les années en termes de perturbation éclusée, il était également important de rendre compte de l'importance des perturbations hydrologiques naturelles. En effet, lorsque ces dernières interviennent à des périodes particulières, elles peuvent potentiellement impacter le recrutement en Salmonidés par déstructuration des nids, dérive forcée des alevins ou encore par phénomène d'échouage/piégeage. Il nous a fallu développer deux indicateurs Crue différents, l'un hivernal pour la problématique de déstructuration des nids et l'autre printanier pour la problématique de dérive et d'échouage. De plus, les paramètres des crues impactantes en hiver et au printemps ne sont pas les mêmes. Tous deux sont basés sur un principe de seuil de débit défini par un facteur multiplicateur du module de la rivière. Une note de 0 à 4 est ensuite affectée en fonction du dépassement ou non des seuils permettant ainsi de caractériser l'année en termes de Crue.

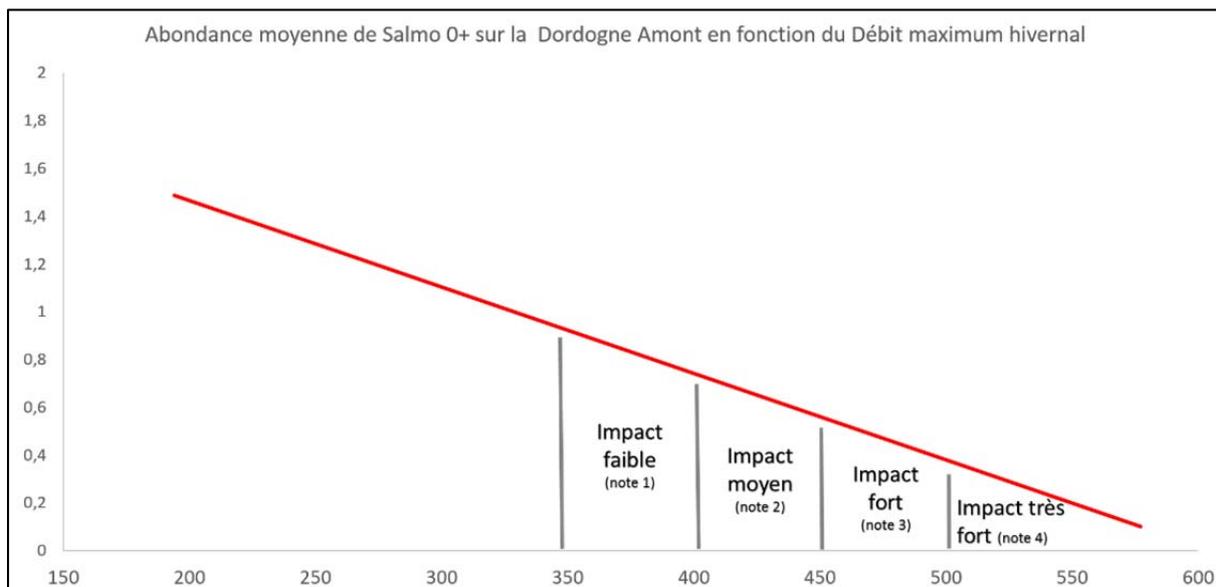


Figure 11 : Graphique de régression linéaire des abondances moyennes de Salmo 0+ sur la Dordogne Amont en fonction du débit maximum hivernal

3 RESULTATS

3.1 Abondances de Salmonidés juvéniles

La figure ci-dessous représente les abondances de Salmonidés Juvéniles (Salmo 0+) capturés dans le tronçon de Dordogne concerné par l'étude de 2000 à 2015. Les Abondances de Salmo 0+ sont exprimées en Nombre d'individus par posé d'électrodes. Avant la fin 2004, c'est-à-dire avant la mise en place du tout premier Défi Eclusées, on remarque que les abondances ne dépassent pas les 0.77 Salmo 0+/posé. Les maximums d'abondance sur la période 2000-2004 sont atteints en 2002 et 2003 avec des abondances respectivement de 0.74 et 0.77 Salmo 0+/posé.

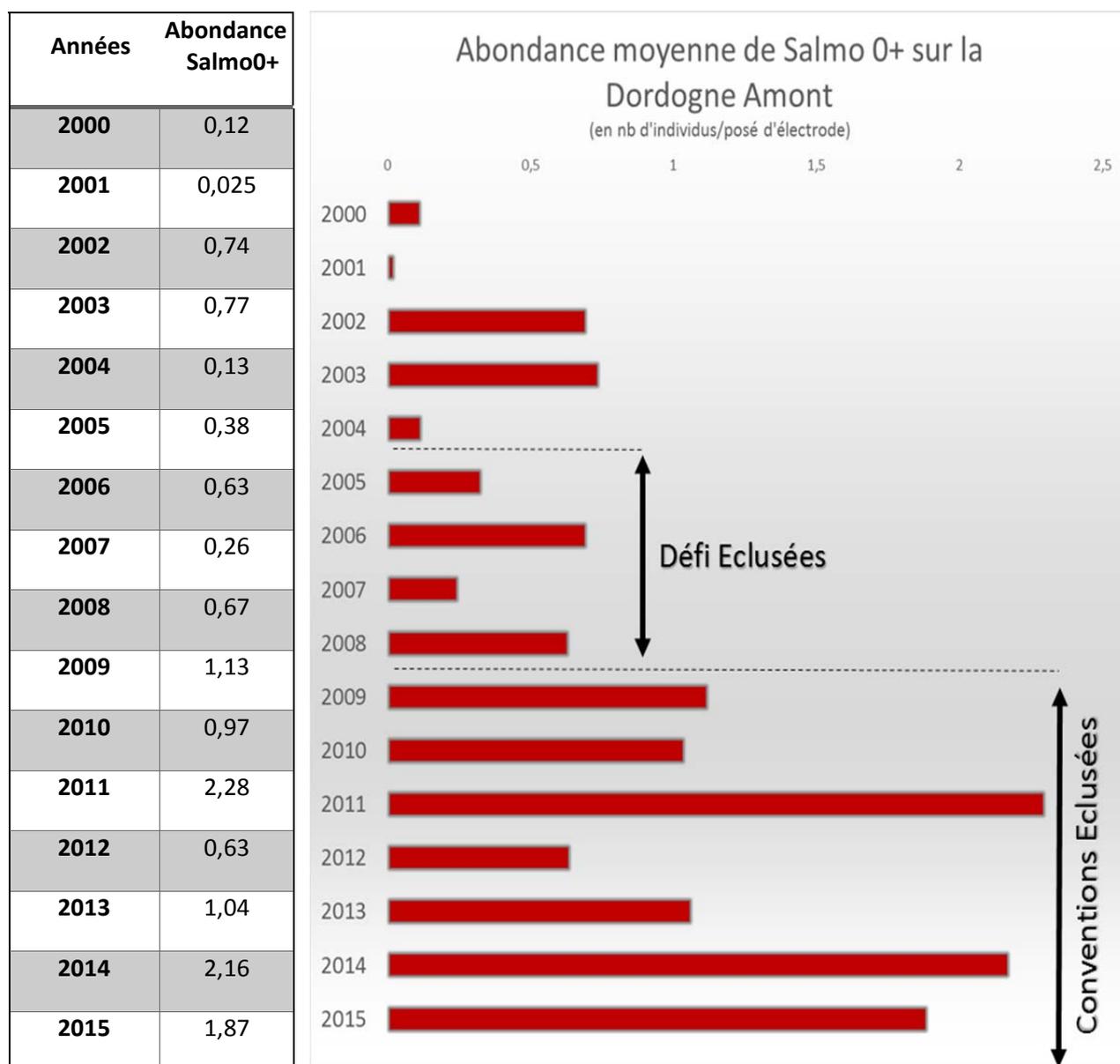


Figure 12 : Abondances moyennes en salmonidés de 200 à 2015.

Le minimum d'abondance sur cette période est atteint en 2001 avec une abondance de Salmo 0+ extrêmement faible de 0.025 Salmo0+/posé. En 2000 et 2004, les abondances ont été quasiment les mêmes avec 0.12 et 0.13 Salmo 0+/posé, ce qui est relativement faible.

Cela donne une abondance moyenne sur la période 2000-2004 qui n'est que de 0.357 Salmo0+/posé avec un écart type moyen de 0.31.

De 2005 à fin 2008, c'est-à-dire pendant le premier Défi Eclusées, on note des abondances maximales en 2006 et 2008 de 0.63 et 0.67 Salmo 0+/posé. L'abondance minimale est observée en 2007 avec 0.26 Salmo 0+/posé. En 2005, l'abondance était de 0.38 Salmo 0+/posé. L'abondance moyenne sur la période 2005-Fin 2008 est donc de 0.485 Salmo 0+/posé avec un écart type moyen de 0.165.

De 2009 à Fin 2015, c'est-à-dire durant la mise en place des Conventions Eclusées, on note une abondance maximale en 2011 avec 2.28 Salmo 0+/posé. L'année 2011 s'impose ainsi comme la meilleure année en termes d'abondance sur toute la période 2000-2015. Les abondances en 2014 et 2015 ont également été de très bonnes années avec des abondances de 2.16 et 1.87 Salmo0+/posé. Les années 2009, 2010 et 2013, on observe des abondances proches de 1 Salmo 0+/posé (1.13 ; 0.97 et 1.04). L'année 2012 en revanche s'affiche comme la pire année en termes d'abondance de Salmo 0+. En effet, cette année là n'a été observée qu'une abondance de 0.63 Salmo 0+/posé. L'abondance moyenne sur la période 2009-2015 est ainsi de 1.44 Salmo0+/posé et un écart type moyen de 0.56. Sur la période 2009-2015, on peut voir que l'on ne descend qu'une seule fois sous la barre des 0.90 Salmo 0+/posé, en 2012 pour atteindre une abondance de 0.63 Salmo 0+/posé, ce qui représente malgré tout plus de 25 fois l'abondance observée en 2001.

Les meilleurs années en termes d'abondances de Salmo 0+ semblent donc être 2011, 2014 et 2015. Les années où l'on note une très forte diminution de l'abondance par rapport à l'année précédent sont 2001, 2004, 2007 et 2012.

La figure 21 précédente représente les distributions des abondances de Salmo 0+ de la Dordogne sur le tronçon étudié. On peut dégager les mêmes observations que précédemment mais cette figure nous renseigne également sur la dispersion des données d'abondances. On identifie clairement les années 2011, 2014 et 2015 comme les meilleures années et les années 2001, 2004, 2007 et 2012 comme les pires.

En 2001, 90 % des valeurs d'abondance sont inférieures à celles observées en 2000. En 2004, même constat mais ici 100% des valeurs observées sont inférieurs à celles de 2003. Les valeurs d'abondances de Salmo 0+ observées en 2007 sont toutes inférieures à 50 % des valeurs d'abondance observées en 2006. Pour finir, on peut voir qu'en 2012, les abondances observées sont inférieures à celle de 2011 à hauteur de quasiment 75 %.

3.2 Abondance des frayères de grands salmonidés

Le **tableau suivant et la figure 22** représentent l'évolution du nombre de frayères de salmonidés comptées sur la Dordogne Amont entre 2000 et 2015. Le nombre de frayères comptées est très variable d'une année sur l'autre. En 2000, on n'observe que 67 frayères puis 99 l'année d'après et 129 en 2002. En 2003, ce chiffre diminue et on ne dénombre plus que 81 frayères et plus que 36 en 2004.

En 2005, le nombre de frayères comptées augmente par rapport à 2004 puisqu'on dénombre 104 frayères de salmonidés sur le tronçon de la Dordogne étudié. L'année d'après, ce sont 143 frayères qui seront observées. En 2007 et 2008, ce chiffre diminue avec 104 frayères comptées en 2007 et seulement 73 en 2008. En 2009, on note une légère hausse du nombre de frayères puisque l'on repasse au-dessus de la barre des 80 avec 85

frayères comptées. En 2010 et 2011, le nombre de frayères comptées est aux alentours des 120 avant de diminuer de nouveau en 2012 et 2013 avec respectivement 90 et 76 frayères de salmonidés observées.

2014 et 2015 se distinguent comme étant les années où l'on observe le plus de frayères de salmonidés avec 157 en 2014 et 218 en 2015. L'année 2015 s'affiche comme étant la meilleure année en termes de nombre de frayères de salmonidés.

Années	Nb de frayères sur la Dordogne Amont
2000	67
2001	99
2002	129
2003	81
2004	36
2005	104
2006	143
2007	104
2008	73
2009	85
2010	122
2011	120
2012	90
2013	76
2014	157
2015	218

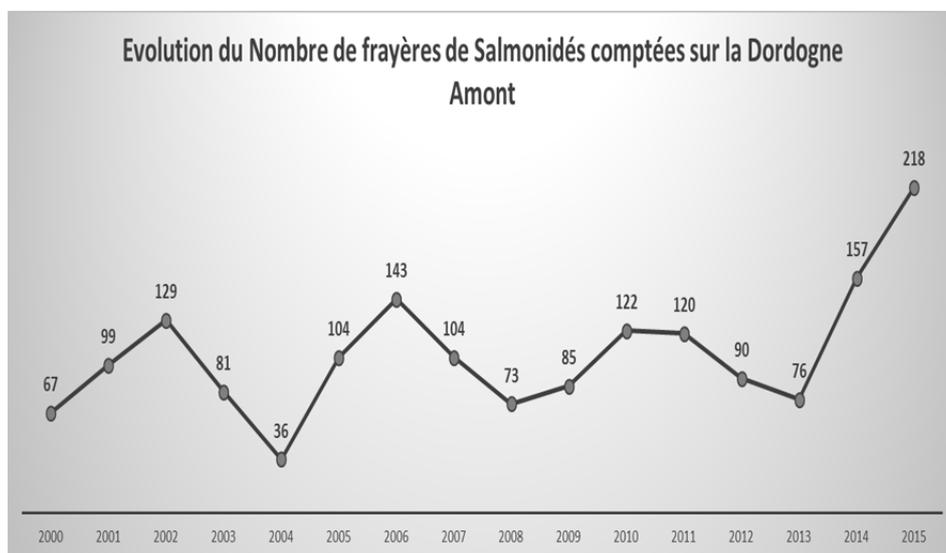
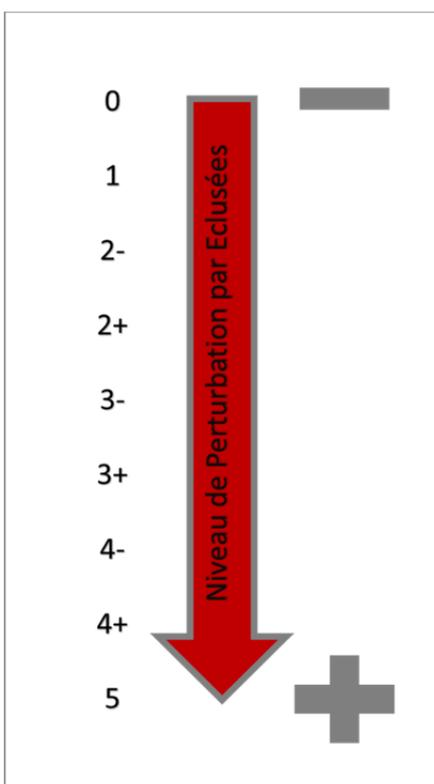


Figure 13 : Frayères comptabilisées annuellement entre Argentat et Sauliere, depuis 2000 à 2015.

3.3 L'indicateur éclusées



La figure à gauche présente un schéma explicatif du niveau de perturbation par éclusées par rapport à la valeur de l'indicateur éclusées. Plus la valeur de cet indicateur est élevée plus la perturbation par éclusées est importante (la valeur 5 représentant le plus fort niveau de perturbation par éclusées et le 0 traduisant l'absence totale d'activités d'éclusées).

La figure 15 présente l'évolution des indicateurs éclusés annuel et printanier sur la Dordogne de 2000 à 2015. De 2000 à 2003, l'indicateur éclusées annuel était à 3+, soit une perturbation forte. De 2004 à 2006, cet indicateur passe à 3- correspondant à une perturbation moyenne. En 2007, il repasse à 3+ avant de redescendre à 3- en 2008. De 2009 à 2011, il remonte à 3+ avant de descendre à 2+ en 2012. Il remonte ensuite à 3- en 2013 avant de redescendre à 2+ en 2014 et 2015.

Figure 14 : Schéma explicatif du niveau de perturbation par éclusée en fonction de l'indicateur éclusées

Pour ce qui est de l'indicateur éclusées spécifique de la période printanière, on remarque que sa valeur était de 4- en 2000 et traduisait donc une perturbation par éclusées importante. En 2001, il passe à 3- jusqu'en 2004 où il remonte à 3+. Il descend ensuite à 3- l'année d'après et descend de nouveau en 2006 pour atteindre 2+. En 2007, il monte à 3- avant de descendre à 1 en 2008, traduisant une perturbation par éclusées relativement faible sur la période printanière. Les deux années suivantes, il remonte à 3- puis redescend à 1 en 2011. Il se maintient ensuite à cette valeur jusque 2015 traduisant une faible perturbation printanière par éclusées depuis 2011.

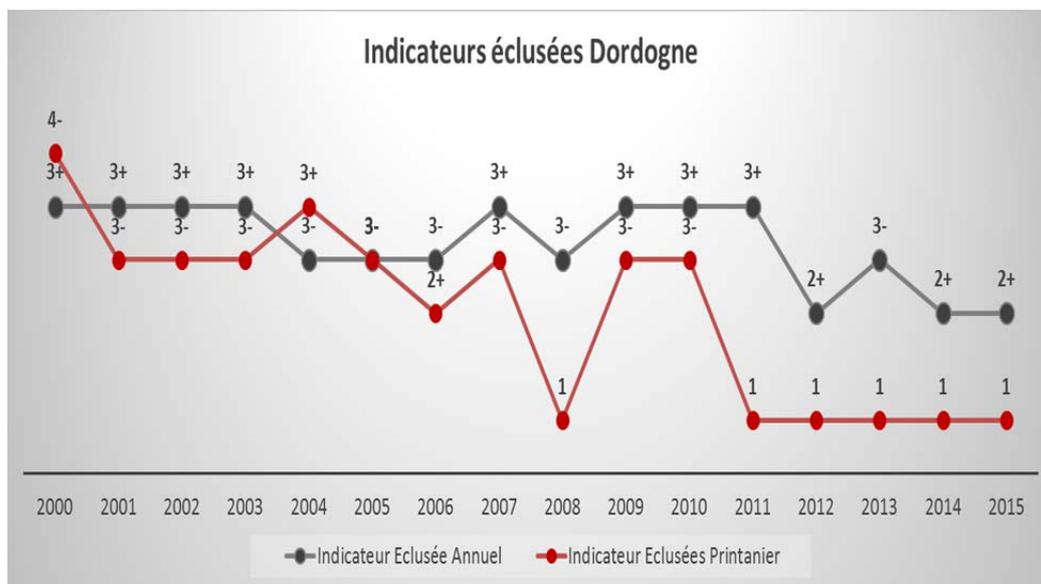


Figure 15 : Evolution de l'indicateur éclusée annuel et printanier sur la Dordogne

3.4 L'indicateur Crue

La figure 16 ci-dessous est un schéma explicatif du niveau de perturbation hydrologique lié aux crues en fonction de la valeur de l'indicateur Crue hivernal ou printanier. Tout comme pour l'indicateur éclusées, plus la valeur de cet indicateur est élevée, plus la perturbation hydrologique par phénomène de crue est forte. La valeur 4 représentant le niveau de perturbation le plus élevé et le 0 traduisant l'absence de crue.

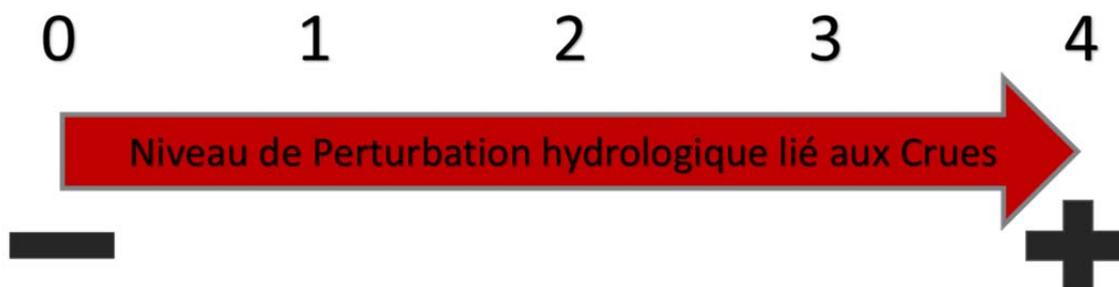


Figure 16 : Evolution du niveau de perturbation en fonction de la valeur de l'indicateur de crue.

Le tableau ci-dessous à droite représente les valeurs de l'indicateur Crue Printanier pour la Dordogne. Les années 2001 et 2012 apparaissent comme des années avec une très forte perturbation hydrologique par crue printanière. Sur la Dordogne, les années 2002, 2006 et 2008 apparaissent comme des années où la perturbation par crue printanière a été relativement moyenne. Les années 2000, 2004, 2005 et 2013 ressortent elles, comme des années où la perturbation hydrologique par crue printanière a été assez faible. Et enfin les années 2003, 2007, 2009, 2010, 2011, 2014 et 2015 n'ont été le théâtre d'aucun phénomène de crue printanière perturbant. Le tableau ci-dessous à gauche représente les valeurs de l'indicateur crue hivernal sur la Dordogne. Les années 2004 et 2007 ressortent comme des années très fortement perturbées par le phénomène de crue hivernale. Sur la Dordogne, des crues hivernales moyennement impactantes ont été observés en 2003 et 2006. En 2001, une crue hivernale faible impactante a été relevée. Toutes les autres années ont une valeur d'indicateur Crue Hivernal de 0 traduisant l'absence de crue hivernale impactante.

Tableau 1 : A gauche, valeurs de l'indicateur crue hivernal Dordogne ; à droite, valeurs de l'indicateur crue printanier Dordogne.

Cours d'eau :	Indicateur Crue Hivernal Dordogne
Années	
2000	0
2001	1
2002	0
2003	2
2004	4
2005	0
2006	2
2007	4
2008	0
2009	0
2010	0
2011	0
2012	0
2013	0
2014	0
2015	0

Cours d'eau :	Indicateur Crue Printanier Dordogne
Années	
2000	1
2001	4
2002	2
2003	0
2004	1
2005	1
2006	2
2007	0
2008	2
2009	0
2010	0
2011	0
2012	4
2013	1
2014	0
2015	0

3.5 Relation entre l'abondance de Salmonidés, le nombre de frayères, les indicateurs Eclusées et Crues.

Tableau 2 : Présentation annuelle des différents facteurs étudiés, (vert = bon ; rouge = mauvais).

Années	Indicateur Crue Hivernal	Indicateur Crue Printanier	Indicateur Eclusées Printanier	Nb de frayères	Abondance Salmo 0+
2000	0	1	6	67	0,122
2001	1	4	4	99	0,025
2002	0	2	4	129	0,741
2003	2	0	4	81	0,771
2004	4	1	5	36	0,135
2005	0	1	4	104	0,386
2006	2	2	3	143	0,638
2007	4	0	4	104	0,264
2008	0	2	1	73	0,674
2009	0	0	4	85	1,136
2010	0	0	4	122	0,972
2011	0	0	1	120	2,282
2012	0	4	1	90	0,632
2013	0	1	1	76	1,048
2014	0	0	1	157	2,162
2015	0	0	1	218	1,879

3.5.1 Régression linéaire simple

La figure 17 présente les graphiques de régression linéaire des abondances de Salmo 0+ sur la Dordogne Amont en fonction des deux indicateurs éclusées : annuel et printanier. Sur la figure 17 gauche, la droite de régression est légèrement décroissante ce qui tend à indiquer une corrélation inverse entre les abondances et l'indicateur éclusées annuel. Cependant le coefficient de détermination R^2 n'est que de 10,41 %. Sur la Figure 17 droite, la droite de régression est clairement décroissante ce qui tend à indiquer de façon similaire l'existence d'une corrélation inverse entre les abondances et l'indicateur éclusées printanier. Dans ce cas, le coefficient de détermination R^2 est de 47,5%, ce qui est plus de 4 fois supérieur à la valeur du R^2 pour la régression par l'indicateur éclusées annuel. Cela tend à indiquer que les abondances de Salmo 0+ semblent plus corrélées avec l'indicateur éclusées printanier qu'avec l'indicateur éclusées annuel.

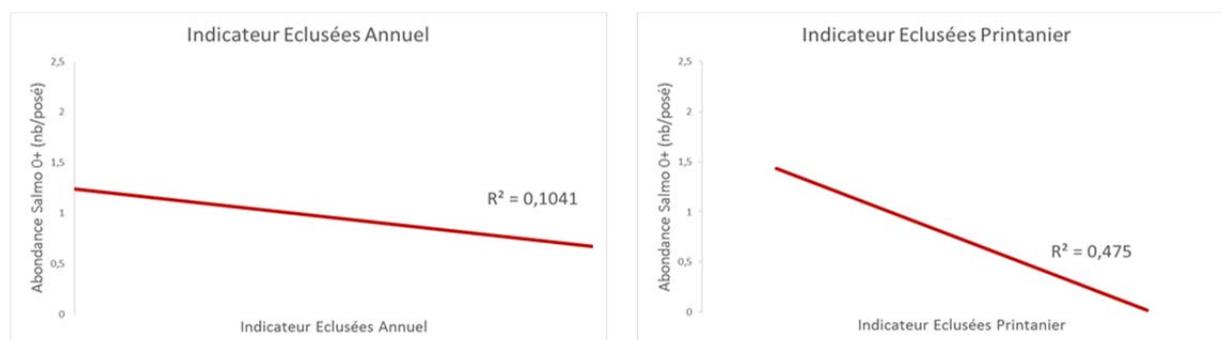


Figure 17 : Graphique de régression linéaire des abondances de Salmo 0+ de Dordogne en fonction de l'indicateur éclusées annuel (à gauche) et printanier (à droite).

3.5.2 Analyse Spectrale

Le tableau 2 est une mise en parallèle des valeurs annuelles des différents paramètres étudiés avec les abondances de *Salmo 0+* observées sur la Dordogne Amont. Un code couleur a été mis en place, pour les indicateurs Crue et Eclusées, les valeurs en rouge correspondent aux plus hauts niveaux de perturbation et les valeurs en vert aux plus faibles niveaux de perturbation. Pour les frayères, les valeurs en rouge correspondent aux valeurs les plus faibles et les vertes aux valeurs les plus fortes. Il en est de même pour les abondances de *Salmo 0+* avec les faibles abondances en rouge et les fortes abondances en vert.

Il semble que les années où l'on constate de faibles abondances de *Salmo 0+* (en rouge) correspondent soit à une forte perturbation par éclusées (ex : année 2000), soit à une forte perturbation par Crue hivernale ou printanière (ex : 2012), soit encore à la combinaison de ces deux sources de perturbations (Eclusées + Crues : exemple de 2001, 2004 et 2007).

En ce qui concerne les années où l'on constate les plus fortes abondances (en vert), c'est-à-dire en 2011, 2014 et 2015, on remarque que cela semble s'expliquer par la très faible perturbation par éclusées et par la faiblesse ou l'absence de perturbation par crue hivernale ou printanière. Pour ce qui est des abondances moyennes (jaune/légèrement vert) observées en 2002, 2003, 2006, 2008, 2009, et 2010, il semble qu'elles correspondent soit à des perturbations par éclusées moyennes (ex : 2009 et 2010), soit à des perturbations moyennes par crues (ex : 2008), soit à la combinaison de faibles perturbations par éclusées et par crues (ex : 2002, 2003 et 2006). Notons le cas particulier de 2013 où l'on observe une abondance moyenne sans réelle perturbation par crue hivernale ou printanière et sans réelle perturbation par éclusées. En revanche, on note qu'en 2013 le nombre de frayères n'était que de 76, ce qui est relativement moyen. Pour le nombre de frayères, on ne constate pas forcément de correspondance avec l'abondance de *Salmo 0+*, certaines années, le nombre de frayères est bon et les abondances mauvaises (ex : 2006).

3.5.3 Analyse en composante principale

La figure 18 présente le cercle des corrélations de l'ACP réalisé avec les données du tableau 7 sur la Dordogne Amont. Il semble que le nombre de frayères soit fortement corrélé avec les abondances de *Salmo 0+*, chose qui ne ressortait pas facilement dans l'analyse spectrale. Il semble également que les abondances de *Salmo 0+* soit presque anti-corrélées avec l'indicateur Eclusées Printanier. De même, il apparait que les abondances de *Salmo 0+* sont également presque anti-corrélées avec les deux indicateurs crue hivernale et printanière mais cette anti-corrélation est moins prononcée que dans le cas de l'indicateur éclusées printanier.

Tableau 3 : Matrice des corrélations de Pearson issue de l'ACP Dordogne

Matrice des corrélations de Pearson		
Variables	Abondance <i>Salmo 0+</i>	
	R (Coeff. De corrélation)	R ² (coeff. De détermination)
Indicateur Crue Hivernal	-0,455288034	20,73%
Indicateur Crue Printanier	-0,501223232	25,12%
Indicateur Eclusées Printanier	-0,689174625	47,50%
Nb de frayères	0,622399053	38,74%

Les valeurs en rouge sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=5%

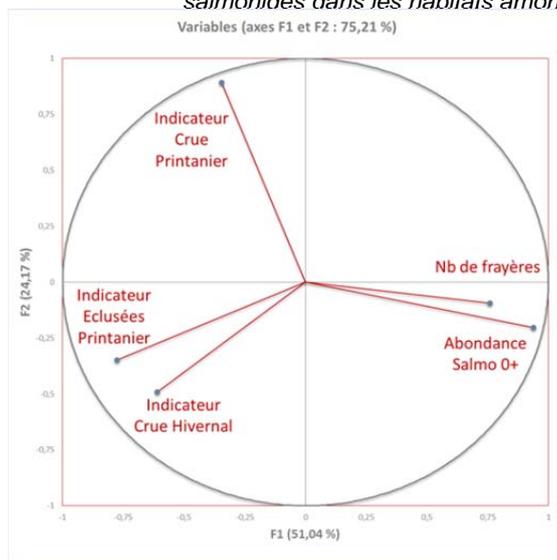


Figure 18 : Cercle des corrélations de l'ACP effectuée pour la Dordogne

Tableau 4 : Résultats du test de Barlett de l'ACP Dordogne

Test de sphéricité de Bartlett :		Interprétation du test :
Khi ² (Valeur observée)	30,50322352	H0 : Il n'y a pas de corrélation significativement différente de 0 entre les variables.
Khi ² (Valeur critique)	18,30703805	Ha : Au moins l'une des corrélations entre les variables est significativement différente de 0.
DDL	10	Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.
p-value	0,07%	
alpha	5,00%	

Tableau 5 : Matrice des corrélations et paramètre du GLM Dordogne

Matrice de corrélation et Paramètres du Modèle GLM			
Variables	Abondance Salmo 0+		
Coeff.	R (Coeff. De corrélation)	R ² (Coeff. De détermination)	P-Value
Indicateur Crue Hivernal	-45,529%	20,73%	12,18%
Indicateur Crue Printanier	-50,122%	25,12%	0,15%
Indicateur Eclusées Printanier	-68,917%	47,50%	0,22%
Nb de frayères	62,240%	38,74%	13,29%

Le **tableau 3** présente la matrice des corrélations de Pearson issue de l'ACP réalisée précédemment. Seules les valeurs en rouge sont significatives à un seuil de 5 %, ainsi il semble que seules les corrélations entre les abondances de Salmo 0+ et l'indicateur Crue Printanier, l'indicateur Eclusées Printanier et le Nombre de frayères soient significatives. Pour la variable Indicateur Crue Printanier, le Coefficient de corrélation R est inférieur à 0 et le R² est de 25,12 % ce qui traduit une anti-corrélation à hauteur de 25,12 %. Pour la Variable Nombre de frayères, le coefficient de corrélation R est supérieur à 0 avec un R² de 38,74 % traduisant l'existence potentielle d'une corrélation positive avec les abondances de Salmo 0+. L'indicateur éclusées printanier semble lui, corrélé à hauteur de 47,50 % avec les abondances de Salmo 0+, le coefficient de corrélation R étant inférieur à 0, il semble qu'il existe potentiellement une corrélation inverse entre ces deux variables.

Le **Tableau 4** présente les résultats du test de sphéricité de Barlett issue de l'ACP, la P-value obtenue est de 0.07 % ce qui est inférieur au seuil de risque alpha = 5 %. On rejette donc l'hypothèse 0 et on accepte l'hypothèse alternative qui nous dit qu'au moins une des corrélations mises en évidence dans l'ACP est significativement différente de zéro.

3.5.4 Modélisation GLM : Generalized Linear Modal

Une modélisation GLM a été réalisé avec les cinq variables utilisées dans l'ACP avec comme variable à expliquer la variable Abondance Salmo 0+. Le **tableau 6** ci-dessous présente le coefficient de détermination du modèle GLM ainsi que la p-value associée. La régression de la variable Abondance Salmo 0+ par les quatre autres variables nous donnent un coefficient de détermination de 85,56 % ce qui semble indiquer que la combinaison des variables Indicateur Crue Hivernal, Indicateur Crue Printanier, Indicateur Eclusées Printanier et Nombre de Frayères explique 85,56 % des valeurs prises par la variable Abondance Salmo 0+. La p-value obtenue pour ce modèle GLM est de 0.00014, soit une valeur bien inférieure au risque alpha de 5 %.

Régression de la variable Abondance Salmo 0+ :	
R ²	85,56%
p-Value	0,00014

Tableau 6 : Coefficient de corrélation du GLM Dordogne et significativité du modèle

Le tableau 5 présente la matrice des corrélations et les paramètres de la modélisation réalisée. Pour la variable Indicateur Crue hivernal, le R² est de 20.73 % avec un coefficient de corrélation inférieur à zéro. Cependant, la p-value associée est très supérieure au seuil de risque alpha = 5 %. Pour la variable Indicateur Crue Printanier, en revanche, la p-value associée est de 0.15 %, soit très en dessous du seuil de 5 %, avec un R² de 25.12 % et un R inférieur à zéro. Le R² de la variable Indicateur Eclusées printanier est le plus élevé avec 47.50 % et un R inférieur à zéro. La p-value associée est également très inférieure au seuil de 5 % avec une valeur de 0.22 %. En ce qui concerne la variable Nombre de frayères et contrairement à ce que nous avons vu dans l'ACP, il semble que la p-value associée ne traduise pas la significativité de la corrélation car sa valeur est très supérieur à 5 % malgré un R² de 38.74 % et un R inférieur à zéro.

Le tableau 7 présente les R² de quatre modèles de régression de la variable Abondance Salmo 0+ réalisés en intégrant successivement les variables étudiées. Le modèle de régression 1 n'intègre que la variable Indicateur Eclusées Printanier et le R² résultant est de 47,5 %. Le modèle de régression 2 intègre une deuxième variable qui est l'indicateur Crue printanier, le R² de ce modèle 2 gagne 29,32 % et passe à 76.82 %. En intégrant une nouvelle variable, l'indicateur Crue hivernal, le R² augmente légèrement de 5.29 % et atteint 82.11 %. Le modèle 4 ajoute à ces trois variables, la variable Nombre de frayères, ce qui fait passer le R² à 85.56 %, soit un gain de seulement 3,45 %. Les deux variables les plus structurantes semblent être l'indicateur Eclusées Printanier et l'indicateur Crue Printanier.

Tableau 7 : Coefficient de détermination du GLM en fonction des paramètres pris en compte dans le modèle

GLM	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4
Variables				
Indicateur Eclusées Printanier				
Indicateur Crue Printanier				
Indicateur Crue Hivernal				
Nb de frayères				
R ² modèle	47,5%	76,82%	82,11%	85,56%

4 DISCUSSION

4.1 L'influence de l'activité Eclusée sur l'abondance de Salmonidés Juvéniles

Les régressions linéaires simples des abondances de Salmo 0+ en fonction des indicateurs éclusées annuel et printanier tendent à montrer l'existence d'une meilleure corrélation des abondances avec l'indicateur éclusées printanier. Les droites de régression sont clairement descendantes traduisant l'existence potentielle d'une corrélation négative entre les variables Indicateur Eclusées printanier et Abondance Salmo 0+. Cela signifie que plus le niveau de perturbation par éclusées est important, plus les abondances de Salmo 0+ sont faibles.

L'analyse spectrale de la correspondance des différents paramètres tend également à renforcer cette observation. Il apparaît que plus l'indicateur éclusées printanier est élevé plus les abondances de Salmo 0+ sont faibles, lorsque l'on considère les années où la seule perturbation a été le facteur « éclusées ». L'analyse en composante principale et les modèles linéaire généralisés vont également dans ce sens en mettant clairement en évidence le fait que la perturbation par éclusées représente le paramètre le plus structurant vis-à-vis des abondances de salmonidés juvéniles.

Ce qui ressort de cette analyse, c'est que l'activité printanière par éclusées impacte sensiblement et de manière négative les abondances de Salmo 0+.

Ce constat, qui tend à identifier les perturbations par éclusées printanière comme le facteur le plus impactant vis-à-vis de la survie des juvéniles de salmonidés, semble en adéquation avec les observations de terrain de ces dernières années qui, de la même manière, identifiaient clairement les éclusées comme la cause d'importantes mortalités par échouage piégeage des juvéniles de salmonidés. En effet, les variations rapides des niveaux d'eau permettent la mise en eau puis l'assèchement fréquent de certaines zones dites piégeuses, tels que les cordons de végétation rivulaires et autres annexes hydrauliques comme les bras secondaires.

Ces zones, lorsqu'elles sont en eau, représentent des habitats privilégiés où les juvéniles de nombreuses espèces de poissons, notamment de salmonidés, trouvent refuge, la mise hors d'eau soudaine de ces zones, due aux variations rapides des niveaux d'eaux, elles même imputables au fonctionnement par éclusées, provoque de très importantes mortalités chez les juvéniles de salmonidés impactant considérablement le recrutement naturel. Les éclusées printanières semblent particulièrement impactantes car elles interviennent à une période critique de la vie des juvéniles de salmonidés. En effet, rappelons que le printemps est le théâtre de l'émergence des juvéniles qui quittent la protection du gravier pour gagner les zones de grossissement. Des éclusées à cette période critique du cycle vital des salmonidés ont entraîné des mortalités très importantes, comme les observations de terrain l'avaient mis en évidence par le passé, constats qui semblent se renforcer au vu des éléments apportés par les analyses du présent document. Le problème est d'autant plus fort lorsque ces éclusées ont lieu tous les ans.

Même si les analyses dénoncent l'Activité Eclusées comme le paramètre le plus impactant, l'analyse spectrale met également en lumière l'influence d'autres paramètres tels que les Crues ou le nombre de frayères. Ces constats sont en adéquation avec les éléments apportés par la bibliographie.

4.2 Influence des autres facteurs et cumulation des effets

4.2.1 Les Crues Hivernales

Les perturbations hydrologiques naturelles liées aux phénomènes de crues hivernales sont identifiées depuis longtemps comme un des facteurs pouvant influencer le recrutement naturel en Salmonidés. En effet, de fortes perturbations hivernales peuvent entraîner des mouvements du substrat et provoquer de ce fait la déstructuration des frayères de salmonidés entraînant bien entendu une forte surmortalité des œufs et larves. Cependant, ces phénomènes de crue hivernale doivent être de grande importance pour provoquer le déplacement des sédiments (au moins 4.5 fois le module).

Les tableaux des mises en correspondance des différents paramètres avec les abondances de Salmo 0+ tendent à montrer que l'existence de perturbation hivernale très forte coïncide avec des abondances de Salmo 0+ faibles. Cependant, l'établissement d'un lien significatif sur cette observation reste très hasardeux, compte tenu de la présence d'autres perturbations importantes lors d'années de forte crue hivernale.

Les analyses en composante principale et les modèles linéaires généralisés ont permis d'approfondir l'analyse de ce facteur de perturbation. A chaque fois, les analyses ont montré l'existence potentielle d'une anti-corrélation avec les abondances de Salmo 0+ mais la significativité de ces corrélations n'a jamais pu être mise en évidence. De plus, les crues hivernales ont, dans toutes les analyses, été pointées comme le facteur le moins structurant pour les populations de juvéniles de salmonidés.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que toutes les zones des cours d'eaux ne réagissent pas de la même manière à des épisodes de crues. Les différences de topographie dans le lit d'une rivière font que certaines zones sont plus soumises aux forces hydrauliques que d'autres et ainsi, qu'à débit égal, le substrat est plus ou moins stable en fonction de la zone considérée. Ainsi, bien que l'influence des crues hivernales sur la structuration des frayères, et de ce fait sur le recrutement en salmonidés, se justifie par des raisons biologiques et hydrauliques, il apparaît que sur la Dordogne cela représente le facteur le moins structurant pour les abondances de salmonidés juvéniles.

Au vu de ces observations, il semble que les épisodes de crue hivernale n'impactent que très légèrement le recrutement naturel en salmonidés sur la Dordogne et ne représentent de ce fait pas le facteur le plus structurant.

4.2.2 Les Crues Printanières

A l'inverse des phénomènes de crues hivernales, les crues printanières semblent plus structurantes vis-à-vis des abondances de Salmo 0+. Sur la Dordogne Amont, l'analyse en composante principale met en évidence une anti-corrélation significative entre les abondances de Salmo 0+ et les perturbations par crues printanières de manière graphique, comme cela est visible sur le cercle de corrélation mais également de manière mathématique avec une p-value inférieure à 5 %. La modélisation GLM renforce ce constat et les modélisations successives désignent la perturbation par crue printanière comme le second facteur le plus structurant vis-à-vis des abondances de salmonidés juvéniles. Ces résultats pour la Dordogne sont biologiquement explicables pour des raisons proches de celles avancées pour l'indicateur éclusées printanier.

L'augmentation brutale du débit du fait de forts apports naturels autrement dit, une crue à la période printanière, période critique qu'est l'émergence printanière des juvéniles, provoque pour les mêmes raisons des mortalités chez ces derniers. Cependant, dans le cas d'une crue printanière, les mortalités ne sont pas causées majoritairement par le piégeage des juvéniles comme c'est le cas pour les éclusées. En effet, bien que l'augmentation du niveau d'eau puisse être soudaine, la descente de ce niveau se fait relativement lentement comparée à la rapidité de variations du niveau suite à une éclusée. Ainsi les juvéniles ont généralement le temps de quitter les systèmes piègeux où ils s'étaient réfugiés des suites de la crue. La mortalité est ici principalement imputable au phénomène de dérive des juvéniles qui n'ont pu gagner les zones refuges et dont les capacités de nages sont encore très limitées. L'existence d'une différence dans la rapidité de variations et de fait d'une différence d'impact selon la perturbation semble à même d'être validée par le fait qu'une forte perturbation par crue printanière ne cause pas autant de dégâts dans les abondances qu'une perturbation forte par éclusée. C'est notamment visible en comparant les années 2000 et 2012 sur la Dordogne.

Ainsi, pour la Dordogne, il semble que les crues printanières soient également très impactantes pour les populations juvéniles de salmonidés mais que cet impact reste inférieur à celui des éclusées.

4.2.3 L'abondance de Frayères

D'un point de vue biologique, il semblerait logique qu'une année où beaucoup de frayères ont été observées, on relève des abondances élevées. Cependant, cette vérité ne transparait pas dans les résultats des analyses. Les analyses spectrales ne nous permettent pas d'établir de lien, même si certaines années il y a des correspondances. Dans le cas de la Dordogne, un lien significatif a été mis en évidence par l'ACP, mais le GLM contredit cette observation. L'effet du nombre de frayères sur l'abondance de salmonidés juvéniles n'est que sous-jacent. L'effet structurant du nombre de frayères sur les abondances semble, de plus, être le plus faible donc moins structurant que les autres paramètres.

Le fait que le nombre de frayères ne soit pas structurant vis-à-vis des abondances de *Salmo* 0+, pourrait nous amener à penser que la prédominance de l'influence des autres facteurs impactants masque le potentiel structurant des frayères. On peut supposer que dans des conditions d'hydrologie non perturbées structurant, le nombre de frayères serait plus fortement structurant pour le recrutement naturel en salmonidés.

4.2.4 Cumulation des effets des perturbations hydrologiques naturelles et des effets du fonctionnement par éclusées

L'analyse spectrale des tableaux de mise en correspondance des facteurs étudiés avec les abondances de *Salmo* 0+ montre parfois qu'il semble exister une cumulation des effets des différentes sources de perturbations sur les abondances. Une forte activité éclusée printanière (combinée à une crue hivernale ou printanière) semble avoir plus d'effets négatifs sur les abondances que s'il n'y avait eu qu'un phénomène de crue. Il semble donc que l'activité d'éclusée printanière aggrave la situation, les abondances étant catastrophiques lorsque des éclusées s'ajoutent au phénomène de crue. Il semble donc impératif de gérer encore plus drastiquement l'activité éclusée printanière notamment lorsque qu'une crue hivernale a eu lieu ou suite à une crue printanière.

4.3 Efficacité du Défi et des Conventions Eclusées

Avant la mise en place du Défi Eclusées début 2005, l'abondance moyenne chaque année était de 0.357 Salmo 0+/posé pour un écart type de 0.31. Durant le Défi Eclusées mis en place de 2005 à fin 2008, l'abondance de Salmonidés juvéniles est passée à 0.485 Salmo 0+ pour un écart type moyen de seulement 0.16, tout en sachant que la crue hivernale de 2007 a entraîné de fortes déstructuration de frayères, avec un impact fort dans les abondances. Malgré cela, il semble que les actions et mesures de mitigation mises en place lors de ce premier défi aient permis d'améliorer la situation sur la Dordogne en ce qui concerne le recrutement en salmonidés.

Fin 2008, début 2009, la Première Convention Eclusées est signée pour 4 ans et reconduite par la suite. Durant cette période, les abondances de Salmo 0+ se sont nettement améliorées avec en moyenne 1.44 Salmo 0+/posé pour un écart type de 0.56. L'épisode de Crue printanière de 2012 ayant sensiblement impacté le recrutement et fait diminuer cette moyenne qui reste, malgré tout, bien supérieure à celles des périodes 2000-2004 et du Défi Eclusées. Les mesures de mitigation plus adaptées et les actions mises en place dans la continuité du Défi Eclusées semblent donc avoir grandement contribué à l'amélioration du recrutement en Salmonidés sur la Dordogne Amont.

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis de valider l'importance écologique de la Dordogne amont, notamment son importance vis-à-vis du recrutement naturel en Salmonidés avec des dizaines de frayères érigées chaque année sur quelques kilomètres seulement. Ce tronçon représente la limite amont du linéaire colonisable par les salmonidés migrateurs. Nous avons pu montrer ici son importance pour la reproduction des salmonidés mais également le rôle majeur de cette zone en tant que zone de grossissement des juvéniles. Dans le cadre des plans de sauvegarde et notamment dans le cadre du Plan Saumon, il est important de continuer à préserver ces zones à fort enjeux pour garantir un bon recrutement naturel en salmonidés.

Il a été possible de rendre compte des menaces qui pèsent sur ces milieux et tenter de comprendre dans quelle mesure, ces facteurs influencent le recrutement naturel. Nous avons pu, dans cette étude, mettre en avant la responsabilité des éclusées printanières vis-à-vis des abondances de salmonidés juvéniles. Les éclusées, notamment printanières, apparaissent comme responsables des impacts les plus importants. Les phénomènes de crue expliquent également certaines abondances faibles mais leurs impacts ne sont, malgré tout, pas comparables à ceux liées aux fonctionnements par éclusées et surtout moins récurrents. Nous avons pu mettre en évidence également le fait que le cumul d'une crue avec la pression des éclusées rendait la situation catastrophique. Les éclusées printanières s'affichent donc ici comme le paramètre le plus impactant et surtout aggravant les impacts liés aux crues. Au vu des éléments dont nous disposons, il semble essentiel de continuer les actions d'atténuation de la pression « Eclusées » pour tenter d'améliorer le recrutement naturel en salmonidés.

Nous avons pu également faire un bilan des actions, en montrant que le Défi Eclusées et les mesures mises en place durant cette période, avaient permis une amélioration de la situation et du recrutement naturel. Par la suite, les Conventions Eclusées et les mesures plus poussées, qui en ont découlé ont encore participé à cette amélioration et apparaissent aujourd'hui comme un cadre indispensable pour le rétablissement d'un recrutement naturel pérenne en salmonidés dans la Dordogne

Notre étude a permis de mettre en avant l'efficacité des Défi et Conventions, témoignant ainsi de la nécessité de continuer dans cette voie. Il aurait pu être intéressant d'étudier le lien entre les remontées de géniteurs de Saumon Atlantique et le nombre de frayères observées. Cependant, les données sur ces remontés ne sont disponibles que depuis trop peu d'années et la distinction entre frayères de truite et de saumon est impossible. Cette synthèse résultant de 16 années de suivis et d'actions en faveur des salmonidés, est la première réalisée sur le bassin de la Dordogne, il serait intéressant de reconduire l'expérience en intégrant les données des autres suivis disponibles et celles acquises dans la Maronne.

BIBLIOGRAPHIE

AARTS BGW, NIENHUIS PH., 2003. Fish zonation and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia*, 500, 157-178..

Anthony T. Robinson, Robert W. Clarkson & Robert E. Forrest (1998): Dispersal of Larval Fishes in a Regulated River Tributary, Transactions of the American Fisheries Society, 127:5, 772-786

BAGLINIERE J.L, FEUNTEN E., OMBREDANE D.. Variabilité des traits d'histoire de vie chez les poissons des hydrosystèmes continentaux. In : *Les poissons d'eau douce de France*. Biotope édition. Paris : Muséum national d'Histoires Naturelles, 2011, 552p, p98-127. Collection Inventaires & Biodiversité. ISBN : 978-2-917817-69-1

BAGLINIERE J.L, PORCHER J.P..Le Saumon Atlantique In : *Les poissons d'eau douce de France*. Biotope édition. Paris : Muséum national d'Histoires Naturelles, 2011, 552p, p394-397. Collection Inventaires & Biodiversité. ISBN : 978-2-917817-69-1

BAGLINIERE J.L, BERREBI P., OMBREDANE D.. La Truite Commune. In : *Les poissons d'eau douce de France*. Biotope édition. Paris : Muséum national d'Histoires Naturelles, 2011, 552p, p398-403. Collection Inventaires & Biodiversité. ISBN : 978-2-917817-69-1

BEALL, E.. Les phases de la reproduction. In : C.GUEGEN, J., PROUZET, P..*Le Saumon Atlantique-Biologie et gestion de la ressource*. Plouzané : IFREMER, 1994, p123-p140.ISBN 2-905434-48-1.

BŒUF, G. La phase de préadaptation à la vie en mer : la Smoltification. In : C.GUEGEN, J., PROUZET, P..*Le Saumon Atlantique-Biologie et gestion de la ressource*. Plouzané : IFREMER, 1994, p47-p63.ISBN 2-905434-48-1.

BUNN S.E., ARTHINGTON A.H., 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environ. Manage.*, 4, 492-507..

CAZENEUVE L. LASCAUX J.M., LAGARRIGUE T. et VANDEWALLE F., 2008. 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 2007-2008. 28p. + annexes cartographiques. (Rapport MIGADO. 12D-08-RT).

CAZENEUVE L., LAGARRIGUE T., LASCAUX, J.M., 2008. Synthèse des capacités d'accueil en juvéniles et géniteurs de Saumon Atlantique des cours d'eau du bassin de la Dordogne. 41 p. (Rapport MIGADO 19D-08-RT).

CAZENEUVE, L., LASCAUX, J.M. 2012. Veille écologique des impacts des éclusées sur le bassin de la Dordogne. Résultats des échantillonnages réalisés en 2011 sur la Dordogne. ECOGEA. 41p.

CAZENEUVE, L., KARDACZ, J., LASCAUX, J.M. 2013. Veille écologique des impacts des éclusées sur le bassin de la Dordogne. Synthèse des observations réalisées en 2012 sur la Dordogne la Maronne et la Cère. ECOGEA. 44P.

CAZENEUVE, L., LASCAUX, J.M., 2013. Veille écologique des impacts des éclusées sur la rivière Dordogne – résultats des échantillonnages piscicoles réalisés en 2012. ECOGEA pour EPIDOR. 39p

CHANSEAU M., CLAVE D., COURRET D., GUERRI O., LASCAUX J.M., THOMAS M., 2013. Etude du fonctionnement hydraulique des sites d'échouages piégeages d'alevins de salmonidés lors des éclusées hydroélectriques sur la Maronne, en aval de la centrale Hautefage. Rapport RA.10.02..

Convention 2008-2012 - Réduction de l'impact des éclusées sur le bassin de la Dordogne- Conclu le 16 Mars 2009. EDF- Agence de l'eau Adour-Garonne- EPIDOR- Etat Français. 15 pages.

CONVENTION ECLUSEES 2008-2012 - Bilan de cinq années d'expérimentations sur la Dordogne, la Maronne et la Cère. Décembre 2012. EDF- EPIDOR-Préfecture de Dordogne-Agence de l'eau Adour-Garonne. 15p.

CONVENTION PLURIANNUELLE 2013-2015 PORTANT SUR LES RIVIERES DORDOGNE ET MARONNE Réduction de l'hydroélectricité sur le bassin de la Dordogne. EDF-Agence de l'eau Adour-Garonne-EPIDOR-Préfecture de Dordogne. Mise à jour le 09/04/2013. 11p

CONVENTION PLURIANNUELLE 2013-2017. EDF -Réduction de l'hydroélectricité sur le bassin de la Dordogne. EDF-Agence de l'eau Adour-Garonne-EPIDOR-Préfecture de Dordogne. Mise à jour le 09/04/2013. 11p

COURRET D., 2014. Problématique des impacts de la gestion par éclusées des aménagements hydroélectriques sur les populations de poissons : caractérisation des régimes d'éclusées et du niveau de perturbation hydrologique. (Characterization of hydrological disturbance due to hydropeaking regimes and definition of an indicator : reflection on mitigation measures of impacts on fish populations.)

DUMAS, J., HELAND, M. Ecologie et comportement des juvéniles. In : C.GUEGEN, J., PROUZET, P..*Le Saumon Atlantique-Biologie et gestion de la ressource.* Plouzané : IFREMER, 1994, p29-p46.ISBN 2-905434-48-1.

EPIDOR, 2011. Renouveau de la concession hydroélectrique Haute-Dordogne- revue de presse.26p. Sur : http://www.eptb-dordogne.fr/public/content_files/revue_de_presse_sans_articles_so.pdf

EPIDOR, 2012. Étude du schéma de cohérence entre la production d'hydroélectricité et le bon état des milieux aquatiques sur le bassin de la Dordogne. Janvier 2012. 111p.

GRAF W.L, 2006. Downstream hydrologic and geomorphic effect of large dams on American rivers. *Geomorphology*, 79, 336-360..

LAGARRIGUE T. et LASCAUX J.M., 2003. Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (Automne-Hiver 2002-2003). 38p.+annexes. Rapport MIGADO.D15-03-RT.

LAGARRIGUE T., LASCAUX J.M., VANDEWALLE F., 2003. Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (Automne-Hiver 2004-2005). 29p.+annexes. Rapport MIGADO.9D-05-RT.

LOBON-CERVIA, 2009. Why, when and how do fish populations decline, collapse and recover ? The example of brown trout (*Salmo trutta*) in Rio Chaballos.*Freshwater Biol.*, 54, 1149-1162.

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

Opération financée par :



Association MIGADO

18 Ter Rue de la Garonne - 47520 LE PASSAGE D'AGEN

Tel : 05 53 87 72 42

www.migado.fr - 