



HAL
open science

Analyses piscicoles de la Basse Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du pont de Cadenet. Campagne 2015

Yann Le Coarer, Georges Carrel, Baptiste Testi, Virginie Raymond, Nathalie Reynaud, Pierre Favriou, Pierre Gibert, Adrien Morel

► To cite this version:

Yann Le Coarer, Georges Carrel, Baptiste Testi, Virginie Raymond, Nathalie Reynaud, et al.. Analyses piscicoles de la Basse Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du pont de Cadenet. Campagne 2015. IRSTEA, UR Hydrobiologie, Aix-en-Provence. 2015, pp.53. hal-04625902

HAL Id: hal-04625902

<https://hal.inrae.fr/hal-04625902v1>

Submitted on 26 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License



Analyses piscicoles de la Basse Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du pont de Cadenet

Campagne 2015

COMMANDE EDF-CIH : N° 5500-4310099370

DECEMBRE 2015

**LE COARER Yann - CARREL Georges -
TESTI Baptiste**

Centre d'Aix en Provence
3275 route de Cézanne - CS 40061
13182 AIX EN PROVENCE



Etude réalisée avec le concours financier
de l'agence de l'eau RM&C

Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du pont de Cadenet.

Campagne 2015

Commande EDF-CIH : N° 5500-4310099370

LE COARER Yann, CARREL Georges, TESTI Baptiste

Collaborateurs Irstea :

Virginie Raymond, Nathalie Reynaud, Pierre Favriou,

Pierre Gibert & Adrien Morel

Décembre 2015

Résumé

Cette étude a été effectuée en collaboration avec l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) dans le cadre du suivi des peuplements piscicoles de la Basse-Durance et de l'impact des opérations de restitutions de l'ouvrage EDF de Mallemort. Ce rapport présente les résultats obtenus en 2015.

Les données ont été obtenues sur deux stations du Réseau Hydrobiologique et Piscicole : "Pont de Cadenet" et "Cheval Blanc/la Roque d'Anthéron", échantillonnées respectivement les 21 et 22 juillet 2015. Les débits étaient de 12.7 m³/s au Pont de Cadenet et de 13.1 m³/s à Cheval Blanc. Dans chaque station, les poissons ont été capturés par pêche électrique dans 17 ambiances à Pont de Cadenet et 19 ambiances à Cheval Blanc, supposées représentatives des faciès existants. Les ambiances ont fait l'objet de relevés topographiques, de mesures de vitesses et de profondeurs, d'une description quantitative de la hauteur de rugosité du substrat et qualitative des habitats. Les hydrosignatures des ambiances ont été calculées.

Le suivi pluriannuel de la période 2004-2015 montre que les richesses taxonomiques (espèces dominantes séparées en plusieurs classes de taille) et les densités des espèces dominantes sont plus élevées à Pont de Cadenet qu'à Cheval Blanc. Bien que les effets marqués de la crue de 2008 s'estompent progressivement, le régime hydrologique de ces dernières années a maintenu des perturbations majeures et affecté les peuplements piscicoles des deux sites. En 2015, les densités d'adultes restent faibles au regard de la chronique existante et ce, sur les deux sites étudiés.

Une utilisation du modèle habitats/poissons 5M7 a permis de mesurer des changements d'habitat hydraulique des poissons entre la basse et la moyenne Durance. Des travaux récents semblent permettre de modéliser ces comportements en prenant en compte les conditions morphohydrauliques globales des tronçons.

Sommaire

1.	Introduction	5
2.	Description et analyse morphodynamique	5
	2.1. Compte-rendu des actions menées sur le terrain.....	5
	2.2. Les relevés topographiques	5
	2.3. Les mesures de vitesses	6
	2.4. Les jaugeages	6
	2.5. Cartographie du lit mouillé	7
	2.6. Caractérisation hydrologique	10
	2.7. Analyse morpho-hydraulique des ambiances.....	11
	2.8. Hauteur de rugosité du substrat	16
3.	Peuplements piscicoles estivaux en Basse Durance.....	23
	3.1. Caractéristiques générales des peuplements.....	23
	3.2. Comparaisons inter-annuelles et inter-stationnelles	26
4.	Perspectives d'utilisation du modèle habitats/poissons 5M7 ..	33
5.	Discussion et perspectives	34
6.	Sites web	36
7.	Références	36
8.	Rapports 2003 à 2014	37
9.	Annexes.....	38

Liste des figures

- Figure 1 - Vue en plan de la station "Pont de Cadenet". Localisation des ambiances de pêche et des deux sections de jaugeage liée au tressage du chenal principal.....8
- Figure 2 - Vue en plan de la station "Cheval Blanc". Localisation des ambiances de pêche et des trois sections de jaugeage prenant en compte les chenaux de tressage.....9
- Figure 3 - Chronique des débits au pont de Pertuis (2004 – 2015). Les épisodes de crues printanières (caractères gras) sont à l'origine de fortes perturbations en période de reproduction. Le trait horizontal (rouge) indique la valeur seuil de débit permettant un remaniement du chenal..... 10
- Figure 4 - Chroniques de MES (mg.l^{-1}) et de débits ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) intéressant le tronçon aval du secteur étudié. 11
- Figure 5 - Hydrosignatures en aires, totales et moyennes pour les stations de Pont de Cadenet et Cheval Blanc en 2015..... 12
- Figure 6 - Comparaison des stations, pour les campagnes 2004-2015 à partir de la moyenne des hydrosignatures moyennes en aires..... 15
- Figure 7 - Comparaison des stations à partir de la moyenne des hydrosignatures totales en aires (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne). 16
- Figure 8 - Représentation schématique des diverses mesures réalisées pour l'évaluation de la hauteur de rugosité (k) et de paramètres caractéristiques des éléments granulométriques grossiers. La profondeur maximale autour de l'élément granulométrique choisi permet par différence avec la hauteur d'eau relevée au-dessus de l'élément d'obtenir la valeur de k . La deuxième ligne représente les situations particulières dans lesquelles, soit la hauteur de rugosité égale la profondeur, soit la hauteur de l'élément dépasse la surface de l'eau et entraîne une valeur de k supérieure à la profondeur maximale, soit la taille du substrat nécessite l'adoption de valeurs arbitraires. C'est le cas de la roche mère ou d'une dalle dont les dimensions dépassent celles de l'ambiance ($k = 0$), de substrats fins comme les limons ($k = 0.001 \text{ cm}$), les sables ($k = 0.1 \text{ cm}$), et de tous les éléments granulométriques susceptibles de générer des valeurs comprises entre 0.1 et 1 cm comme les graviers ($k = 0.5 \text{ cm}$)..... 18
- Figure 9 - Densités des hauteurs de rugosité (k) par station et par période (2004-2007 et 2008-2014). Les deux périodes se distinguent par une hydrologie contrastée. Un régime marqué par de fortes crues a régulièrement remodelé le lit de la Durance dans les deux stations après 2007. Les paramètres sont calculés après exclusion des valeurs supérieures à 25.6 cm afin d'éliminer les hauteurs de rugosité associées à des enrochements de rives ou des éléments granulométriques grossiers d'origine anthropique. 22
- Figure 10 - Évolution interannuelle des effectifs totaux moyens ($n/50 \text{ m}^2$) et des richesses spécifiques dans les stations de Pont de Cadenet (bleu) et de Cheval-Blanc (vert)..... 26
- Figure 11 - Évolution interannuelle de la richesse taxonomique et des effectifs corrigés au Pont de Cadenet (en bleu) et à Cheval-Blanc (en vert). Les boîtes à moustaches prennent en compte les résultats globaux des ambiances faites dans chaque station. La richesse taxonomique maximale théorique (ensemble des deux stations) est de 72 taxons.27

Figure 12 – Evolution des effectifs corrigés moyens (N/50 m²) de la loche franche à Cheval Blanc.28

Figure 13 - ACP Normée inter-années/stations. Coordonnées factorielles des stations/années sur les deux premiers axes F1 et F2 (à gauche). Cheval-Blanc (tracé vert) et Pont de Cadenet (tracé bleu). En parallèle, les coordonnées des taxons sur les deux premiers axes. En orangé, les espèces non découpées en classes de taille..... 29

Figure 14 - Évolution des moyennes des densités et des densités moyennes des poissons (n/m²) dans les ambiances sans abris, tous chenaux A & B, chenal principal C & D. Seuls les individus d'une taille supérieure à 60 mm sont pris en compte. 31

Figure 15- Modélisation de la Figure 14 D à partir des données hydrologiques au cours des 365 jours précédant la pêche. 32

Liste des tableaux

Tableau 1 - Jaugeages des stations de pêche6

Tableau 2 - Caractéristiques morpho-hydrauliques des ambiances de pêches au Pont de Cadenet. 13

Tableau 3 - Caractéristiques morpho-hydrauliques des ambiances de pêches à Cheval-Blanc.14

Tableau 4 - Statistiques globales des hauteurs de rugosité (k) mesurées dans les ambiances de pêche des deux stations. 19

Tableau 5 - Statistiques globales des hauteurs de rugosité (k) des deux stations après exclusion des valeurs supérieures à 25.6 cm associées à la présence d'éléments granulométriques d'origine anthropique tels que des enrochements. 20

Tableau 6 - Répartition des principales catégories sédimentaires dans les deux stations..... 20

Tableau 7 - Statistiques globales des hauteurs de rugosité (k en cm) mesurées dans les deux stations. Deux périodes d'observation sont identifiées à la suite de régimes hydrologiques contrastés. 21

Tableau 8 - Liste et effectifs bruts des espèces capturées en Basse Durance. Stations de Pont de Cadenet et Cheval Blanc. En jaune, les espèces non mises en classes de taille pour l'analyse multivariée de la chronique. 24

Tableau 9 - Liste et abondances relatives des espèces capturées en Basse Durance. Stations de Pont de Cadenet et Cheval Blanc. Les trames colorées indiquent des niveaux d'abondances (100% < vert foncé < 5% - 5% < vert clair < 1% - 1% < blanc < 0.1% et inférieur à 0.1% (jaune clair)) 25

Tableau 10 - Effectifs et nombre d'ambiances par année et par station. Seules les ambiances sans abris sont considérées. I. Effectifs et nombre d'ambiances hors abris, II. Effectifs des individus d'une taille LT > 60 mm pour les ambiances hors abris, III. Effectifs des individus d'une taille LT > 60mm pour les ambiances hors abris échantillonnées exclusivement dans le chenal principal. Le total de toutes les années est présenté ainsi que le pourcentage retenu par rapport au cas I. 30

Liste des annexes

<i>Annexe 1 - Plan de situation des stations de pêche Onema à Bonpas, Cheval Blanc et Pont de Cadenet.....</i>	<i>39</i>
<i>Annexe 2 - Plans de situation des stations de Pont de Cadenet et de Cheval Blanc</i>	<i>40</i>
<i>Annexe 3- Chroniques des valeurs maximales journalières de MES (mg.l⁻¹) et de débits (m³.s⁻¹) de 2005 à 2015 aux droits de Cadarache et Mallemort. Les dates de pêche sont symbolisées par des étiquettes bleues pour Cadenet et Vertes pour Cheval-Blanc.....</i>	<i>41</i>
<i>Annexe 4- Comparaison des Hydrosignatures en aires, moyennes et totales des ambiances de Pont de Cadenet (CA) et de Cheval Blanc (CB) obtenues de 2004 à 2015. Valeurs numériques arrondies à l'unité.....</i>	<i>42</i>
<i>Annexe 5 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station Pont de Cadenet.....</i>	<i>43</i>
<i>Annexe 6 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station Cheval Blanc.....</i>	<i>46</i>
<i>Annexe 7 - Effectifs corrigés (N/50 m²) moyens par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.....</i>	<i>49</i>
<i>Annexe 8 - Abondances relatives moyennes par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.....</i>	<i>51</i>
<i>Annexe 9 - Hydrosignatures des stations pour les campagnes 2004-2015 de la moyenne des hydrosignatures moyennes de chaque campagne (A & C) et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) de chaque campagne (B & D) dans les ambiances sans abris contenant au moins un individu d'une taille supérieure à 60 mm, pour tous les chenaux (A & B) et pour les chenaux principaux (C & D).....</i>	<i>53</i>

Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du pont de Cadenet.

Campagne 2015

1. Introduction

Cette étude est effectuée dans le cadre du suivi des impacts sur les populations piscicoles des opérations de restitutions de l'ouvrage EDF de Mallemort. Ces travaux, réalisés pour le maître d'ouvrage EDF, sont menés conjointement par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) et par l'équipe FRESHCO de l'Unité de Recherche RECOVER de l'Irstea d'Aix-en-Provence.

Ce rapport complète celui de l'ONEMA relatif à l'échantillonnage du peuplement piscicole des stations de « Cheval-Blanc/la Roque d'Anthéron » et « Pont de Cadenet ». Ces stations, ainsi que celle de « Bonpas », appartiennent au Réseau National de Bassin de suivi pluriannuel des peuplements piscicoles de la Basse Durance. L'échantillonnage est réalisé par l'ONEMA (Annexe 1, Annexe 2).

Pour les particularités du protocole Irstea et les explications concernant le modèle habitats/poissons 5M7, le lecteur se reportera au rapport de LE COARER et al., 2000.

2. Description et analyse morphodynamique

2.1. Compte-rendu des actions menées sur le terrain

Les opérations de terrain ont été menées conjointement avec l'ONEMA. Le repérage des ambiances a été effectué le 20 juillet. Les échantillonnages par pêche électrique et les mesures physiques associées ont eu lieu le 21 juillet 2015 pour la station de Pont de Cadenet (Figure 1) et le 22 juillet 2015 pour celle de Cheval-Blanc (Figure 2). Les mesures physiques et biologiques ont été conduites simultanément pour pallier aux incertitudes liées aux variations possibles du débit.

Les ambiances de pêches sont aussi appelées "placettes" ou "Compartiments d'Attractivité Différentielle (CAD)" par l'ONEMA.

2.2. Les relevés topographiques

Des relevés topographiques ont permis de repérer pour chaque station :

- les bordures de lit mouillé des stations,
- les limites et points de transects de jaugeage,

- les verticales définissant le contour polygonal des ambiances de pêches,
- les verticales situées à l'intérieur des ambiances.

Les relevés ont été effectués à l'aide d'un équipement GPS/GLONASS centimétrique GS 1200 de marque LEICA, comportant 2 mobiles et un pivot. Les post-traitements ont été réalisés à l'aide du logiciel LEICA Geo Office 8.3 et des données RINEX cadencées à 30 secondes, récupérées sur le site Web du LAREG.

2.3. Les mesures de vitesses

Elles ont été mesurées à l'aide de courantomètres électromagnétiques FLO-MATE 2000.

Sur chaque verticale de mesures située sur le contour ou à l'intérieur des ambiances de pêche, trois vitesses ont été mesurées respectivement à 20 %, 40 % et 80 % de la hauteur d'eau totale. La vitesse moyenne V pour la verticale est estimée en considérant que le profil de vitesses est une fonction logarithmique de l'abscisse décrivant la hauteur d'eau par l'équation :

$$V = \frac{V_{20\%}}{4} + \frac{V_{40\%}}{2} + \frac{V_{80\%}}{4}$$

2.4. Les jaugeages

Des jaugeages ont été réalisés pendant les campagnes de pêches (Tableau 1). Leurs localisations sont indiquées dans les cartes (Figure 1, Figure 2). Nous avons mesuré un débit total de 12.73 m³/s à Pont de Cadenet et de 13.11 m³/s à Cheval-Blanc.

Tableau 1 - Jaugeages des stations de pêche

Station	Pont de Cadenet*	Cheval-Blanc**
Date	21 juillet 2015	22 juillet 2015
Débit (m ³ /s)	12.73	13.11
Largeur au miroir (m)	55.19	83.29
Surface en travers (m ²)	20.62	30.54
Profondeur moyenne (m)	0.37	0.37
Vitesse moyenne (m/s)	0.62	0.43

* : somme de deux jaugeages

** : somme de trois jaugeages

2.5. Cartographie du lit mouillé

En 2013, à Cheval-Blanc, nous avons deux chenaux distants de plus de 150 mètres avec $12.5 \text{ m}^3/\text{s}$ jaugés en rive droite et un débit estimé inférieur à $1 \text{ m}^3/\text{s}$ en rive gauche. En 2014, le chenal principal de la station a basculé en rive gauche avec un débit mesuré de $12.8 \text{ m}^3/\text{s}$. En 2015, la station présente un tressage plus affirmé avec $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ jaugés dans le chenal de la rive droite et $9.4 \text{ m}^3/\text{s}$ jaugés dans celui de la rive gauche. Compte-tenu des contraintes logistiques liées aux durées d'intervention prévues et aux dimensions du lit majeur, il n'a pas été possible d'inventorier les deux chenaux. Seul le chenal de la rive gauche a été échantillonné.

En 2015, les linéaires des chenaux principaux prospectés sont de 560 m à Pont de Cadenet et de 490 m à Cheval-Blanc.

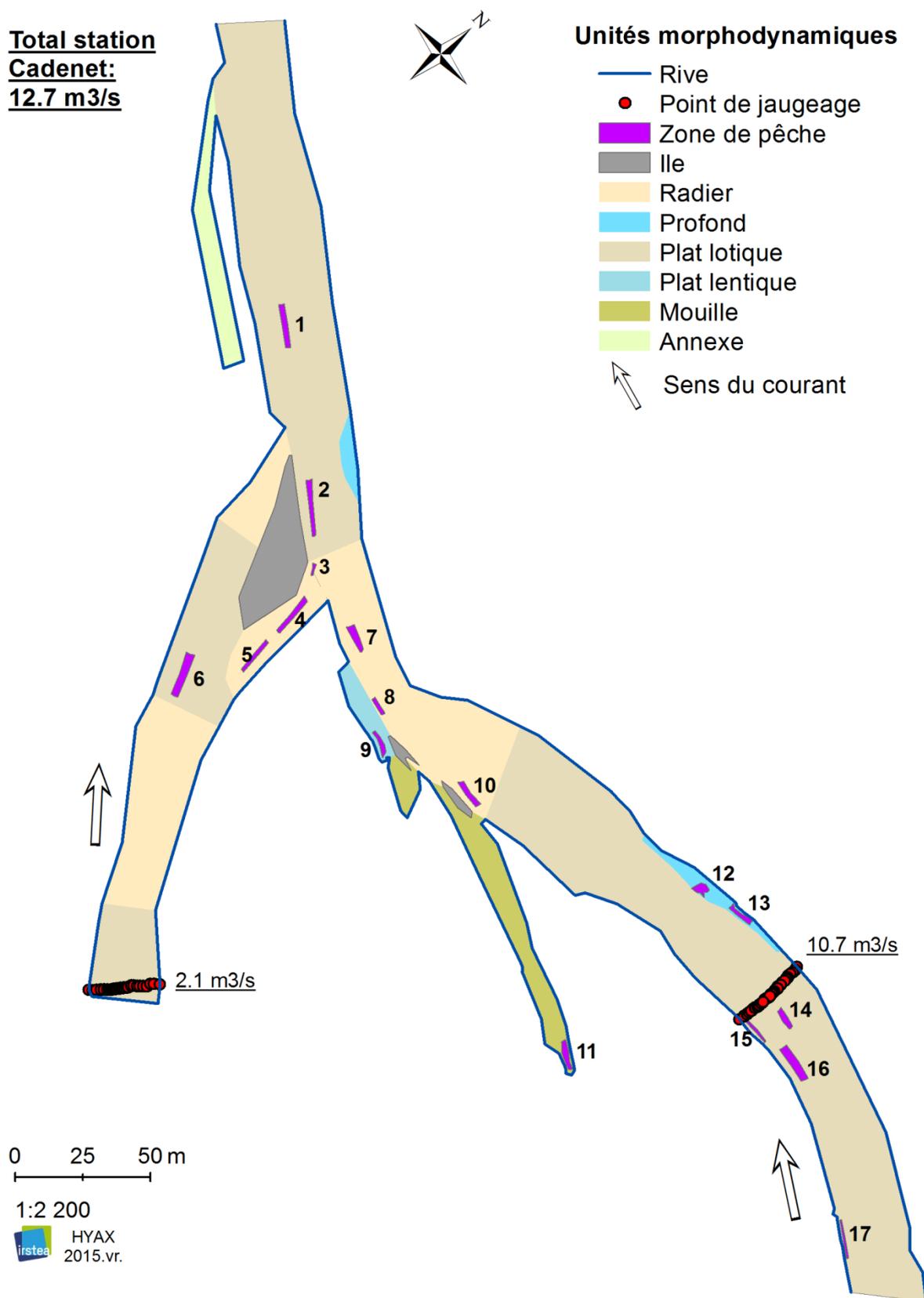


Figure 1 - Vue en plan de la station "Pont de Cadenet". Localisation des ambiances de pêche et des deux sections de jaugeage liée au tressage du chenal principal.

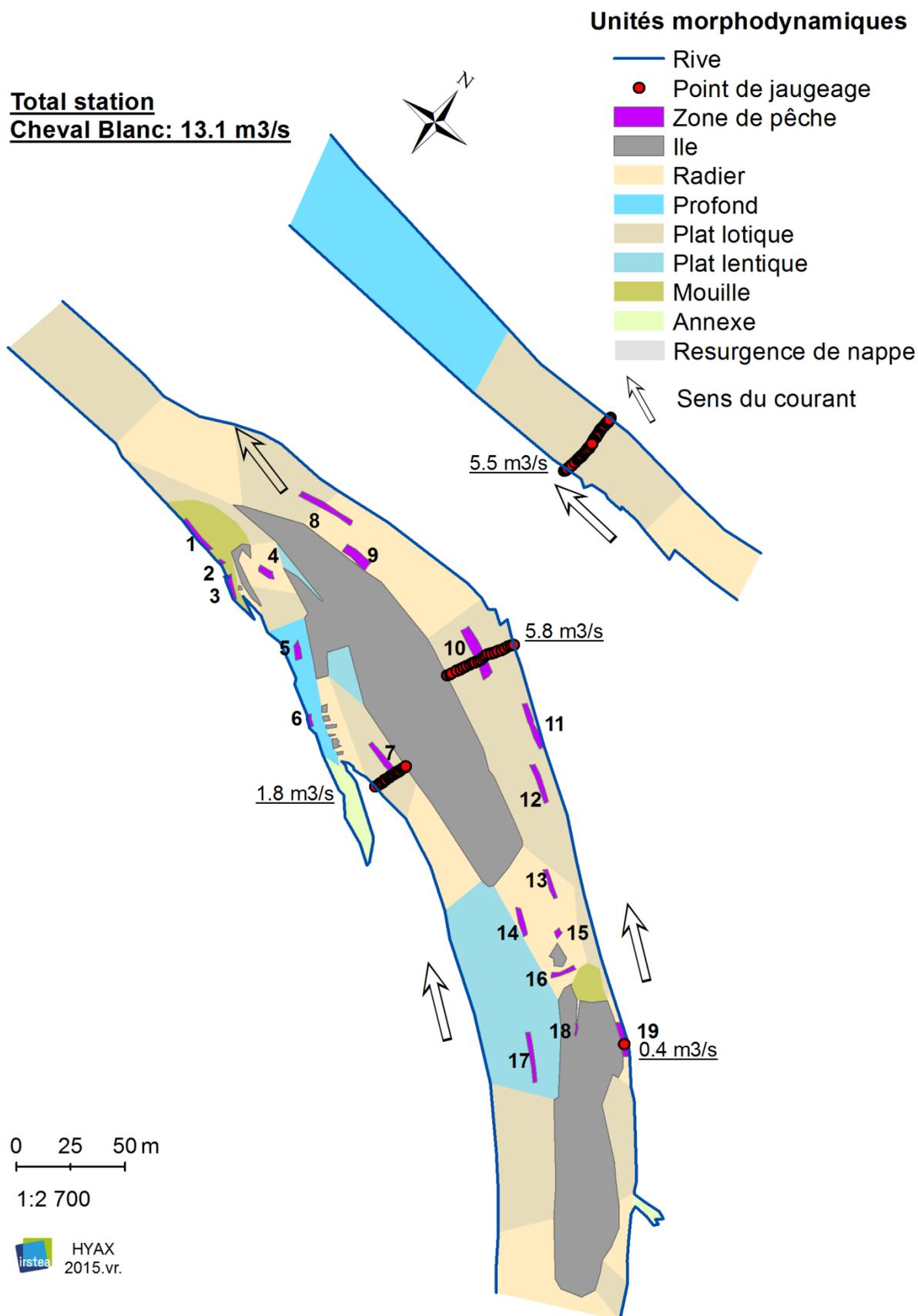


Figure 2 - Vue en plan de la station "Cheval Blanc". Localisation des ambiances de pêche et des trois sections de jaugeage prenant en compte les chenaux de tressage.

2.6. Caractérisation hydrologique

La station HYDRO (X3200010) située au pont de Pertuis (Meyrargues) enregistre les débits transitant au droit de la station « Pont de Cadenet » constitués par le débit réservé et les surverses depuis le barrage de Cadarache (Figure 3). Les augmentations de débit entre les deux stations étudiées sont essentiellement le fait des restitutions de l'ouvrage de Mallemort.

La chronique 2004-2015 est marquée par la succession des crues morphogènes à partir de 2008. Une crue morphogène est définie comme une crue suffisamment puissante pour redessiner le lit de la rivière. Selon CHAPUIS (2012), le débit minimal nécessaire à un tel remaniement des formes a été évalué à 500 m³/s sur la Durance. Douze crues morphogènes (Figure 3) se sont produites entre 2008 et 2014. Chaque année, le lit de la Durance a été remanié sur l'ensemble du tronçon étudié.

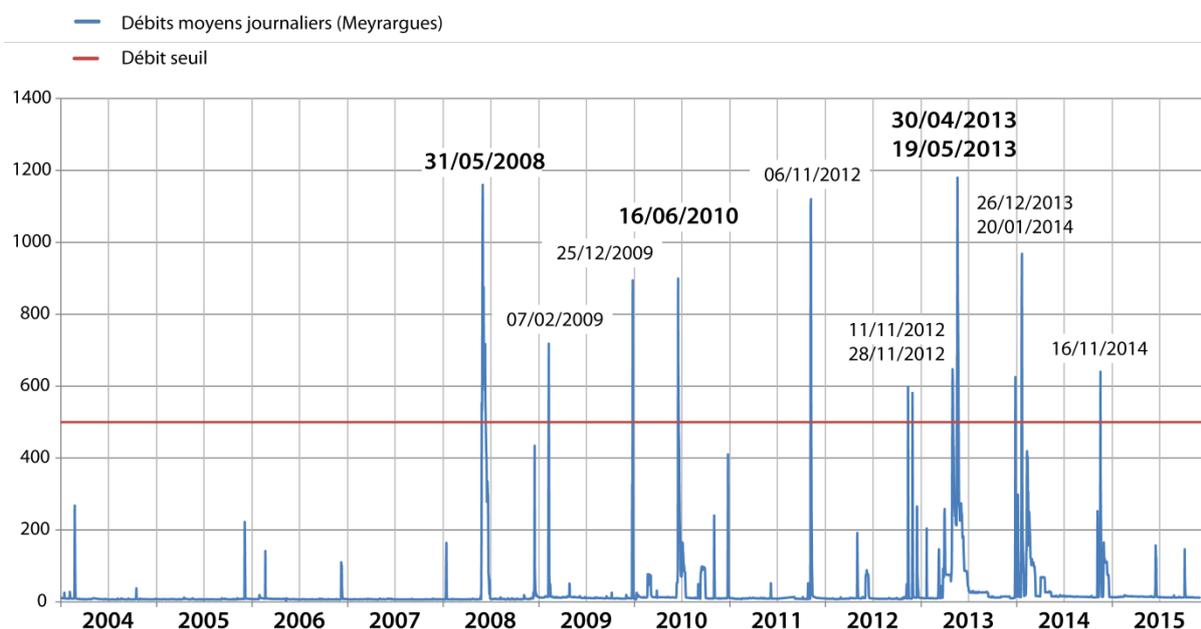


Figure 3 - Chronique des débits au pont de Pertuis (2004 – 2015). Les épisodes de crues printanières (caractères gras) sont à l'origine de fortes perturbations en période de reproduction. Le trait horizontal (rouge) indique la valeur seuil de débit permettant un remaniement du chenal.

La mise en mouvement des galets a des conséquences importantes sur les peuplements aquatiques, floristiques et faunistiques. Les poissons cyprinidés d'eau courante appartenant à la guilde des espèces lithophiles réalisent leur fraie sur des substrats grossiers, dans des faciès rapides et peu profonds. Les œufs et les jeunes stages larvaires se développent dans les interstices du substrat. Lorsque ces crues se produisent au printemps et/ou en été (cas des années 2008, 2010 et 2013), le bouleversement du substrat survient au cours des périodes de reproduction et/ou de croissance des jeunes stades de la plupart des espèces observées sur ce tronçon. Les conséquences négatives de ces événements hydrologiques sont alors marquées sur le succès du recrutement des jeunes de l'année, et seront perceptibles dans le suivi pluri-annuel des classes d'âge.

En aval de la restitution de Mallemort, un régime de restitutions en provenance du canal usinier se rajoute aux débits réservés et de crues en provenance de l'amont. Ce dernier ajoute une instabilité quasi-permanente des conditions hydrauliques, ainsi que des flux sédimentaires fins dans le secteur aval de la Durance (Figure 4).

Si la restructuration du lit par les crues morphogènes favorise transitoirement le nettoyage et l'augmentation de la porosité des substrats grossiers, les apports limoneux permanents réinstaurent rapidement les conditions existantes avant ces événements hydro-morphologiques structurants.

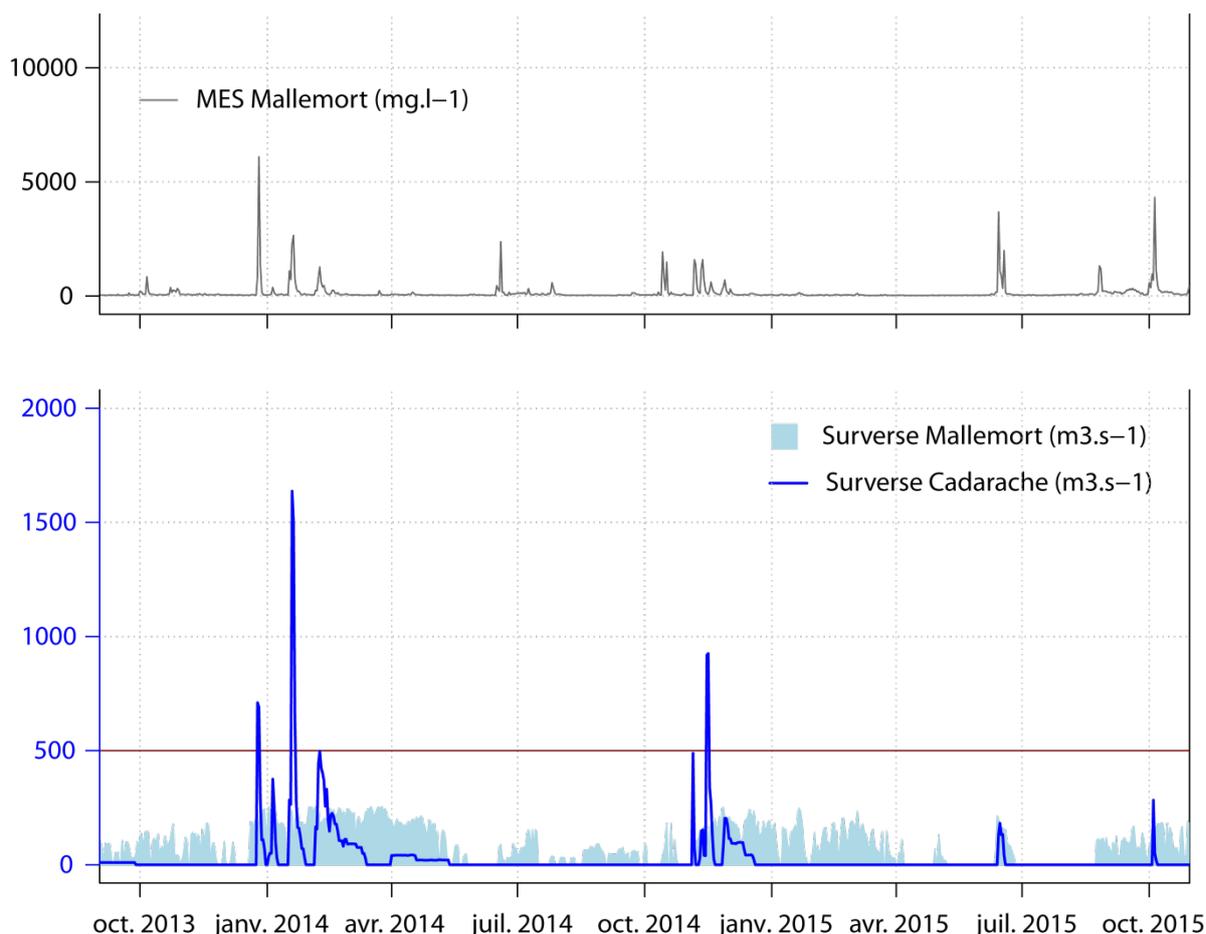


Figure 4 - Chroniques de MES (mg.l^{-1}) et de débits ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) intéressants le tronçon aval du secteur étudié.

L'Annexe 3 présente l'ensemble de la chronique de 2005 à 2015.

2.7. Analyse morpho-hydraulique des ambiances

Les ambiances ont été maillées en TIN¹ dans le plan xy, à partir des verticales situées à l'intérieur des ambiances et de celles définissant leur contour. Chaque ambiance est

¹ Triangular Irregular Network : réseau de triangles irréguliers

décomposable en 3 dimensions en éléments finis. Ce sont des solides à 5 faces avec deux bases triangulaires situées respectivement à la surface de l'eau et au fond de la rivière, dont les sommets sont reliés entre eux par des verticales constituées des hauteurs d'eau mesurées. Comme chaque verticale est associée à une vitesse moyenne, chaque ambiance de pêche peut être caractérisée par une signature morpho-hydraulique (LE COARER, 2007).

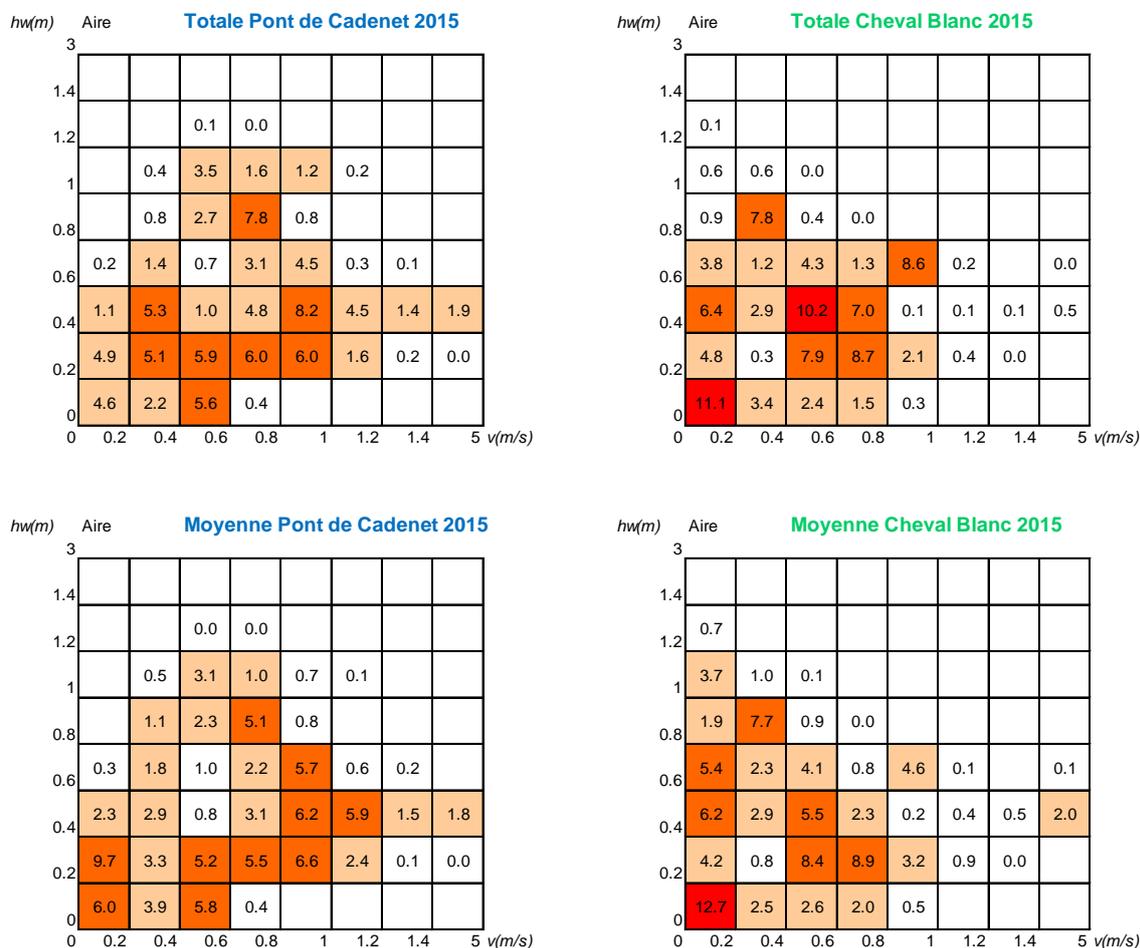


Figure 5 - Hydrosignatures en aires, totales et moyennes pour les stations de Pont de Cadenet et Cheval Blanc en 2015.

Cette quantification de la richesse morpho-hydraulique par le calcul des pourcentages en aires de classes de couples profondeur/vitesse moyenne a été effectuée en utilisant la même norme de définition des classes. Les «hydrosignatures» ont été calculées par ambiances, puis pour l'ensemble des ambiances de chaque station (Figure 5) en calculant soit une hydrosignature totale en regroupant les ambiances, soit la moyenne des hydrosignatures des ambiances sans tenir compte de leurs surfaces respectives. Ces calculs sont effectués à l'aide de la version 3.0.30 du logiciel «HydroSignature» téléchargeable sur le site Web Irstea.

Le Tableau 2 et le Tableau 3 précisent les caractéristiques morpho-hydrauliques générales des ambiances de pêches des campagnes 2004 à 2015 au Pont de Cadenet et à Cheval-Blanc.

Tableau 2 - Caractéristiques morpho-hydrauliques des ambiances de pêches au Pont de Cadenet.

	Pont de Cadenet											
Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Date	23/06	22/06	21/06	29/06	25/07	08/07	27/08	13/07	11/07	27/09	03/07	21/07
Débit (m ³ /s)	9.1	9.2	8.8	8.6	10	9.6	9.6	12.0	9.7	11.4	13.1	12.7
Nombre d'ambiances	14	18	19	19	16	16	17	17	18	18	20	17
Surface totale [m ²]	668	487	502	450	553	624	704	715	820	811	803	376
Volume total [m ³]	276	209	194	193	238	261	333	322	348	340	261	184
Hauteur moyenne [m]	0.41	0.43	0.39	0.43	0.43	0.42	0.47	0.45	0.42	0.42	0.32	0.49
Vitesse moyenne [m/s]	0.69	0.67	0.66	0.65	0.5	0.51	0.51	0.57	0.38	0.44	0.57	0.67
Froude moyen []	0.33	0.31	0.32	0.30	0.24	0.25	0.23	0.26	0.17	0.20	0.30	0.29
Hauteur maximale [m]	1.35	1.06	1.00	0.91	1.30	1.33	1.80	1.10	1.76	1.20	1.22	1.22
Vitesse maximale [m/s]	1.26	1.27	1.49	1.36	1.98	1.55	1.88	1.94	1.43	1.89	1.77	1.97

Tableau 3 - Caractéristiques morpho-hydrauliques des ambiances de pêches à Cheval-Blanc.

	Cheval-Blanc											
Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Date	23/06	21/06	20/06	28/06	24/07	07/07	26/08	12/07	12/07	18/07	31/07	22/07
Débit (m ³ /s)	11.1	14.1	12.6	15.4	13	10.1	9.82	14.0	14.0	12.6	12.8	13.1
Nombre d'ambiances	16	15	16	15	16	14	17	14	19	17	20	19
Surface totale [m ²]	1183	646	655	572	517	542	814	736	772	666	682	705
Volume total [m ³]	415	255	282	243	191	200	362	352	270	295	254	318
Hauteur moyenne [m]	0.35	0.39	0.43	0.43	0.37	0.37	0.44	0.48	0.35	0.44	0.37	0.45
Vitesse moyenne [m/s]	0.41	0.48	0.46	0.57	0.61	0.48	0.42	0.58	0.54	0.46	0.54	0.47
Froude moyen []	0.21	0.24	0.22	0.26	0.31	0.23	0.30	0.24	0.27	0.20	0.23	0.21
Hauteur maximale [m]	1.75	1.35	1.50	1.17	1.48	1.36	1.55	1.15	0.97	1.18	1.30	1.30
Vitesse maximale [m/s]	1.28	1.23	1.18	1.55	2.07	1.89	1.44	1.70	1.77	1.45	1.51	1.75

L'Annexe 4 est le résultat d'une comparaison des hydrosignatures totales et moyennes par stations des ambiances de pêches des années 2004 à 2015. Cet indice de comparaison HSC [$k_1=1$, $k_2=1$] (SCHARL & LE COARER, 2005) varie entre 0 et 100 ; sa valeur est de 0 pour deux hydrosignatures identiques, et de 100 pour deux hydrosignatures complètement différentes. Dans notre cas, compte-tenu des grilles de définition des hydrosignatures et des coefficients de comparaison utilisés, nous estimons que deux hydrosignatures sont proches hydrauliquement pour des valeurs inférieures à 20.

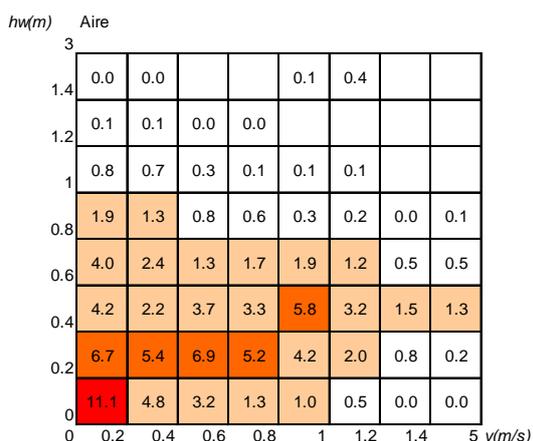
Selon ces critères, l'échantillonnage hydraulique de la station de Cheval Blanc en 2015 est différent de celui de Pont Cadenet : moyennes HSC= 24 ; totales HSC=24.

Les disparités entre les campagnes sont fréquentes. Par ailleurs, il est classique que l'hydrosignature générale par cumul des ambiances de pêches d'une station soit sensiblement différente de l'hydrosignature du tronçon. Selon notre expertise, compte-tenu du petit nombre d'ambiances, les campagnes ne sont jamais représentatives des caractéristiques hydrauliques des tronçons. Notons également que les hydrosignatures moyennes des deux stations par campagne sont plus proches numériquement que les hydrosignatures totales (statistiques globales de l'Annexe 4). Les hydrosignatures des stations ressemblent vraisemblablement plus aux hydrosignatures moyennes des chroniques (Figure 6, Figure 7), caractérisées par un lissage des valeurs dans l'espace vitesse/profondeur.

Pour une station donnée et à partir de la chronique, deux hydrosignatures moyennes descriptives de l'échantillonnage hydraulique sont calculables.

La première, nommée [moyenne des hydrosignatures moyennes], consiste à calculer pour chaque année une hydrosignature moyenne des ambiances, puis à faire la moyenne des résultats obtenus (Figure 6).

Cadenet Moyenne des HS Moyennes 2004-2015



Cheval Blanc- Moyenne des HS Moyennes 2004-2015

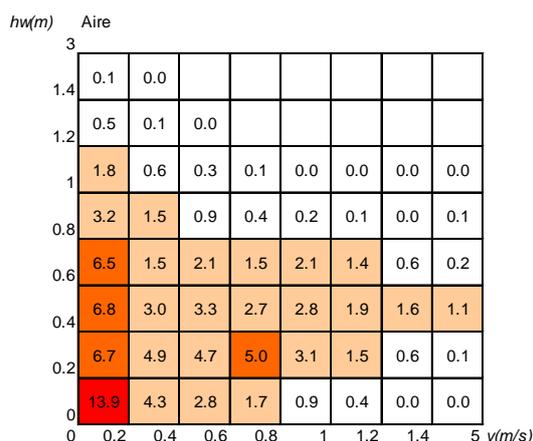
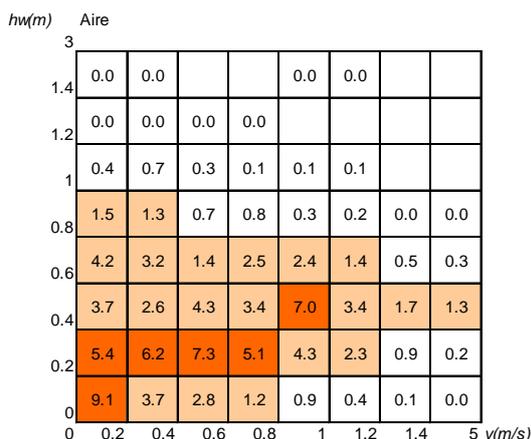


Figure 6 - Comparaison des stations, pour les campagnes 2004-2015 à partir de la moyenne des hydrosignatures moyennes en aires.

La seconde, nommée [moyenne des hydrosignatures totales], consiste à calculer pour chaque année une hydrosignature totale par regroupement en pondérant les ambiances par leur surface puis à faire la moyenne des résultats obtenus (Figure 7).

Cadenet Moyenne des HS Totales 2004-2015



Cheval Blanc- Moyenne des HS Totales 2004-2015

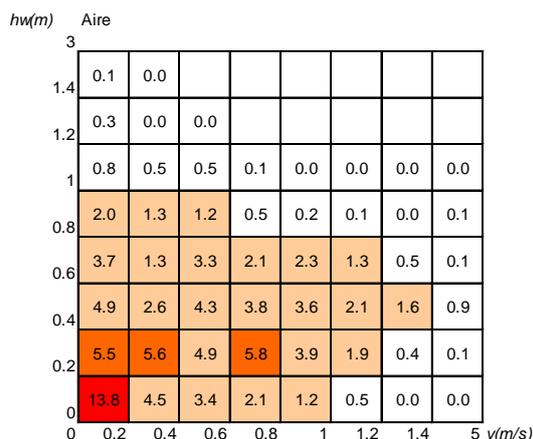


Figure 7 - Comparaison des stations à partir de la moyenne des hydrosignatures totales en aires (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne).

L'indice de comparaison HSC[k1=1, k2=1] entre les signatures en aires moyennes des échantillonnages des stations traduit une bonne similarité hydraulique. Il est de :

- 9.6 pour la [moyenne des hydrosignatures moyennes],
- 7.6 pour la [moyenne des hydrosignatures totales].

L'hydraulique moyenne des ambiances de pêches par station étant très variable, les comparaisons directes des campagnes d'échantillonnages piscicoles s'avèrent difficiles.

Cependant à l'échelle de la chronique, l'échantillonnage hydraulique global des stations devient comparable. Les comparaisons piscicoles à cette échelle deviennent alors plus pertinentes en regard des habitats hydrauliques inventoriés.

2.8. Hauteur de rugosité du substrat

Le substrat offre à la fois un abri hydraulique contre le courant et une protection vis-à-vis d'éventuels prédateurs. Les éléments granulométriques génèrent des "espaces vitaux" caractérisés par une faible vitesse de courant, une exposition moindre à la lumière, une proximité d'accès vers les ressources alimentaires. La taille de ces espaces conditionne celle de l'occupant éventuel et leur nombre accroît le "volume total habitable". Cette notion est appréhendée par les courbes de préférences (substrat) établies pour l'évaluation des potentialités piscicoles d'un cours d'eau à partir des modèles de type micro-habitat.

Le substrat est le support des autres ressources biologiques du milieu aquatique (végétales et animales), indispensables pour l'alimentation du poisson. Il est également important qu'il ait des interstices permettant la colonisation par les macro-invertébrés, ainsi que la percolation active des eaux. Ces interstices sont également le réceptacle de la fraie des espèces lithophiles, comprenant les Salmonidés et de nombreux Cyprinidés rhéophiles. Par conséquent, son colmatage entraîne une diminution des effectifs et de la survie de la faune aquatique.

Il importe d'avoir des descripteurs pertinents de cette composante complexe du milieu aquatique, souvent sous-évaluée ou décrite qualitativement face à des variables facilement quantifiables (hauteur d'eau, vitesse). Parmi les descripteurs du substrat, une mesure de la hauteur des éléments rugueux au-dessus du fond, la hauteur de rugosité (roughness height dans la terminologie anglo-saxonne) constitue une variable simple intégrant de multiples caractéristiques du substrat. Alors que la rugosité revêt une grande importance dans les calculs hydrauliques, elle est peu utilisée par les hydrobiologistes pour la description de l'habitat physique.

Dans notre approche, cette variable a été initialement prise en tant que descripteur fonctionnel de l'habitat physique des poissons pour des cours d'eau de faible profondeur.

Bien que la hauteur de rugosité ne puisse satisfaire tous les critères de quantification du substrat et de son agencement, c'est une variable d'acquisition rapide et instructive quant aux abris hydrauliques offerts par les éléments granulométriques, en particulier lorsque les autres types d'abris (ligneux, sous-berge, etc., ...) sont peu nombreux. Elle peut également être une variable analytique complémentaire dans les études hydro-géomorphologiques et granulométriques d'un cours d'eau.

Méthode

La mesure de la hauteur de rugosité (k) est obtenue à partir d'un tasseau de bois de section carrée (32 x 32 mm) gradué en centimètres, d'une longueur de 2.2 m et renforcé à son extrémité par une pièce métallique. Un minimum de 10 mesures est réalisé par ambiance sachant que ce nombre peut augmenter avec la surface de l'ambiance. L'emplacement de chaque point est défini en se déplaçant en zigzag dans l'unité spatiale échantillonnée et en stoppant après un nombre fixé de pas. L'élément granulométrique en contact avec le bout du pied fait alors l'objet de la mesure.

La profondeur maximale autour de l'élément est recherchée, puis notée (h_1). Une seconde valeur (h_2) prise entre le haut de l'élément et la surface de l'eau est enregistrée. La hauteur de rugosité (k) est obtenue par différence ($h_1 - h_2$). Si l'élément dépasse la surface de l'eau, sa hauteur devient la valeur recherchée k .

La mesure de k peut être complétée par une mesure (ou une mise en classe) de la taille de l'élément granulométrique (dimension de l'axe b) et également par une épaisseur des dépôts dans le cas d'éléments fins (sables, limons).

En raison des limites de précision de la mesure, des valeurs prédéfinies arbitraires ont été fixées pour certaines catégories de substrat. La roche mère est considérée comme ayant une valeur $k = 0$, les limons reçoivent la valeur $k = 0.001$ cm, les sables $k = 0.1$ cm, et la valeur $k = 0.5$ cm est attribuée pour toutes les mesures susceptibles d'être comprises entre 0.1 et 1 cm. Cette dernière valeur arbitraire est enregistrée pour des substrats constitués par des graviers.

La Figure 8 permet de visualiser les éléments de base pour la quantification de cette variable et la mesure de variables granulométriques complémentaires.

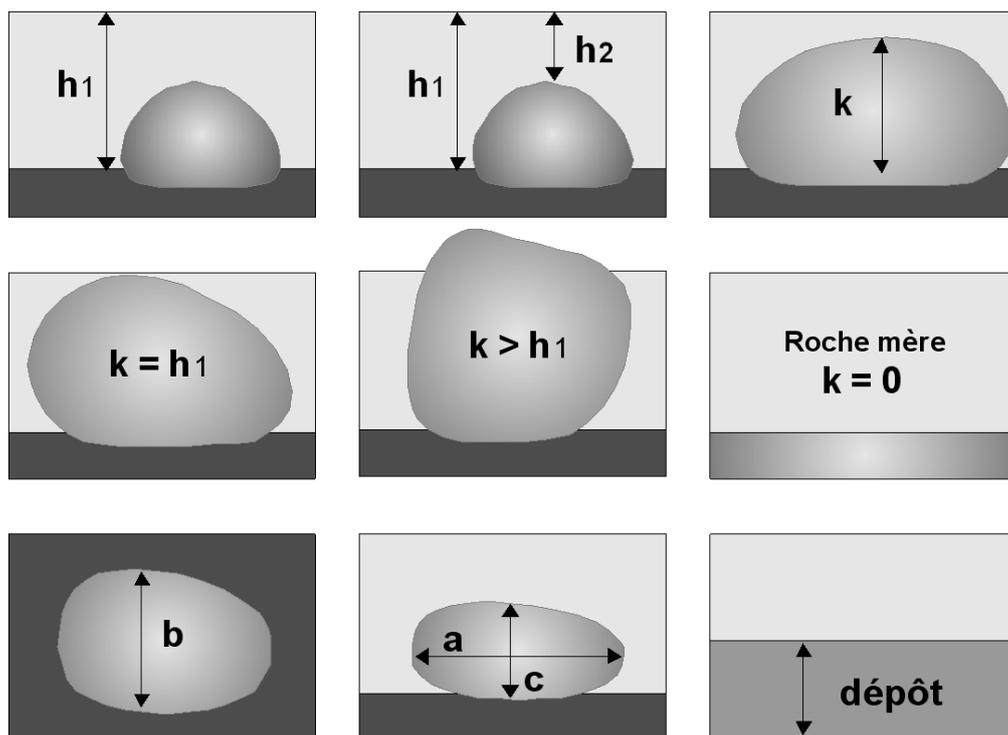


Figure 8 - Représentation schématique des diverses mesures réalisées pour l'évaluation de la hauteur de rugosité (k) et de paramètres caractéristiques des éléments granulométriques grossiers. La profondeur maximale autour de l'élément granulométrique choisi permet par différence avec la hauteur d'eau relevée au-dessus de l'élément d'obtenir la valeur de k . La deuxième ligne représente les situations particulières dans lesquelles, soit la hauteur de rugosité égale la profondeur, soit la hauteur de l'élément dépasse la surface de l'eau et entraîne une valeur de k supérieure à la profondeur maximale, soit la taille du substrat nécessite l'adoption de valeurs arbitraires. C'est le cas de la roche mère ou d'une dalle dont les dimensions dépassent celles de l'ambiance ($k = 0$), de substrats fins comme les limons ($k = 0.001$ cm), les sables ($k = 0.1$ cm), et de tous les éléments granulométriques susceptibles de générer des valeurs comprises entre 0.1 et 1 cm comme les graviers ($k = 0.5$ cm).

A partir de l'échantillon de mesures de la hauteur de rugosité, l'information est traitée sous diverses formes. L'analyse des variables descriptives de l'habitat peut intégrer la hauteur de rugosité sous plusieurs aspects, soit à partir de paramètres statistiques classiques vus à l'échelle spatiale souhaitée (mésohabitat, tronçon, bassin versant, ...), soit sous la forme d'une répartition en classes dont les bornes seront choisies par l'utilisateur, soit en combinaison avec d'autres variables comme la profondeur (rapport k/h de rugosité relative). Il est important de rappeler que la hauteur de rugosité ne constitue pas une évaluation de la granulométrie même si des valeurs arbitraires sont représentatives d'un type de granulométrie. Au regard de la forme des galets, propice à leur disposition « à plat », la hauteur de rugosité est souvent proche de la valeur de l'axe b de l'élément granulométrique. Cependant, le tuilage des galets, leur enfoncement parmi des éléments plus fins notamment dans les limons, peuvent modifier sensiblement cette première approximation.

La mesure de la hauteur de rugosité du substrat a été généralisée dans nos travaux sur la Basse-Durance.

Résultats

D'une manière générale, les plus fortes hauteurs de rugosité (k) sont relevées à Cheval Blanc car des ambiances sont régulièrement réalisées dans des berges renforcées par des enrochements. La présence artificielle de ces blocs explique des valeurs anormalement élevées en regard de celles du substrat naturel, supérieures à 100 cm. Cependant, la mobilité répétée et accrue du lit de la Durance depuis 2008 est également à l'origine d'une réapparition régulière de rochers (naturels et artificiels) dans le secteur de Cadenet (Tableau 4).

Du fait de ces particularités locales relevant de l'artificialisation du chenal, les fortes valeurs de la hauteur de rugosité ($k > 25.6$ cm) ont été exclues afin de ne prendre en compte que des éléments granulométriques majoritairement issus du bassin versant (Tableau 5). D'une manière générale, malgré les réserves émises quant à une approximation de la nature des éléments granulométriques à partir de la hauteur de rugosité, nous pouvons considérer pour le tronçon considéré (1) que les valeurs de k supérieures à 25 cm correspondent à des blocs (boulders) selon la terminologie granulométrique traditionnelle, et (2) que la granulométrie de la Durance est majoritairement constituée par des galets (cobbles).

Tableau 4 - Statistiques globales des hauteurs de rugosité (k) mesurées dans les ambiances de pêche des deux stations.

k (cm)	Année	N	Moy.	S	Min	Q 25%	Q 50%	Q 75%	Max
Cadenet	2004	288	6.40	6.41	0.500	2	4	9	43
	2005	226	8.75	6.29	0.001	5	7	11	40
	2006	220	8.10	9.22	0.001	3	6	10	70
	2007	208	9.94	10.42	0.500	4	7	11	72
	2008	198	6.11	5.96	0.001	2	5	8	54
	2009	192	4.26	5.19	0.001	0.5	2.5	7	37
	2010	189	6.68	6.03	0.001	3	5	9	37
	2011	185	6.87	11.56	0.001	1	3	8	79
	2012	221	8.67	16.21	0.100	3	6	10	220
	2013	211	7.42	12.43	0.001	1	5	8	105
	2014	227	6.61	12.77	0.001	1	4	7	120
2015	174	8.70	13.39	0.100	2	6	10	115	
Cheval-Blanc	2003	300	11.87	18.67	0.001	3	6	12	175
	2004	313	10.81	23.58	0.001	2	5	8	195
	2005	197	14.46	25.59	0.001	3	6	12	155
	2006	167	12.33	23.75	0.001	1	5	11	160
	2007	188	12.28	21.03	0.001	3	6	9.5	120
	2008	210	7.94	17.64	0.001	1	4	6	110
	2009	155	9.36	23.36	0.001	2	4	7	165
	2010	207	6.77	10.78	0.100	2	5	7	86
	2011	190	12.41	23.52	0.001	1	4	8	140
	2012	229	5.46	6.90	0.001	2	5	7	78
	2013	185	11.12	21.80	0.001	2	5	9	150
2014	218	6.23	16.29	0.001	1	3	5	180	
2015	210	7.33	15.01	0.100	2	5	7	155	
Global		5308	8.66	16.01	0.001	2	5	9	220

Tableau 5 - Statistiques globales des hauteurs de rugosité (k) des deux stations après exclusion des valeurs supérieures à 25.6 cm associées à la présence d'éléments granulométriques d'origine anthropique tels que des enrochements.

k < 25.6 cm	Année	N	Moy.	S	Min	Q 25%	Q 50%	Q 75%	Max
Cadenet	2004	281	5.71	4.65	0.500	2	4	8	25
	2005	221	8.25	5.33	0.001	5	7	11	24
	2006	212	6.60	4.68	0.001	3	6	10	21
	2007	196	7.83	5.02	0.500	4	7	11	25
	2008	196	5.76	4.64	0.001	2	5	8	22
	2009	189	3.83	3.91	0.001	0.5	2	6	21
	2010	184	6.01	4.46	0.001	3	5	9	25
	2011	177	4.82	5.09	0.001	1	3	7	25
	2012	217	7.10	5.01	0.100	3	6	10	25
	2013	201	5.07	4.62	0.001	1	4	7	21
	2014	219	4.54	4.62	0.001	1	3	7	23
2015	168	6.63	5.51	0.100	2	6	10	25	
Cheval-Blanc	2003	267	6.70	5.69	0.001	2	5	9	24
	2004	287	5.15	4.14	0.001	2	5	7	24
	2005	170	6.06	5.02	0.001	3	5	9	24
	2006	150	5.61	5.48	0.001	1	5	9	23
	2007	169	5.93	4.44	0.001	3	5	8	25
	2008	198	3.99	3.48	0.001	1	3	6	24
	2009	147	4.40	3.53	0.001	1.5	4	6	19
	2010	201	5.12	4.29	0.100	2	5	7	25
	2011	165	4.44	4.70	0.001	1	3	6	25
	2012	227	4.94	3.91	0.001	2	5	7	20
	2013	170	5.55	4.80	0.001	2	5	8	25
2014	212	3.89	3.45	0.001	1	3	5	19	
2015	203	5.00	4.20	0.100	1	5	7	21	
Global		5027	5.59	4.76	0.001	2	5	8	25

Une composante sédimentaire importante du bassin versant de la Durance est constituée par les limons en provenance des terres noires. A partir des données complètes de la chronique 2004-2015, il apparaît que les proportions de limons et de sables sont plus élevées à Cheval Blanc (Tableau 6).

Tableau 6 - Répartition des principales catégories sédimentaires dans les deux stations.

de 2004 à 2015	Limons	Sables	Graviers	Galets	Blocs	Nbre
Cadenet	43	67	192	2159	78	2539
	1.7%	2.6%	7.6%	85.0%	3.1%	50.7%
Cheval Blanc	111	92	120	1976	170	2469
	4.5%	3.7%	4.9%	80.0%	6.9%	49.3%
Total	154	159	312	4135	248	5008
	3.1%	3.2%	6.2%	82.6%	5.0%	100.0%

Remarque importante : La nature limoneuse du substrat ($k = 0.001$) est prise en compte lorsque les éléments granulométriques grossiers ne sont plus apparents. Or, des descriptions conventionnelles du substrat faites en moyenne Durance ont montré que 5% de relevés avec une présence exclusive de limons pouvaient correspondre à plus de 40% en surface de dépôts de limons dans un secteur à chenal unique (LE COARER et al., 2006) en débit réservé. Par conséquent, les fins dépôts limoneux de surface sont largement sous-estimés.

Les distributions des densités des hauteurs de rugosité (k) des éléments granulométriques, autres que ceux d'origine anthropique ($k > 25.6$ cm) ou limoneux ($k < 0.001$ cm), montrent que le substrat à Cadenet est plus hétérogène et plus grossier (Figure 9).

Cependant, à compter de 2008, les années hydrologiques marquées par les successions de crues ont régulièrement remanié le lit de la Durance dans les deux stations. En conséquence, les deux courbes se sont rapprochées. La densité des hauteurs de rugosité correspondant à des galets a augmenté. Les médianes ont baissé dans les deux stations (Tableau 7) mais restent significativement différentes (test de Mann-Whitney de comparaison des médianes).

Tableau 7 - Statistiques globales des hauteurs de rugosité (k en cm) mesurées dans les deux stations. Deux périodes d'observation sont identifiées à la suite de régimes hydrologiques contrastés.

	2004-2007		2008-2015	
	Cadenet	Cheval Blanc	Cadenet	Cheval Blanc
Effectif	902	722	1516	1466
Moyenne	7.05	6.02	5.59	4.85
Ecart-type	4.99	4.60	4.83	4.06
Minimum	0.1	0.1	0.1	0.1
1 ^{er} quartile	3	3	2	2
Médiane	6	5	5	4
3 ^{ème} quartile	10	8	8	7
Maximum	25	25	25	25
Etendue inter-quartiles	7	5	6	5

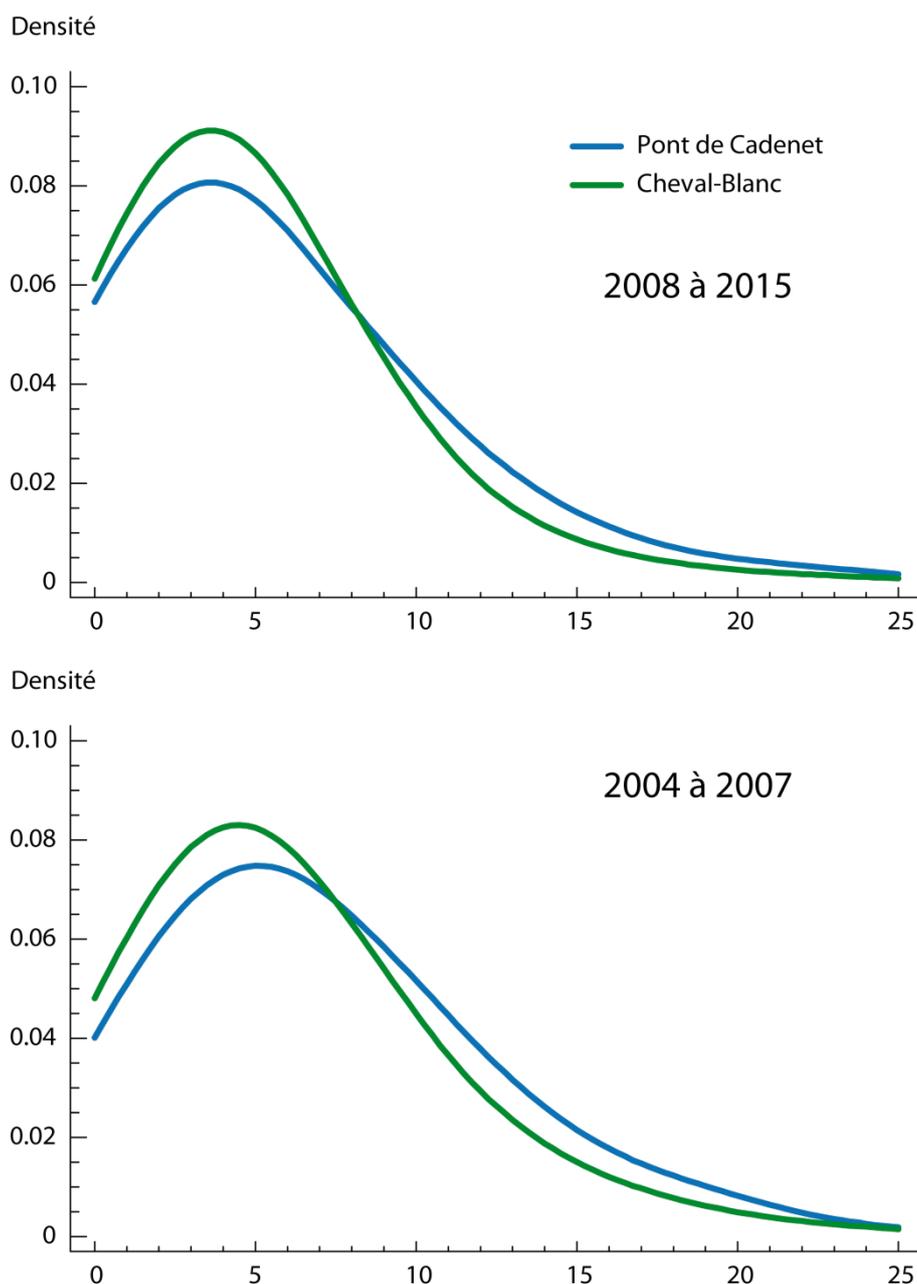


Figure 9 - Densités des hauteurs de rugosité (k) par station et par période (2004-2007 et 2008-2014). Les deux périodes se distinguent par une hydrologie contrastée. Un régime marqué par de fortes crues a régulièrement remodelé le lit de la Durance dans les deux stations après 2007. Les paramètres sont calculés après exclusion des valeurs supérieures à 25.6 cm afin d'éliminer les hauteurs de rugosité associées à des enrochements de rives ou des éléments granulométriques grossiers d'origine anthropique.

3. Peuplements piscicoles estivaux en Basse Durance

La taille du cours d'eau justifie une technique d'échantillonnage adaptée, basée sur l'identification des différents habitats disponibles sur un tronçon de cours d'eau et le choix de placettes dans ces entités. Ces placettes ou « ambiances » sont échantillonnées par pêche électrique, faites à pied dans le contexte physique actuel de la Durance. L'échantillonnage est accompagné de relevés de paramètres physiques (profondeurs, vitesses, hauteurs de rugosité du substrat), de caractéristiques qualitatives relatives aux abris potentiels (ligneux, herbiers, algues), aux berges et à la localisation transversale des ambiances. Les relevés topographiques permettent la quantification des aires et volumes des ambiances et leur spatialisation. Les obligations de prospection par pêche à pied limitent l'échantillonnage à des secteurs accessibles. Les profondeurs maximales prospectées excèdent rarement 1,5 mètre.

3.1. Caractéristiques générales des peuplements

Les résultats des pêches de 2015 (tableaux des annexes 5 et 6) sont analysés parallèlement aux résultats des années antérieures obtenus depuis 2003. Les tableaux des annexes 7 et 8 synthétisent les observations interannuelles sur ces deux stations.

Sur la base de la chronique de la basse Durance, le peuplement est constitué de 28 espèces réparties au sein de 8 familles (Tableau 8). D'une manière générale, le peuplement s'avère plus diversifié et les effectifs nettement plus élevés à Cadenet (Figure 10).

La basse Durance est caractérisée par une prédominance de cinq espèces de Cyprinidae : le spiralin *Alburnoides bipunctatus*, le chevaine *Squalius cephalus*, le barbeau *Barbus barbus*, le vairon *Phoxinus phoxinus*, le goujon *Gobio gobio* et une espèce de Balitoridae : la loche franche *Barbatula barbatula*.

Une espèce de la famille des Cobitidae a été observée sur la Durance pour la première fois en 1994 : la loche italienne *Cobitis bilineata*. Actuellement, elle compte parmi les espèces abondantes sur ce linéaire. Cependant, les captures sont tributaires à la fois de la présence de ses habitats préférentiels, à savoir des reculées dans les bancs de galets, peu profondes, ayant un substrat fin et alimentées par le sous-écoulement ; et de leur prospection lors des campagnes de pêche.

Des cyprinidés d'eau courante caractéristiques de ce cours d'eau sont largement sous-représentés : le toxostome *Parachondrostoma toxostoma*, le hotu *Chondrostoma nasus*, et surtout le blageon *Telestes souffia*.

Au vu de la chronique (2003-2015), des espèces inféodées aux eaux lentes sont de plus en plus souvent capturées. Ce sont des espèces introduites de plus ou moins longue date : la loche épineuse *Cobitis bilineata*, le carassin argenté *Carassius gibelio*, le pseudorasbora *Pseudorasbora parva*, la perche soleil *Lepomis gibbosus*, la grémille *Gymnocephalus cernuus*, le sandre *Sander lucioperca*, la carpe commune *Cyprinus carpio*, la bouvière *Rhodeus amarus* et un cortège d'espèces autochtones : la perche commune *Perca fluviatilis*, le gardon *Rutilus rutilus*, la brème bordelière *Blicca bjoerkna*, la tanche *Tinca tinca* et le rotengle *Scardinius erythrophthalmus*, en provenance des nombreux plans d'eau artificiels qui longent la rivière.

Tableau 8 - Liste et effectifs bruts des espèces capturées en Basse Durance. Stations de Pont de Cadenet et Cheval Blanc. En jaune, les espèces non mises en classes de taille pour l'analyse multivariée de la chronique.

			Durance 2003-2015		
Famille	nom latin	CODE	Cheval	Cadenet	Total
nom commun					
Anguillidae					
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	ANG	57	1	58
Balitoridae					
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	LOF	879	1848	2727
Centrarchidae					
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES	15	8	23
Cobitidae					
Loche épineuse (Durance)	<i>Cobitis bilineata</i>	LOB	193	188	381
Cyprinidae					
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	SPI	670	2259	2929
Chevaine	<i>Squalius cephalus</i>	CHE	546	2373	2919
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	BAF	202	1720	1922
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	VAI	1112	755	1867
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU	78	432	510
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL	27	136	163
Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	TOX	80	10	90
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	HOT	25	21	46
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	PSR	16	7	23
Carpe commune/miroir	<i>Cyprinus carpio</i>	CCO		11	11
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	BOU	1	8	9
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR	6	1	7
Blageon	<i>Telestes souffia</i>	BLN	2	4	6
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	BRB		6	6
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	CAG		4	4
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	BRE		2	2
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	TAN	1	1	2
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN		2	2
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT		1	1
Esocidae					
Brochet	<i>Esox lucius</i>	BRO		1	1
Percidae					
Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	PER	21	8	29
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	SAN	1	21	22
Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	GRE	10	5	15
Salmonidae					
Truite commune	<i>Salmo trutta</i>	TRF	5	5	10
Total			3966	9848	13814
Richesse spécifique			22	29	29

Tableau 9 - Liste et abondances relatives des espèces capturées en Basse Durance. Stations de Pont de Cadenet et Cheval Blanc. Les trames colorées indiquent des niveaux d'abondances (100% < vert foncé < 5% - 5% < vert clair < 1% - 1% < blanc < 0.1% et inférieur à 0.1% (jaune clair))

			Durance 2003-2015		
Famille	nom latin	CODE	Cheval	Cadenet	Total
nom commun					
Anguillidae					
Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	ANG	1.4	< 0.1	0.4
Balitoridae					
Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	LOF	22.2	18.8	19.7
Centrarchidae					
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES	0.4	< 0.1	0.2
Cobitidae					
Loche épineuse (Durance)	<i>Cobitis bilineata</i>	LOB	4.9	1.9	2.8
Cyprinidae					
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	SPI	16.9	22.9	21.2
Chevaine	<i>Squalius cephalus</i>	CHE	13.8	24.1	21.1
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	BAF	5.1	17.5	13.9
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	VAI	28	7.7	13.5
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU	2	4.4	3.7
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL	0.7	1.4	1.2
Toxostome	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	TOX	2	0.1	0.7
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	HOT	0.6	0.2	0.3
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	PSR	0.4	< 0.1	0.2
Blageon	<i>Telestes souffia</i>	BLN	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	BOU	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	BRB		< 0.1	< 0.1
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	BRE		< 0.1	< 0.1
Carassin argenté	<i>Carassius gibelio</i>	CAG		< 0.1	< 0.1
Carpe commune/miroir	<i>Cyprinus carpio</i>	CCO		0.1	< 0.1
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR	0.2	< 0.1	< 0.1
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT		< 0.1	< 0.1
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	TAN	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN		< 0.1	< 0.1
Esocidae					
Brochet	<i>Esox lucius</i>	BRO		< 0.1	< 0.1
Percidae					
Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	PER	0.5	< 0.1	0.2
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	SAN	< 0.1	0.2	0.2
Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	GRE	0.3	< 0.1	0.1
Salmonidae					
Truite commune	<i>Salmo trutta</i>	TRF	0.1	< 0.1	< 0.1
Richesse spécifique			22	29	29

L'anguille, une espèce migratrice susceptible de recoloniser l'axe durancien, est régulièrement échantillonnée à Cheval Blanc, mais en faible nombre (de 1 à 4 individus par campagne). A ce jour, un seul individu a été capturé au Pont de Cadenet en juillet 2011.

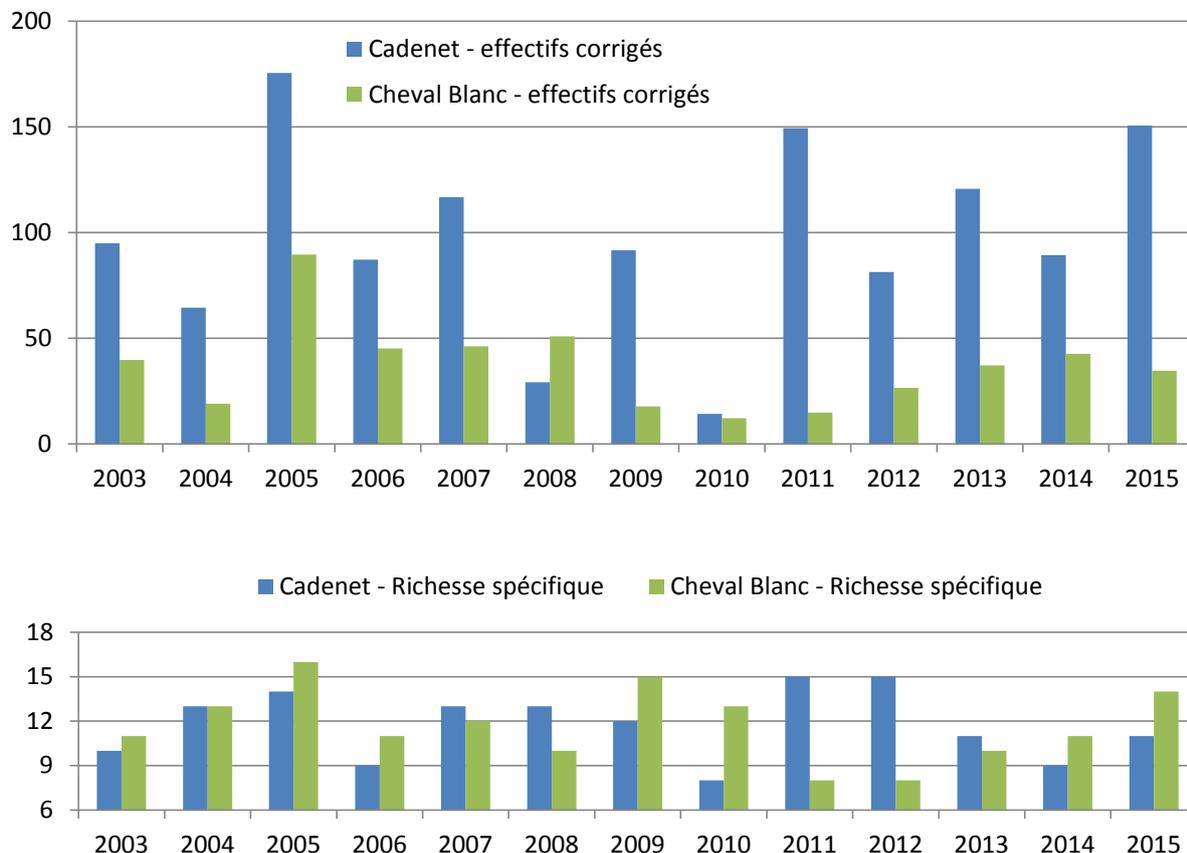


Figure 10 - Évolution interannuelle des effectifs totaux moyens (n/50 m²) et des richesses spécifiques dans les stations de Pont de Cadenet (bleu) et de Cheval-Blanc (vert).

3.2. Comparaisons inter-annuelles et inter-stationnelles

Les deux stations présentent de notables différences en termes d'assemblages d'espèces, mais également de distributions des âges. La variabilité interannuelle de la richesse spécifique et des abondances est importante. Les abondances sont tributaires des proportions de juvéniles capturés dans les pêches.

Une comparaison entre les deux sites est réalisée à partir d'une analyse multivariée. Elle porte sur les relevés des années 2003 à 2015. Dix espèces représentatives du cortège faunistique propre à ce cours d'eau alluvial sont découpées en plusieurs entités taxonomiques (taxons) selon leur taille (Tableau 8). Les 5 premières classes de taille sont définies par tranches de 30 mm entre 0 et 150 mm. Elles regroupent les juvéniles de toutes les espèces et l'ensemble des individus des espèces de petite taille (loches franche et italienne, vairon, spiralin et goujon). Les suivantes : [150,300[, [300,450[, [450,600[, et LT>600 mm, concernent essentiellement les individus adultes de trois grandes espèces (barbeau, chevaine et hotu) dont les captures sont nettement moins importantes.

Ce découpage en classes de taille se traduit par un total de 72 taxons capturés dans 436 ambiances réparties dans les deux stations. Afin de permettre des comparaisons entre ambiances et années, les effectifs sont corrigés par la surface des ambiances. Pour des questions de lisibilité des tableaux, la correction est faite pour une surface de 50 m².

Globalement, le suivi temporel de la richesse et de l'abondance taxonomiques (Figure 11) montre des différences importantes et significatives entre les deux sites. Les diminutions significatives de la richesse taxonomique et des effectifs observés à Pont de Cadenet, notamment en 2008 et 2010, sont consécutives à la restructuration hydro-morphologique du chenal par des crues survenant en période de reproduction. A Cheval Blanc, la situation particulièrement dégradée observée en 2010 paraît s'améliorer, avec une augmentation régulière de la richesse spécifique, ainsi que des effectifs.

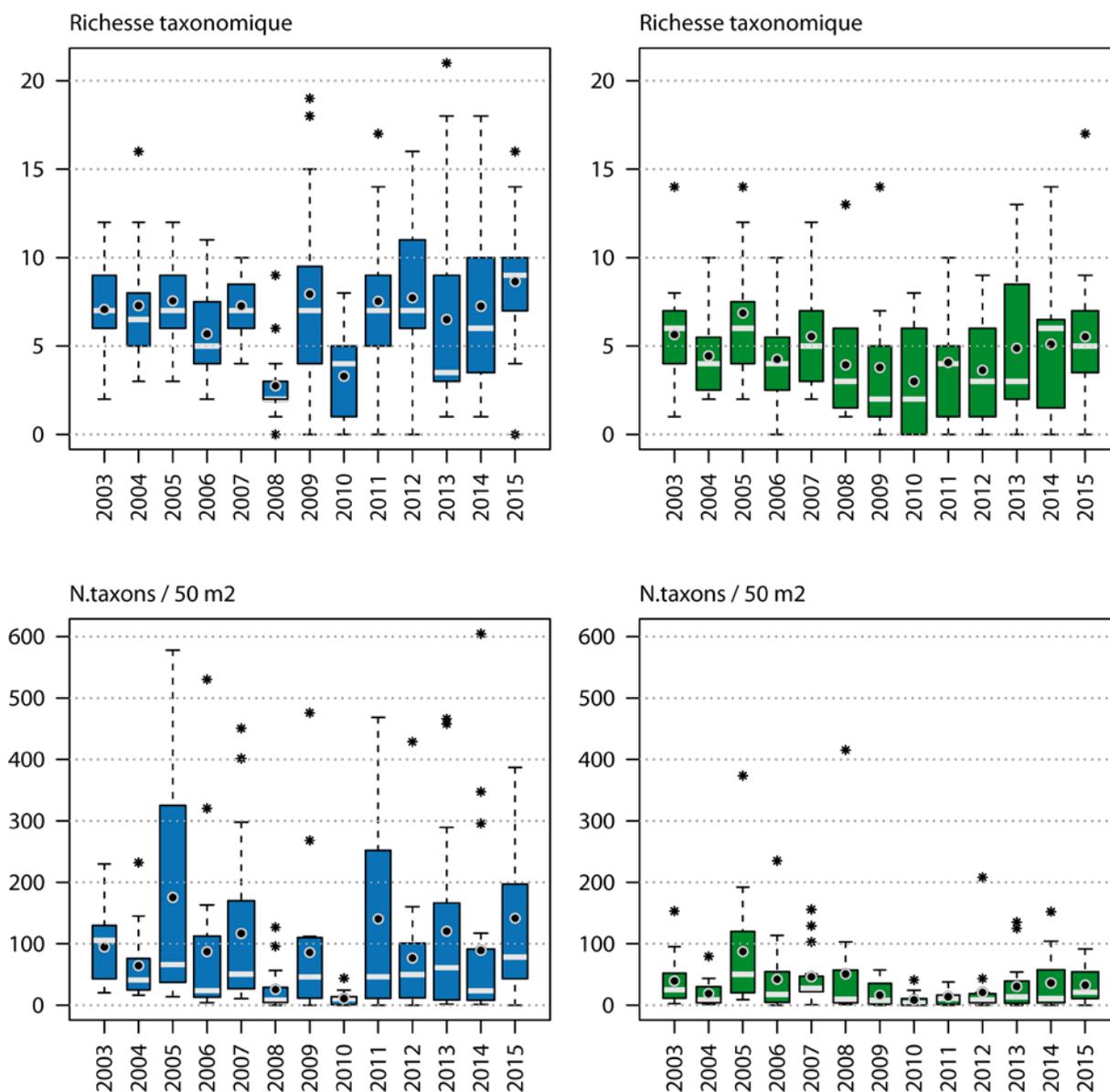


Figure 11 - Évolution interannuelle de la richesse taxonomique et des effectifs corrigés au Pont de Cadenet (en bleu) et à Cheval-Blanc (en vert). Les boîtes à moustaches prennent en compte les résultats globaux des ambiances faites dans chaque station. La richesse taxonomique maximale théorique (ensemble des deux stations) est de 72 taxons.

Le tableau général (13 campagnes annuelles de pêches soit 436 ambiances x 72 taxons) regroupant les données des deux stations, a été traité par une Analyse en Composantes Principales Normée après transformation logarithmique des effectifs corrigés [$\ln(n/50 \text{ m}^2 + 1)$]. Les taxons définis pour une espèce sont pondérés en fonction de l'occurrence globale de l'espèce sur l'ensemble des relevés (nombre de présences/436 relevés). Les résultats présentés concernent l'analyse inter-années/stations et mettent en exergue les différences entre les stations et la variabilité temporelle (Figure 12). Ces analyses sont réalisées sous R avec la librairie ade4 (CHESSEL et al., 2004).

Le premier axe factoriel F1 oppose nettement les deux stations sur la période considérée : valeurs négatives de Pont de Cadenet et valeurs positives de Cheval Blanc ; avec deux exceptions au Pont de Cadenet : les années 2008 et 2010. Ce contraste est essentiellement lié aux importantes différences d'effectifs et de richesses taxonomiques entre les deux sites (voir la Figure 11), mais également à la présence et/ou dominance d'espèces sur l'une des stations. Pont de Cadenet est caractérisé par l'abondance du barbeau, du chevaine et du spirilin. Cheval Blanc se singularise par la présence de l'anguille et l'abondance du vairon. Les impacts hydro-morphologiques des crues de 2008 et 2010 sur les peuplements ont amené une convergence momentanée des résultats dans les deux stations, principalement associée à un appauvrissement à Cadenet.

Le deuxième axe traduit notamment l'évolution des effectifs des jeunes barbeaux (30-90 mm), des spirilins (30-60 mm), des goujons (0-60 mm) à Cadenet, et la décroissance des effectifs de la loche franche observée sur Cheval Blanc (Figure 13). Cet effet est accentué suite aux épisodes de crues ayant modifié la configuration du secteur de Cheval Blanc et éliminé des habitats favorables, traditionnellement échantillonnés au cours des premières années du suivi.

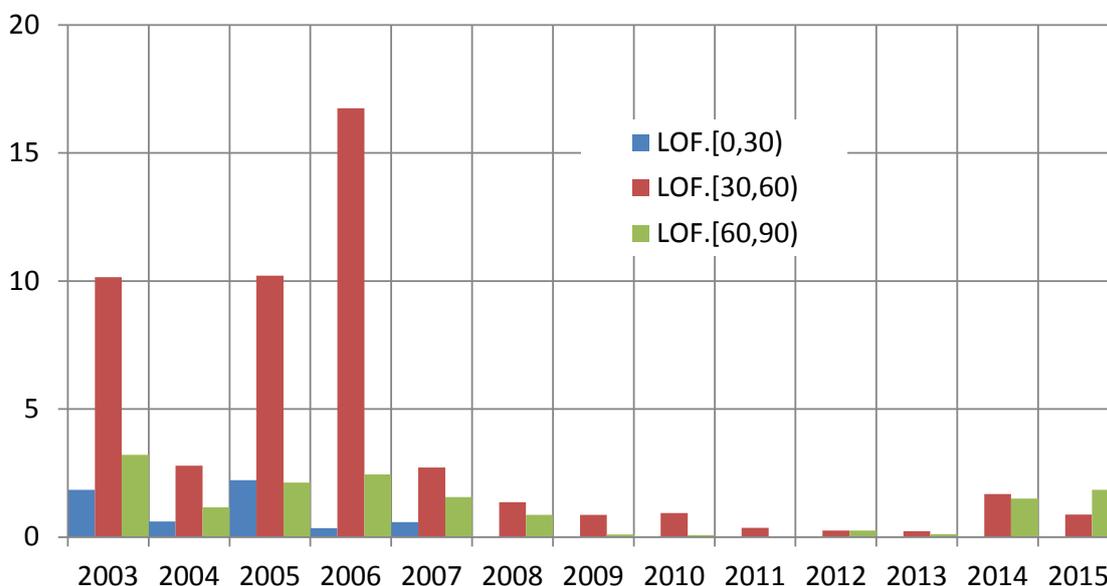


Figure 12 – Evolution des effectifs corrigés moyens ($N/50 \text{ m}^2$) de la loche franche à Cheval Blanc.

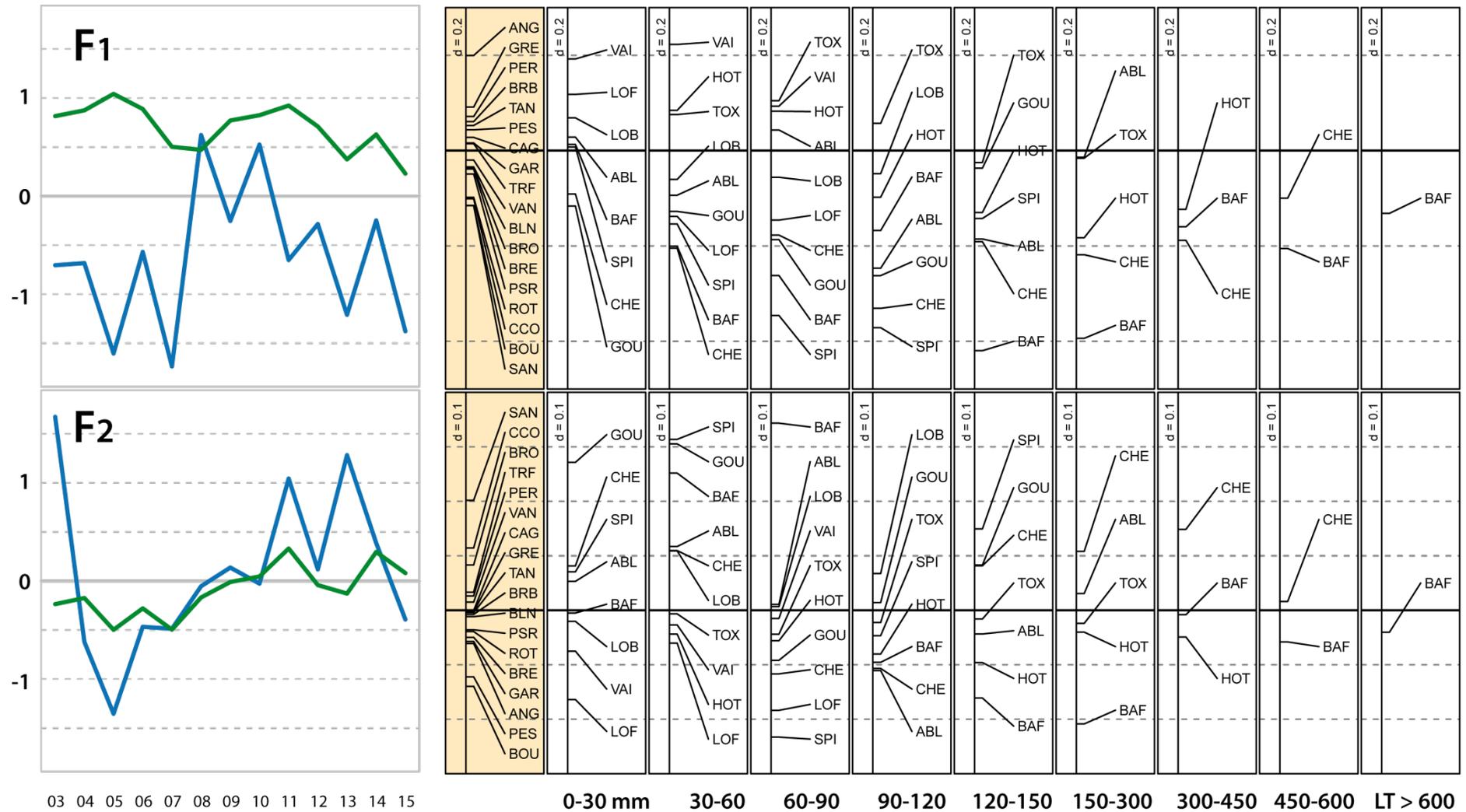


Figure 13 - ACP Normée inter-années/stations. Coordonnées factorielles des stations/années sur les deux premiers axes F1 et F2 (à gauche). Cheval-Blanc (tracé vert) et Pont de Cadenet (tracé bleu). En parallèle, les coordonnées des taxons sur les deux premiers axes. En orangé, les espèces non découpées en classes de taille.

Afin de réduire la variabilité locale liée entre autres aux habitats, une comparaison est faite sur des ambiances appartenant exclusivement au chenal principal, ne présentant pas d'abris sachant qu'ils sont fortement attractifs, et en excluant tous les individus d'une taille inférieure à 60 mm comprenant majoritairement des jeunes de l'année dont les effectifs sont souvent élevés et très variables (Tableau 10)².

Tableau 10 - Effectifs et nombre d'ambiances par année et par station. Seules les ambiances sans abris sont considérées. I. Effectifs et nombre d'ambiances hors abris, II. Effectifs des individus d'une taille LT > 60 mm pour les ambiances hors abris, III. Effectifs des individus d'une taille LT > 60mm pour les ambiances hors abris échantillonnées exclusivement dans le chenal principal. Le total de toutes les années est présenté ainsi que le pourcentage retenu par rapport au cas I.

	I				II				III			
	Effectifs		Ambiances		Effectifs		Ambiances		Effectifs		Ambiances	
Année	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB
2003		154		10		51		9		46		7
2004	254	176	6	7	241	32	6	5	241	32	6	5
2005	628	441	12	8	496	115	12	8	496	87	12	6
2006	326	317	16	11	208	72	16	9	208	43	16	7
2007	283	209	11	7	281	174	11	7	281	174	11	7
2008	153	133	11	10	54	62	10	8	52	18	8	3
2009	494	97	11	10	184	62	11	10	59	35	5	9
2010	107	75	11	8	55	22	10	5	37	14	7	4
2011	1069	77	10	5	137	10	9	5	124	10	8	5
2012	641	143	11	13	287	68	11	11	126	49	5	7
2013	742	49	15	7	670	34	15	7	50	7	5	2
2014	364	321	13	14	100	75	13	12	40	70	5	10
2015	613	191	12	14	448	91	12	12	448	83	12	11
Total	5674	2383	139	124	3161	868	136	108	2162	668	100	83
% retenu					56	36	98	87	38	28	72	67

² Suite à des erreurs faites en 2013, les résultats de ce tableau et de la figure 13 ont été repris. D'où une différence avec les rapports antérieurs.

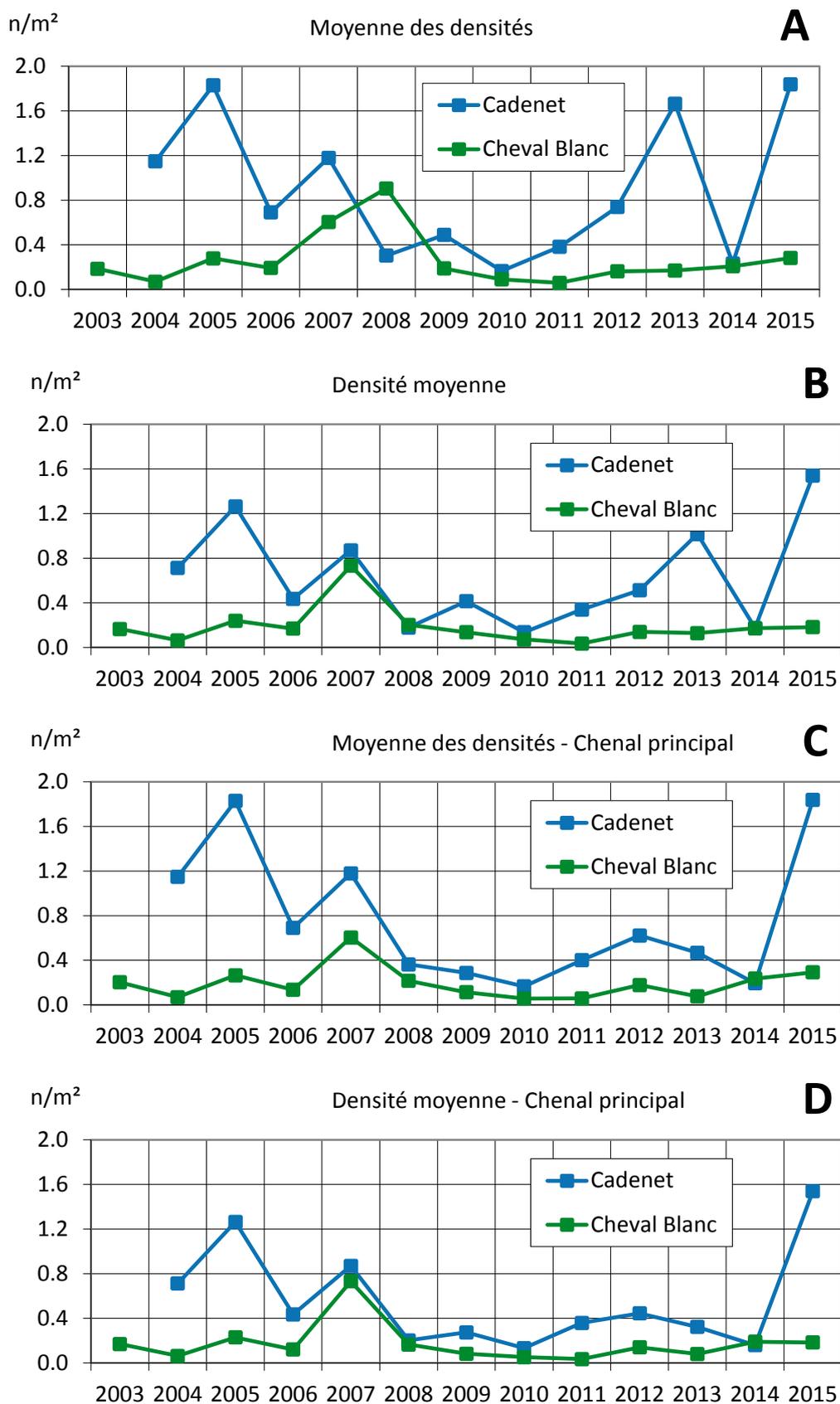


Figure 14 - Évolution des moyennes des densités et des densités moyennes des poissons (n/m^2) dans les ambiances sans abris, tous chenaux A & B, chenal principal C & D. Seuls les individus d'une taille supérieure à 60 mm sont pris en compte.

La chronique (Figure 14) fait apparaître que l'information « densité moyenne » (B & D) est plus stable numériquement dans le temps que la « moyenne des densités » (A & C).

L'Annexe 8 présente les hydrosignatures correspondantes pour ces ambiances hors abris comptant au moins un individu de taille supérieure à 60 mm.

Les hydrosignatures moyennes de la chronique par station apparaissent comparables avec des HSC (aire) de : A=13.3, B=13.0, C=14.4 et D=11.3. Dans notre cas, plus la chronique comporte de campagnes, plus la proximité hydraulique augmente.

L'échantillonnage d'habitats hydrauliques étant comparable sur l'ensemble de la chronique, il en ressort que la station de Pont de Cadenet, non sujette aux impacts des restitutions, présente des densités moyennes de poissons (LT > 60 mm) toujours supérieures, à l'exception des épisodes post-crués de 2008, 2010 et 2013-2014. Rappelons que l'impact de la crue de mai 2013 ayant diminué sensiblement le nombre de jeunes de l'année n'est visible qu'en 2014 sur la Figure 14 car la classe d'âge 2013 qui aurait atteint 60 mm est quasi absente.

Nous constatons, avec l'augmentation des densités moyennes, que le peuplement se rétablit après les crués; et ceci principalement sur Cadenet avec un effet moindre sur Cheval Blanc, l'écart entre les deux stations étant en augmentation sensible. En 2015, la différence de densités moyennes entre les stations est la plus importante du suivi.

Il est probable que la modicité des effectifs sur Cheval Blanc résulte des modifications anarchiques de l'hydraulique locale lors des restitutions. Elles rendent les conditions d'habitabilité du secteur très fluctuantes et moins favorables. Les effets seront d'autant plus marqués si les restitutions se produisent pendant les périodes de reproduction et de croissance des premiers stades larvaires.

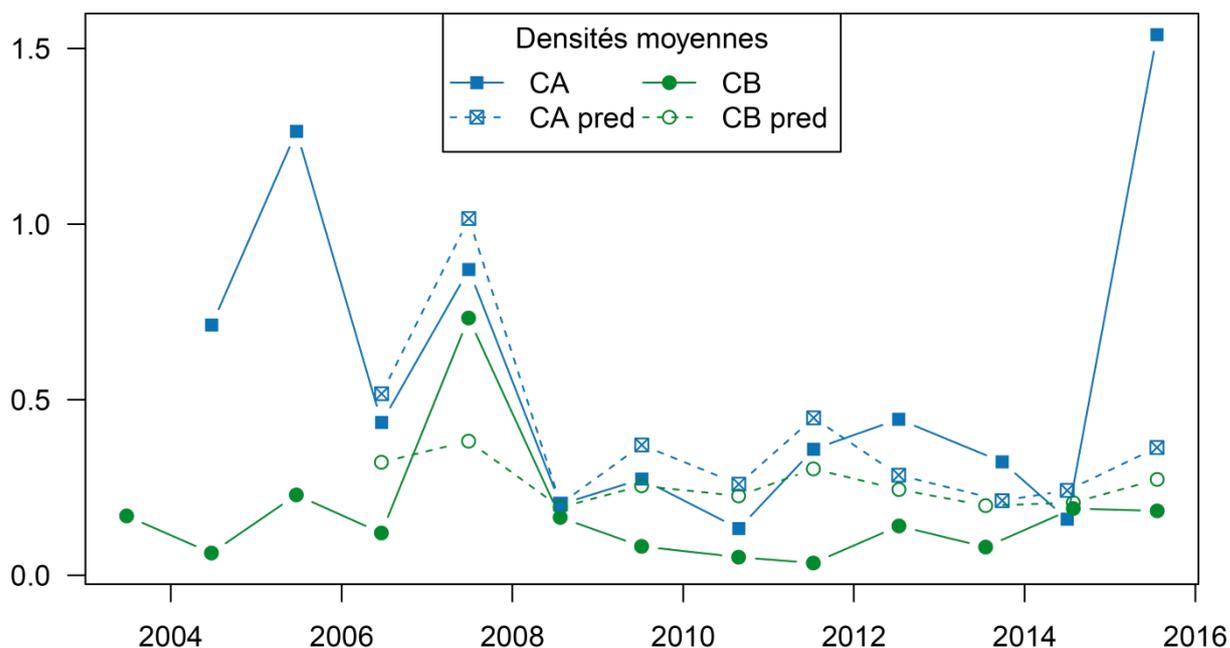


Figure 15- Modélisation de la Figure 14 D à partir des données hydrologiques au cours des 365 jours précédant la pêche.

La Figure 15 présente une modélisation rudimentaire de la densité moyenne des poissons de LT supérieure à 60mm dans le chenal principal et hors abris (Figure 14 D) avec l'hydrologie. La densité est modélisée par régression linéaire à partir de l'inverse de l'écart type des débits maximaux journaliers durant les 365 jours précédant la pêche ($R^2 = 0.26$; pente = 22.3 ; ordonnée à l'origine = 0.09). Pour Cadenet, les débits utilisés sont ceux de la surverse de Cadarache, et pour Cheval-Blanc la somme des surverses de Cadarache et Mallemort. Les fortes valeurs de densité à Cadenet en 2015 restent difficiles à expliquer à partir de cette simple approche. La prise en compte des MES dans le cadre d'un modèle plus complexe permettrait peut-être de mieux simuler les densités moyennes très basses observées à Cheval-Blanc.

4. Perspectives d'utilisation du modèle habitats/poissons 5M7

L'une des méthodes d'exploitation des résultats collectés au travers de l'échantillonnage piscicole par ambiance consiste à mettre en œuvre le modèle habitats/poissons 5M7, créé à l'origine pour analyser ce type de données en moyenne Durance.

Le modèle 5M7 permet de calculer des coefficients de préférence de taxons de poissons pour des classes de couples profondeur/vitesse moyenne assimilées ici à "l'habitat". Il peut aussi être utilisé pour évaluer a priori le taux de saturation des taxons par "habitat hydraulique disponible". En d'autres termes, il peut fournir des indicateurs numériques pour caractériser un taux de saturation / coefficient d'occupation des habitats hydrauliques des poissons dans lesquels ils sont réputés vivre. Le taux de saturation varie théoriquement en fonction des variations de conditions de milieu et de l'historique de ces conditions. Citons, sans être exhaustif, l'importance de la morpho-hydraulique, de la nature du substrat, des abris, de l'alternance jour/nuit, de la qualité de l'eau, de la température, de l'hydrologie, et des diverses pressions anthropiques perturbant ces caractéristiques abiotiques et biotiques.

Cette démarche s'efforce de s'abstraire des disparités des conditions hydrauliques entre les campagnes, répertoriées précédemment.

Le modèle 5M7 permet aussi de déterminer pour un cours d'eau et une espèce donné une trajectoire (Longueur Totale, Profondeur, Vitesse) qui décrit comment lorsque le poisson grandit il recherche des conditions hydrauliques moyennes différentes.

Nous avons relevé lors du projet CYPREF (LE COARER et al., 2008), des disparités systématiques des trajectoires 5M7 des espèces entre cours d'eau : l'Ain, l'Ardèche, la Durance et le Rhône.

Nous avons aussi remarqué des différences de trajectoires entre nos échantillonnages de moyenne et de basse Durance, notamment pour la loche franche, le spirilin, le vairon, le barbeau et le chevaine. Ce constat de changement d'habitat hydraulique moyen, dès les plus jeunes stades, ne permet pas de savoir dans quelle mesure les pressions hydrostatiques ressenties et les "vitesse au nez" des poissons sont modifiées puisque nous n'effectuons pas de mesures à cette échelle. Reste que des types d'habitats hydrauliques identiques existent dans les deux milieux, parfois dans les mêmes proportions de classes d'hydrosignatures, mais

qu'ils sont occupés ou non. En 2014, nous avons constaté, pour une guildes constituée des 5 espèces citées, une différence de vitesses moyennes de + 13 cm/s à tailles équivalentes. Ces résultats présentent une similitude avec l'évolution des données hydrauliques moyennes échantillonnées hors-abris sur les deux milieux : moyenne Durance (profondeur 0.38 m, vitesse 0.46 m/s), basse Durance (profondeur 0.39 m, vitesse 0.59 m/s).

En février 2015 nous avons mis en relation cette constatation et un travail important sur la détermination des préférences d'habitat du Barbeau Méridional à partir d'un échantillonnage de plus de 400 ambiances réalisées sur le Loup et les Paillons (LE COARER et al., 2016). Dans une nouvelle approche nous avons théorisé qu'un modèle de préférence hydraulique unique par espèce/guildes et par classes de tailles pourrait prédire les trajectoires 5M7 dans les cours d'eau en fonction de leurs hydrosignatures moyennes. Cette nouvelle perspective nous permet d'envisager la construction de modèles habitats/poissons validés a minima pour l'ensemble des situations duranciennes. Ces calculs peuvent représenter un temps ingénieur important de développement informatique et de traitement de données.

L'étape suivante qui fait écho dans la communauté scientifique internationale consisterait à modéliser des habitats fonctionnels (repos, nutrition,..) tout en intégrant d'autres paramètres (substrat, abris,...). Cette seconde étape nécessiterait des recueils de données sur le terrain plus complexes que ceux actuellement mis en œuvre.

5. Discussion et perspectives

En 2015, le chenal principal de la station de Cheval Blanc est accompagné d'un bras secondaire traversé par 40% du débit et distant de plus d'une centaine de mètres. Ce bras n'a pas pu être inventorié. L'existence du tressage peut influencer sur le peuplement piscicole soumis aux éclusées. En effet, ce chenal secondaire peut servir de refuge hydraulique ou de piège pour la faune aquatique lors des variations de débits. Les surfaces échantillonnées à Cadenet sont les plus faibles de la chronique mais elles présentent les densités moyennes des poissons d'une taille supérieure à 60 mm hors abris et en chenal principal les plus fortes jamais enregistrées. Il s'avère qu'une part importante des individus provient de la reproduction 2014. Les conditions hydrologiques hivernales ont permis une bonne survie de cette classe d'âge. Les densités d'adultes reproducteurs restent faibles au regard de la chronique existante et ce, sur les deux sites étudiés.

Dans le cadre du Contrat de Rivière Durance, un Comité technique de l'Etude sur les débits souhaitables à l'aval de Mallemort travaille en vue de préconiser des scénarii de gestion et de mieux comprendre l'impact des restitutions sur les biocénoses de la Basse Durance. Une modélisation hydraulique Telemac 2D du lit mineur de ce secteur est en cours de réalisation, elle sera associée à des modélisations biologiques notamment pour les jeunes stades de poissons. Ces travaux offrent de nombreuses perspectives et permettront sans nul doute de mieux appréhender les processus à l'œuvre.

Des travaux de recherche restent à préconiser pour améliorer les connaissances sur le comportement nyctéméral des jeunes stades de poissons dans les conditions d'éclusées. Nous nous faisons ici l'écho de la communauté internationale des éco-hydrauliciens dont

l'une des préoccupations majeures actuelles est l'amélioration des modèles biologiques en éclusées.

6. Sites web

<http://www.cs.cmu.edu/~quake/triangle.html> Logiciel Triangle : "A Two-Dimensional Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator" Jonathan Richard Shewchuk, Computer Science Division, University of California at Berkeley, Berkeley, California 94720-1776.

<http://hydrosignature.irstea.fr> Logiciel HydroSignature.

<ftp://rgpdata.ign.fr/pub/data/2008/>

<http://www.R-project.org/> : R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

7. Références

CHAPUIS, M., 2012. Mobilité des sédiments fluviaux grossiers dans les systèmes fortement anthropisés : éléments pour la gestion de la basse vallée de la Durance. CEREGE, Aix-Marseille Université.

CHESEL, D., DUFOUR, A.-B. & THIOULOUSE, J. (2004): The ade4 package - I : One-table methods. R News 4: 5-10.

DRAY S., CHESEL D. & THIOULOUSE J. (2003): Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables. Ecology, 84, 3078-3089.

LE COARER, Y., CARREL, G. & DUMONT, B. (2000): Moyenne Durance, Site du Largue. Aspects morphodynamiques, thermiques et piscicoles. Cemagref, UR Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 60 p.

LE COARER, Y. 2005. "HydroSignature" software for hydraulic quantification. Proceedings, Cost 626 final meeting, Silkeborg, Denmark 19-20 May 2005, 193-203

LE COARER, Y. 2007. Hydraulic signatures for ecological modelling at different scales. Aquatic Ecology, 41:451-459

LE COARER, Y. & DELAIGUE, O. (Eds) (2008): CYPREF - Préférences d'habitats des cyprinidés. - Projet MAITRISE, Cemagref Aix-en-Provence, U.R. Hydrobiologie, 45 pp.

SCHARL, A., LE COARER, Y. 2005. Morphohydraulic quantification of non spatialized datasets with the "Hydrosignature" software. Proceedings, Cost 626 final meeting, Silkeborg, Denmark 19-20 May 2005, 313-326

LE COARER, Y., ARCHAMBAUD-SUARD, G., GIORDANO, L., SCHARL, A., RABOTIN, M., DUMONT, B., RAYMOND, V., CARREL, G., RIFFLART, R. & ROUX, B. (2006): Renouveau de la concession de Saint Tulle 1. Etude expérimentale des débits réservés en moyenne Durance. Lot 1 "Eco-géomorphologie". Campagnes de terrain 2005. 1/2. Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, France, 127 p.

LE COARER, Y., ARCHAMBAUD-SUARD, G., GIORDANO, L., SCHARL, A., RABOTIN, M., DUMONT, B., RAYMOND, V., CARREL, G., RIFFLART, R. & ROUX, B. (2006): Renouveau de la concession de Saint Tulle 1. Etude expérimentale des débits réservés en moyenne Durance. Lot 1 "Eco-géomorphologie". Campagnes de terrain 2005. Annexes 2/2. Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, France, 87 p.

LE COARER, Y., PROST, O., TESTI, B. (2016): Transferability of fish habitat models: the new 5m7 approach applied to the mediterranean barbel (*barbus meridionalis*), 11th ISE 2016, Melbourne, Australia, 4 p (in press).

8. Rapports 2003 à 2014

LE COARER, Y., & CARREL G., 2003. Analyses piscicoles de la Durance dans le secteur de Cheval Blanc. Campagne 2003. Aix-en-Provence, Cemagref, U.R. Hydrobiologie, 23 p.

Conclusions communes CSP et Cemagref. BARIL, D., LE COARER, Y. & CARREL, G., février 2004.

LE COARER, Y., CARREL, G. & RABOTIN, M., 2004. Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2004, Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 33 p.

Conclusions communes CSP et Cemagref. BARIL, D., LE COARER, Y. & CARREL, G., janvier 2005.

LE COARER, Y., CARREL, G., 2005. Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Pêches électriques – topographie des ambiances. Campagne 2005, Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 23 p.

LE COARER, Y., CARREL, G., 2006. Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2006. Aix-en-Provence, Cemagref, U.R. Hydrobiologie, 27 p

Conclusions communes CSP et Cemagref, campagne 2006 BARIL, D., LE COARER, Y. & CARREL, G., janvier 2006

LE COARER, Y., CARREL, G., 2007. Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2007. Aix-en-Provence, Cemagref, U.R. Hydrobiologie, 27 p

LE COARER, Y., CARREL, G., MEYNARD, M, LANGUILLE, P, 2008. Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2008. Aix-en-Provence, Cemagref, U.R. Hydrobiologie, 37 p

Conclusions communes ONEMA et Cemagref, campagne 2008 LE COARER, Y, CARREL, G. & BARIL, D., janvier 2008

LE COARER, Y., CARREL, G., MEYNARD, M. & BOYER, J. (2009): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2009. Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 34 p.

LE COARER, Y., CARREL, G. & BOYER, J. (2010): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2010. Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 34 p.

LE COARER, Y., CARREL, G., MARTINEAU, T., DAGNEAUX, D. & BEGUIN, J. (2012): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du pont de Cadenet. Campagne 2011. Irstea, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 38 p.

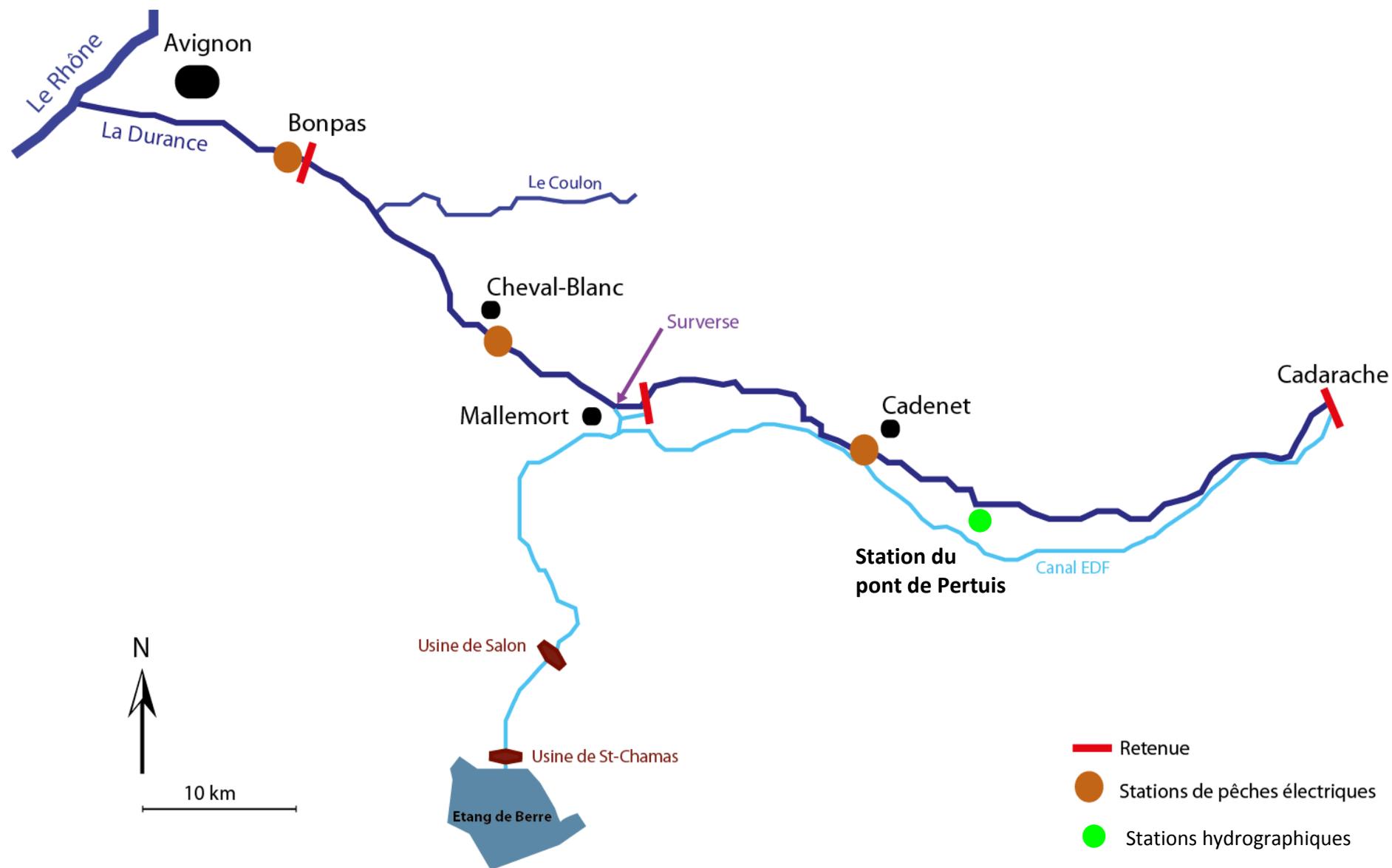
LE COARER, Y., CARREL, G., BEGUIN, J. & MARTINEAU, T. (2012): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du Pont de Cadenet. Campagne 2012. Irstea, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 37 p.

LE COARER, Y., CARREL, G., BEGUIN, J., COLOMBET, X. & TESTI, B. (2014): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du Pont de Cadenet. Campagne 2013. Irstea, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 48 p.

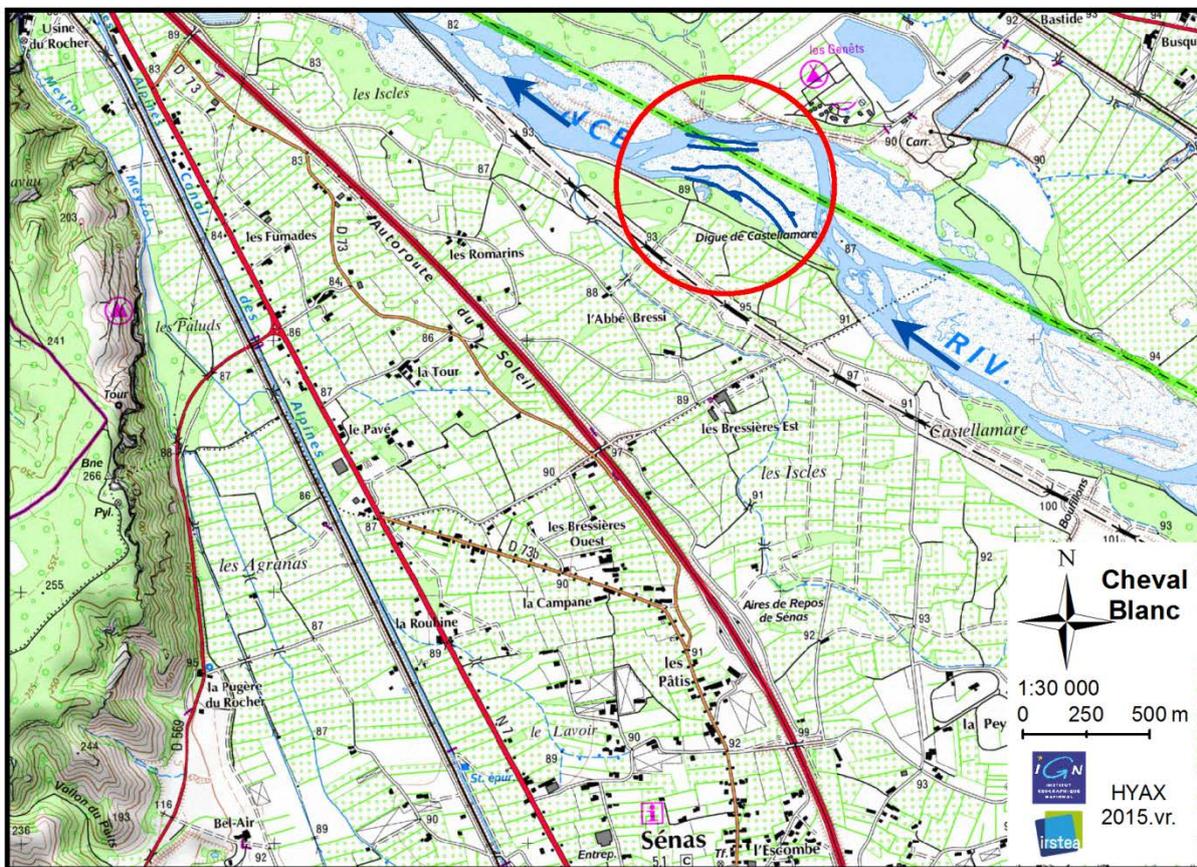
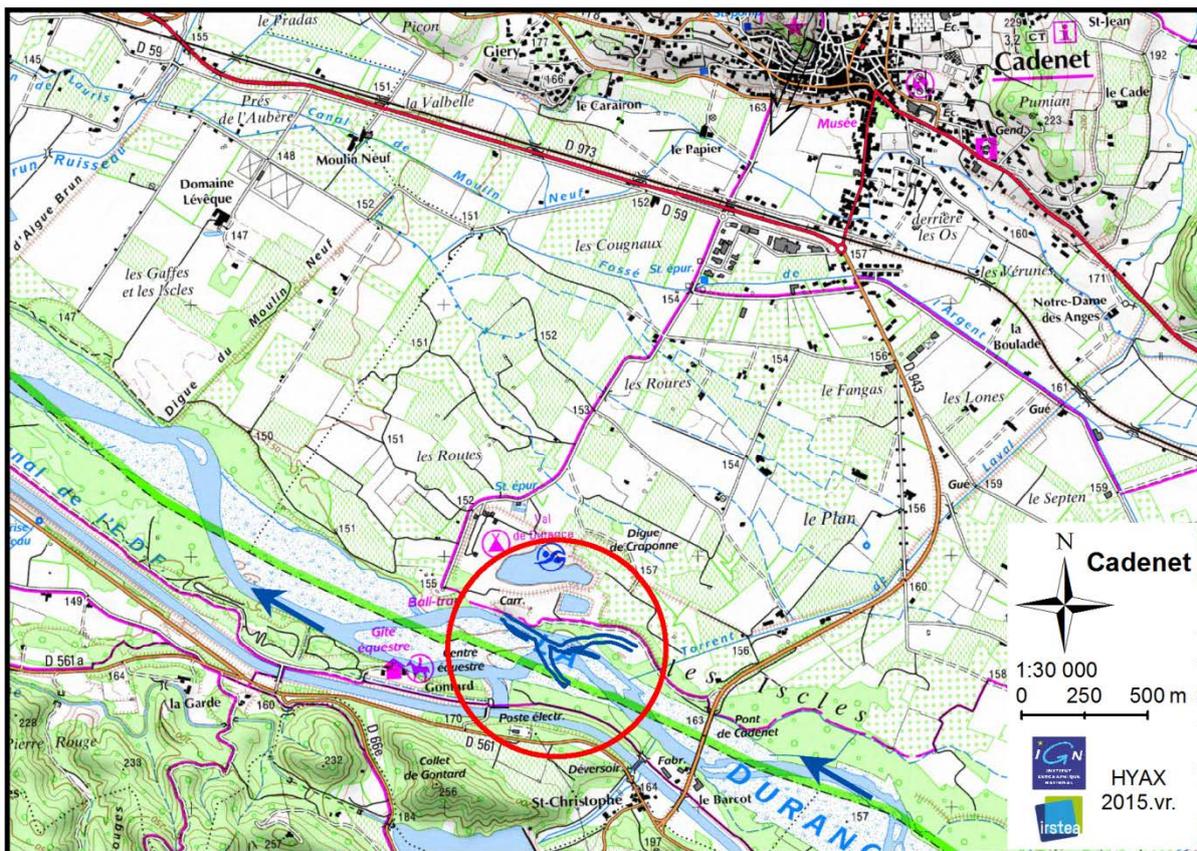
LE COARER, Y., CARREL, G., COLOMBET, X., TESTI, B. & PROST, O. (2014): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du Pont de Cadenet. Campagne 2014. Irstea, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 51 p.

9. Annexes

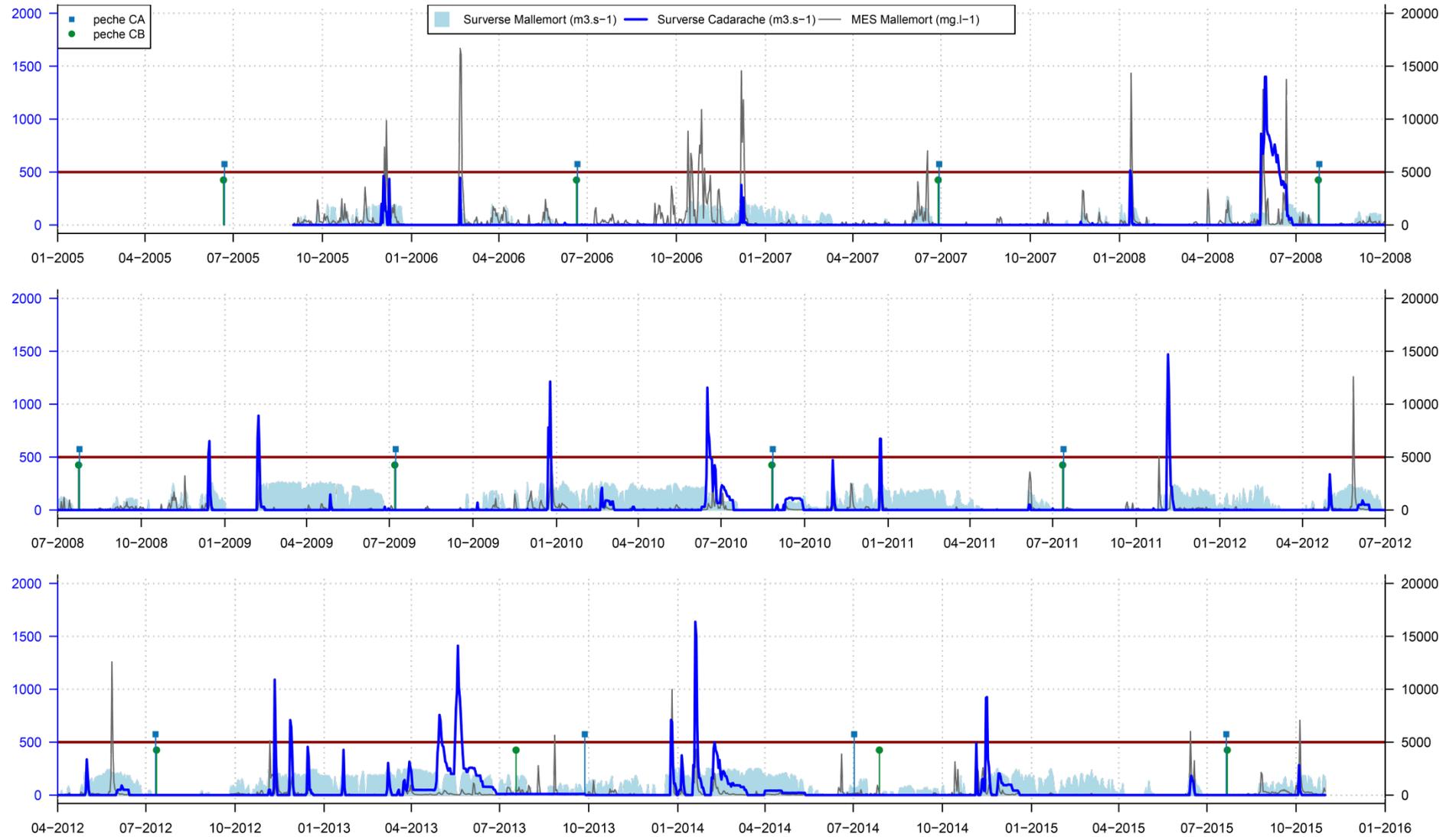
Annexe 1 - Plan de situation des stations de pêche Onema à Bonpas, Cheval Blanc et Pont de Cadenet.



Annexe 2 - Plans de situation des stations de Pont de Cadenet et de Cheval Blanc



Annexe 3- Chroniques des valeurs maximales journalières de MES (mg.l^{-1}) et de débits ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) de 2005 à 2015 aux droits de Cadarache et Mallemort. Les dates de pêche sont symbolisées par des étiquettes bleues pour Cadenet et Vertes pour Cheval-Blanc.



Annexe 4- Comparaison des Hydrosignatures en aires, moyennes et totales des ambiances de Pont de Cadenet (CA) et de Cheval Blanc (CB) obtenues de 2004 à 2015. Valeurs numériques arrondies à l'unité.

Aire	Moyenne																								
	HSC	CA04	CA05	CA06	CA07	CA08	CA09	CA10	CA11	CA12	CA13	CA14	CA15	CB04	CB05	CB06	CB07	CB08	CB09	CB10	CB11	CB12	CB13	CB14	CB15
CA04	0	15	15	25	39	33	37	26	33	27	24	21	34	29	27	26	26	32	35	30	27	29	30	30	
CA05	15	0	9	14	36	36	40	23	36	25	24	18	37	34	29	30	21	28	29	34	23	31	29	27	
CA06	15	9	0	12	34	31	37	22	31	22	18	18	31	29	24	25	20	26	28	29	19	26	27	25	
CA07	25	14	12	0	37	37	43	27	36	27	24	24	37	35	30	31	21	31	26	34	25	31	33	30	
CA08	39	36	34	37	0	22	26	24	26	27	28	28	21	24	20	20	22	22	19	24	25	23	30	15	
CA09	33	36	31	37	22	0	23	22	23	23	19	32	16	16	21	17	24	19	29	20	22	15	27	24	
CA10	37	40	37	43	26	23	0	28	29	31	31	32	30	31	28	21	31	27	31	23	31	25	33	26	
CA11	26	23	22	27	24	22	28	0	29	17	20	19	25	22	19	18	16	20	27	22	19	18	21	22	
CA12	33	36	31	36	26	23	29	29	0	25	23	34	24	20	21	26	29	18	25	15	20	16	21	19	
CA13	27	25	22	27	27	23	31	17	25	0	15	26	21	22	23	22	15	14	25	21	15	19	20	22	
CA14	24	24	18	24	28	19	31	20	23	15	0	23	21	21	22	22	16	15	27	20	12	16	22	23	
CA15	21	18	18	24	28	32	32	19	34	26	23	0	34	33	26	23	22	29	30	26	25	25	23	24	
CB04	34	37	31	37	21	16	30	25	24	21	21	34	0	17	21	22	24	20	27	24	24	17	27	22	
CB05	29	34	29	35	24	16	31	22	20	22	21	33	17	0	14	20	25	22	30	18	21	15	23	22	
CB06	27	29	24	30	20	21	28	19	21	23	22	26	21	14	0	16	22	22	22	19	20	19	25	14	
CB07	26	30	25	31	20	17	21	18	26	22	22	23	22	20	16	0	21	24	25	17	23	17	27	17	
CB08	26	21	20	21	22	24	31	16	29	15	16	22	24	25	22	21	0	20	19	25	17	21	29	20	
CB09	32	28	26	31	22	19	27	20	18	14	15	29	20	22	22	24	20	0	25	18	12	17	18	21	
CB10	35	29	28	26	19	29	31	27	25	25	27	30	27	30	22	25	19	25	0	28	25	28	34	15	
CB11	30	34	29	34	24	20	23	22	15	21	20	26	24	18	19	17	25	18	28	0	19	12	18	21	
CB12	27	23	19	25	25	22	31	19	20	15	12	25	24	21	20	23	17	12	25	19	0	17	20	19	
CB13	29	31	26	31	23	15	25	18	16	19	16	25	17	15	19	17	21	17	28	12	17	0	19	22	
CB14	30	29	27	33	30	27	33	21	21	20	22	23	27	23	25	27	29	18	34	18	20	19	0	27	
CB15	30	27	25	30	15	24	26	22	19	22	23	24	22	22	14	17	20	21	15	21	19	22	27	0	

HSC Moyenne	HSC Ecart_type	HSC Minimum	HSC Maximum
24	6	9	43

Aire	Totale																								
	CA04	CA05	CA06	CA07	CA08	CA09	CA10	CA11	CA12	CA13	CA14	CA15	CB04	CB05	CB06	CB07	CB08	CB09	CB10	CB11	CB12	CB13	CB14	CB15	
CA04	0	15	21	25	41	40	42	33	42	43	29	25	42	23	24	30	30	36	40	34	31	37	40	31	
CA05	15	0	17	17	39	42	44	30	42	43	27	17	42	25	24	31	28	30	32	35	27	40	37	26	
CA06	21	17	0	14	36	41	45	31	40	37	19	23	35	26	21	30	22	28	27	35	24	36	37	26	
CA07	25	17	14	0	34	39	43	27	39	37	21	21	36	27	22	30	22	27	24	32	24	35	36	24	
CA08	41	39	36	34	0	18	19	23	25	17	24	31	21	29	27	18	27	19	27	23	23	16	28	24	
CA09	40	42	41	39	18	0	22	21	35	22	29	38	28	30	32	25	28	28	35	31	32	18	36	31	
CA10	42	44	45	43	19	22	0	27	26	27	32	36	31	33	32	21	35	26	31	19	30	20	33	27	
CA11	33	30	31	27	23	21	27	0	35	26	27	26	32	26	24	22	21	24	30	27	24	20	30	25	
CA12	42	42	40	39	25	35	26	35	0	24	30	39	29	32	29	23	39	23	24	21	27	23	23	21	
CA13	43	43	37	37	17	22	27	26	24	0	25	39	15	30	32	24	27	21	28	27	26	19	27	25	
CA14	29	27	19	21	24	29	32	27	30	25	0	26	23	23	21	23	16	18	24	28	15	26	30	23	
CA15	25	17	23	21	31	38	36	26	39	39	26	0	39	26	24	24	26	27	31	24	24	33	30	24	
CB04	42	42	35	36	21	28	31	32	29	15	23	39	0	28	32	26	26	23	32	31	28	22	29	30	
CB05	23	25	26	27	29	30	33	26	32	30	23	26	28	0	17	20	25	26	34	26	21	23	25	26	
CB06	24	24	21	22	27	32	32	24	29	32	21	24	32	17	0	19	23	23	25	25	18	26	29	17	
CB07	30	31	30	30	18	25	21	22	23	24	23	24	26	20	19	0	26	17	28	14	17	17	21	19	
CB08	30	28	22	22	27	28	35	21	39	27	16	26	26	25	23	26	0	23	26	31	19	27	34	28	
CB09	36	30	28	27	19	28	26	24	23	21	18	27	23	26	23	17	23	0	19	19	12	25	22	18	
CB10	40	32	27	24	27	35	31	30	24	28	24	31	32	34	25	28	26	19	0	29	23	32	35	18	
CB11	34	35	35	32	23	31	19	27	21	27	28	24	31	26	25	14	31	19	29	0	21	19	22	20	
CB12	31	27	24	24	23	32	30	24	27	26	15	24	28	21	18	17	19	12	23	21	0	26	23	19	
CB13	37	40	36	35	16	18	20	20	23	19	26	33	22	23	26	17	27	25	32	19	26	0	24	25	
CB14	40	37	37	36	28	36	33	30	23	27	30	30	29	25	29	21	34	22	35	22	23	24	0	26	
CB15	31	26	26	24	24	31	27	25	21	25	23	24	30	26	17	19	28	18	18	20	19	25	26	0	

HSC Moyenne	HSC Ecart_type	HSC Minimum	HSC Maximum
27	7	12,267	45

Annexe 5 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station Pont de Cadenet

Cadenet - 21 juillet 2015			Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Effectifs bruts			Surface (m2)	33.9	35.9	4.3	28.8	21.2	46.7	23.6	9.8	14.8	21.7	20.6	16.8	16.5	16.1	11.1	43.6	10.2			
Balitoridae																						N	Occur.
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF				4	40	12	3	2	6	5	25	3	1	1		2		18		122	13
Cobitidae																							
<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB				6		1				31		22				1				61	5
Cyprinidae																							
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	SPI	8	14		10	81	39	18	14		4		4	9				13	4		218	12
<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	CHE			20		9	2	2		43	1	25	7	13		38	1	11			172	12
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF		2		55	37	3	6	9		2		1	1		1	1	2			120	12
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU			3		6	16		3	1		3	1	1		2	1				37	10
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	1	15		1	2	6									1	15	1			42	8
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI									7	2	26				1		3			39	5
<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT	2			1	3		1													7	4
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR									1		1									2	2
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe miroir	CMI												1								1	1
Effectifs totaux			11	31	33	107	151	69	29	32	88	34	81	14	25		46	31	39		821		
Richesse spécifique			3	3	4	5	8	6	5	4	6	5	7	5	5		7	5	6		11		

Cadenet - 21 juillet 2015
Effectifs corrigés (N/50m2)

			Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Moy	Occur.
Balitoridae																						
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF				46.9	69.3	28.2	3.2	4.2	30.5	16.9	57.6	7.3	3.0	3.0		9.0		88.6	21.6	13
Cobitidae																						
<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB				70.4		2.4				104.5		53.5				4.5			13.8	5
Cyprinidae																						
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	SPI	11.8	19.5		17.3	190.7	41.7	38.1	71.1		9.2		11.9	27.3			14.9	19.7		27.8	12
<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	CHE			234.7		21.2	2.1	4.2			145.0	2.3	60.8	20.8	39.4		171.3	1.1	54.1	44.5	12
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF		2.8		95.4	87.1	3.2	12.7	45.7		4.6		3.0	3.0			4.5	1.1	9.8	16.1	12
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU			35.2		14.1	17.1		15.2	3.4			7.3	3.0	3.0		9.0	1.1		6.4	10
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	1.5	20.9		1.7	4.7	6.4										4.5	17.2	4.9	3.6	8
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI										23.6	4.6	63.3				4.5		14.8	6.5	5
<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT	3.0			1.7	7.1		2.1												0.8	4
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR										3.4		2.4							0.3	2
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe miroir	CMI												2.4							0.1	1
Effectifs totaux			16.2	43.1	387.3	185.5	355.5	73.8	61.3	162.6	296.7	78.3	197.1	41.6	75.8			207.4	35.5	191.9	141.7	

Cadenet - 21 juillet 2015

Abondances relatives (%)

			Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	% moy	Occur.
Balitoridae																						
<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF				12.1	37.4	7.9	4.3	6.9	18.8	5.7	73.5	3.7	7.1	4.0		4.3		46.2	15.3	13
Cobitidae																						
<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB				18.2		0.7				35.2		27.2				2.2			9.8	5
Cyprinidae																						
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	SPI	72.7	45.2		9.3	53.6	56.5	62.1	43.8		11.8		28.6	36.0			41.9	10.3		19.6	12
<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	CHE			60.6		6.0	2.9	6.9		48.9	2.9	30.9	50.0	52.0		82.6	3.2	28.2		31.4	12
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF		6.5		51.4	24.5	4.3	20.7	28.1		5.9		7.1	4.0		2.2	3.2	5.1		11.3	12
<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU			9.1		4.0	23.2		9.4	1.1		3.7	7.1	4.0		4.3	3.2			4.5	10
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	9.1	48.4		0.9	1.3	8.7									2.2	48.4	2.6		2.6	8
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI									8.0	5.9	32.1				2.2		7.7		4.6	5
<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT	18.2			0.9	2.0		3.4												0.6	4
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR										1.1		1.2							0.2	2
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe miroir	CMI												1.2							0.1	1

Annexe 6 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station Cheval Blanc.

Cheval-Blanc - 22 juillet 2015			Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
Effectifs bruts			Surface (m2)	40.4	4.9	25.2	23.1	22.5	11.5	43.4	69.4	59.2	117.0	55.0	44.0	27.2	31.9	9.4	20.5	45.9	5.2	49.2	N	Occur.	
Anguillidae																									
Anguilla anguilla	Anguille	ANG				1		1						1									3	3	
Balitoridae																									
Barbatula barbatula	Loche franche	LOF					7			8		1	4		1				8				4	33	7
Cobitidae																									
Cobitis bilineata	Loche italienne	LOB	3			1																4		8	3
Cyprinidae																									
Alburnoides bipunctatus	Spirilin	SPI					4	3	13	3	4		1		8	20	2	4	12				9	83	12
Barbus barbus	Barbeau fluviatile	BAF				2	4			1			1		2	2	3		2				7	24	9
Phoxinus phoxinus	Vairon	VAI					3					10	1	2		3	4		3				14	40	8
Squalius cephalus	Chevaine	CHE	5	7	15				3			2		8								3		43	7
Parachondrostoma toxostoma	Toxostome	TOX			2	15						1												18	3
Pseudorasbora parva	Pseudorasbora	PSR	9			2																		11	2
Gobio gobio	Goujon	GOU				6										1								7	2
Rhodeus amarus	Bouvière	BOU	1																					1	1
Percidae																									
Gymnocephalus cernuus	Grémille	GRE	1			1																		2	2
Perca fluviatilis	Perche commune	PER				1																		1	1
Sander lucioperca	Sandre	SAN				1																		1	1
Effectifs totaux			19	9	45	18	4	16	12	4	14	7	11	11	26	9	4	25			7	34	275		
Richesse spécifique			5	2	10	4	2	2	3	1	4	4	3	3	4	3	1	4			2	4	14		

Cheval-Blanc - 22 juillet 2015

Effectifs corrigés (N/50m2)

			Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Moy	Occur.
Anguillidae																								
Anguilla anguilla	Anguille	ANG				2.0		2.2						0.9									0.3	3
Balitoridae																								
Barbatula barbatula	Loche franche	LOF					15.2			9.2		0.8	1.7		1.1				19.5			4.1	2.7	7
Cobitidae																								
Cobitis bilineata	Loche italienne	LOB		3.7		2.0																38.5	2.3	3
Cyprinidae																								
Alburnoides bipunctatus	Spirilin	SPI					8.7	6.7	56.6	3.5	2.9		0.4		9.1	36.8	3.1	21.2	29.3			9.2	9.9	12
Barbus barbus	Barbeau fluviatile	BAF				4.0	8.7			1.2			0.4		2.3	3.7	4.7		4.9			7.1	1.9	9
Phoxinus phoxinus	Vairon	VAI					6.5					8.5	0.4	1.8		5.5	6.3		7.3			14.2	2.7	8
Squalius cephalus	Chevaine	CHE		6.2	71.3	29.8			13.1			1.7		7.3								28.9	8.3	7
Parachondrostoma toxostoma	Toxostome	TOX			20.4	29.8						0.8											2.7	3
Pseudorasbora parva	Pseudorasbora	PSR		11.1		4.0																	0.8	2
Gobio gobio	Goujon	GOU					11.9									1.8							0.7	2
Rhodeus amarus	Bouvière	BOU		1.2																			0.1	1
Percidae																								
Gymnocephalus cernuus	Grémille	GRE		1.2		2.0																	0.2	2
Perca fluviatilis	Perche commune	PER				2.0																	0.1	1
Sander lucioperca	Sandre	SAN				2.0																	0.1	1
Effectifs totaux				23.5	91.6	89.3	39.0	8.9	69.6	13.8	2.9	11.8	3.0	10.0	12.5	47.8	14.1	21.2	60.9			67.4	34.6	32.7

Cheval-Blanc - 22 juillet 2015

Abondances relatives

			Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
Anguillidae																							% moy	Occur.	
Anguilla anguilla	Anguille	ANG				2.2		25.0						9.1										0.8	3
Balitoridae																									
Barbatula barbatula	Loche franche	LOF					38.9			66.7		7.1	57.1		9.1				32.0				11.8	8.3	7
Cobitidae																									
Cobitis bilineata	Loche italienne	LOB		15.8		2.2																57.1		7.1	3
Cyprinidae																									
Alburnoides bipunctatus	Spirilin	SPI					22.2	75.0	81.3	25.0	100.0		14.3		72.7	76.9	22.2	100.0	48.0				26.5	30.1	12
Barbus barbus	Barbeau fluviatile	BAF				4.4	22.2			8.3			14.3		18.2	7.7	33.3		8.0				20.6	5.9	9
Phoxinus phoxinus	Vairon	VAI					16.7					71.4	14.3	18.2		11.5	44.4		12.0				41.2	8.1	8
Squalius cephalus	Chevaine	CHE		26.3	77.8	33.3			18.8			14.3		72.7								42.9		25.4	7
Parachondrostoma toxostoma	Toxostome	TOX				22.2	33.3					7.1												8.2	3
Pseudorasbora parva	Pseudorasbora	PSR		47.4		4.4																		2.4	2
Gobio gobio	Goujon	GOU					13.3									3.8								2.2	2
Rhodeus amarus	Bouvière	BOU		5.3																				0.2	1
Percidae																									
Gymnocephalus cernuus	Grémille	GRE		5.3		2.2																		0.5	2
Perca fluviatilis	Perche commune	PER				2.2																		0.3	1
Sander lucioperca	Sandre	SAN				2.2																		0.3	1

Annexe 7 - Effectifs corrigés (N/50 m²) moyens par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.

				Pont de Cadenet												Moyenne	Occurrences	
				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	ANG	0.07												0.01	1	
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF	11.60	22.51	74.53	12.55	2.50	2.69	19.66	0.41	35.21	21.10	0.57	3.22	21.62	17.55	13
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil	PES	0.64		0.61											0.10	2
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB	4.18	0.35	0.45	0.82	0.09		2.15	0.09	0.35	0.79	26.30	0.89	13.83	3.87	12
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaïne	CHE	33.13	10.83	38.48	31.07	35.21	6.55	26.71	2.41	23.77	19.75	14.51	44.86	44.51	25.52	13
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirlin	SPI	14.84	17.18	30.64	25.97	53.26	6.76	18.20	1.36	40.30	13.31	28.80	5.88	27.82	21.87	13
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF	14.41	7.38	25.18	13.09	18.10	3.53	7.11	4.47	12.29	4.80	43.66	7.15	16.05	13.63	13
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU	12.44	2.15	1.72	1.99	5.35	3.31	1.85	1.02	1.70	1.60	5.40	2.87	6.38	3.68	13
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	0.89	1.50	0.66	0.84	0.56	1.40		0.05	0.48	0.75	0.75	0.73	3.64	0.94	12
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI	0.10		1.32	0.20	8.11			1.06	24.93	13.99	23.41		6.51	6.13	9
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	CCO	1.07	0.11		0.06		0.36	0.21	0.13			0.12	0.14		0.17	8
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT	0.33	0.55	0.43	0.68		0.05			0.03	0.82			0.22	7	
	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	Toxostome	TOX	0.18		0.05	0.11		0.13			0.15		0.33		0.07	6	
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR	0.32		0.13			0.10		0.34			0.07	4			
	<i>Telestes souffia</i>	Blageon	BLN	0.78		0.11			0.15			0.33		0.07	2			
	<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté	CAG	0.70		0.10			0.15			0.33		0.06	2			
	<i>Rhodeus amarus</i>	Bouvière	BOU	0.95		0.10			0.15			0.33		0.07	1			
	<i>Abramis brama</i>	Brème commune	BRE	0.78		0.10			0.15			0.33		0.06	1			
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	BRB	0.48		0.10			0.15			0.33		0.04	1			
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	GAR	0.47		0.10			0.15			0.33		0.04	1			
	<i>Tinca tinca</i>	Tanche	TAN	0.23		0.10			0.15			0.33		0.02	1			
	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise	VAN	0.20		0.10			0.15			0.33		0.02	1			
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	ROT	0.06		0.10			0.15			0.33		0.00	1			
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet	BRO	0.07												0.01	1	
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	PER	2.00	0.37			0.23	0.07			0.27			0.21	4		
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	SAN	0.08		0.48			0.14			0.03		0.11	4			
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	GRE	0.48		0.14			0.03			0.05		0.05	3			
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Truite commune	TRF	0.06		0.04	0.10			0.14		0.03			0.03	4		

Effectifs moyens corrigés	94.89	64.37	175.48	87.14	116.78	25.46	85.85	10.86	140.56	76.79	120.60	89.34	141.67	94.60
Richesses spécifiques	10	13	14	9	13	13	12	8	15	15	11	9	11	28

				Cheval-Blanc												Moyenne	Occurrences		
				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015	
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	ANG	1.65	0.94	0.79	1.34	0.18	0.81			0.07	1.69	0.76	0.50	0.27	0.69	11	
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF	15.20	4.55	14.55	19.54	4.86	2.23	0.97	1.01	0.36	0.51	0.34	3.18	2.72	5.39	13	
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil	PES	0.17	0.40	0.21	0.14	1.01	0.20	0.11	0.05						0.18	8	
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB	0.31	0.74	7.43	2.19	1.81	0.12	0.13	0.08	0.51		0.97	2.33		1.28	11	
Cyprinidae	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI	8.75	3.95	34.88	9.21	15.51	9.62	2.16	2.20	4.90	2.05	10.01	12.18	2.66	9.08	13	
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirlin	SPI	1.22	0.15	1.26	1.87	10.59	29.59	3.47	1.87	5.68	8.46	9.11	10.44	9.85	7.20	13	
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	CHE	6.61	5.27	9.56	4.31	7.47	4.68	7.05	1.53	0.55	5.44	6.67	6.04	8.32	5.65	13	
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF	4.38	2.07	0.38	0.29	1.83	3.10	0.25	0.95	1.39	1.41	1.86	2.04	1.94	1.68	13	
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU	0.68	0.23	6.42	1.38	0.21		0.18	0.31		0.14	0.71	0.53	0.72	0.89	11	
	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	Toxostome	TOX			3.41	1.52	0.50	0.31	0.32			1.23	0.21	0.10	2.68	0.79	9	
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL			1.00		1.59		0.16	0.04	0.35		0.61	0.13		0.30	7	
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR	0.17							0.23	0.12				0.80	0.10	4	
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	GAR			0.26	0.46					0.16					0.07	3	
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT			4.91					0.11						0.39	2	
	<i>Telestes souffia</i>	Blageon	BLN		0.04									0.26			0.02	2	
	<i>Tinca tinca</i>	Tanche	TAN								0.11						0.01	1	
	<i>Rhodeus amarus</i>	Bouvière	BOU													0.07	0.01	1	
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	BRB																
	<i>Abramis brama</i>	Brème commune	BRE																
<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté	CAG																	
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	CCO																	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	ROT																	
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise	VAN																	
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet	BRO																
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	PER		0.57	1.75		0.59	0.20	0.82	0.14					0.10	0.32	7	
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	GRE	0.51	0.06	0.43					0.08					0.17	0.10	5	
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	SAN													0.10	0.01	1	
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Truite commune	TRF		0.04	0.05				0.35				0.06			0.04	4	

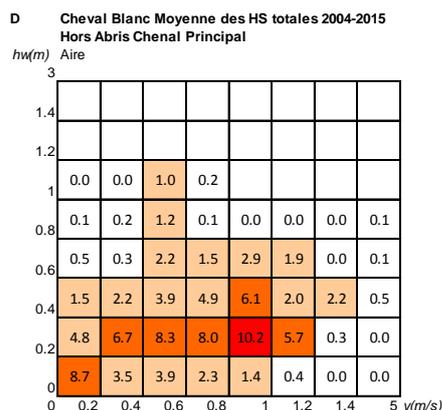
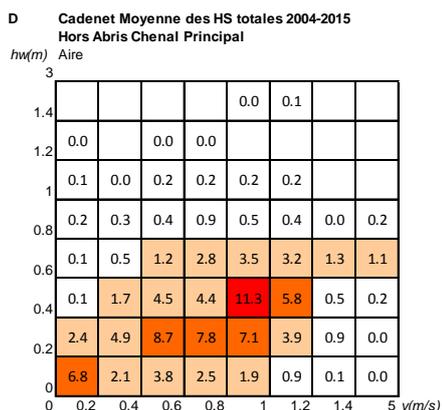
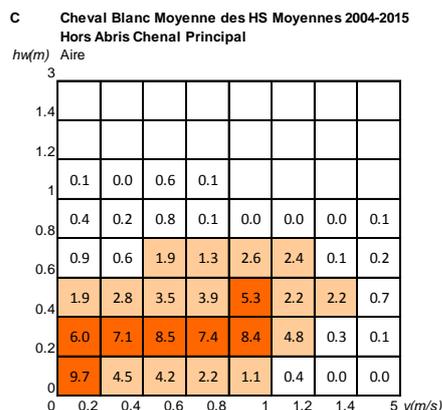
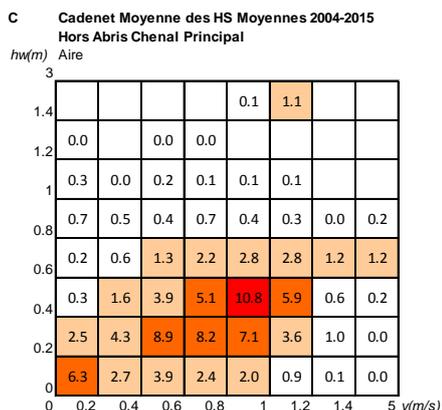
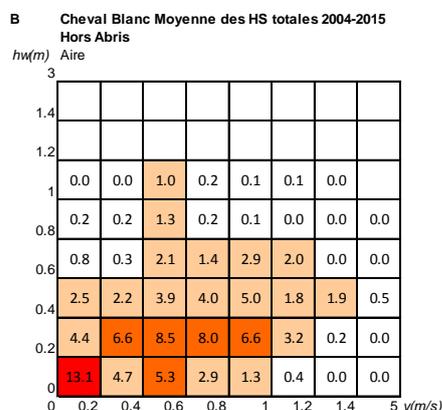
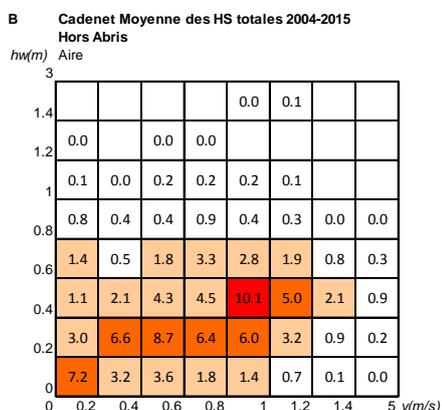
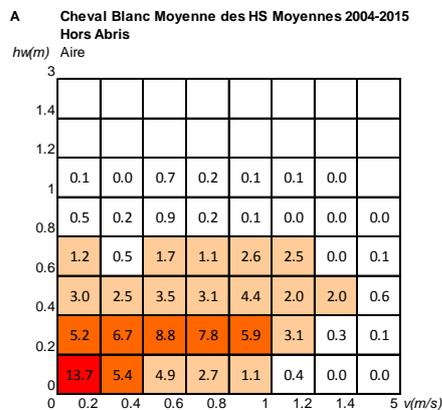
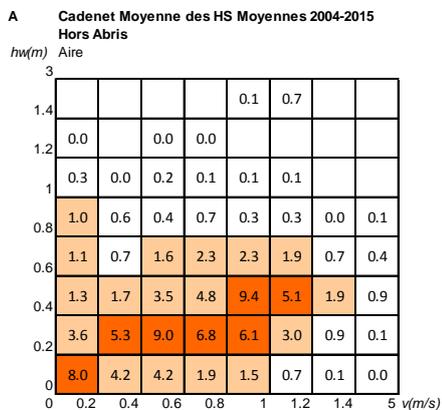
Effectifs moyens corrigés	39.64	19.03	87.29	42.27	46.13	50.84	16.43	8.53	13.80	20.92	30.53	36.20	32.73	34.18
Richesses spécifiques	11	13	16	11	12	10	15	13	8	8	10	11	14	21

Annexe 8 - Abondances relatives moyennes par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.

				Pont de Cadenet												Moyenne	Occurrences	
				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	ANG									0.05					0.01	1
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF	12.23	34.98	42.47	14.41	2.14	10.56	22.90	3.75	25.05	27.48	0.47	3.61	15.26	18.56	13
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil	PES			0.37	0.70										0.10	2
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB	4.40	0.54	0.26	0.94		0.34	2.51	0.81	0.25	1.02	21.81	1.00	9.77	4.09	12
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaîne	CHE	34.91	16.82	21.93	35.66	30.15	25.72	31.12	22.17	16.91	25.71	12.03	50.21	31.42	26.98	13
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	SPI	15.64	26.70	17.46	29.80	45.61	26.56	21.20	12.49	28.67	17.34	23.88	6.58	19.64	23.12	13
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF	15.19	11.47	14.35	15.02	15.50	13.88	8.28	41.19	8.74	6.25	36.20	8.00	11.33	14.41	13
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU	13.11	3.34	0.98	2.29	4.58	13.00	2.15	9.42	1.21	2.08	4.47	3.22	4.50	3.89	13
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL	0.94	2.33	0.38	0.97	0.48		1.63	0.43	0.34	0.98	0.62	0.81	2.57	1.00	12
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI		0.16	0.75	0.22			9.45	9.74	17.74	18.22		26.20	4.60	6.48	9
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	CCO	1.13		0.06		0.05	1.43	0.24		0.09	0.15			0.10	0.18	8
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT	0.35	0.85	0.24		0.58				0.04	0.04			0.58	0.23	7
	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	Toxostome	TOX		0.28	0.03		0.09		0.16			0.19		0.37		0.08	6
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR			0.18							0.17	0.08		0.24	0.07	4
	<i>Telestes souffia</i>	Blageon	BLN		1.21									0.09			0.07	2
	<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté	CAG						2.75	0.12							0.07	2
	<i>Rhodeus amarus</i>	Bouvière	BOU			0.54											0.08	1
	<i>Abramis brama</i>	Brème commune	BRE		1.21												0.06	1
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	BRB						1.87								0.04	1
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	GAR					0.41									0.04	1
	<i>Tinca tinca</i>	Tanche	TAN						0.92								0.02	1
	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise	VAN							0.24							0.02	1
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	ROT					0.05									0.00	1
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet	BRO									0.05					0.01	1
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	PER	2.10				0.32	0.92			0.05					0.22	4
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	SAN		0.13							0.70	0.19	0.23			0.12	4
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	GRE						1.88			0.10	0.04				0.05	3
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Truite commune	TRF					0.05	0.17				0.13	0.11			0.03	4

				Cheval-Blanc												Moyenne	Occurrences		
				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015	
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille	ANG	4.15	4.92	0.91	3.17	0.38	1.60			0.51	8.06	2.47	1.39	0.82	2.02	11	
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	LOF	38.34	23.93	16.66	46.24	10.53	4.38	5.93	11.88	2.62	2.42	1.11	8.80	8.30	15.76	13	
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil	PES	0.43	2.09	0.24	0.34	2.18	0.38	0.69	0.53						0.51	8	
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	LOB	0.78	3.90	8.51	5.19	3.92	0.24	0.80	0.93	3.68		2.69	7.11		3.74	11	
Cyprinidae	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	VAI	22.06	20.77	39.96	21.78	33.62	18.92	13.13	25.78	35.48	9.81	32.78	33.64	8.13	26.57	13	
	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	SPI	3.07	0.80	1.45	4.43	22.95	58.19	21.14	21.90	41.17	40.45	29.86	28.86	30.10	21.06	13	
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	CHE	16.67	27.71	10.95	10.20	16.19	9.21	42.93	17.89	3.99	26.00	21.84	16.69	25.42	16.54	13	
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	BAF	11.04	10.87	0.44	0.69	3.96	6.09	1.53	11.16	10.04	6.72	6.08	5.65	5.93	4.92	13	
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	GOU	1.73	1.23	7.36	3.27	0.45		1.10	3.63		0.66	2.34	1.48	2.21	2.59	11	
	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	Toxostome	TOX			3.90	3.60	1.09	0.61	1.92			5.88	0.70	0.29	8.19	2.31	9	
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	ABL			1.14		3.45		0.98	0.45	2.51		1.99	0.36		0.87	7	
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	PSR	0.43							1.38	1.46				2.43	0.30	4	
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	GAR			0.30	1.09					1.86					0.20	3	
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	HOT			5.63					0.69						1.13	2	
	<i>Telestes souffia</i>	Blageon	BLN		0.22									0.84			0.07	2	
	<i>Tinca tinca</i>	Tanche	TAN								0.69						0.03	1	
	<i>Rhodeus amarus</i>	Bouvière	BOU													0.20	0.01	1	
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière	BRB																
	<i>Abramis brama</i>	Brème commune	BRE																
<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté	CAG																	
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	CCO																	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	ROT																	
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise	VAN																	
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet	BRO																
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	PER		3.00	2.00		1.27	0.38	4.96	1.59					0.32	0.94	7	
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	GRE	1.29	0.34	0.49					0.93					0.52	0.28	5	
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	SAN													0.32	0.02	1	
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Truite commune	TRF		0.21	0.06				2.11				0.17			0.11	4	

Annexe 9 - Hydrosignatures des stations pour les campagnes 2004-2015 de la moyenne des hydrosignatures moyennes de chaque campagne (A & C) et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) de chaque campagne (B & D) dans les ambiances sans abris contenant au moins un individu d'une taille supérieure à 60 mm, pour tous les chenaux (A & B) et pour les chenaux principaux (C & D).



Cette étude est effectuée en collaboration avec l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) dans le cadre du suivi des peuplements piscicoles de la Basse-Durance et de l'impact des opérations de délestage/délimonage de l'ouvrage eDF de Mallemort. Ce rapport présente les résultats obtenus en 2015.

Irstea
Direction Générale
1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex
tél. +33 (0)140966121
fax +33 (0)140966225
www.irstea.fr



Etude réalisée avec le concours financier
de l'agence de l'eau RM&C