



HAL
open science

Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du Pont de Cadenet. Campagne 2011

Le Coarer Yann, Carrel Georges, Martineau Thomas, Dagneaux Daphney,
Beguin Jeremy, Carole Heyd, Tiphaine Peroux

► To cite this version:

Le Coarer Yann, Carrel Georges, Martineau Thomas, Dagneaux Daphney, Beguin Jeremy, et al.. Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et du Pont de Cadenet. Campagne 2011. IRSTEA, UR Hydrobiologie, Aix-en-Provence. 2012, pp.38. hal-04625978

HAL Id: hal-04625978

<https://hal.inrae.fr/hal-04625978>

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

UNITE HYDROBIOLOGIE

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

Campagne 2011

COMMANDE EDF-GEH : N° 5500-BTF-4300715495

**Yann LE COARER - Georges CARREL - Thomas MARTINEAU - Daphney DAGNEAUX -
Jeremy BEGUIN**

CENTRE D'AIX EN PROVENCE
3275 route de Cézanne
13182 AIX EN PROVENCE CEDEX 5

Pour mieux
affirmer
ses missions,
le Cemagref
devient Irstea



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

Campagne 2011

Commande EDF-GEH : N° 5500-BTF-4300715495

Noms : LE COARER Yann , CARREL Georges, MARTINEAU Thomas, DAGNEAUX Daphney,
BEGUIN Jeremy

Personnel Irstea ayant participé aux campagnes de terrain :

Carole HEYD

Tiphaine PEROUX

Résumé

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 2011.

Les données ont été obtenues sur deux stations du Réseau Hydrobiologique et Piscicole : "Cheval Blanc" et "Pont de Cadenet" échantillonnées respectivement les 12 juillet et 13 juillet 2011. Les débits étaient de 12.0 m³/s au Pont de Cadenet et de 14.0 m³/s à Cheval Blanc. Les poissons ont été capturés par pêche électrique dans 17 ambiances sur la station Pont de Cadenet et 14 ambiances sur la station 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. 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.

Si le suivi pluriannuel de la période 2003-2011 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, la succession des événements hydrologiques de ces quatre dernières années ont nettement affecté les peuplements des deux sites étudiés. Bien que les effets marqués de la crue 2008 se soient progressivement estompés, le régime hydrologique de ces dernières années a maintenu des perturbations majeures et affecté les peuplements piscicoles des deux sites. Si la situation observée en 2011 est sensiblement meilleure qu'en 2010, les densités d'adultes restent faibles en regard de la chronique existante.

L'étude comparée de la taille de trois cyprinidés (barbeau, chevaine et spirilin) et de la loche franche montre, à l'exception de la loche franche, qu'ils sont plus petits sur la station de Cheval Blanc. Ce constat est mis en relation avec une température plus froide des eaux de cette station, mais également avec d'autres effets associés aux surverses.

La comparaison des modèles relatifs aux habitats hydrauliques par tronçons est devenue possible avec l'obtention de nouvelles données. Celle-ci montre qu'ils sont différents selon les tronçons de Durance étudiés et remettent en cause un modèle unique moyenne et basse Durance.

Table des matières

Introduction	1
Partie I – Description et analyse morphodynamique	1
I - 1. Compte-rendu des actions menées sur le terrain	1
I - 2. Les relevés topographiques	2
I - 3. Les mesures de vitesses	2
I - 4. Les jaugeages.....	2
I - 5. Cartographie du lit mouillé.....	2
I - 6. Analyse morpho-hydraulique des ambiances	5
I - 7. Hauteur de rugosité du substrat	10
Partie II - Peuplements piscicoles estivaux en Basse Durance	15
II - 1. Caractéristiques générales des peuplements.....	15
II - 2. Suivi inter-annuel	16
II - 3. Comparaisons inter-stationnelles	19
II - 4. Effets des conditions abiotiques sur la croissance des poissons	21
Partie III - Utilisation du modèle habitats/poissons 5M7	27

Figures et tableaux dans le texte

Figure 1 - Vue en plan de la station "Pont de Cadenet". Localisation des ambiances de pêche et des deux sections de jaugeage.	3
Figure 2 - Vue en plan de la station "Cheval Blanc". Localisation des ambiances de pêche et des trois sections de jaugeage.	4
Figure 3 - Hydrosignatures en surface et volume des pêches de Pont de Cadenet et Cheval Blanc de 2011.....	6
Figure 4 - Comparaison des stations, pour les campagnes 2004-2011, de la moyenne des hydrosignatures moyennes et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) - hydrosignatures en surfaces et en volumes.	9
Figure 5 - Représentation schématique des diverses mesures réalisées pour l'évaluation de la hauteur de rugosité (k) et des mesures caractéristiques du substrat. 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 tous les éléments granulométriques susceptibles de générer des valeurs comprises entre 0.1 et 1 cm comme les graviers (k = 0.5 cm).....	11
Figure 6 - Répartition par année des hauteurs de rugosité (k, en cm) du substrat dans les stations de Pont de Cadenet (en bleu) et de Cheval Blanc (en vert). 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.	13
Figure 7 – Débits moyens journaliers de la Durance à Meyrargues. Données Banque HYDRO.	13
Figure 8 - Évolution temporelle des effectifs totaux moyens (n/50 m ²) dans les deux stations.	16
Figure 9 - Évolution interannuelle de la richesse taxonomique à Pont de Cadenet (en bleu) et Cheval Blanc (en vert) et des effectifs corrigés. La richesse taxonomique maximale (ensemble des deux stations) est de 92 taxons.	18
Figure 10 - Analyse en Composantes Principales Normée inter-années/stations. Coordonnées factorielles des stations/années sur les axes 1 à 3. En parallèle, les coordonnées des taxons sur les axes 1 à 3. Cheval Blanc (tracé vert)et Pont de Cadenet (tracé bleu).	18
Figure 11 - 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.....	20
Figure 12 - Débits maximaux journaliers restitués à Mallemort et teneurs en matières en suspension. Chroniques thermiques de la Durance en amont et aval de la restitution de Mallemort. Données SMAVD.....	22
Figure 13 - Distributions des tailles de trois cyprinidés (barbeau, chevaine et spirilin) et de la loche franche dans la station de Pont de Cadenet en 2011.....	23
Figure 14 - Distributions des tailles des barbeaux capturés dans les stations de Pont de Cadenet (bleu) et de Cheval Blanc (vert) entre 2003 et 2010.	24
Figure 15 – Comparaison inter-stationnelle de gammes de longueurs totales (mm) pour chaque espèce dominante (voir texte). Regroupement des individus capturés entre 2003 et 2011.....	26

Tableau 1 - Jaugeages des stations de pêche.....	2
Tableau 2 - Caractéristiques morpho-hydrauliques générales des ambiances de pêches.	5
Tableau 3 - Comparaison des Hydrosignatures en surface et en volume des ambiances de Pont de Cadenet (CA) et de Cheval Blanc (CB) obtenues de 2004 à 2011.	7
Tableau 4 - Répartition des principales catégories sédimentaires dans les deux stations pour les périodes 2004-2007 et 2008-2011.	12
Tableau 5 - Statistiques des hauteurs de rugosité mesurées dans les ambiances. Dans la deuxième partie du tableau, les variables sont calculées après exclusion des valeurs de k supérieures à 25.6 cm correspondant majoritairement à des blocs d'enrochement de rives.....	14
Tableau 6 - Effectifs et nombre d'ambiances par années et par stations. Seules les ambiances sans abris sont considérées. I – Effectifs et nombre d'ambiance 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 échantillonnés exclusivement dans le chenal principal..	19
Tableau 7 - Statistiques générales de l'extraction des tailles pour les quatre espèces.....	25

En annexe

Annexe 1 - Plan de situation des stations de Bonpas, Cheval Blanc et Pont de Cadenet.	32
Annexe 2 - Plans de situation des stations de Pont de Cadenet et de Cheval Blanc.....	33
Annexe 3 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station du pont de Cadenet.	34
Annexe 4 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station de Cheval Blanc.	35
Annexe 5 - Effectifs corrigés (N/50 m ²) moyens par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.....	36
Annexe 6 - Abondances relatives moyennes par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.....	37
Annexe 7 - Comparaison des stations pour les campagnes 2004-2011 de la moyenne des hydrosignatures moyennes (A & C) et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) par 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).	38

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

Campagne 2011

Introduction

Cette étude est effectuée dans le cadre du suivi des impacts sur les populations piscicoles des opérations de délimonage et de délestage 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'Unité de Recherche Hydrobiologie Irstea d'Aix-en-Provence.

Ce rapport complète celui de l'ONEMA relatif à l'échantillonnage du peuplement piscicole des stations de Cheval Blanc et de 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 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.

Partie I – Description et analyse morphodynamique

I - 1. Compte-rendu des actions menées sur le terrain

Les opérations de terrain ont été menées conjointement avec l'ONEMA. Suite aux contraintes d'exploitation en juin, les opérations de terrain ont été décalées en juillet comme en 2010. Le repérage des ambiances de pêche a été effectué le 11 juillet 2011. Les échantillonnages par pêche électrique et les mesures physiques associées ont eu lieu le 12 juillet 2011 pour la station de Cheval Blanc (Figure 2) et le 13 juillet 2011 pour celle de Pont de Cadenet (Figure 1). Les mesures physiques et biologiques ont été conduites simultanément pour pallier aux incertitudes associées aux variations possibles de débit.

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

I - 2. Les relevés topographiques

Des relevés topographiques ont permis de repérer pour chaque station :

- ◆ les bordures de lit mouillé des stations d'études,
- ◆ 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 effectués à l'aide du logiciel LEICA Geo Office 8.0 et des données RINEX cadencées à 30 secondes, récupérées sur le site Web du LAREG.

I - 3. Les mesures de vitesses

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

Sur chaque verticale de mesure 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 vitesse est une fonction logarithmique de l'abscisse décrivant la hauteur d'eau par l'équation :

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

I - 4. Les jaugeages

Des jaugeages ont été réalisés pendant les campagnes de pêches (Tableau 1). Leurs localisations sont indiquées dans les figures 1 et 2. À Cheval Blanc, nous avons mesuré un débit total de 14.6 m³/s dont 7.5 m³/s dans un chenal annexe. A Pont de Cadenet, nous avons jaugeé un débit total de 12.0 m³/s dont 6.0 m³/s dans le chenal annexe.

Tableau 1 - Jaugeages des stations de pêche

Station	Pont de Cadenet	Cheval Blanc*
Date	12 juillet 2011	13 juillet 2011
Débit (m ³ /s)	11.99	14.67
Largeur au miroir (m)	30.68	46.74
Surface en travers (m ²)	15.62	32.72
Profondeur moyenne (m)	0.51	0.70
Vitesse moyenne (m/s)	0.77	0.45

* : composition des deux jaugeages

I - 5. Cartographie du lit mouillé

En 2011, les longueurs étudiées des chenaux principaux sont de 401 m à Pont de Cadenet et de 399 m à Cheval Blanc.

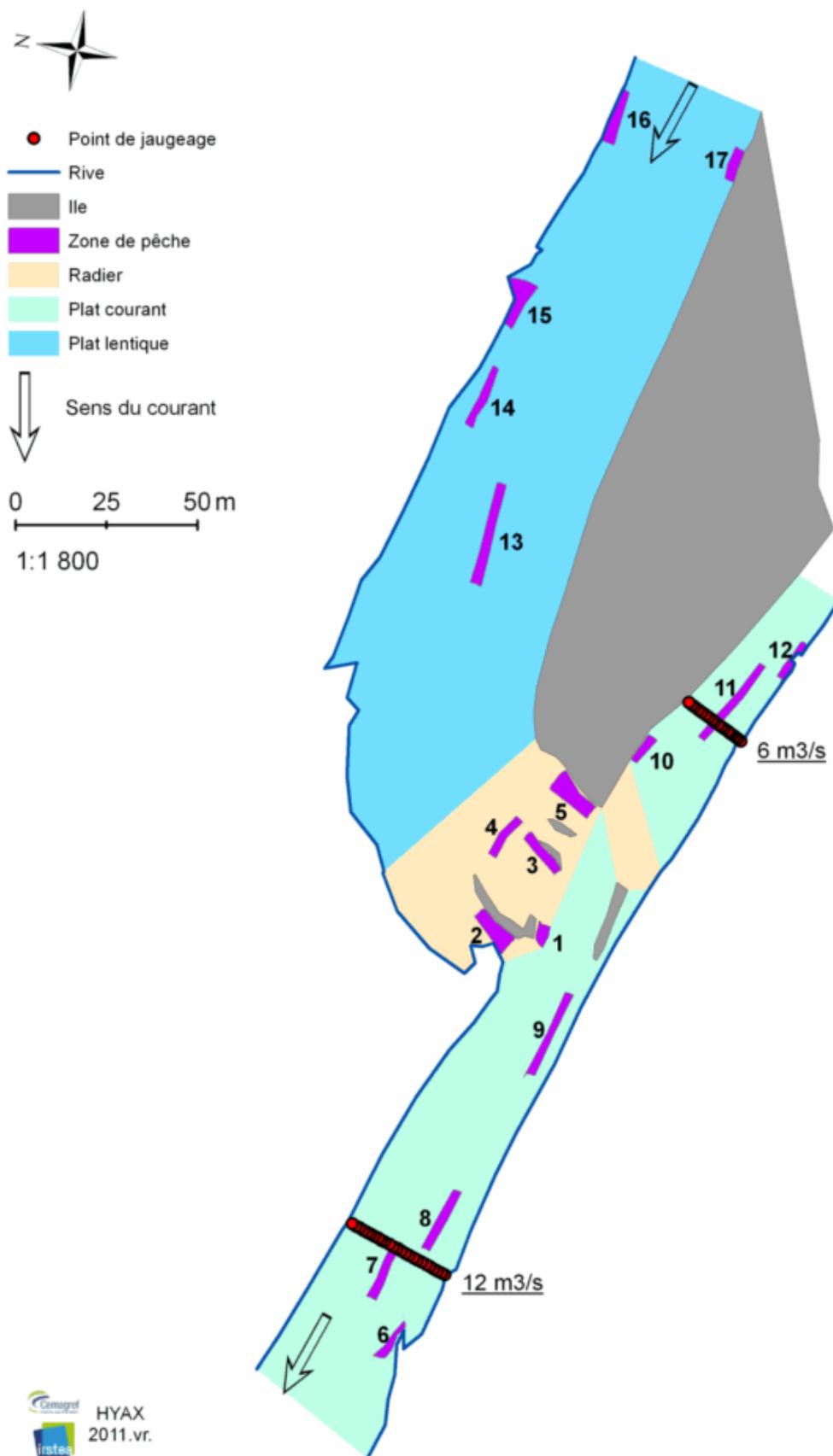


Figure 1 - Vue en plan de la station "Pont de Cadenet". Localisation des ambiances de pêche et des deux sections de jaugeage.

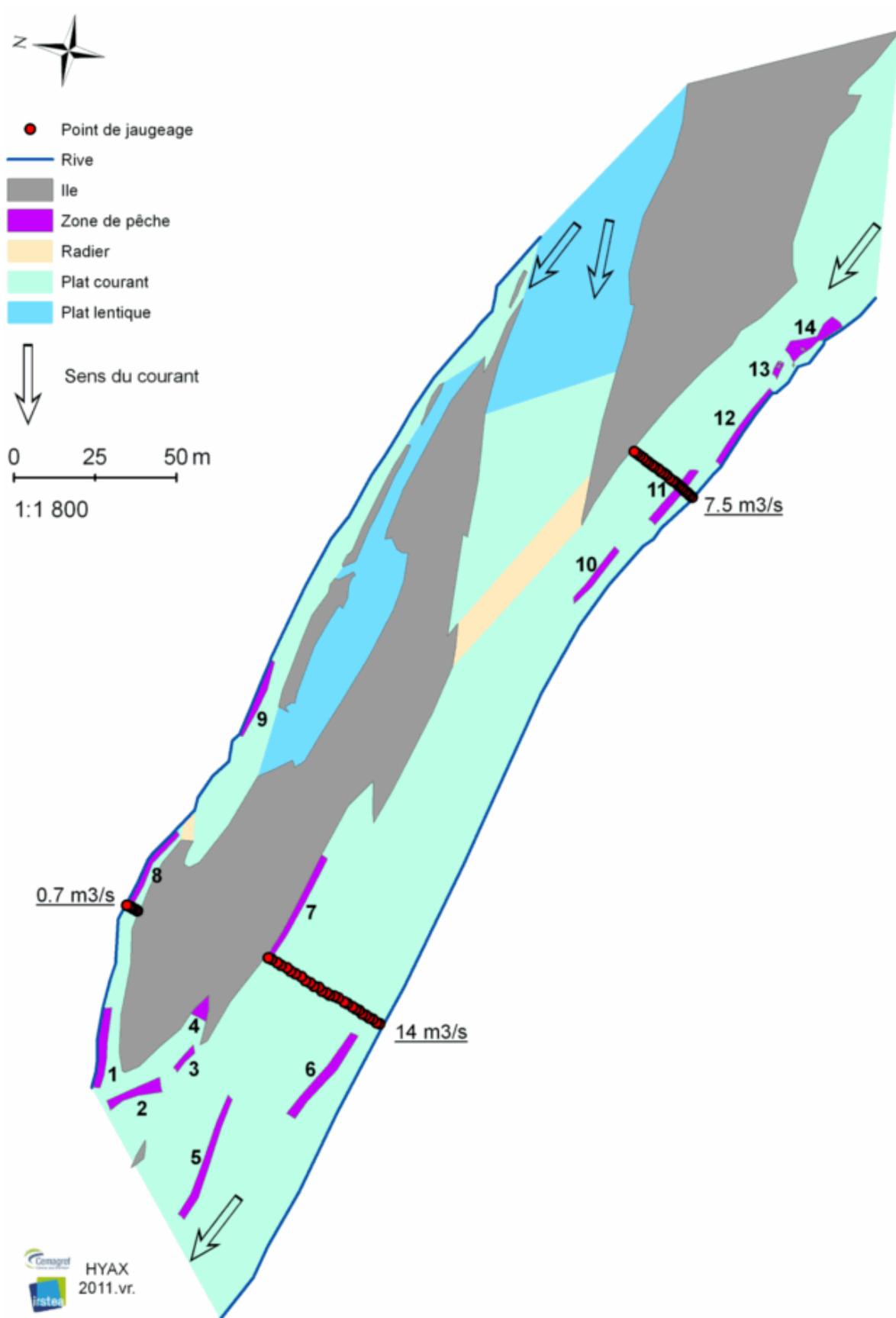


Figure 2 - Vue en plan de la station "Cheval Blanc". Localisation des ambiances de pêche et des trois sections de jaugeage.

I - 6. Analyse morpho-hydraulique des ambiances

Les ambiances ont été maillées en TIN dans le plan xy (Triangular Irregular Network : réseau de triangles irréguliers), à partir des verticales situées à l'intérieur des ambiances et de celles définissant leur contour. Chaque ambiance est donc 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). Cette quantification de la richesse morpho-hydraulique par le calcul des pourcentages en volume 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 et pour l'ensemble des ambiances réalisées dans chaque station (Figure 3). Ces calculs sont effectués à l'aide de la version 2.8.17 du logiciel «HydroSignature» téléchargeable sur le site Web Cemagref/Irstea.

Le Tableau 2 précise les caractéristiques morpho-hydrauliques générales des ambiances de pêches des campagnes 2004 à 2011.

Tableau 2 - Caractéristiques morpho-hydrauliques générales des ambiances de pêches.

	Pont de Cadenet							
Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Débit (m ³ /s)	9.1	9.2	8.8	8.6	10	9.6	9.6	12.0
Nombre d'ambiances	14	18	19	19	16	16	17	17
Surface totale [m ²]	668	487	502	450	553	624	704	715
Volume total [m ³]	276	209	194	193	238	261	333	322
Hauteur moyenne [m]	0.41	0.43	0.39	0.43	0.43	0.42	0.47	0.45
Vitesse moyenne [m/s]	0.69	0.67	0.66	0.65	0.5	0.51	0.51	0.57
Froude moyen []	0.33	0.31	0.32	0.3	0.24	0.25	0.23	0.26
Hauteur maximale [m]	1.35	1.06	1	0.91	1.3	1.33	1.8	1.1
Vitesse maximale [m/s]	1.26	1.27	1.49	1.36	1.98	1.55	1.88	1.94
	Cheval Blanc							
Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Débit (m ³ /s)	11.1	14.1	12.6	15.4	13	10.1	9.82	14.0
Nombre d'ambiances	16	15	16	15	16	14	17	14
Surface totale [m ²]	1183	646	655	572	517	542	814	736
Volume total [m ³]	415	255	282	243	191	200	362	352
Hauteur moyenne [m]	0.35	0.39	0.43	0.43	0.37	0.37	0.44	0.48
Vitesse moyenne [m/s]	0.41	0.48	0.46	0.57	0.61	0.48	0.42	0.58
Froude moyen []	0.21	0.24	0.22	0.26	0.31	0.23	0.3	0.24
Hauteur maximale [m]	1.75	1.35	1.5	1.17	1.48	1.36	1.55	1.15
Vitesse maximale [m/s]	1.28	1.23	1.18	1.55	2.07	1.89	1.44	1.70

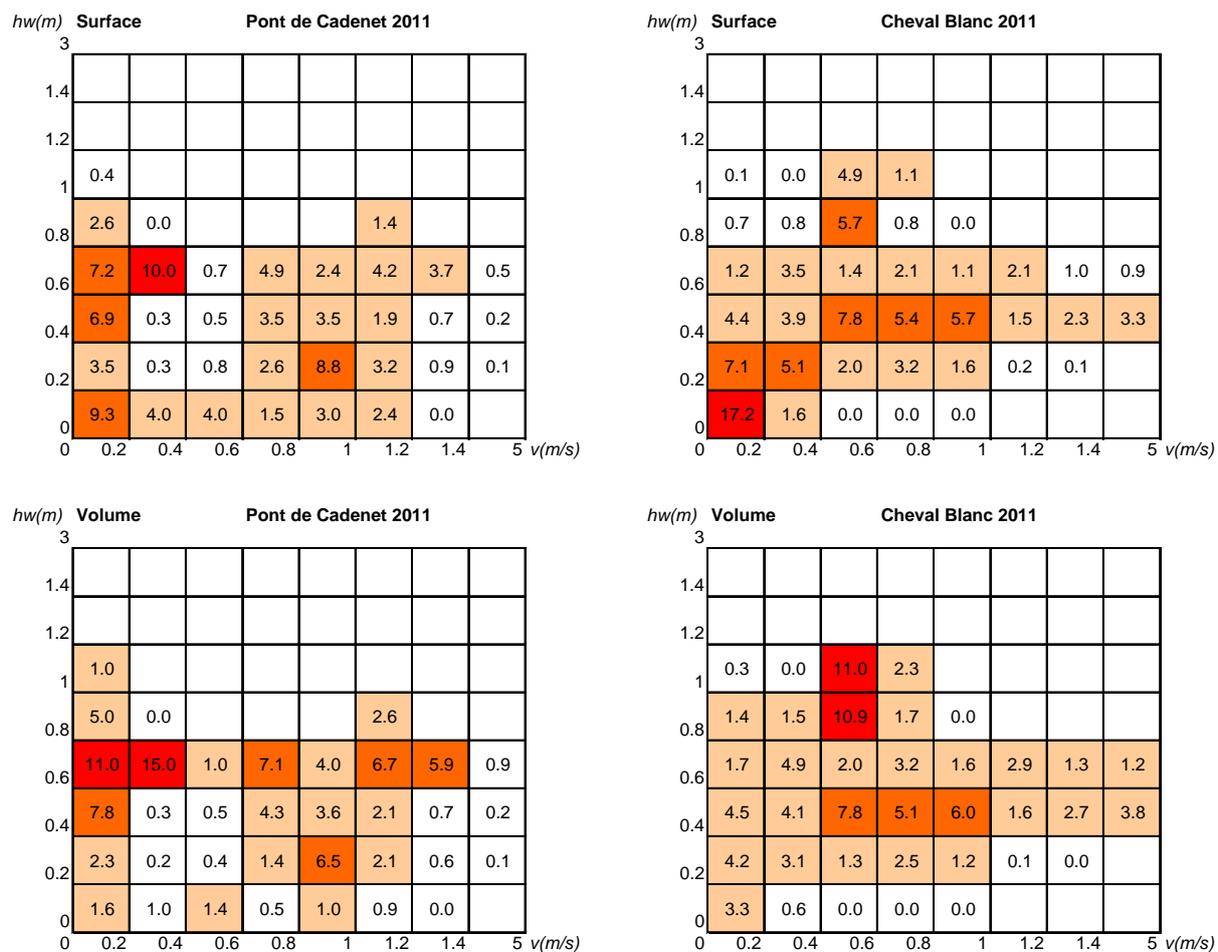


Figure 3 - Hydrosignatures en surface et volume des pêches de Pont de Cadenet et Cheval Blanc de 2011.

Tableau 3 - Comparaison des Hydrosignatures en surface et en volume des ambiances de Pont de Cadenet (CA) et de Cheval Blanc (CB) obtenues de 2004 à 2011.

HydroSignature Version 2.8.17 Comparaison_HSC_[k1=1 ,k2=1]																
*****Surface*****																
	CA04	CA05	CA06	CA07	CA08	CA09	CA10	CA11	CB04	CB05	CB06	CB07	CB08	CB09	CB10	CB11
CA04	0	15	22	25	41	40	42	33	42	23	25	30	29	36	39	34
CA05	15	0	17	17	39	42	44	30	42	25	24	31	28	30	32	35
CA06	22	17	0	14	36	41	45	31	35	26	21	30	22	28	27	35
CA07	25	17	14	0	34	39	43	27	36	27	22	30	22	27	24	32
CA08	41	39	36	34	0	18	19	23	21	29	27	18	27	19	27	23
CA09	40	42	41	39	18	0	22	21	28	30	32	25	28	28	35	31
CA10	42	44	45	43	19	22	0	27	31	33	32	21	35	26	31	19
CA11	33	30	31	27	23	21	27	0	32	26	24	22	21	24	30	27
CB04	42	42	35	36	21	28	31	32	0	28	32	26	26	23	32	31
CB05	23	25	26	27	29	30	33	26	28	0	17	20	25	26	34	26
CB06	25	24	21	22	27	32	32	24	32	17	0	19	23	23	25	25
CB07	30	31	30	30	18	25	21	22	26	20	19	0	26	17	28	14
CB08	29	28	22	22	27	28	35	21	26	25	23	26	0	23	26	31
CB09	36	30	28	27	19	28	26	24	23	26	23	17	23	0	19	19
CB10	39	32	27	24	27	35	31	30	32	34	25	28	26	19	0	29
CB11	34	35	35	32	23	31	19	27	31	26	25	14	31	19	29	0
*****Volume*****																
	CA04	CA05	CA06	CA07	CA08	CA09	CA10	CA11	CB04	CB05	CB06	CB07	CB08	CB09	CB10	CB11
CA04	0	17	21	27	50	50	50	40	48	28	32	33	33	42	44	39
CA05	17	0	18	20	48	53	50	36	50	30	30	30	35	32	39	36
CA06	21	18	0	15	46	52	54	36	43	31	29	33	30	34	37	39
CA07	27	20	15	0	40	47	51	29	39	30	27	29	25	28	31	34
CA08	50	48	46	40	0	24	23	26	23	34	30	24	29	28	29	28
CA09	50	53	52	47	24	0	29	27	25	34	40	30	31	37	39	39
CA10	50	50	54	51	23	29	0	33	38	42	38	27	39	32	32	26
CA11	40	36	36	29	26	27	33	0	30	30	30	21	23	28	34	29
CB04	48	50	43	39	23	25	38	30	0	30	33	30	25	35	36	38
CB05	28	30	31	30	34	34	42	30	30	0	20	27	25	35	36	35
CB06	32	30	29	27	30	40	38	30	33	20	0	20	26	27	25	29
CB07	33	30	33	29	24	30	27	21	30	27	20	0	24	22	26	17
CB08	33	35	30	25	29	31	39	23	25	25	26	24	0	29	30	31
CB09	42	32	34	28	28	37	32	28	35	35	27	22	29	0	18	23
CB10	44	39	37	31	29	39	32	34	36	36	25	26	30	18	0	30
CB11	39	36	39	34	28	39	26	29	38	35	29	17	31	23	30	0

Le Tableau 3 est le résultat d'une comparaison matricielle des hydrosignatures générales des ambiances de pêches des années 2004 à 2011. Cet indice de comparaison HSC [k1=1, k2=1] (SCHARL & LE COARER, 2005) varie entre 0 et 100 ; sa valeur est de 0 pour 2 hydrosignatures identiques, et de 100 pour 2 hydrosignatures complètement différentes. Dans notre cas, compte tenu des grilles de définition des hydrosignatures utilisées et des coefficients de comparaison utilisés, nous estimons que 2 hydrosignatures sont proches hydrauliquement pour des valeurs inférieures à 20.

Suite à cette nouvelle campagne et avec les critères ci-dessus, nous constatons pour la chronique :

- que la station de Pont de Cadenet en 2011 n'a pas de proximité hydraulique avec d'autres stations déjà référencées,
- que la station de Cheval Blanc en 2011 présente une proximité hydraulique avec la campagne de Cheval Blanc 2007.

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 de la station elle-même. Compte tenu du petit nombre d'ambiances échantillonnées et de notre expertise, les campagnes ne sont jamais représentatives hydrauliquement des stations. Les hydrosignatures des stations ressemblent vraisemblablement plus à celles des moyennes de la chronique (Figure 4), avec des gradients de valeurs plus lissés dans l'espace vitesse/profondeur.

Présentons maintenant les résultats globaux de la chronique. Pour une station donnée, deux hydrosignatures "moyennes" décrivant l'échantillonnage hydraulique sont calculables.

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

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

Ces hydrosignatures globales par station sont présentées dans la Figure 4. L'indice de comparaison HSC[k1=1, k2=1] entre les signatures moyennes des stations traduit une bonne similarité hydraulique il est de:

- 12.3 en surface et 12.6 en volume pour la [moyenne des hydrosignatures moyennes],
- 10.7 en surface et 11.2 en volume 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 pertinentes en regard des habitats hydrauliques inventoriés.



Figure 4 - Comparaison des stations, pour les campagnes 2004-2011, de la moyenne des hydrosignatures moyennes et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) - hydrosignatures en surfaces et en volumes.

I - 7. 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 cet "espace" conditionne celle de l'occupant éventuel. Leur nombre accroît le "volume total habitable". Cette notion est appréhendée par les courbes de préférendum (substrat) établies pour l'évaluation des potentialités piscicoles d'un cours d'eau à truites.

Il est également important que le substrat ait des interstices. Leur colmatage entraîne une diminution des effectifs et de la survie des individus. Le substrat est le support des autres ressources biologiques du milieu aquatique (végétales et animales), indispensables pour l'alimentation du poisson. Il est également utilisé pour la fraie des espèces lithophiles, comprenant les Salmonidés et de nombreux Cyprinidés rhéophiles.

Il importe donc de trouver des descripteurs pertinents de cette composante complexe du milieu aquatique, souvent sous-évaluée en regard de variables plus 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 d'acquisition simple et rapide, 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, elle constitue une variable d'acquisition simple et très instructive quant aux abris hydrauliques offerts par les éléments granulométriques, en particulier lorsque les autres types d'abris (ligneux, sous-berge, etc, ...) manquent, voire en tant que variable analytique complémentaire dans les études hydro-géomorphologiques et granulométriques d'un cours d'eau.

La mesure de la hauteur de rugosité (k) est obtenue simplement 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 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 simple 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.

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).

La Figure 5 permet de visualiser les éléments de base pour la quantification de cette variable et la mesure de variables granulométriques complémentaires.

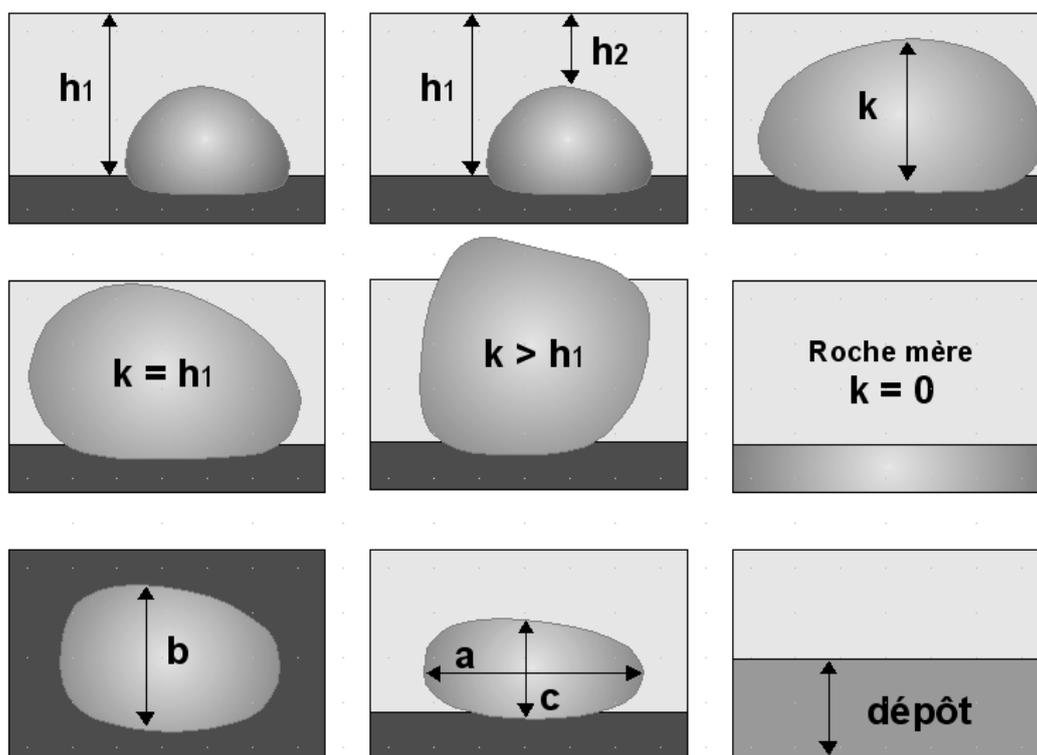


Figure 5 - Représentation schématique des diverses mesures réalisées pour l'évaluation de la hauteur de rugosité (k) et des mesures caractéristiques du substrat. La profondeur maximale autour de l'élément granulométrique choisi permet par différence avec la hauteur d'eau relevée au-dessus de l'élément 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 tous les éléments granulométriques susceptibles de générer des valeurs comprises entre 0.1 et 1 cm comme les graviers ($k = 0.5$ cm).

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

D'une manière générale, la hauteur de rugosité moyenne (k) est toujours supérieure à Cheval Blanc car certaines ambiances sont réalisées chaque année dans des protections de berges par des enrochements. La présence de ces blocs explique des valeurs anormalement élevées, allant jusqu'à 165 cm sur cette station, alors qu'elles

sont inexistantes au Pont de Cadenet. Par conséquent, 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 d'origine "naturelle".

Une composante sédimentaire importante sur le bassin versant de la Durance est constituée par les limons. A Cheval Blanc, entre 4 et 7% des hauteurs de rugosité échantillonnées correspondent à des limons contre 1 à 2% à Cadenet.

A la suite des crues, la part des « graviers » a augmenté dans les deux stations aux dépens des galets.

Tableau 4 - Répartition des principales catégories sédimentaires dans les deux stations pour les périodes 2004-2007 et 2008-2011.

de 2004 à 2007	Limons	Sables	Graviers	Galets	Nbre
Cadenet	8	5	32	865	910
	0.9	0.5	3.5	95.1	%
Cheval Blanc	54	42	3	677	776
	7.0	5.4	0.4	87.2	%
Total	62	47	35	1542	1686
	3.7	2.8	2.1	91.5	%

de 2008 à 2011	Limons	Sables	Graviers	Galets	Nbre
Cadenet	14	28	94	610	746
	1.9	3.8	12.6	81.8	%
Cheval Blanc	32	16	53	610	711
	4.5	2.3	7.5	85.8	%
Total	46	44	147	1220	1457
	3.2	3.0	10.1	83.7	%

L'analyse sommaire de ces résultats est instructive quant aux changements dans l'agencement du substrat des stations consécutifs aux épisodes de crues susceptibles de remodeler le lit de la Durance (Figure 6, Figure 7, Tableau 4, Tableau 5). La variabilité de la hauteur de rugosité est nettement perceptible au cours des 4 dernières années, en particulier sur le secteur de Cheval Blanc.

Les hauteurs de rugosité plus faibles mesurées sur Pont de Cadenet en 2009 sont liées à la prospection d'un nouveau bras mis en eau postérieurement aux événements hydrologiques de 2008, dont la taille a progressivement augmenté au cours du temps (cf. Figure 1).

La représentation en boîtes à moustaches (Figure 6) des hauteurs de rugosité ($k < 25.6$ cm) montre que la hauteur de rugosité est (1) significativement plus élevée à Cadenet, à l'exception de 2009 et 2011 ; (2) elle a diminué après les crues 2008 dans les deux stations, étant même non significativement différente entre les deux stations pour cette seconde période (2009 à 2011).

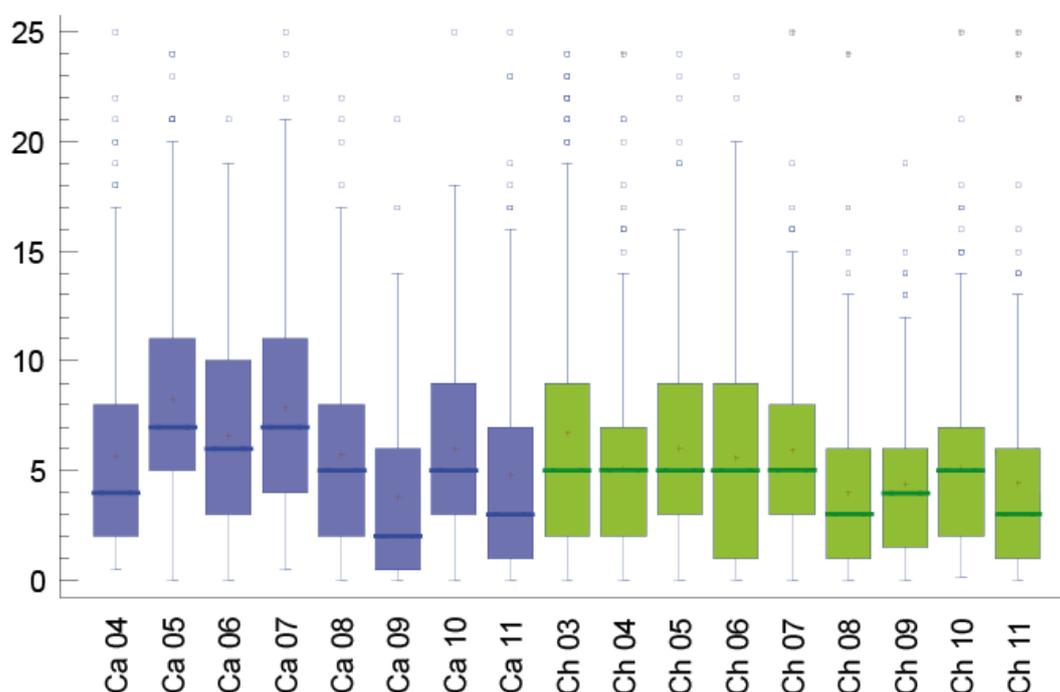
Hauteur de rugosité du substrat ($k < 25.6$ cm)

Figure 6 - Répartition par année des hauteurs de rugosité (k , en cm) du substrat dans les stations de Pont de Cadenet (en bleu) et de Cheval Blanc (en vert). 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.

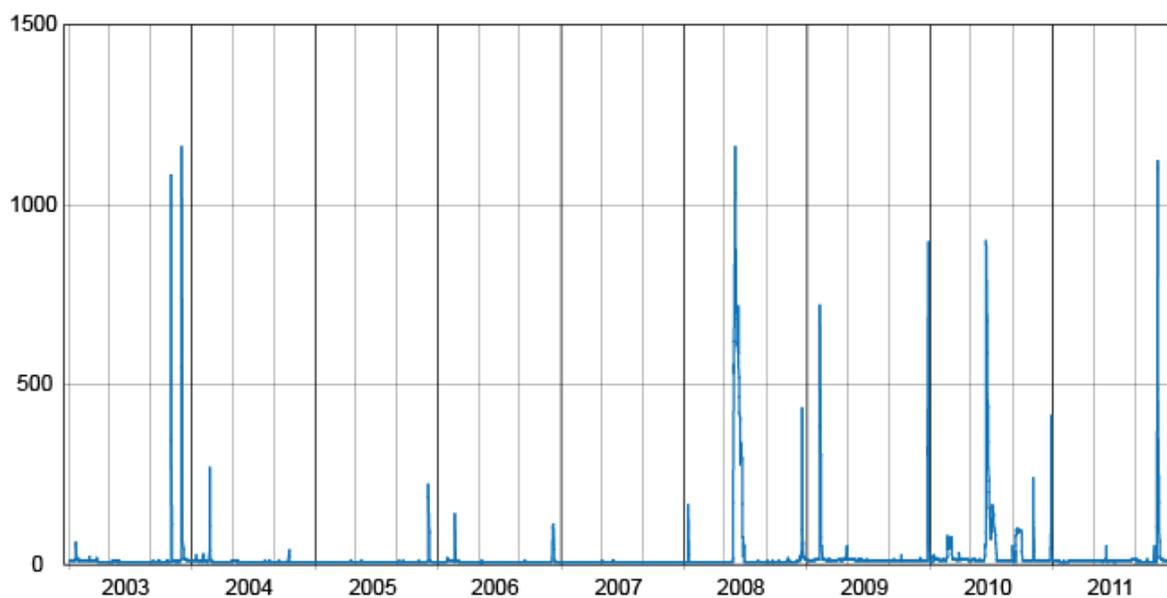


Figure 7 - Débits moyens journaliers de la Durance à Meyrargues. Données Banque HYDRO.

Tableau 5 - Statistiques des hauteurs de rugosité mesurées dans les ambiances. Dans la deuxième partie du tableau, les variables sont calculées après exclusion des valeurs de k supérieures à 25.6 cm correspondant majoritairement à des blocs d'enrochement de rives.

Station	Année	N	Moy	S	Min	Q 25%	Q 50%	Q 75%	Max
Cadenet	2004	288	6.40	6.41	0.5	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	0.5	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
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	0.1	2	5	7	86
	2011	190	12.41	23.52	0.001	1	4	8	140
Totalité		3633	9.16	16.53	0.001	2	5	9	195

Station	Année	N	Moy	S	Min	Q 25%	Q 50%	Q 75%	Max
Cadenet	2004	281	5.71	4.65	0.5	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	0.5	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
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	0.1	2	5	7	25
	2011	165	4.44	4.70	0.001	1	3	6	25
k < 25.6 cm		3410	5.72	4.82	0.001	2	5	8	25

Partie II - 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 du 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 particulier de la Durance. L'échantillon est accompagné de relevés de paramètres physiques (profondeurs, vitesses, 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 surfaces 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 n'excèdent guère 1,5 mètre.

II - 1. Caractéristiques générales des peuplements

Les résultats des pêches de 2011 sont donnés dans les tableaux des annexes 3 et 4. Ils sont analysés en regard des données obtenues au cours des années précédentes (2003 à 2010). Les tableaux des annexes 5 et 6 synthétisent les observations interannuelles effectuées sur ces deux stations.

D'un point de vue global, pour les neuf années et le linéaire de la basse Durance concerné par cette étude, le peuplement compte 8 familles et 28 espèces. Il est caractérisé par une prédominance de 5 cyprinidés : le spirilin, le chevaine, le barbeau, le vairon et le goujon, et d'un balitoridé : la loche franche.

Une espèce apparue sur la Durance en 1994, la loche épineuse *Cobitis bilineata*, a compté parmi les espèces abondantes sur ce linéaire mais ses effectifs ont notablement baissé au cours des dernières années.

Des cyprinidés d'eau courante caractéristiques de ce cours d'eau sont largement sous-représentés : le toxostome, le hotu, et surtout le blageon.

En regard de la chronique considérée (2003-2011), des espèces inféodées aux eaux lentes sont de plus en plus souvent capturées. Ce sont des espèces introduites de plus ou moins longue date : loche épineuse, carassin argenté, pseudorasbora, perche soleil, grémille, sandre, carpe commune, bouvière et un cortège d'espèces autochtones : perche commune, gardon, brème bordelière, tanche et rotengle, en provenance des nombreux plans d'eau qui longent la rivière.

Nous signalerons également la capture de la vandoise mais la présence de cette espèce sur l'axe durancien reste à confirmer.

En 2011, les captures ont ré-augmenté à Cadenet mais les effectifs restent faibles à Cheval Blanc (Figure 8). Il faut signaler l'abondance du vairon au Pont de Cadenet, une espèce jusqu'alors peu représentée sur ce secteur, notamment avant 2008. L'espèce était plus abondante à Cheval Blanc où ses effectifs ont globalement baissé ces trois dernières années.

L'anguille, espèce migratrice susceptible de coloniser l'axe durancien, a été capturée sur les deux sites, mais à raison d'un seul exemplaire.

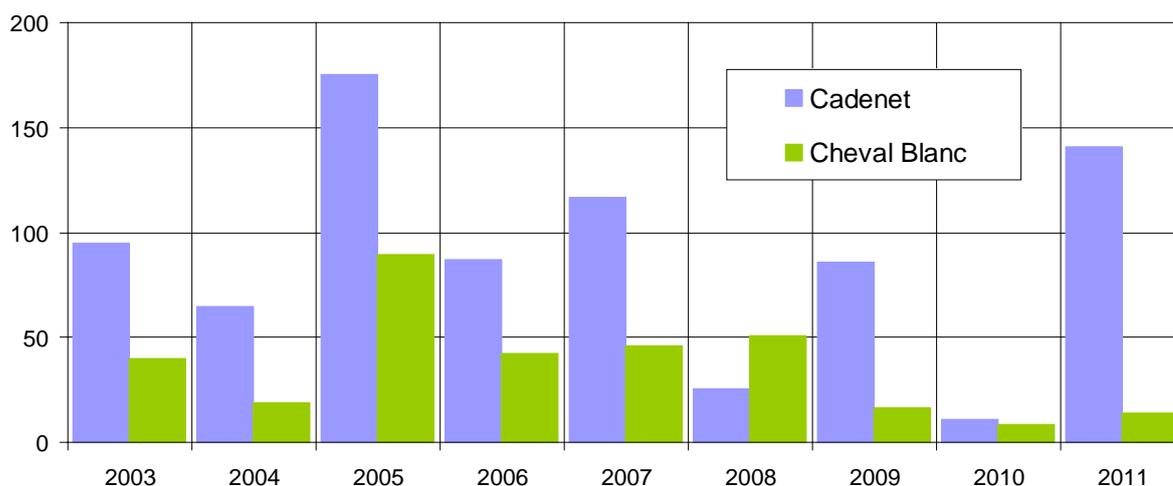


Figure 8 - Évolution temporelle des effectifs totaux moyens (n/50 m²) dans les deux stations.

II - 2. Suivi inter-annuel

Le suivi temporel de la richesse taxonomique (Figure 9) montre un progressif appauvrissement au cours du temps, notamment sur le secteur de Cheval Blanc. Les diminutions marquées de la richesse taxonomique et des effectifs observées à Pont de Cadenet sont consécutives à des crues souvent à l'origine d'une restructuration hydromorphologique du chenal. Par contre, la situation est restée inchangée sur Cheval Blanc, site où la richesse taxonomique et les effectifs apparaissent globalement en baisse au cours de ces dernières années.

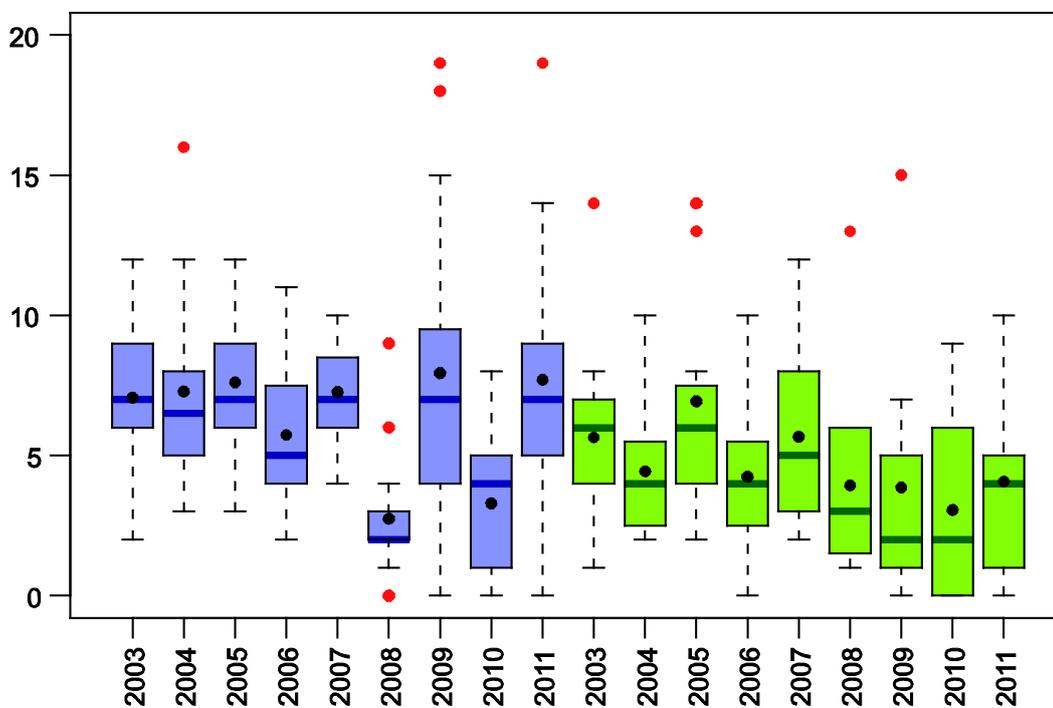
Les deux stations montrent de notables différences. Une analyse générale des 9 années a été réalisée avec séparation des espèces principales en entités taxonomiques définies selon leur taille. Les 5 premières classes de taille sont définies par tranches de 30 mm de 0 à 150 mm ; les suivantes (150-300 mm, 300-450 mm, 450-600 mm et LT>600 mm) permettent de regrouper des individus adultes nettement moins nombreux dans les échantillons. Cette séparation de plusieurs espèces par classes de taille conduit à un total de 92 taxons échantillonnés dans les 288 ambiances faites dans les deux stations. Afin de permettre des comparaisons entre ambiances et années, les effectifs sont corrigés à partir des surfaces des ambiances. Pour des questions de lisibilité dans les tableaux, la correction est faite pour une surface de 50 m². Le tableau général (288 ambiances échantillonnées sur 9 années et 2 stations x 92 taxons) 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/288 relevés). Les résultats présentés concernent les analyses inter-années/stations permettant de mettre en exergue les différences existantes entre les stations au cours du temps. Ces analyses sont réalisées avec le logiciel ADE4 (THIOULOUSE et al., 1997).

La distinction sectorielle est maximisée par l'analyse inter-annuelle (Figure 10). Le premier axe factoriel oppose franchement les deux stations : valeurs positives pour Pont de Cadenet, et valeurs négatives de Cheval Blanc ; avec deux exceptions : les années 2008 et 2010 au Pont de Cadenet.

Le deuxième axe isole l'année 2003 au Pont de Cadenet en raison de l'abondance des taxons suivants : goujons (1 & 2), barbeaux (2), spirilins (2) et loches épineuses (2).

Le troisième axe met en exergue les données 2005, année pour laquelle les effectifs et les richesses taxonomiques sont les plus élevés dans les deux stations. La proximité faunistique des deux stations est alors associée à une dominance commune de la loche franche (2 & 3). Le gradient défini sur cet axe est directement lié aux caractéristiques globales du peuplement en termes de nombre et de richesse.

Richesse taxonomique



Effectifs corrigés pour 50 m2

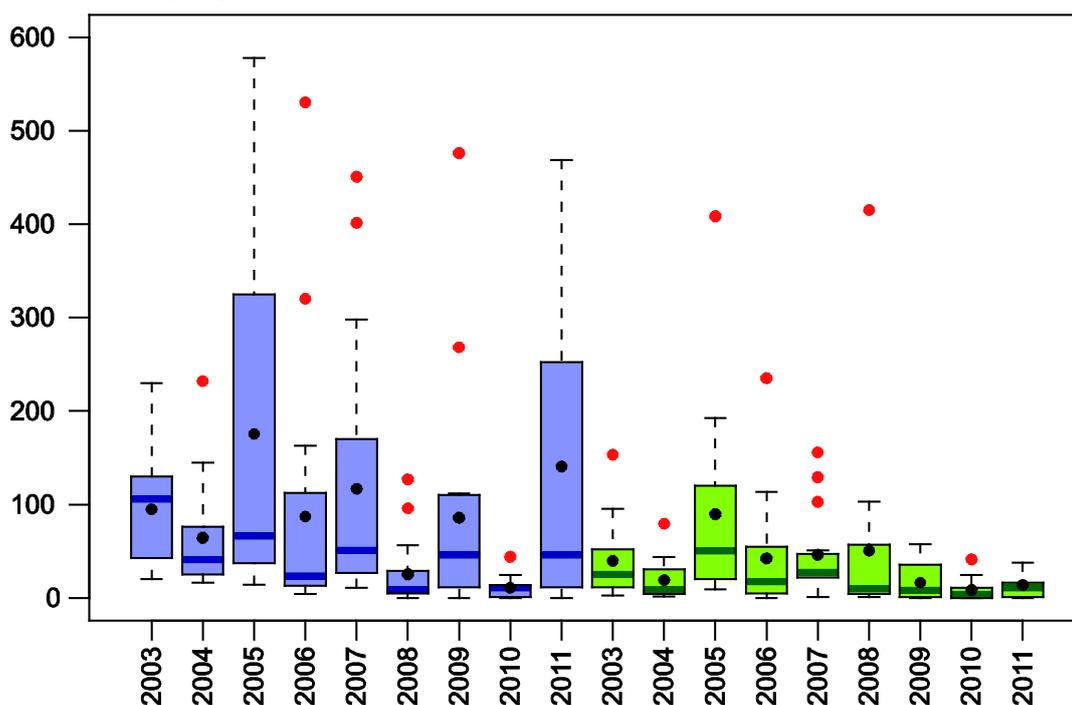


Figure 9 - Évolution interannuelle de la richesse taxonomique à Pont de Cadenet (en bleu) et Cheval Blanc (en vert) et des effectifs corrigés. La richesse taxonomique maximale (ensemble des deux stations) est de 92 taxons.

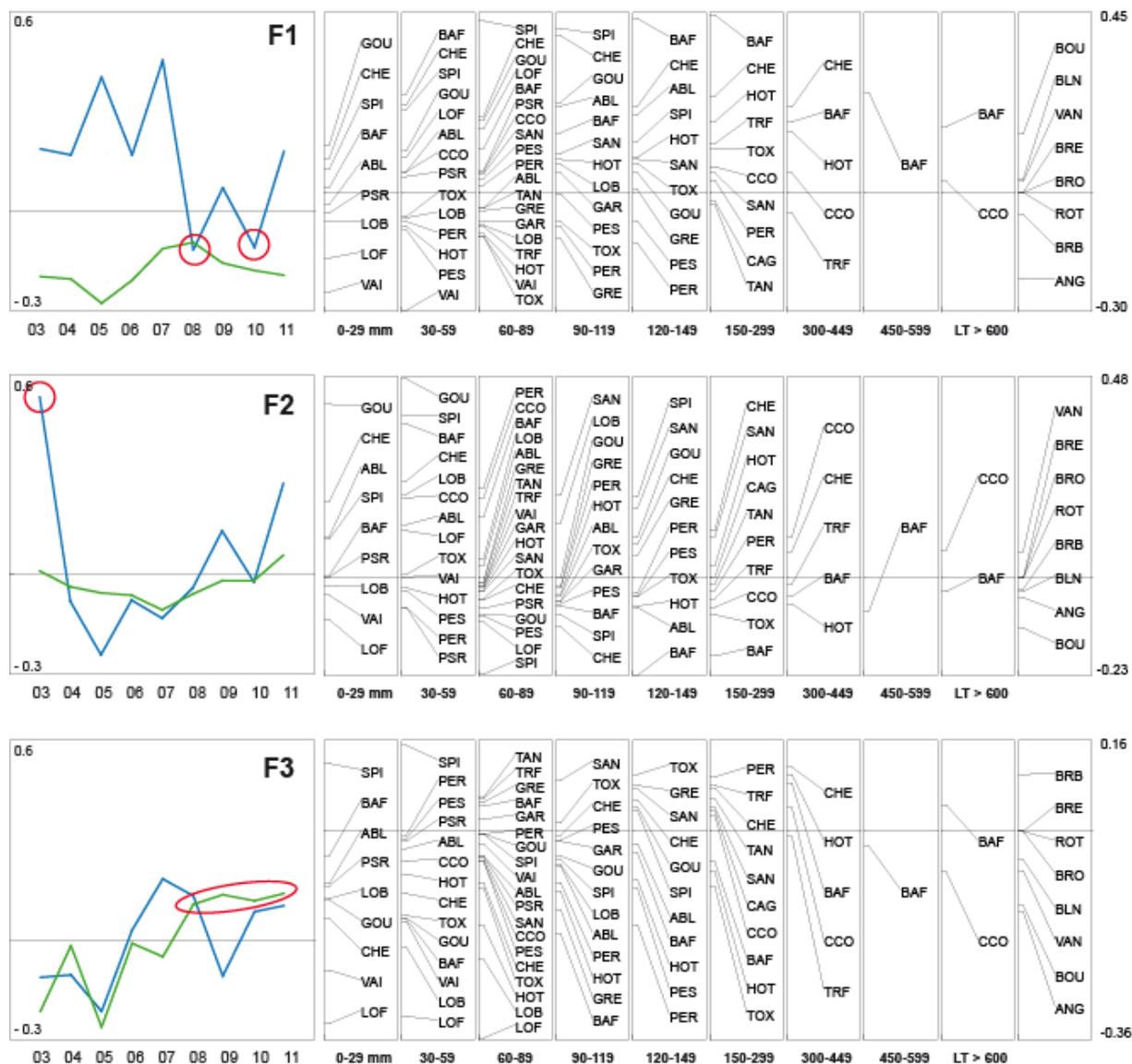


Figure 10 - Analyse en Composantes Principales Normée inter-années/stations. Coordonnées factorielles des stations/années sur les axes 1 à 3. En parallèle, les coordonnées des taxons sur les axes 1 à 3. Cheval Blanc (tracé vert) et Pont de Cadenet (tracé bleu).

De 2003 à 2007, la station de Pont de Cadenet est caractérisée par la prédominance d'individus de grande taille de barbeaux, spirilins, chevaines, par l'absence de l'anguille et de la grémille. Globalement, elle abrite plus d'espèces inféodées à des habitats lotiques. En 2008, une quasi-disparition du barbeau a été enregistrée, à l'exception de jeunes de l'année (baf1, taille < 30 mm), vraisemblablement nés après l'épisode de crue. Par ailleurs, les effectifs de la plupart des autres espèces ont diminué. Ce déficit de captures en 2008 auquel s'ajoute la présence de quatre espèces lénotrophes expliquent la position singulière de Pont de Cadenet en 2008 et une relative proximité avec les résultats obtenus à Cheval Blanc. Les changements consécutifs à l'épisode hydro-géomorphologique printanier de 2008 ont expliqué ces résultats. Les coordonnées factorielles de Pont de Cadenet 2008 sur le troisième axe (F3), et la différence avec Cheval Blanc 2008, sont liées à la capture exclusive de trois espèces (brème bordelière, carassin argenté et tanche). En 2009, la station de Pont de Cadenet reprend ses caractéristiques faunistiques antérieures à 2008. La baisse des effectifs de vairons déjà observée en 2008 sur Cheval Blanc se poursuit en 2009. Les

effectifs de cette espèce, quasi absente à Pont de Cadenet, ont augmenté sensiblement en 2009. Les ambiances où domine cette espèce se situent dans le nouveau chenal créé en rive gauche par les crues de 2008 (Figure 1). La situation piscicole observée en 2010 est relativement similaire pour les deux stations, marquée par une grande pauvreté. La station de Cheval Blanc se maintient dans cette tendance en 2011 tandis que la situation s'améliore à Cadenet.

II - 3. Comparaisons inter-stationnelles

Sachant que la comparaison des stations est rendue délicate du fait, (1) d'un échantillonnage limité, (2) des modifications morpho-hydrauliques des stations à la faveur des crues, (3) de la non reproductibilité inter-annuelle du positionnement des ambiances, l'approche par 5M7 permettrait de contrebalancer ces problèmes. Le nouveau chenal créé au Pont de Cadenet par les crues de 2008 a été pêché en 2009, 2010 et 2011. Sachant que le débit transitant par ce bras représente la moitié du débit de la Durance, il est indispensable de l'échantillonner. Toutefois, la présence de ce bras latéral complexifie la comparaison des deux stations.

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 les jeunes individus et petites espèces dont les effectifs sont souvent élevés et très variables (LT < 60 mm, Tableau 6).

Tableau 6 - Effectifs et nombre d'ambiances par années et par stations. Seules les ambiances sans abris sont considérées. I – Effectifs et nombre d'ambiance 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 échantillonnés exclusivement dans le chenal principal.

	I				II				III			
	Effectifs		Nb Ambiances		Effectifs		Nb Ambiances		Effectifs		Nb Ambiances	
Année	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB
2003		154		10		51		10		46		8
2004	254	176	6	7	241	32	6	7	241	32	6	7
2005	628	441	12	8	496	115	12	8	496	87	12	6
2006	326	317	16	11	208	72	16	11	208	43	16	9
2007	283	209	11	7	281	174	11	7	281	174	11	7
2008	153	133	13	10	54	62	13	10	52	18	11	5
2009	494	97	12	10	184	62	12	10	59	35	6	9
2010	107	75	15	12	55	22	15	12	37	14	10	9
2011	1069	77	11	6	137	22	11	6	124	10	10	6

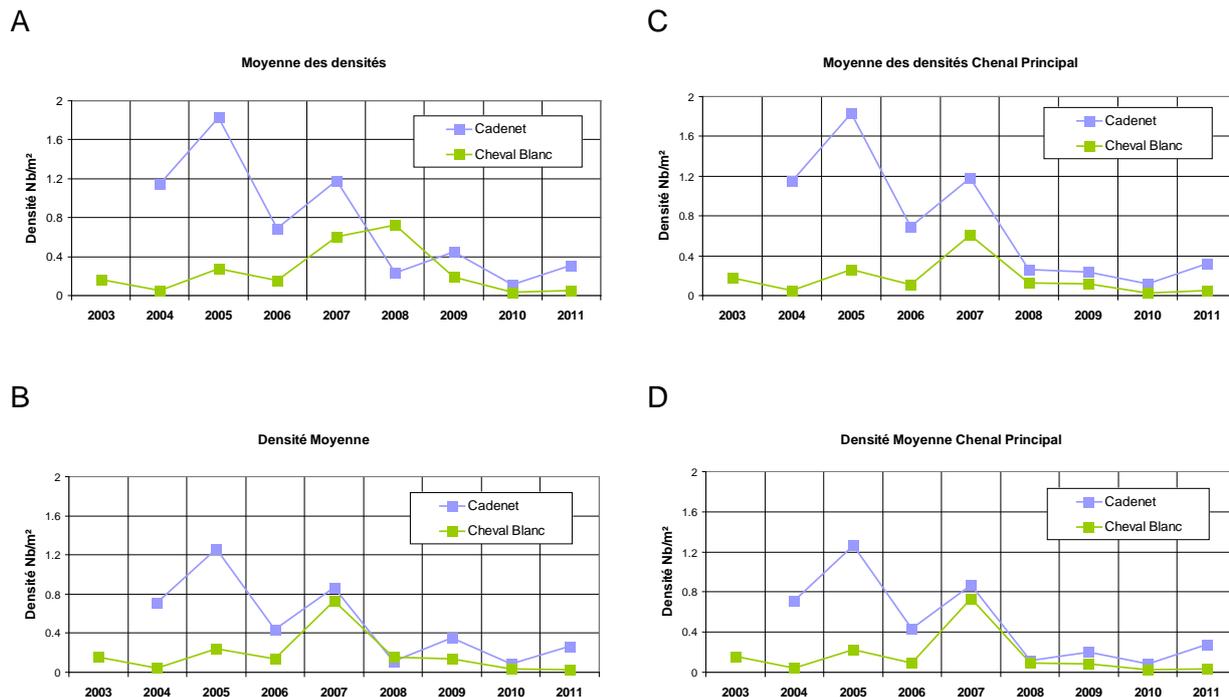


Figure 11 - Évolution des moyennes des densités et des densités moyennes des poissons (n/m²) dans les ambiances sans abris, tous chenaux A & B, chenal principal C & D. Seuls les individus d'une taille supérieure à 60 mm sont pris en compte.

La Figure 11 présente la chronique des résultats des densités en surface dans les ambiances hors abris, pour les poissons d'une longueur totale de plus de 60 mm, tous chenaux confondus (A & B) et chenal principal seul (C & D). Elle 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 7 présente l'hydraulique échantillonnée correspondante pour ces ambiances hors abris comptant au moins un individu de LT>60mm.

Les hydrosignatures moyennes des échantillonnages des stations apparaissent comparables avec des HSCsurface de : A=13.7, B=15.2, C=9.7 et D=9.9. 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 du délestage, présente des densités moyennes de poissons (LT > 60 mm) toujours supérieures, à l'exception des épisodes post-crués de 2008 et 2010.

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

II - 4. Effets des conditions abiotiques sur la croissance des poissons

Les modifications brutales du débit de la Durance associées à la surverse de Mallemort, de la température et de la turbidité des eaux constituent les principaux facteurs abiotiques susceptibles d'altérer les conditions écologiques en aval de la restitution. L'hydrologie et la thermique sont singulièrement modifiées (Figure 12) par ces apports (Roy, 2010, 2012; Zanker, 2010 ;). Au vu des surverses quasi-continues du printemps et de juin 2011, il est possible d'imaginer un contraste thermique marqué entre les stations. et des impacts sensibles sur les jeunes individus de l'année pour des secteurs situés en aval de la restitution.

La faiblesse des effectifs de poissons à Cheval Blanc a déjà été soulignée précédemment. Il est également possible de s'intéresser à la croissance des espèces dominantes sur les deux sites. Cet aspect sera traité en regard des distributions de taille.

Sachant que les pêches sont effectuées à la fin du printemps ou au début de l'été, il n'est pas possible de regarder la taille des jeunes poissons de l'année. Par contre, si les effectifs le permettent, il est possible de s'intéresser à la taille des jeunes poissons ayant passé a minima un premier hiver.

Trois espèces de Cyprinidés sont suffisamment abondantes sur les deux sites pour autoriser une comparaison : le barbeau fluviatile, le chevaine et le spirilin. Ces trois espèces sont lithophiles, elles utilisent des substrats graveleux localisés dans des secteurs courants pour leur reproduction. La loche franche est également étudiée.

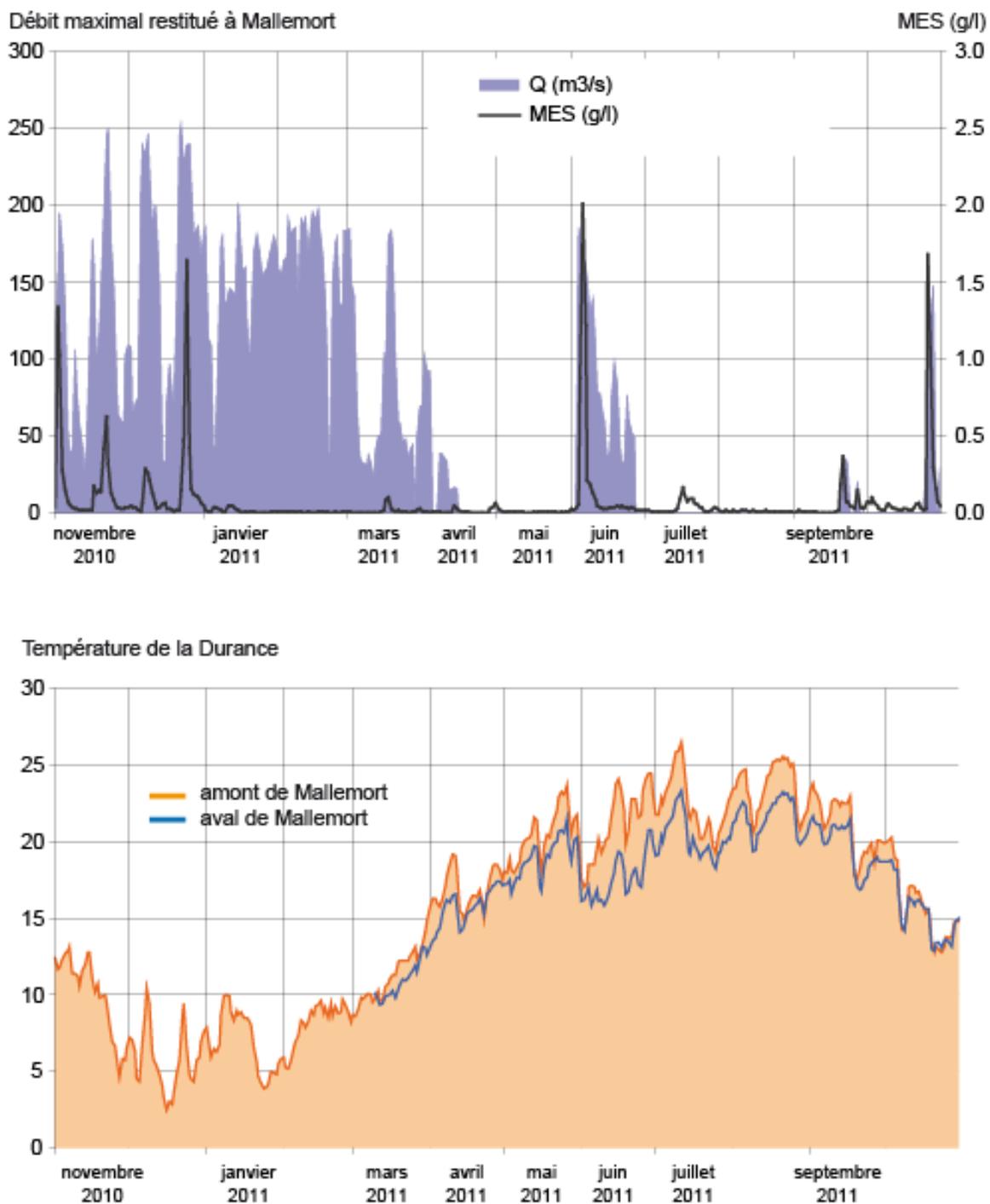


Figure 12 - Débits maximaux journaliers restitués à Mallemort et teneurs en matières en suspension. Chroniques thermiques de la Durance en amont et aval de la restitution de Mallemort. Données SMAVD.

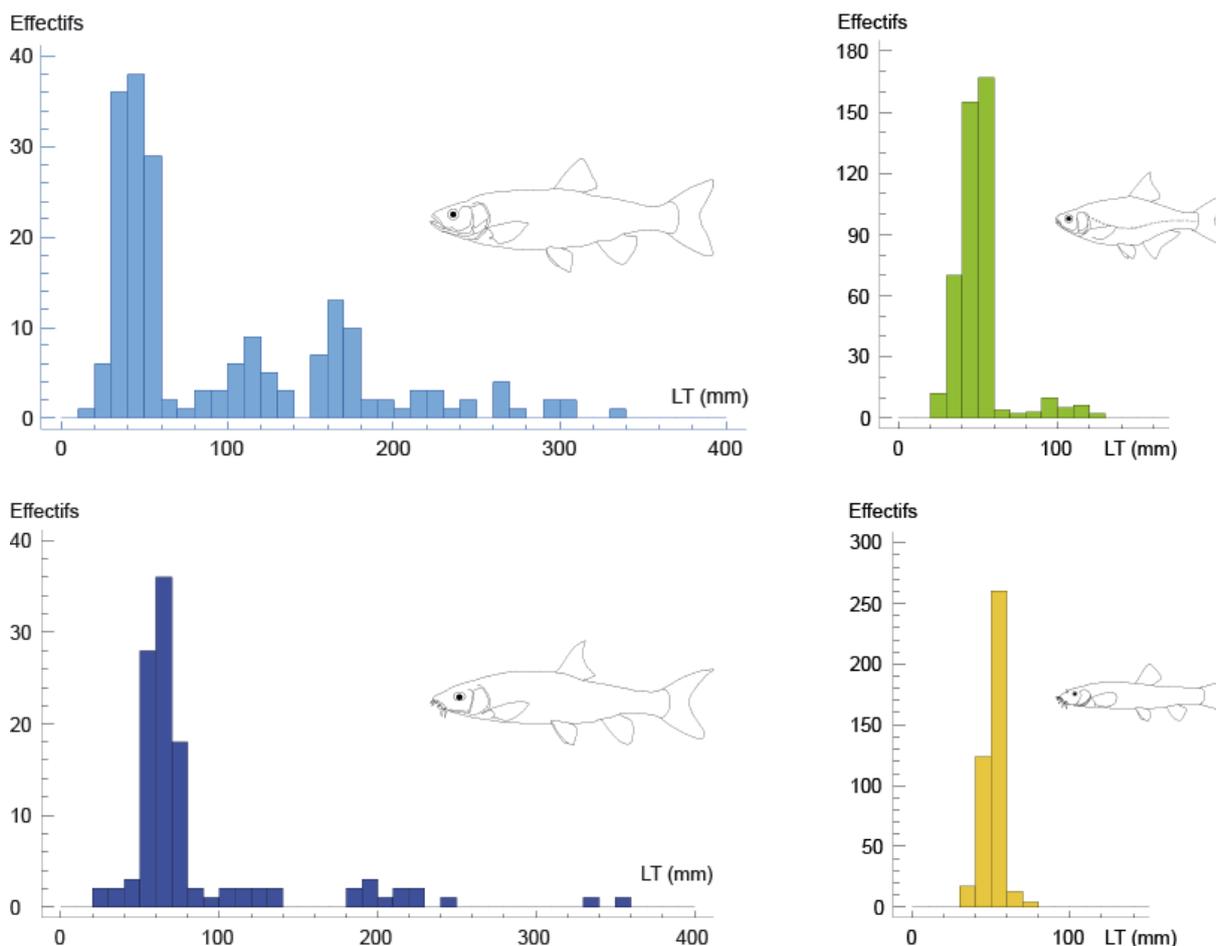


Figure 13 - Distributions des tailles de trois cyprinidés (barbeau, chevine et spirin) et de la loche franche dans la station de Pont de Cadenet en 2011.

La comparaison est faite sur les cohortes les plus abondantes et les mieux individualisées dans les distributions des tailles (Figure 13). Les cohortes étudiées ont été isolées selon les variables de sélection suivantes : barbeau ($80 \leq LT < 150$ mm), chevine ($70 \leq LT < 150$ mm), spirin ($60 \leq LT < 100$ mm) et loche franche ($LT \geq 50$ mm). En regard des dates des campagnes de pêche, la majorité des individus ont a minima passé deux saisons chaudes (croissance) et deux hivers.

Les informations sur cette distribution partielle des tailles sont regroupées dans le Tableau 7. La comparaison des moyennes montre que les tailles de trois espèces sur 4 (Test de rang de Kruskal-Wallis, spirin, chevine et barbeau) sont plus petites sur la station de Cheval Blanc. La différence de taille pour la loche franche n'est pas significative (Figure 15).

Il faut souligner la disproportion des effectifs du barbeau dans les deux stations (Figure 14), susceptible de biaiser la comparaison des tailles (même limitée à une classe de taille).

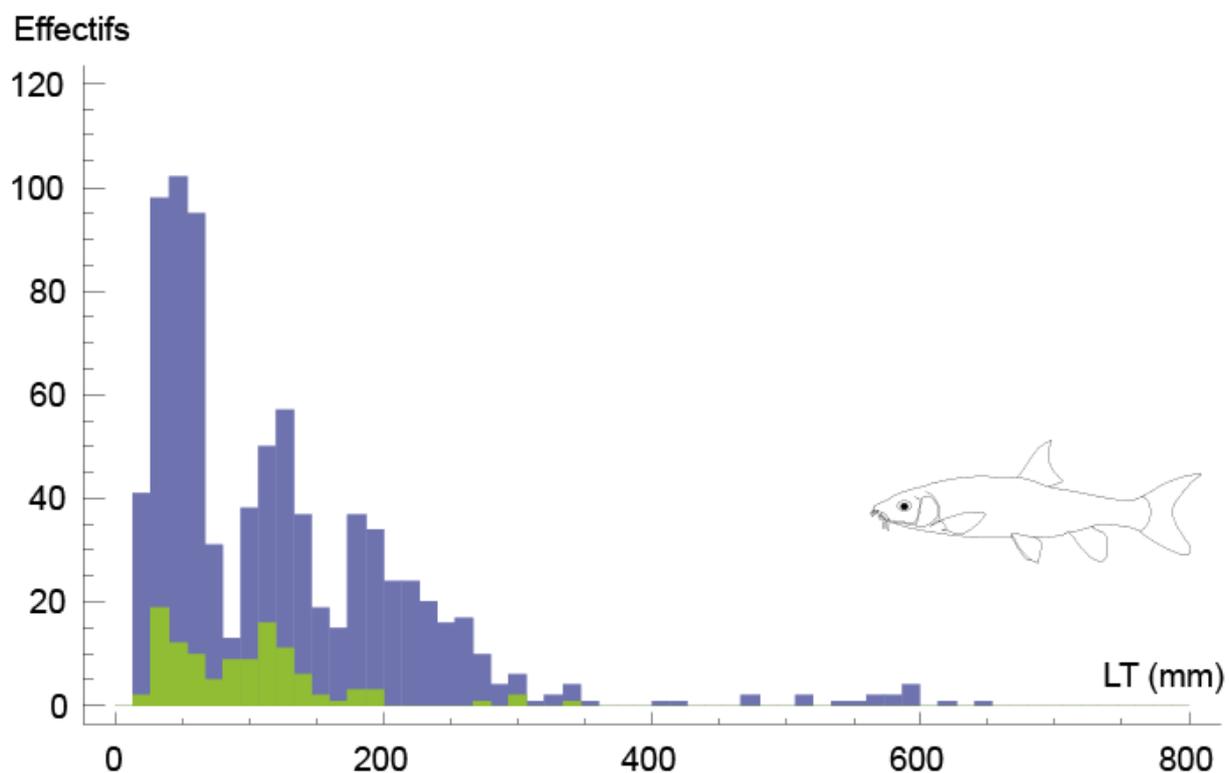


Figure 14 - Distributions des tailles des barbeaux capturés dans les stations de Pont de Cadenet (bleu) et de Cheval Blanc (vert) entre 2003 et 2010.

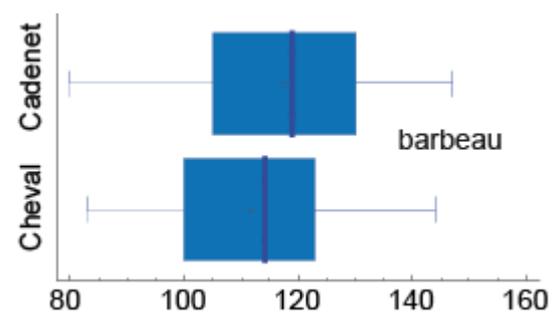
Plusieurs explications peuvent être données.

La ponte des espèces concernées peut être plus tardive sur la station de Cheval Blanc, plus froide.

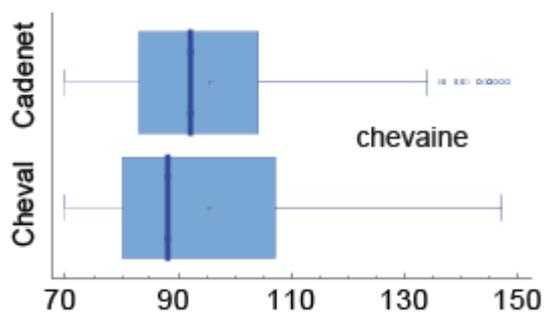
La gestion hydraulique et le délimonage, à l'origine de fortes variabilités hydrauliques et thermiques peuvent perturber la reproduction, l'incubation des œufs et le développement larvaire, puis la croissance en affectant les ressources alimentaires, en contraignant par périodes les poissons dans des habitats peu favorables et nécessitant des coûts énergétiques supplémentaires.

Tableau 7 - Statistiques générales de l'extraction des tailles pour les quatre espèces

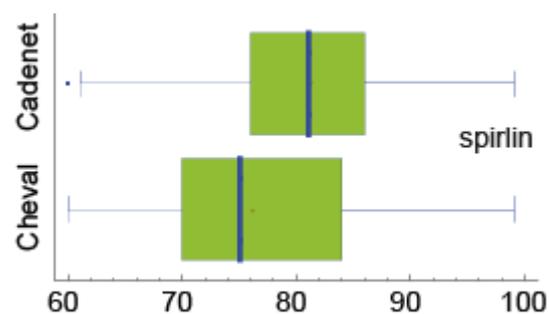
Chevaine 70 <= LT < 150 m	Nombre	Taille moyenne	Taille médiane	Ecart- type	Taille minimale	Taille maximale	1er quartile	3ème quartile
Pont de Cadenet	583	96.1	92.0	16.99	70.0	149.0	84.0	104.0
Cheval Blanc	171	95.1	88.0	20.99	70.0	148.0	80.0	106.0
Total	754	95.9	91.5	17.99	70.0	149.0	84.0	105.0
Barbeau 80 <= LT < 150 m	Nombre	Taille moyenne	Taille médiane	Ecart- type	Taille minimale	Taille maximale	1er quartile	3ème quartile
Pont de Cadenet	204	119.3	121.0	16.9	82.0	149.0	107.0	132.0
Cheval Blanc	52	113.0	115.5	17.1	80.0	146.0	102.0	124.0
Total	256	118.0	120.0	17.1	80.0	149.0	104.0	130.0
Spirlin 60 <= LT < 100 m	Nombre	Taille moyenne	Taille médiane	Ecart- type	Taille minimale	Taille maximale	1er quartile	3ème quartile
Pont de Cadenet	682	81.2	81.0	7.8	60.0	99.0	76.0	86.0
Cheval Blanc	271	76.1	75.0	8.7	60.0	99.0	70.0	84.0
Total	953	79.8	80.0	8.4	60.0	99.0	74.0	85.0
Loche franche LT >= 50 mm	Nombre	Taille moyenne	Taille médiane	Ecart- type	Taille minimale	Taille maximale	1er quartile	3ème quartile
Pont de Cadenet	671	58.2	56.0	6.6	50.0	80.0	53.0	62.0
Cheval Blanc	385	58.6	58.0	5.9	50.0	78.0	55.0	62.0
Total	1056	58.4	57.0	6.4	50.0	80.0	53.0	62.0



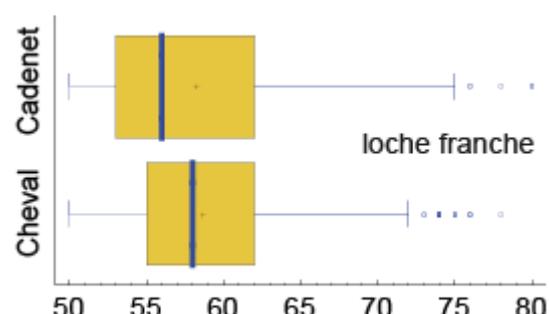
p = 0.022



p = 0.046



p = 0.000



Différence ns au seuil 95% (p = 0.062)

Figure 15 – Comparaison inter-stationnelle de gammes de longueurs totales (mm) pour chaque espèce dominante (voir texte). Regroupement des individus capturés entre 2003 et 2011.

Partie III - Utilisation du modèle habitats/poissons 5M7

L'une des méthodes d'exploitation des résultats collectés au travers de l'échantillonnage piscicole par ambiances consiste à mettre en œuvre le modèle habitats/poissons 5M7. Précisons que ce modèle a été créé à l'origine pour analyser précisément 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 s'agit ici de 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, la nature du substrat, l'importance des abris, l'alternance jour/nuit, la qualité de l'eau, la température, l'hydrologie, et les pressions anthropiques diverses perturbant certaines caractéristiques abiotiques et biotiques signalées ci-dessus.

Cette démarche s'efforce de s'abstraire des disparités des conditions hydrauliques entre les campagnes qui ont été répertoriées précédemment (I-6).

Le développement du modèle 5M7 se poursuit, des calculs de coefficients de préférences plus affinés sont en cours, mais certains modules ne sont toujours pas opérationnels à l'heure où nous rédigeons ce rapport. En 2010 et 2011, nous n'avons pas effectué les calculs de taux de saturation à l'exemple des années précédentes. Jusqu'à présent, ces valeurs avaient été calculées sur la base de modèles établis à partir de nos travaux réalisés en Moyenne Durance. Or, nous avons constaté des différences notables entre les relations Longueur Totale / Vitesse moyenne d'écoulement entre les jeux d'ambiances hors abris dont nous disposons en Moyenne et en Basse Durance.

Ainsi, à tailles équivalentes, que ce soit chez la loche franche, le spirin, le vairon, le barbeau ou le chevaine, les relations associant la Longueur Totale et la Vitesse moyenne indiquent systématiquement que les poissons de la Basse Durance occupent des vitesses moyennes plus rapides, de l'ordre de +14 cm/s à +27 cm/s et des profondeurs moyennes plus profondes de +5 cm à +8 cm pour la loche, le vairon et le chevaine. Ce changement d'habitat hydraulique est constaté pour une guildes constituée des 5 espèces précédentes avec une différence de vitesses moyennes de +20 cm/s, mais aussi une profondeur plus importante pour la Basse Durance de l'ordre de 5 cm.

Par conséquent, les jeux de préférences calculés en 2000 sur la Moyenne Durance nous apparaissent désormais inadéquats pour être appliqués aux données de la Basse Durance. Nous nous efforcerons de calculer en 2012 des préférences spécifiques à la Basse Durance à l'aide des ambiances du suivi, puis d'analyser les taux de saturation résultants de la chronique.

Nous avons relevé lors du projet CYPREF (LE COARER et al., 2008), des disparités systématiques des relations (Longueur Totale, Profondeur, Vitesse) des espèces entre des cours d'eau différents : l'Ain, l'Ardèche, la Durance et le Rhône. L'enrichissement progressif de la base de données "ambiances" de la Durance autorise désormais un découpage par tronçons, susceptible de montrer des différences d'habitats hydrauliques marqués entre la Moyenne et la Basse Durance. Il est à noter que l'on dispose actuellement en Moyenne et en Basse Durance d'environ 280 ambiances décrites avec les mêmes protocoles, mais échantillonnées toutefois à des débits notablement plus faibles en amont. Quant à l'explication des différences constatées d'habitats hydrauliques, outre la constatation que ces tronçons présentent des différences physiques et biologiques, nous en sommes pour l'heure réduits à faire des hypothèses.

Sites Webs

<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.aix.cemagref.fr> Logiciel HydroSignature.

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

Références citées

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

ROY, R. (2010): Etude de l'influence des paramètres physiques (habitat, débit et température) sur la dynamique des peuplements de poissons en rivière régulée. Synthèse bibliographique à l'échelle Européenne et application à la basse Durance sur une échelle long terme. - Master Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement, Ingénierie des Hydrosystèmes et des Bassins Versants, Parcours IMACOF, Université François Rabelais, Tours, 86 p.

ROY, R. & TISSOT, L. (2012): Etude de l'influence des paramètres physiques (habitat, débit et température) sur les peuplements de poissons en Basse Durance. - H-P76-2011-00206-FR. EDF R&D / LNHE / GESTION HYDRO-ENVIRONNEMENTALE DES OUVRAGES, Chatou, France, 58 p.

THIOULOUSE, J., DOLEDEC, S., CHESSEL, D. & OLIVIER, J.M. 1997: ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. - Statistics and Computing **7**: 75-83.

ZANKER, S. 2010. Analyse des températures de l'eau de la Basse Durance. Campagne 2007-2009. p. 18. Grenoble: EDF, DTG, Dpt Surveillance, Environnement Aquatique.

Rapports 2003 à 2010

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

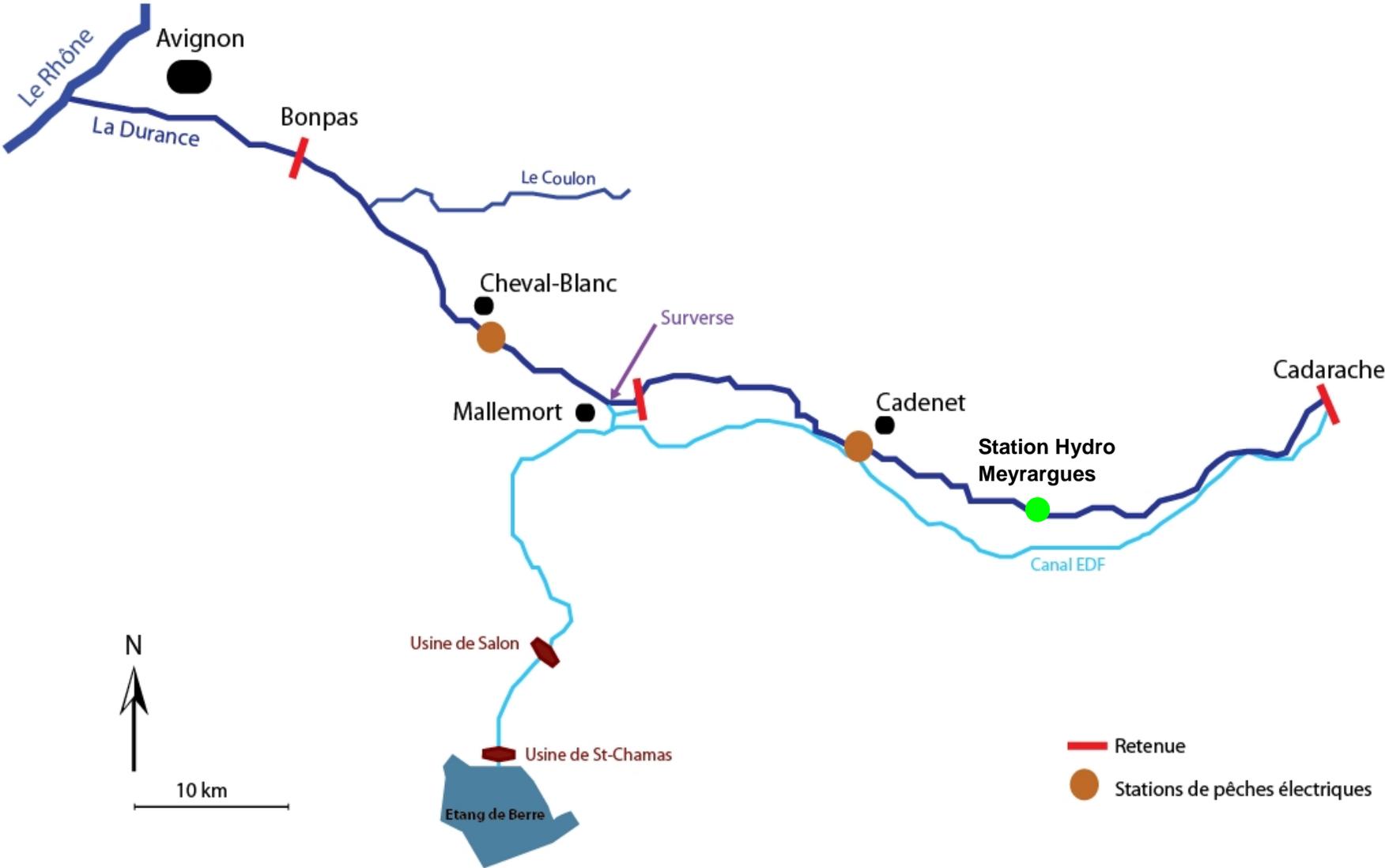
LE COARER, Y., CARREL, G., MEYNARD, M. & BOYER, J. (2009): Analyses piscicoles de la Durance dans les secteurs de Cheval Blanc et de Pont de Cadenet. Campagne 2009. Cemagref, U.R. Hydrobiologie, Aix-en-Provence, 34 p.

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.

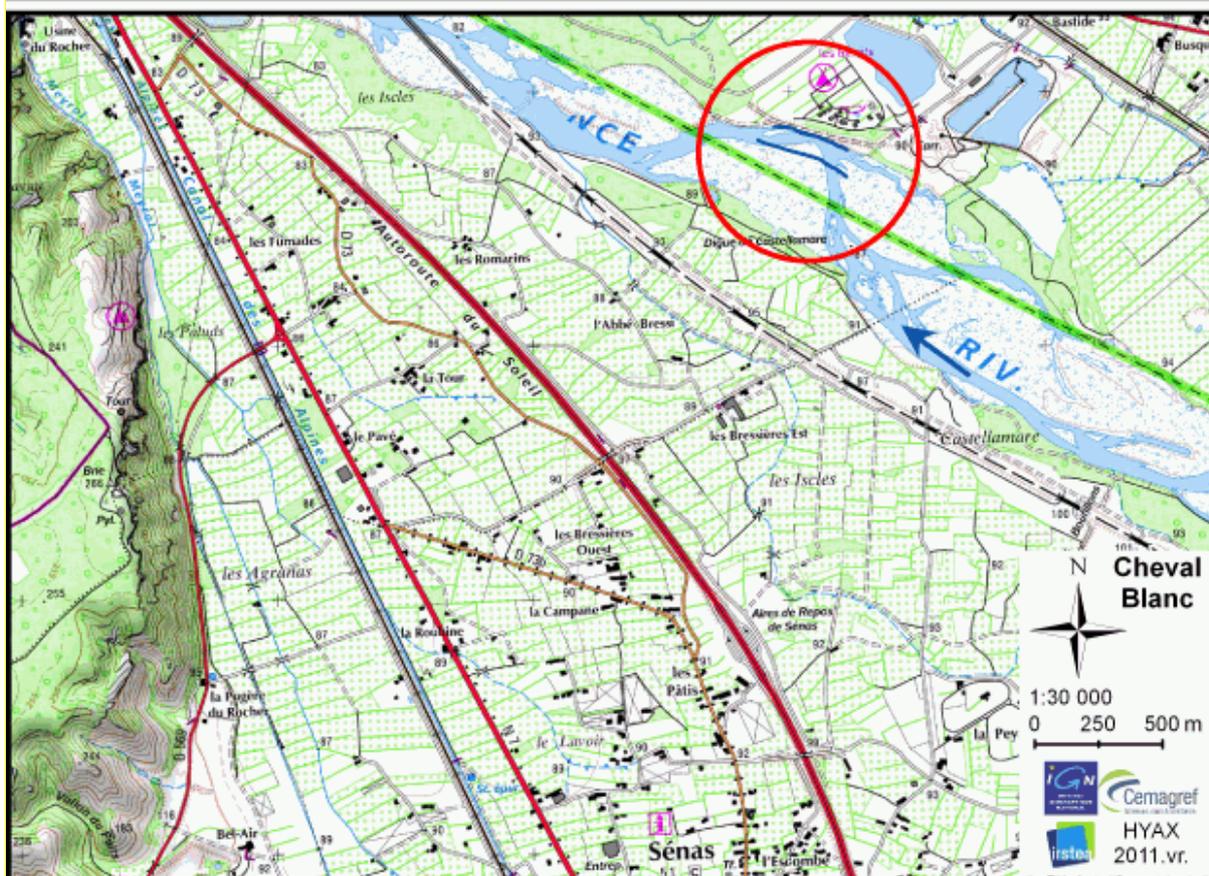
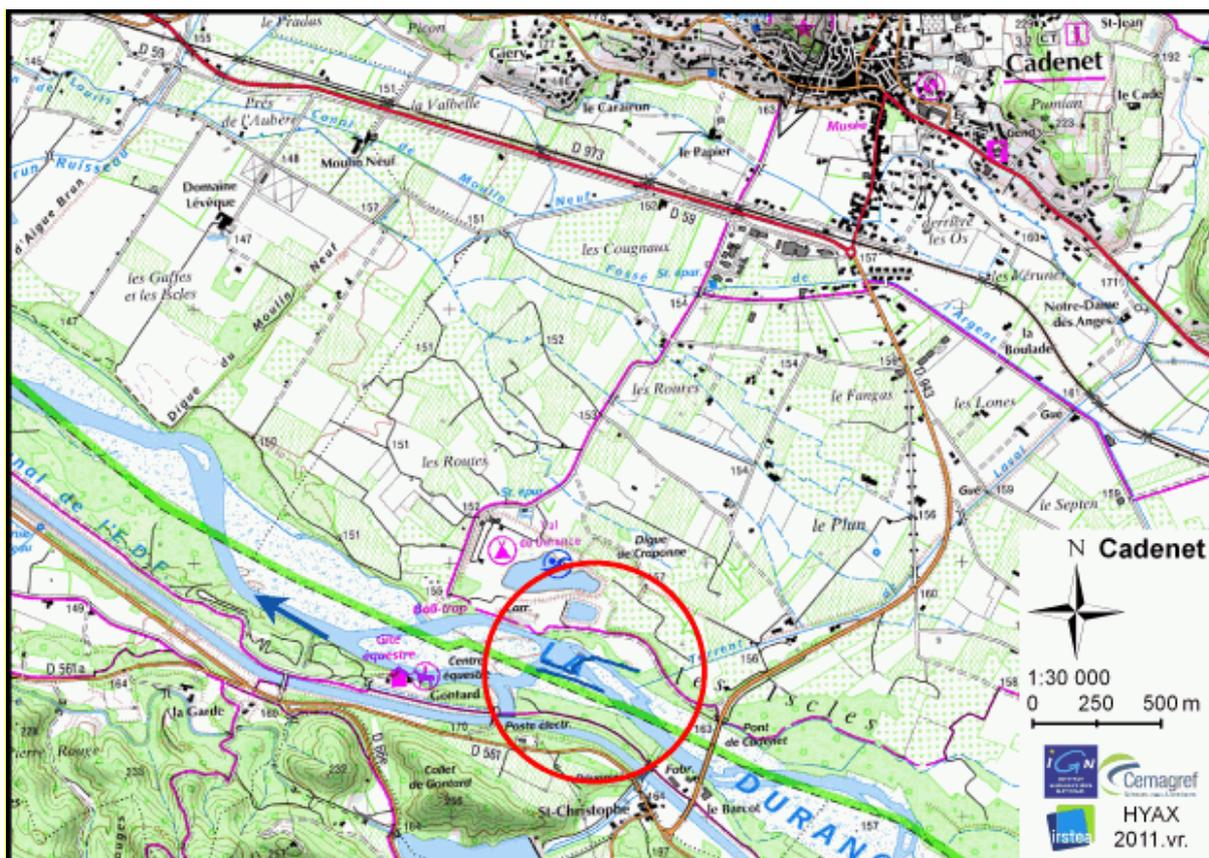
ANNEXES

Annexe 1 - Plan de situation des stations de Bonpas, Cheval Blanc et Pont de Cadenet.	32
Annexe 2 - Plans de situation des stations de Pont de Cadenet et de Cheval Blanc.....	33
Annexe 3 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station du pont de Cadenet.	34
Annexe 4 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station de Cheval Blanc.	35
Annexe 5 - Effectifs corrigés (N/50 m ²) moyens par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.	36
Annexe 6 - Abondances relatives moyennes par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.	37
Annexe 7 - Comparaison des stations pour les campagnes 2004-2011 de la moyenne des hydrosignatures moyennes (A & C) et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) par 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).	38

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



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



Annexe 3 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station du pont de Cadenet.

Résultats des pêches par ambiances. Effectifs bruts

Cadenet - 2011			Ambiance																	
Famille	Nom scientifique	Nom commun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	N
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille														1				1
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	13	138	118	108	10					31								418
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	1	1										1						3
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	35	152	36	33	44	66	2	1	1	44	6	15			1			436
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	46	175		6	4					46								277
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	34	7		1		23	1	1		49	3	15		8	8	24	22	196
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	4	25	16		2	54		4		4	3	5						117
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon		1		4						2		1		2	2	2	4	18
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	1	1						3	1									6
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu											1							1
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune						1												1
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet																		1
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre						3							1		3	2	2	11
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille														1		1		2
	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune														1				1
Totaux			134	500	170	152	60	147	6	7	1	176	13	38		16	13	30	26	1489
Richesse			7	8	3	5	4	5	3	4	1	6	4	6		6	4	5	2	15
Surface (m2)			17.77	53.36	35.39	30.12	64.94	22.1	43.72	47.33	52.89	19.59	58.01	22.8	78.89	40.34	57.1	44.6	26.34	

Résultats des pêches par ambiances. Effectifs corrigés pour 50 m2

Cadenet - 2011			Ambiance																	
Famille	Nom scientifique	Nom commun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	N
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille														1.2				1.2
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	36.6	129.3	166.7	179.3	7.7					79.1								598.7
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	2.8	0.9										2.2						5.9
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	98.5	142.4	50.9	54.8	33.9	149.3	2.3	1.1	0.9	112.3	5.2	32.9			0.9			685.3
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	129.4	164.0		10.0	3.1					117.4								423.9
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	95.7	6.6		1.7		52.0	1.1	1.1		125.1	2.6	32.9		9.9	7.0	26.9	41.8	404.3
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	11.3	23.4	22.6		1.5	122.2		4.2		10.2	2.6	11.0						209.0
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon		0.9		6.6						5.1		2.2		2.5	1.8	2.2	7.6	28.9
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	2.8	0.9						3.4	1.1									8.2
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune						2.3												2.3
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu											0.9							0.9
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet																	1.1	1.1
Percidae	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre						6.8							2.2		3.7	1.8	2.2	16.7
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille														1.2		1.1		2.4
	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune														1.2				1.2
Totaux			377.0	468.5	240.2	252.3	46.2	332.6	6.9	7.4	0.9	449.2	11.2	83.3		19.8	11.4	33.6	49.4	2390.0
Richesse			7	8	3	5	4	5	3	4	1	6	4	6		6	4	5	2	15

Résultats des pêches par ambiances. Abondances relatives

Cadenet - 2011			Ambiance																	
Famille	Nom scientifique	Nom commun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	N
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille														6.3				0.1
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	9.7	27.6	69.4	71.1	16.7					17.6								25.1
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne	0.7	0.2										2.6						0.2
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	26.1	30.4	21.2	21.7	73.3	44.9	33.3	14.3	100.0	25.0	46.2	39.5			7.7			28.7
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon	34.3	35.0		3.9	6.7					26.1								17.7
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	25.4	1.4		0.7		15.6	16.7	14.3		27.8	23.1	39.5		50.0	61.5	80.0	84.6	16.9
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	3.0	5.0	9.4		3.3	36.7		57.1		2.3	23.1	13.2						8.7
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon		0.2		2.6						1.1		2.6		12.5	15.4	6.7	15.4	1.2
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	0.7	0.2						50.0	14.3									0.3
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune						0.7												0.1
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu											7.7							0.0
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet																	3.3	0.0
Percidae	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille						2.0							2.6		18.8	15.4	6.7	0.7
	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune														6.3		3.3		0.1
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre														6.3				0.1
Richesse			7	8	3	5	4	5	3	4	1	6	4	6		6	4	5	2	15

Annexe 4 - Résultats des pêches électriques effectuées sur la station de Cheval Blanc.

Résultats des pêches par ambiances. Effectifs bruts

Cheval Blanc - 2011		Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	N
Famille	Nom scientifique	Nom commun															
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille								1							1
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche					3		1					3			7
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne							6					3			9
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	2		7		10		13	9	3		1	5	2	15	67
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon		4	7		6		20	1	1			6	2	3	50
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	2				1	1	3			1		1	2		11
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	7														7
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine			1				1		3			1			6
Totaux			11		12	7	20	1	44	11	7	1	1	19	6	18	158
Richesse			3		3	1	4	1	6	3	3	1	1	6	3	2	8
Surface (m2)			72.24	50.24	16.04	22.38	87.66	92.06	66.34	50.56	50.3	41	54.04	57.72	7.96	67.11	

Résultats des pêches par ambiances. Effectifs corrigés pour 50 m2

Cheval Blanc - 2011		Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	N
Famille	Nom scientifique	Nom commun															
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille								1.0							1.0
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche					1.7		0.8					2.6			5.1
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne							4.5					2.6			7.1
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	1.4		21.8		5.7		9.8	8.9	3.0		0.9	4.3	12.6	11.2	79.6
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon			12.5	15.6	3.4		15.1	1.0	1.0			5.2	12.6	2.2	68.6
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	1.4				0.6	0.5	2.3			1.2		0.9	12.6		19.4
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine			3.1				0.8		3.0			0.9			7.7
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	4.8														4.8
Totaux			7.6		37.4	15.6	11.4	0.5	33.2	10.9	7.0	1.2	0.9	16.5	37.7	13.4	193.3
Richesse			3		3	1	4	1	6	3	3	1	1	6	3	2	8

Résultats des pêches par ambiances. Abondances relatives

Cheval Blanc - 2011		Ambiance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	N
Famille	Nom scientifique	Nom commun															
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille								9.1							0.5
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche					15.0		2.3					15.8			2.6
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche italienne							13.6					15.8			3.7
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirin	18.2		58.3		50.0		29.5	81.8	42.9		100.0	26.3	33.3	83.3	41.2
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon			33.3	100.0	30.0		45.5	9.1	14.3			31.6	33.3	16.7	35.5
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	18.2				5.0	100.0	6.8			100.0		5.3	33.3		10.0
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine			8.3				2.3		42.9			5.3			4.0
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	63.6														
Richesse			3		3	1	4	1	6	3	3	1	1	6	3	2	8

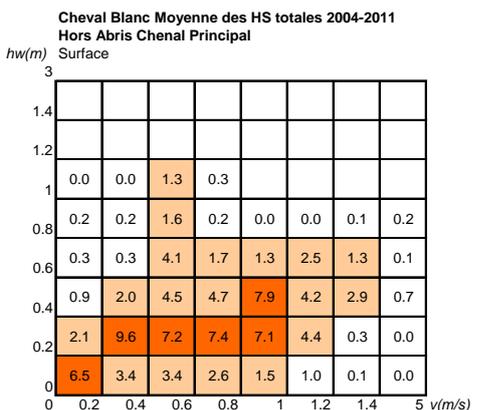
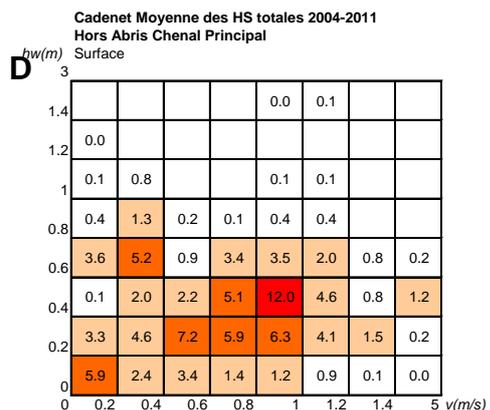
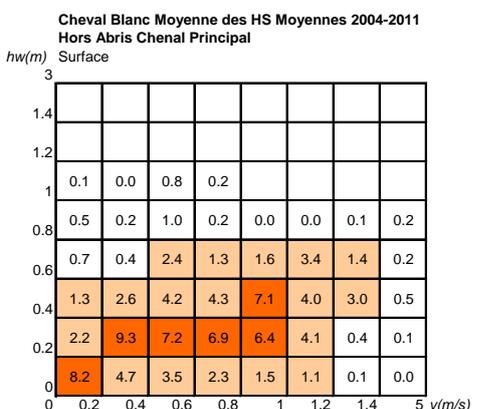
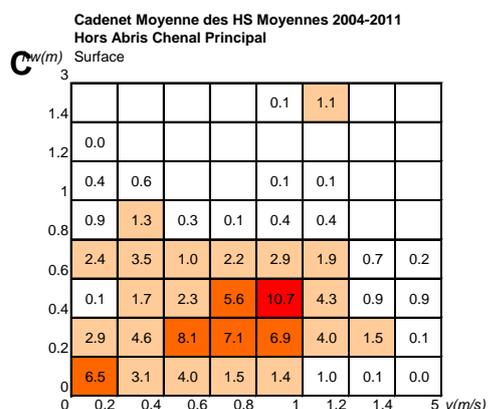
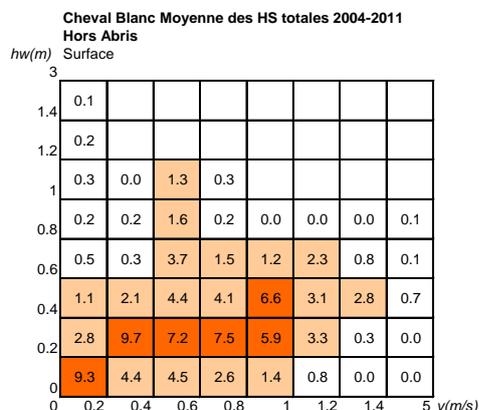
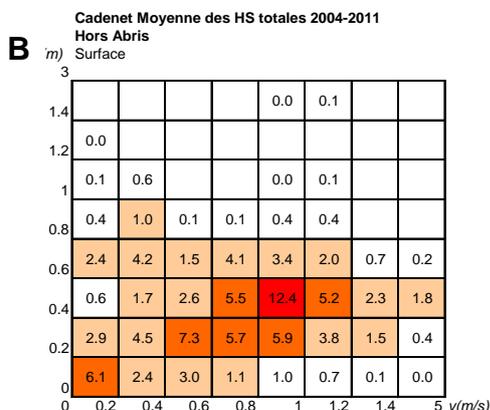
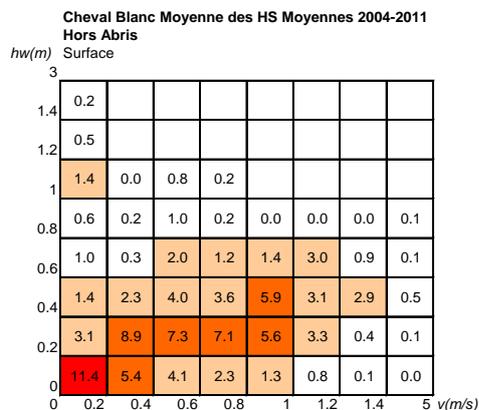
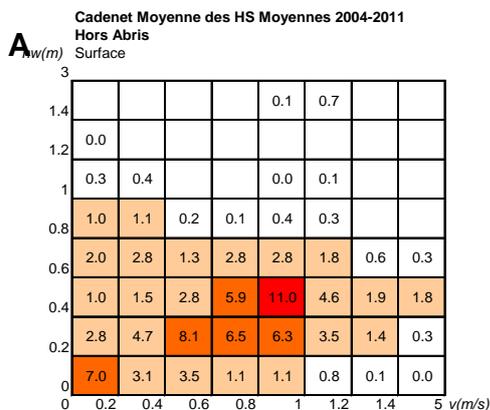
Annexe 5 - Effectifs corrigés (N/50 m²) moyens par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.

			Cadenet									Cheval Blanc										
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2003-2011	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2003-2011
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille								0.07	0.01	1.65	0.94	0.79	1.34	0.18	0.81			0.07	0.64	
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	11.60	22.51	74.53	12.55	2.50	2.69	19.67	0.41	35.22	20.40	15.20	4.55	14.55	19.54	4.86	2.23	0.97	1.01	0.36	7.01
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil			0.64	0.61						0.15	0.17	0.40	0.21	0.14	1.01	0.20	0.11	0.05	0.25	
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche épineuse (Durance)	4.18	0.35	0.45	0.82		0.09	2.15	0.09	0.35	0.89	0.31	0.74	7.43	2.19	1.81	0.12	0.13	0.08	0.51	1.48
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	14.84	17.18	30.64	25.97	53.26	6.76	18.21	1.36	40.31	24.03	1.22	0.15	1.26	1.87	10.59	29.59	3.47	1.87	5.68	6.28
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	33.13	10.83	38.48	31.07	35.21	6.55	26.72	2.41	23.78	23.70	6.61	5.27	9.56	4.31	7.47	4.68	7.06	1.53	0.55	5.17
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	14.41	7.38	25.18	13.09	18.10	3.53	7.11	4.47	12.29	12.06	4.38	2.07	0.38	0.29	1.83	3.10	0.25	0.95	1.39	1.61
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon		0.10	1.32	0.20			8.12	1.06	24.93	3.98	8.75	3.95	37.21	9.21	15.51	9.62	2.16	2.20	4.90	10.32
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	12.44	2.15	1.72	1.99	5.35	3.31	1.85	1.02	1.70	3.42	0.68	0.23	6.42	1.38	0.21		0.18	0.31		1.04
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	0.89	1.50	0.66	0.84	0.56		1.40	0.05	0.48	0.69			1.00		1.59		0.16	0.04	0.35	0.34
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	0.33	0.55	0.43		0.68				0.05	0.23			4.91				0.11			0.55
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	1.07		0.11		0.06	0.36	0.21		0.13	0.20										
	<i>Rhodeus sericeus</i>	Bouvière			0.95							0.11										
	<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté						0.70	0.10			0.08										
	<i>Abramis brama</i>	Brème commune		0.78								0.07										
	<i>Telestes souffia</i>	Blageon		0.78								0.07		0.04								0.00
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon					0.47					0.06			0.26	0.46				0.16		0.10
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière						0.48				0.05										
	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	Toxostome		0.18	0.05		0.11		0.13			0.05			3.41	1.52	0.50	0.31	0.32			0.67
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora			0.32							0.04	0.17						0.23	0.12		0.06
	<i>Tinca tinca</i>	Tanche						0.23				0.02							0.11			0.01
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise							0.20			0.02											
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle					0.06					0.01											
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet								0.07	0.01											
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	2.00				0.37	0.23			0.07	0.28		0.57	1.75		0.59	0.20	0.82	0.14	0.45	
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre		0.08							0.12											
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille						0.48			0.14	0.07	0.51	0.06	0.43				0.08		0.12	
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Truite commune					0.06	0.04				0.01		0.04	0.05				0.35		0.05	
Effectifs totaux moyens			95	64	175	87	117	25	86	11	141	91	40	19	90	42	46	51	16	9	14	36
Richesse spécifique			10	13	14	9	13	13	12	8	15	28	11	13	16	11	12	10	15	13	8	19

Annexe 6 - Abondances relatives moyennes par année des espèces capturées sur les stations de Cadenet et Cheval Blanc.

			Cadenet									Cheval Blanc										
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2003-2011	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2003-2011
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille									0.05	0.01	4.15	4.92	0.89	3.17	0.38	1.60			0.51	1.78
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Loche franche	12.23	34.98	42.47	14.41	2.14	10.56	22.90	3.75	25.05	22.46	38.34	23.93	16.23	46.24	10.53	4.38	5.93	11.88	2.62	19.40
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil			0.37	0.70						0.17	0.43	2.09	0.23	0.34	2.18	0.38	0.69	0.53		0.70
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i>	Loche épineuse (Durance)	4.40	0.54	0.26	0.94		0.34	2.51	0.81	0.25	0.98	0.78	3.90	8.29	5.19	3.92	0.24	0.80	0.93	3.68	4.08
Cyprinidae	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	Spirilin	15.64	26.70	17.46	29.80	45.61	26.56	21.20	12.49	28.67	26.45	3.07	0.80	1.41	4.43	22.95	58.19	21.15	21.90	41.17	17.37
	<i>Squalius cephalus</i>	Chevaïne	34.91	16.82	21.93	35.66	30.15	25.72	31.12	22.17	16.91	26.09	16.67	27.71	10.67	10.20	16.19	9.21	42.93	17.89	3.99	14.31
	<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	15.19	11.47	14.35	15.02	15.50	13.88	8.28	41.19	8.74	13.28	11.04	10.87	0.42	0.69	3.96	6.09	1.53	11.16	10.04	4.46
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Vairon		0.16	0.75	0.22			9.45	9.74	17.73	4.38	22.06	20.77	41.52	21.78	33.62	18.92	13.13	25.78	35.48	28.54
	<i>Gobio gobio</i>	Goujon	13.11	3.34	0.98	2.29	4.58	13.00	2.15	9.42	1.21	3.76	1.73	1.23	7.17	3.27	0.45		1.10	3.63		2.88
	<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	0.94	2.33	0.38	0.97	0.48		1.63	0.43	0.34	0.76			1.11		3.45		0.98	0.45	2.51	0.94
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Hotu	0.35	0.85	0.24		0.58				0.04	0.25			5.48				0.69			1.51
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	1.13		0.06		0.05	1.43	0.24		0.09	0.22										
	<i>Rhodeus sericeus</i>	Bouvière			0.54							0.12										
	<i>Carassius gibelio</i>	Carassin argenté						2.75	0.12			0.09										
	<i>Abramis brama</i>	Brème commune		1.21								0.08										
	<i>Telestes souffia</i>	Blageon		1.21								0.08		0.22								0.01
	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon					0.41					0.07			0.29	1.09				1.86		0.28
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Brème bordelière						1.87				0.06										
	<i>Parachondrostoma toxostoma</i>	Toxostome		0.28	0.03		0.09		0.16			0.06			3.80	3.60	1.09	0.61	1.92			1.86
	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora			0.18							0.04	0.43						1.38	1.46		0.16
	<i>Tinca tinca</i>	Tanche						0.92				0.03							0.69			0.03
	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Vandoise							0.24			0.02										
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle					0.05					0.01											
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Brochet								0.05	0.01											
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Perche commune	2.10				0.32	0.92			0.05	0.31		3.00	1.95		1.27	0.38	4.97	1.59	1.23	
	<i>Sander lucioperca</i>	Sandre		0.13							0.70	0.13										
	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille						1.88			0.10	0.07	1.29	0.34	0.48				0.93		0.32	
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Truite commune					0.05	0.17				0.01		0.21	0.06				2.11		0.13	
Richesse spécifique			10	13	14	9	13	13	12	8	15	28	11	13	16	11	12	10	15	13	8	19

Annexe 7 - Comparaison des stations pour les campagnes 2004-2011 de la moyenne des hydrosignatures moyennes (A & C) et de la moyenne des hydrosignatures totales (pondérations des ambiances par leur surface pour chaque campagne) par 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).



Irstea – centre de Aix en Provence
Unité Hydrobiologie
3275 Route de Cézanne
CS 40061
13182 AIX EN PROVENCE CEDEX 1
tél. +33 (0)442669972
fax +33 (0)442669934
www.irstea.fr

