



HAL
open science

Contribution à la connaissance hydrobiologique des milieux aquatiques présents au sein du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire

B. Dumont, A. Morel, C. Lanoiselée, L. Mazzella, Christine Argillier, S. Conan, Antoine Ney

► To cite this version:

B. Dumont, A. Morel, C. Lanoiselée, L. Mazzella, Christine Argillier, et al.. Contribution à la connaissance hydrobiologique des milieux aquatiques présents au sein du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire. irstea. 2011, pp.188. hal-02602037

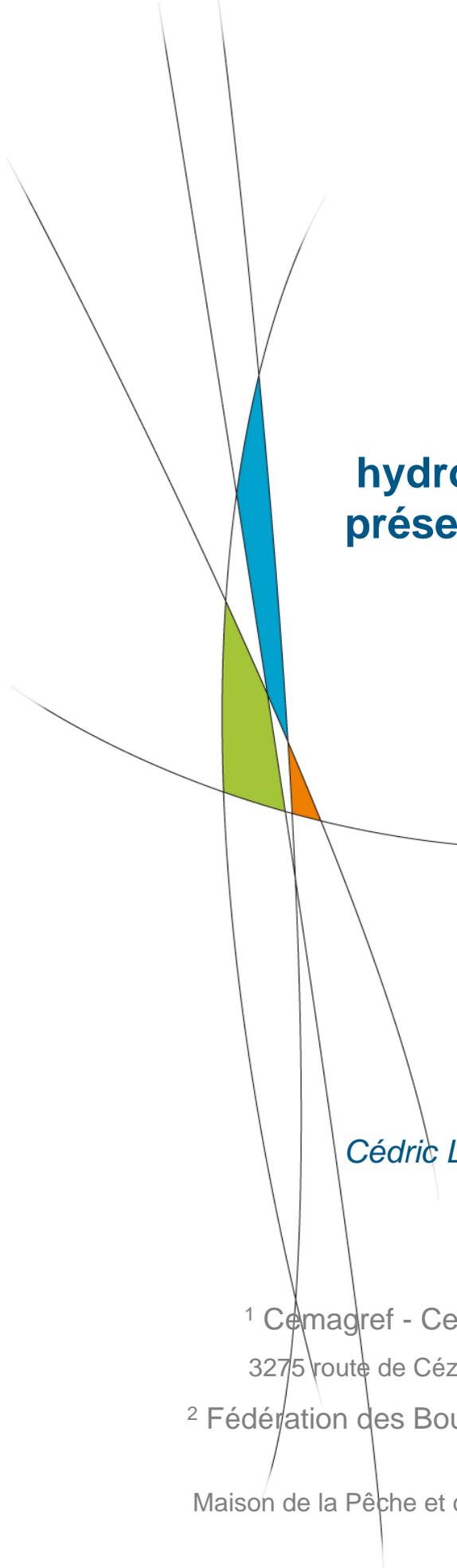
HAL Id: hal-02602037

<https://hal.inrae.fr/hal-02602037v1>

Submitted on 16 May 2020

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.



Contribution à la connaissance hydrobiologique des milieux aquatiques présents au sein du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire

Version finale

Novembre 2011

*Bernard Dumont¹, Adrien Morel¹,
Cédric Lanoiselée¹, Lionel Mazzella¹, Christine Argillier¹,
Sébastien Conan², Aurore Ney².*

¹ Cemagref - Centre d'Aix-en-Provence – U.R. Hydrobiologie
3275 route de Cézanne – CS 40061 – 13182 Aix-en-Provence cedex 5

² Fédération des Bouches-du-Rhône pour la Pêche et la Protection du
Milieu Aquatique

Maison de la Pêche et de l'Eau - 8, Parc d'activités Bonpertuis - Rue d'Arménie -
13120 GARDANNE

Table des matières

Table des matières.....	2
Table des illustrations.....	4
A. Introduction générale.....	8
B. Etude des populations piscicoles lacustres.....	10
B.1. Contexte et objectifs de l'étude.....	10
B.2. Cadre méthodologique.....	10
B.2.1. Protocole d'échantillonnage.....	11
B.2.2. Efforts de pêche.....	12
B.3. Résultats.....	14
B.3.1. Pêche sur la retenue de Bimont.....	14
B.3.1.1. Conditions de réalisation des pêches.....	14
B.3.1.2. Bilan des captures.....	14
B.3.1.3. Distribution en classes de taille des espèces les plus abondantes.....	15
B.3.2. Pêche sur la retenue de Zola.....	18
B.3.2.1. Conditions de réalisation des pêches.....	18
B.3.2.2. Bilan des captures.....	18
B.3.2.3. Distribution en classes de taille des espèces les plus abondantes.....	19
B.3.3. Bilan global des captures.....	21
B.4. Conclusion.....	22
C. Etude des populations de macro-invertébrés lacustres.....	24
C.1. Contexte et objectifs de l'étude.....	24
C.2. Cadre méthodologique.....	24
C.2.1. Stratégie d'échantillonnage.....	24
C.2.2. Phase de laboratoire.....	26
C.3. Résultats.....	27
C.3.1.1. Composition faunistique de la retenue de Zola.....	27
C.3.1.2. Occurrence, richesse et répartition des taxons.....	27
C.3.1.3. Perspectives sur le lac de Bimont.....	29
C.3.1.4. Comparaison du fond faunistique lacustre avec celui des rivières du site.....	29
C.4. Conclusion.....	31
D. Etude des populations d'insectes aquatiques des rivières.....	32
D.1. Introduction.....	32
D.2. Contextes.....	33
D.3. Cadre méthodologique.....	34
D.3.1. Hydromorphologie.....	34
D.3.1.1. Présentation des cours d'eau étudiés.....	34
D.3.1.2. Eléments de typologie physique.....	35
D.3.2. Régimes thermiques et hydrologiques.....	37
D.3.3. Etude des peuplements d'insectes aquatiques.....	39
D.3.3.1. Considérations taxonomiques.....	39
D.3.3.2. Echantillonnage des insectes aquatiques.....	39
D.3.3.2.1. Prélèvements qualitatifs.....	39
D.3.3.2.2. Prélèvements normalisés.....	42
D.3.3.3. Détermination des insectes aquatiques.....	43
D.4. Résultats.....	44
D.4.1. Hydromorphologie.....	44
D.4.2. Régimes thermiques et hydrologiques.....	45
D.4.2.1. Régimes thermiques.....	45
D.4.2.2. Régimes hydrologiques.....	50
D.4.2.3. Relations températures – hauteurs d'eau.....	56
D.4.3. Les peuplements d'insectes aquatiques.....	61
D.4.3.1. Prélèvements qualitatifs.....	61
D.4.3.1.1. Inventaire générique.....	61
D.4.3.1.1.1. Relation entre efforts d'échantillonnage et richesses taxonomiques.....	61
D.4.3.1.1.2. Analyse des valeurs de richesses taxonomiques.....	63
D.4.3.1.1.3. Composition taxonomique des peuplements.....	70
D.4.3.1.1.4. Similitude de composition des peuplements entre les tronçons d'étude.....	73
D.4.3.1.1.5. Approche fonctionnelle.....	76

D.4.3.1.2.	Inventaire spécifique	85
D.4.3.1.2.1.	Relation entre efforts d'échantillonnage et richesses spécifiques	85
D.4.3.1.2.2.	Composition spécifique des peuplements	86
D.4.3.1.2.3.	Référence aux concepts de biocénotypes	89
D.4.3.1.2.4.	Comparaison avec l'inventaire de l'OPIE benthos	94
D.4.3.2.	Prélèvements normalisés	96
D.5.	Conclusion	99
E.	Etude des populations piscicoles et astacicoles des rivières	106
E.1.	Etude piscicole des rivières du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire	106
E.1.1.	Protocoles d'échantillonnage	106
E.1.1.1.	Pêche complète à l'électricité « normalisée »	106
E.1.1.1.1.	Choix des stations et de la période d'intervention	106
E.1.1.1.2.	Matériel utilisé	107
E.1.1.1.3.	Moyens humains	107
E.1.1.1.4.	Mise en œuvre	107
E.1.1.2.	Pêche complète à l'électricité « protocole adapté »	108
E.1.2.	Résultats	110
E.1.2.1.	L'Abéou	110
E.1.2.1.1.	Eléments d'explication	111
E.1.2.1.2.	Recommandations de gestion	112
E.1.2.2.	Le Réal et ses affluents	113
E.1.2.2.1.	Cours principal du Réal	114
E.1.2.2.2.	Cas du chabot, du barbeau méridional et du blageon	114
E.1.2.2.3.	Les affluents du Réal	115
E.1.2.2.4.	Conclusion	115
E.1.2.2.5.	Recommandations de gestion	115
E.1.2.3.	Le Grand-Vallat	116
E.1.2.4.	La Cause	116
E.1.2.4.1.	Secteur amont	117
E.1.2.4.2.	Secteur intermédiaire	117
E.1.2.4.3.	Secteur aval	118
E.1.2.4.4.	Recommandations de gestion	119
E.1.2.5.	Le Bayeux et son affluent : le ruisseau de Roques-Hautes	119
E.1.2.5.1.	Recommandations de gestion	121
E.1.3.	Conclusions de l'étude piscicole des rivières	121
E.2.	Etude astacicole des rivières du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire	122
E.2.1.	Contexte et objectifs de l'étude	122
E.2.2.	Protocoles d'échantillonnage	122
E.2.2.1.	La pêche à l'électricité	122
E.2.2.2.	Le piégeage	123
E.2.2.3.	Les prospections nocturnes	126
E.2.2.4.	Méthode utilisée lors des opérations de "capture-marquage-recapture"	129
E.2.3.	Résultats	132
E.2.3.1.	Cas du Bayeux et de Roques-Hautes	134
E.2.3.1.1.	Contexte et objectifs de l'étude	134
E.2.3.1.2.	Austropotamobius pallipes sur Roques-Hautes	136
E.2.3.1.2.1.	Recommandations de gestion	137
E.2.3.1.3.	Austropotamobius pallipes sur le Bayeux	138
E.2.3.1.3.1.	Recommandations de gestion	140
F.	Recommandations de suivi et de gestion	141
F.1.	Principes théoriques des recommandations de gestion	141
F.2.	Localisation des recommandations de gestion	146
	<u>Annexes</u>	152
	<u>Glossaire</u>	182

Table des illustrations

■ Tableaux

Tableau 1 : Dates des campagnes de pêches aux filets	12
Tableau 2 : Caractéristiques des plans d'eau échantillonnés	12
Tableau 3 : Bilan des captures sur la retenue de Bimont.	15
Tableau 4 : Bilan des captures sur la retenue de Zola.	18
Tableau 5 : Bilans des captures	21
Tableau 6 : Bilan des captures en CPUE.....	21
Tableau 7 : CPUE (nb d'individus/1000m ² .h) et CPUEm (g/m ² .h) par espèce et par site.....	23
Tableau 8 : Liste faunistique qualitative des macro-invertébrés identifiés en zone littorale de la retenue de Zola	28
Tableau 9 : Caractéristiques générales des sous bassins-versants présents dans le territoire d'action du GSSV. .	35
Tableau 10: Gestion des 26 enregistreurs thermiques et multi-paramètres équipant les cours d'eau étudiés.....	37
Tableau 11 : Exemple de distribution des classes d'abondance théoriques (de 1 à 3) au sein des dix biocénotypes, des valeurs de préférendum écologique (tp) et d'amplitude typologique (ta) des espèces de l'ordre des plécoptères recensées dans les rivières du territoire d'action du GSSV.	89
Tableau 12 : Comparaison entre la liste spécifique établie dans cette étude et les inventaires gérés par l'OPIE-benthos.	95
Tableau 13 : Principaux résultats des campagnes IBGN réalisées par la DREAL PACA sur le Réal de Jouques dans le cadre du RCS.	96
Tableau 14: Présentation des taxons indicateurs, des groupes faunistiques indicateurs (GFI), des variétés observées en EPT, des classes de variété correspondantes et des notes IBGN minimales observées (/20) pour chaque tronçon d'étude.....	98
Tableau 15 : Récapitulatif des pêches électriques sur l'Abéou.	111
Tableau 16 : Récapitulatif des pêches électriques sur le Réal et ses affluents.	113
Tableau 17 : Récapitulatif des pêches électriques sur la Cause.	116
Tableau 18 : Récapitulatif des pêches électriques sur Bayeux et Roques-Hautes.....	119
Tableau 19 : Récapitulatif des pêches électriques sur l'ensemble du site	123
Tableau 20 : Récapitulatif des stations de piégeage.....	125
Tableau 21 : Récapitulatifs de stations prospectées de nuit	128
Tableau 22 : Correspondance entre les classes d'abondance et la densité d'individu à l'hectare.	131
Tableau 23 : Récapitulatif des contacts d'écrevisses sur les cours d'eau du territoire d'action du GSSV.....	132
Tableau 24 : Récapitulatif des stations échantillonnées sur le Bayeux et Roques-Hautes.	135
Tableau 25 : Présentation des effectifs capturés et re-capturés sur Roques-Hautes en 2010.	136
Tableau 26 : Lien entre la taille et l'âge de l'écrevisse à pattes blanches en Lozère et en Corse.....	137
Tableau 27 : Présentation des effectifs capturés et re-capturés sur le Bayeux amont en 2010.....	138

■ Figures

Figure 1 : Représentation d'un filet benthique en action de pêche	11
Figure 2 : Distribution des captures en effectif et en biomasse.....	15
Figure 3 : Distribution en classe de taille des gardons capturés.....	16
Figure 4 : Distribution en classes de taille des ablettes capturées.....	17
Figure 5 : Distribution en classes de taille des brèmes communes.....	17
Figure 6 : Distribution des captures en effectif et en biomasse.....	19
Figure 7 : Distribution en classe de taille des gardons capturés.....	20
Figure 8 : Distribution en classes de taille des rotengles capturés.....	20
Figure 9 : L'Abéou (Abéou 5) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en amont de St-Paul-lès-Durance, et valeurs de débits jaugés (en l/s).	50
Figure 10 : Le Réal de Jouques (Réal 3) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en amont de Jouques, et valeurs de débits jaugés (en l/s).	51
Figure 11 : Le Bayeux (Bayeux 5) ; Histogramme des valeurs de débits jaugés (en l/s) en aval du village de Beaurecueil.	52
Figure 12 : Détail des fluctuations quotidiennes de la température et du débit sur le Bayeux en aval de la confluence de Roques-Hautes.....	53
Figure 13 : La Cause amont (Cause 2) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en amont de la retenue de Bimont, et valeurs de débits jaugés (en l/s).	54

Figure 14 : La Cause aval (Cause 7) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en aval de la retenue de Zola, et valeurs de débits jaugés (en L/s).....	55
Figure 15 : L'Abéou (Abéou 5) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).	56
Figure 16 : Le Réal de Jouques (Réal 3) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).....	57
Figure 17 : Le Bayeux (Bayeux 5) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).	58
Figure 18 : La Cause amont (Cause 2) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).	59
Figure 19 : La Cause aval (Cause 7) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).	60
Figure 20 : Exemple de courbes d'accumulation du nombre de taxons suivant les campagnes réalisées sur certains tronçons d'étude parmi les plus échantillonnés.	62
Figure 21 : Richesses taxonomiques des sous bassins-versants étudiés pour les trois ordres d'insectes : plécoptères, éphéméroptères, trichoptères.....	63
Figure 22 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres plécoptères, éphéméroptères, trichoptères par rivière et par tronçons (classés de l'amont vers l'aval).....	66
Figure 23 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements du Bayeux et de Roques-Hautes par tronçon d'étude.	67
Figure 24 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements de la Cause et de l'Infernet par tronçon d'étude.	68
Figure 25 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements de l'Abéou par tronçon d'étude.....	69
Figure 26: Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements du Réal de Jouques par tronçon d'étude.....	69
Figure 27 : Dendrogramme des peuplements d'insectes aquatiques prélevés dans les tronçons d'étude en fonction des valeurs de distance de Jaccard.	74
Figure 28 : Occurrence des modalités du traits source de nourriture pour les peuplements du Bayeux et de Roques-Hautes.	77
Figure 29 : Occurrence des modalités du trait de saprophilie pour les peuplements du Bayeux et de Roques-Hautes.	77
Figure 30 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements de la Cause..	78
Figure 31 : Occurrence des modalités du trait de rhéophilie pour les peuplements de la Cause.	78
Figure 32 : Occurrence des modalités du trait comportement de construction pour les peuplements de la Cause	79
Figure 33 : Occurrence des modalités du trait de saprophilie pour les peuplements de la Cause.....	80
Figure 34 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements de l'Infernet.	80
Figure 35 : Occurrence des modalités du trait de saprophilie pour les peuplements de l'Infernet.....	81
Figure 36 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements de l'Abéou...	81
Figure 37 : Occurrence des modalités du trait de rhéophilie pour les peuplements de l'Abéou.	82
Figure 38 : Occurrence des modalités du trait comportement de construction pour les peuplements de l'Abéou..	82
Figure 39 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements du Réal.....	83
Figure 40 : Occurrence des modalités du trait de rhéophilie pour les peuplements du Réal.	84
Figure 41 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude du Bayeux et de Roques-Hautes.....	90
Figure 42 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude de la Cause et de l'Infernet.....	91
Figure 43 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude de l'Abéou.....	92
Figure 44 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude du Réal de Jouques.....	93
Figure 45 : Répartition des effectifs d'écrevisses à pattes blanches sur Roques-Hautes.....	136
Figure 46 : Répartition des effectifs d'écrevisses par classes de taille en 2010.....	139

▪ Cartes

Carte 1 : Localisation des filets posés sur la retenue de Bimont	13
Carte 2 : Localisation des filets posés sur la retenue de Zola.....	13
Carte 3 : Localisation des 15 points de prélèvements des macro-invertébrés réalisés en zone littorale de la retenue de Zola.....	26
Carte 4 : Localisation des cours d'eau étudiés, contours des sous bassins-versants et périmètre d'action du GSSV.....	34
Carte 5 : Localisation des 26 enregistreurs thermiques et sondes multi-paramètres.....	38
Carte 6 : Localisation des 138 zones de prélèvements qualitatifs, regroupées par la suite en tronçons d'étude... ..	40
Carte 7 : Localisation et noms des 41 tronçons d'étude.....	41
Carte 8 : Classes de richesses taxonomiques pour les trois ordres d'insectes étudiés pour chaque tronçon.....	64
Carte 9 : Localisation des stations prospectées pour l'inventaire piscicole par pêche à l'électricité.....	109
Carte 10 : Localisation des stations de prélèvements sur la partie aval de l'Abéou.....	111
Carte 11 : Localisation des stations de prélèvements sur le Réal et ses affluents.....	113
Carte 12 : Localisation des stations de prélèvements sur la Cause.....	117
Carte 13 : Localisation des stations de prélèvements sur le Bayeux et le ruisseau de Roques-Hautes.....	120
Carte 14 : Localisation des stations de piégeage des écrevisses.....	126
Carte 15 : Localisation des stations prospectées de nuit.....	129
Carte 16 : Localisation des présences avérées des différentes espèces d'écrevisse dans le territoire d'action du GSSV.....	133
Carte 17 : Localisation des stations échantillonnées sur le Bayeux et sur le ruisseau de Roques-Hautes.....	135

▪ Photographies

Photographie 1 : Relève d'un filet benthique (12 septembre 2007).....	14
Photographie 2 : Relève d'un filet benthique le 27 août 2009.....	18
Photographie 3 : Filet Haveneau.....	25
Photographie 4 : Photographie représentant l'importance du marnage au niveau de la queue de la retenue de Bimont.....	29
Photographie 5 : Illustrations des deux protocoles de pêche à l'électricité.....	108
Photographie 6 : Exemple de pose d'un piège à écrevisse.....	124
Photographie 7 : Prospection nocturne sur le Bayeux.....	127
Photographie 8 : Illustration d'un atelier durant une opération de capture-marquage-recapture (photo de gauche) et d'écrevisses marquées avant relâche (photo de droite).....	131
Photographie 9 : Écrevisses capturées sur le Bayeux (auteur : Aurore NEY).....	139

A. Introduction générale

L'objectif général de ce projet est le recueil d'informations qualitatives et quantitatives sur les peuplements de poissons, de crustacés et d'invertébrés des milieux aquatiques permanents et temporaires du Massif de Sainte-Victoire.

Ces inventaires sont destinés à dresser un état des lieux en vue du suivi de l'analyse de l'impact des conditions environnementales et en particulier des variations des conditions climatiques sur la biodiversité taxinomique et la structure fonctionnelle des communautés.

Ce projet est piloté par le Grand Site Sainte-Victoire (dénommé ci-après GSSV), opérateur du Document d'Objectif Natura 2000 « Sainte-Victoire – Massifs de Concors».

Créé en août 2000, Le Grand Site Sainte-Victoire, labellisé « Grand Site de France » par le ministère de l'Environnement, est un Syndicat Mixte Départemental qui intervient sur un territoire de près de 34 500 hectares dont 6 525 sont en site classé. Situé entre la vallée de la Durance au nord et la vallée de l'Arc au sud, il jouxte le département du Var à l'est et inclut, à l'ouest, une partie de la commune d'Aix-en-Provence. Le projet territorial autour duquel se sont rassemblés le Département des Bouches-du-Rhône, les 14 communes représentées par la Communauté du Pays d'Aix et la Région Provence Alpes Côte d'Azur concerne « la mise en valeur et la protection du milieu naturel et culturel »¹.

Ce projet associe :

- le Cemagref d'Aix-en-Provence, qui conduit des recherches sur les objectifs de gestion écologique de cours d'eau temporaires et permanents méditerranéens, et sur le fonctionnement des systèmes lacustres, et,
- la Fédération des Bouches-du-Rhône pour la Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques.

Ce rapport est structuré autour de cinq principaux chapitres :

- L'étude des communautés piscicoles lacustres (Cemagref, UR Hydrobiologie, équipe écosystèmes lacustres),
- L'étude des peuplements de macro-invertébrés lacustres (Cemagref, UR Hydrobiologie, équipe écosystèmes lacustres),
- L'étude des communautés piscicoles des cours d'eau (Fédération des Bouches-du-Rhône pour la Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques),
- L'étude des peuplements d'insectes aquatiques des rivières (Cemagref, UR Hydrobiologie, équipe écosystèmes d'eau courante),
- Des recommandations de suivi et de gestion.

¹ www.grandsitesaintevictoire.com

B. Etude des populations piscicoles lacustres

B.1. Contexte et objectifs de l'étude

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (publiée en 2000) fixe l'atteinte d'un bon état de toutes les masses d'eau d'ici 2015 ce qui, d'un point de vue scientifique, se traduit par un défi en terme de développement d'outils de diagnostic capables de caractériser et de quantifier la dégradation des milieux aquatiques. Les assemblages de poissons (les espèces présentes, leur abondance respective) présents dans un lac ou une rivière reflètent les conditions naturelles du milieu mais sont aussi sensibles aux perturbations induites par l'action de l'homme ; c'est la raison pour laquelle l'ichtyofaune a été incluse dans les processus d'évaluation de l'état des milieux prévus par le DCE.

L'équipe Ecosystèmes Lacustres du Cemagref implantée à Aix en Provence, travaille sur le développement d'un indice poisson capable de rendre compte de l'état des plans d'eau naturels et artificiels. C'est dans le cadre de ces travaux et en collaboration avec la Société du Canal de Provence (propriétaire des lieux), l'Association Agrée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) du pays d'Aix et du Val de Durance (détenteur des droits de pêche) et le Grand Site Sainte Victoire (GSSV) que des pêches scientifiques ont été réalisées sur les retenues de Bimont en 2008 et de Zola en 2009.

B.2. Cadre méthodologique

La méthode d'échantillonnage piscicole retenue pour pêcher les deux plans d'eau étudiés est celle décrite dans la norme européenne EN 14757 (C.E.N. 2005)². En effet, les pêches électriques, limitées aux bordures, ne permettent pas l'obtention d'une image fidèle de la communauté. Cette méthode européenne est adaptée de la technique d'échantillonnage utilisée dans les pays scandinaves pour surveiller les effets de l'acidification sur les écosystèmes lacustres.

Cette méthode repose sur l'utilisation de filets maillants multi-mailles. Le plan d'échantillonnage est de type aléatoire et stratifié. Les strates sont définies en fonction de la bathymétrie, de façon à couvrir la totalité des parties potentiellement colonisables par les poissons.

Le choix de cette méthode a été guidé par les considérations suivantes :

- c'est la seule méthode standardisée,
- elle est utilisée en France et dans divers pays ce qui permet de comparer les résultats obtenus sur divers sites,
- ayant été conçue pour une utilisation en réseau, cette méthode a un coût de revient modéré.

Les filets utilisés pour cette méthode capturent de nuit le poisson qui se déplace. Cette méthode présente donc l'inconvénient de figurer dans les méthodes d'échantillonnage dit « passif ». Elle sous-estime certaines espèces de prédateurs ayant un comportement

² C.E.N. : *Qualité de l'eau. - Echantillonnage des poissons à l'aide de filets maillants* (NF EN 14757): 29 - 2005.

typique d'affût (le brochet *Esox lucius* par exemple), ainsi que les formes juvéniles, les alevins de l'année. Elle sous-estime également les populations d'anguilles, de part la nature de leur morphologie.

B.2.1. Protocole d'échantillonnage

Les zones benthiques et littorales des plans d'eau ont été prospectées à l'aide de filets benthiques de type araignées multi-maillages (Figure 1).

Notons que, contrairement à ce qui est prévu par le protocole standardisé, aucun filet pélagique n'a été posé sur le barrage de Bimont dont la profondeur assez importante le nécessitait. Cela résulte d'une impossibilité technique liée à la contrainte d'usage du moteur électrique.

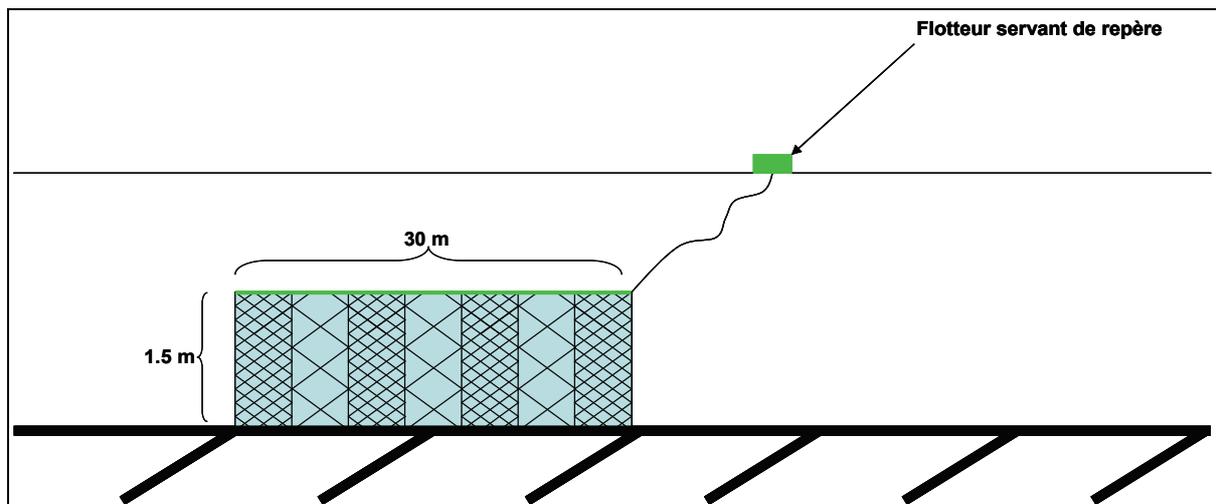


Figure 1 : Représentation d'un filet benthique en action de pêche

Chaque filet comporte des mailles de 12 dimensions différentes, comprises entre 5 mm et 55 mm (nœud à nœud). Les mailles sont définies selon une série géométrique et le rapport entre les différentes dimensions de mailles est d'environ 1,25. Tous les filets maillants présentent le même ordre de panneaux de mailles. Cette combinaison de mailles est celle dont la sélectivité s'est avérée la plus régulière sur l'ensemble de la gamme classique de tailles des espèces communes^{3,4}. Les nappes sont en nylon mono filament incolore. Chaque filet présente une longueur de 30 m et une hauteur de 1,5 m. Les nappes mesurent 2,5 m de long pour chacune des mailles et sont montées entre une ralingue flottante (30 m de long) et une ralingue plombée (33 m de long). Le diamètre du nylon varie de 0,10 mm pour les mailles d'une dimension de 5 mm à 0,23 mm pour les mailles de 55 mm. Le facteur de chute est de 0,5. La disposition des filets dans les lacs a été déterminée, dans la mesure du possible, de manière aléatoire.

Les individus capturés ont été, après démaillage à terre, identifiés et biométrés (mesures de la longueur totale et du poids individuel).

³ Appelberg, M., H. M. Berger, et al.: *Development and intercalibration of methods in nordic freshwater fish monitoring*. Water, Air and Soil Pollution 85: 401-406 - 1995

⁴ Appelberg, M. : *Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets*. Drottningholm (Sweden), Institute of freshwater research: 28 - 2000

Le poisson a été remis à l'eau quand cela était possible (poisson en bon état et n'appartenant pas à des espèces "nuisibles" pouvant créer des déséquilibres écologiques) et le poisson mort est parti à l'équarrissage.

La définition des efforts de pêche permet de calculer des captures par unité d'effort. L'utilisation des CPUE permet de pondérer les résultats bruts des pêches. L'hypothèse sous-jacente, tant que le filet n'est pas saturé, est que les captures sont proportionnelles à la surface de l'engin et à son temps de pose. Les unités communément utilisées pour les filets maillants sont le nombre d'individus capturés pour 1000 m².h (1000 x CPUE unitaire) et la biomasse pour 1 m².h (CPUE massique). L'effort est mesuré par le nombre d'unités d'effort de pêche ou UEP.

L'utilisation de ces CPUE (numérique ou massique) nous permet donc de comparer la densité de poissons entre les sites.

B.2.2. Efforts de pêche

Les campagnes ont été réalisées en période estivale (Tableau 1). Ce choix était conditionné par la température de l'eau, les traits d'histoire de vie des espèces qui influent sur leur mobilité et donc leur capturabilité et les contraintes liées à la gestion hydraulique des sites.

Tableau 1: Dates des campagnes de pêches aux filets

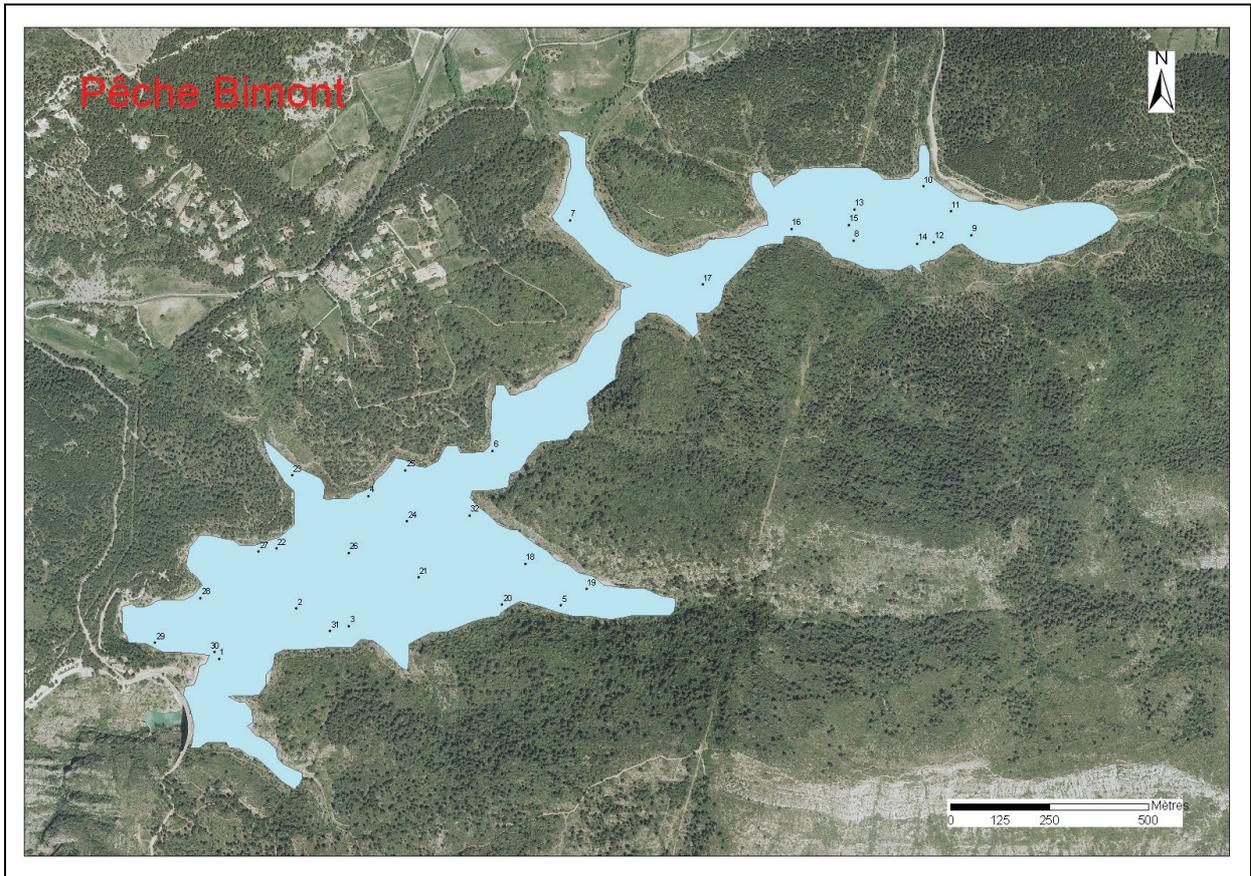
Retenue	Dates	Personnes rencontrées sur site
Bimont	10/09/2008 au 14/09/2008	<ul style="list-style-type: none"> ▪ M. Gérard Meytre, Président de l'AAPPMA ▪ Les agents du GSSV ▪ M. Philippe Maigne, Directeur du GSSV ▪ M. Reynald Béteille, chef de CREU, SCP
Zola	26/08/2009 au 28/08/2009	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les agents responsables de la sécurité du GSSV ▪ Les agents du GSSV ▪ Les gendarmes

L'effort de pêche selon la norme EN 14757 (C.E.N. 2005) est défini par la surface et la profondeur du plan d'eau. Dans le Tableau 2, sont présentés les principales caractéristiques physiques des 2 plans d'eau échantillonnés, le nombre de filets posés et les efforts de pêche appliqués.

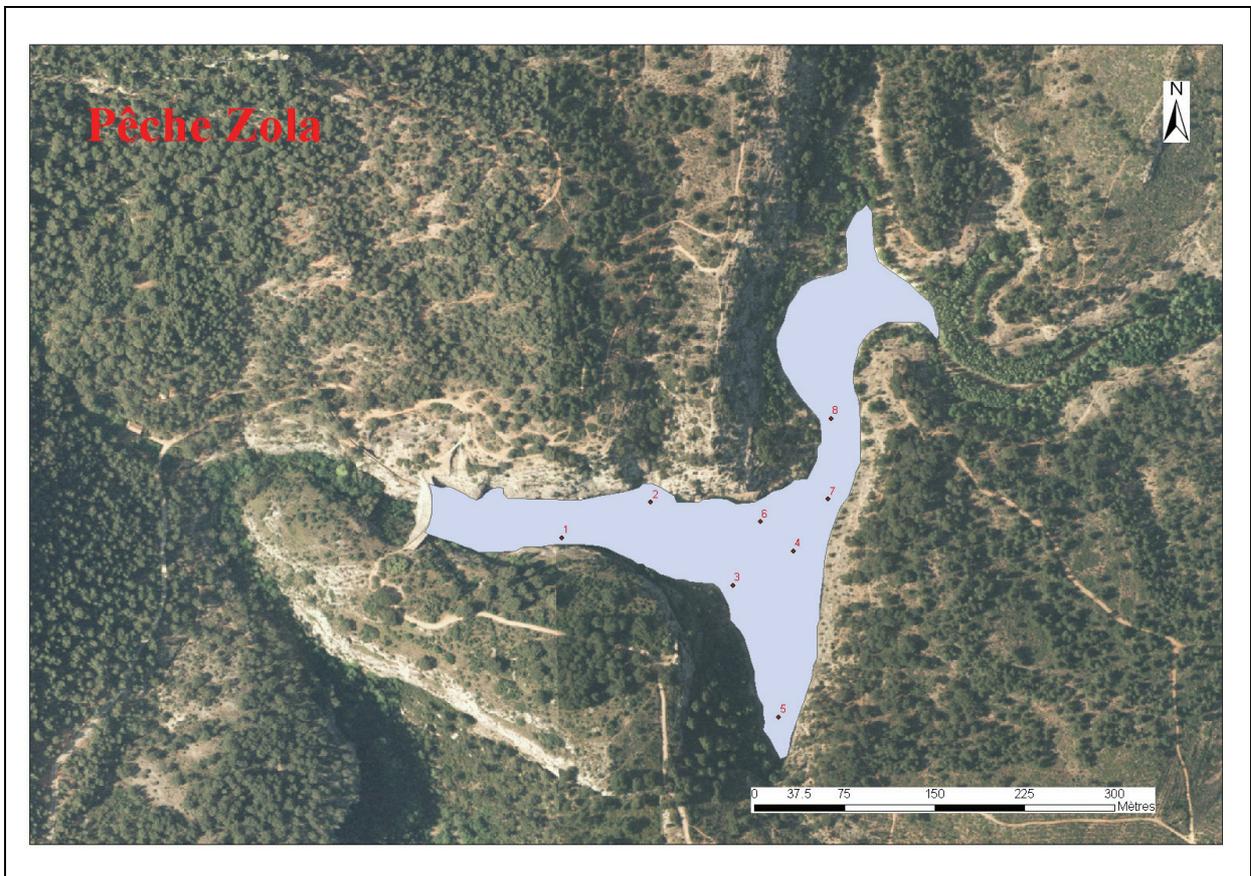
Tableau 2 : Caractéristiques des plans d'eau échantillonnés

	Surface (ha)	Profondeur max (m)	Nombre de filets benthiques posés	Effort de pêche (m².h)
Retenue de Bimont	73	55	32	18415,5
Retenue de Zola	3,9	3	8	5285,25

Les filets, tendus de manière aléatoire, ont été répartis sur l'ensemble de la surface des plans d'eau. Le positionnement de ces filets est représenté sur les figures suivantes (Carte 1 et Carte 2).



Carte 1 : Localisation des filets posés sur la retenue de Bimont



Carte 2 : Localisation des filets posés sur la retenue de Zola

B.3. Résultats

B.3.1. Pêche sur la retenue de Bimont

B.3.1.1. Conditions de réalisation des pêches

Lors de l'échantillonnage, la retenue était largement en dessous de sa côte normale, comme le montre la Photographie 1. Les conditions météorologiques étaient alors ensoleillées, un faible vent a été observé sur le site durant la pêche.



Photographie 1 : Relève d'un filet benthique (12 septembre 2007)

B.3.1.2. Bilan des captures

Lors de la campagne de pêche sur le plan d'eau de Bimont, 32 filets benthiques ont été tendus. Ces filets représentent un effort de pêche de 18415,5 m².h (Tableau 2). Grâce à cet effort de pêche, comme présenté dans le Tableau 6, 614 individus ont été capturés pour un poids total de 28,036 kg.

Neuf espèces ont été capturées, des carpes communes ont été observées durant les pêches portant à 10 la richesse spécifique.

Le peuplement de la retenue de Bimont est dominé en effectif par les cyprinidés (gardon, ablette et brème commune) qui représentent environ 70% des individus capturés (Tableau 3). Cependant, les percidés (perche, sandre, grémille) représentent presque 40% de la biomasse pêchée pour un peu plus de 20 % de l'effectif (Figure 2).

Tableau 3 : Bilan des captures sur la retenue de Bimont (A.R. : abondance relative).

Nom latin	Nom commun	Nombre d'individus	Poids (kg)	Poids moyen d'un individu (g)	A.R. numérique (%)	A.R. pondéral (%)
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	224	7,5	34	36,5	26,9
<i>Alburnus alburnus</i>	Ablette	146	1,8	12	23,8	6,5
<i>Abramis brama</i>	Brème commune	79	6,5	83	12,9	23,3
<i>Perca fluviatilis</i>	perche commune	63	4,2	66	10,3	14,8
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	52	0,4	8	8,5	1,5
<i>Sander lucioperca</i>	Sandre	24	5,9	245	3,9	20,9
<i>Gobio gobio</i>	goujon	19	0,2	9	3,1	0,6
<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	6	1,5	251	1,0	5,4
<i>Esox lucius</i>	brochet	1	?		<1%	

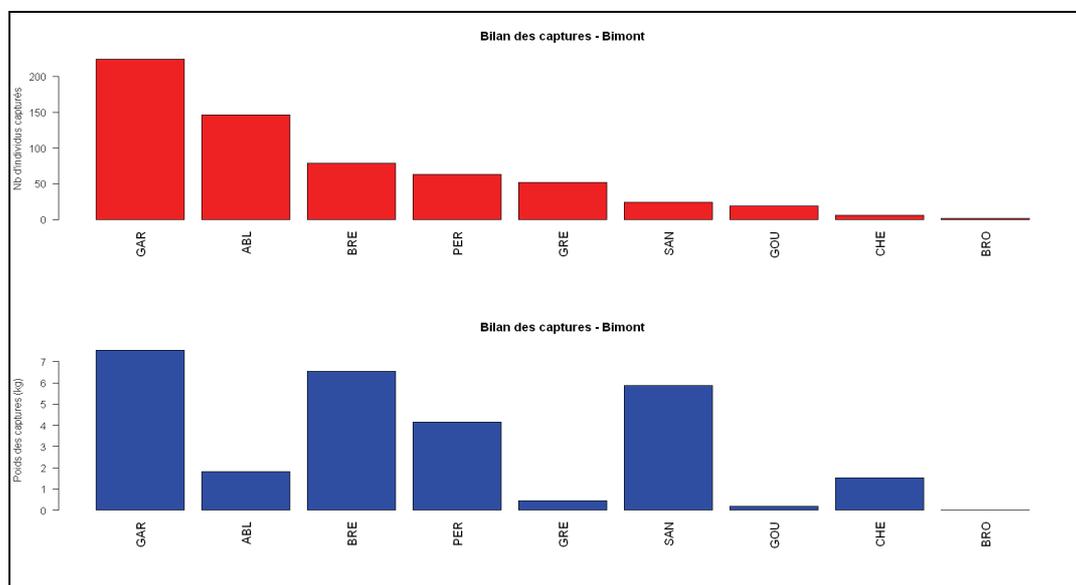


Figure 2 : Distribution des captures en effectif et en biomasse.

B.3.1.3. Distribution en classes de taille des espèces les plus abondantes

Le gardon

La Figure 3 met en évidence la présence de trois modes principaux :

- Un mode autour de 80-90 mm semble correspondre aux individus ayant un an (1+)^{5, 6, 7}. Cette estimation est confirmée par la présence observée d'individus de taille bien inférieure mais non capturés (problème de capturabilité des jeunes de l'année²).

⁵Gerdeaux, D. : *Ecologie du gardon (Rutilus rutilus L.) et du sandre (Lucioperca lucioperca L.) dans le lac de Créteil de 1977 à 1982. Etude de la ligulose du gardon.* Sciences Naturelles, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI: 161 - 1986

⁶Ponton, D. ; Gerdeaux D. : *La population de gardons (Rutilus rutilus (L.)) du lac Léman en 1983-85. Structure en âge, déterminisme du recrutement, analyse de croissance.* Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture 305: p43-53 - 1987

- Le deuxième mode (autour de 160 mm) pourrait alors correspondre à des individus de 2 ans⁸. En effet, comme chez tous les Cyprinidés, la croissance est importante la première année et ralentit les suivantes ; les distributions en taille des cohortes se chevauchent alors assez facilement.
- Ainsi, le dernier mode (autour de 180 mm) correspondrait aux individus âgés de 3 ans.

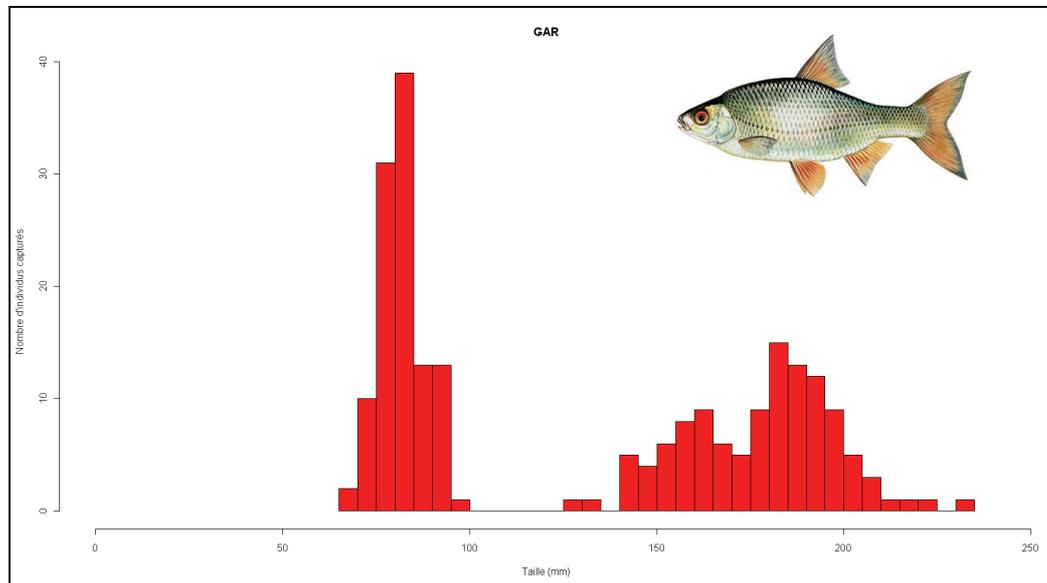


Figure 3 : Distribution en classe de taille des gardons capturés.

L'ablette

Avec 146 individus capturés, l'ablette est la seconde espèce la plus abondante dans l'échantillon. Cependant, étant donné que son poids moyen est de 12 g seulement, elle arrive au 5^{ème} rang des biomasses capturées.

Les deux modes présents sur la Figure 4, autour de 80-90 mm et de 130 mm correspondent respectivement aux cohortes de 1+ et de 2+⁹.

⁷ Chappaz, R. : *Les facteurs de développement du Gardon, Rutilus rutilus (L.), introduit dans une retenue oligotrophe récente : analyse des paramètres mésologiques (températures) et biologiques*. Compte-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris 310: 27-33 - 1990

⁸ Timmermans, J. A. : *Données sur la croissance de quelques espèces de poissons dans des étangs de Campine*. Travaux de la Station de Recherches Forestières et Hydrobiologiques, Groenendaal 56: 3-34 - 1989

⁹ Chappaz, R. ; Brun, G. et al : *Mise en évidence de différences de régime alimentaire dans une population d'ablettes *Alburnus alburnus (L.)* dans le lac de Sainte-Croix. Conséquences sur la croissance et la fécondité*. Annales de Limnologie 23(3): 245-252 - 1987

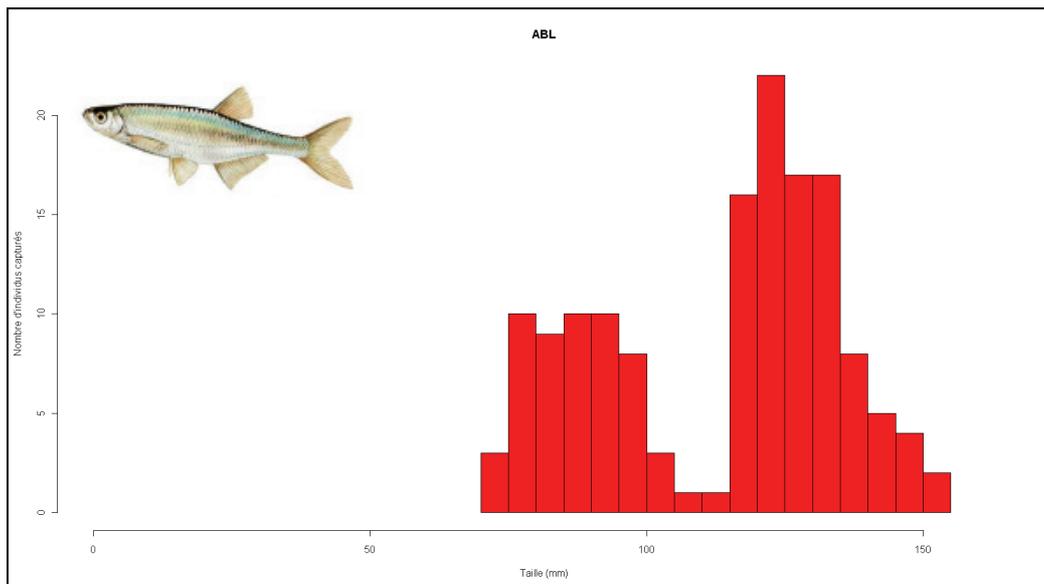


Figure 4 : Distribution en classes de taille des ablettes capturées.

La brème commune

Comme le montre la Figure 5, la répartition des brèmes communes est plus difficile à interpréter en raison du faible nombre d'individus capturés mais ceux de plus petite taille pourraient être des individus de l'année.

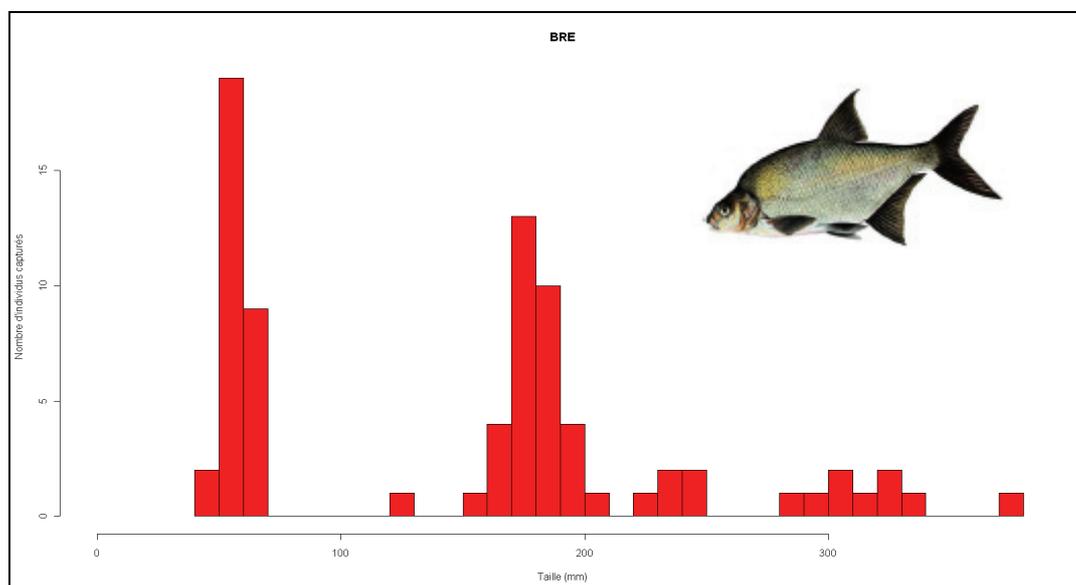


Figure 5 : Distribution en classes de taille des brèmes communes.

B.3.2. Pêche sur la retenue de Zola

B.3.2.1. Conditions de réalisation des pêches

Lors de l'échantillonnage, la retenue présentait une côte légèrement inférieure à sa côte normale (Photographie 2). Les conditions météorologiques étaient alors ensoleillées, et sans vent.



Photographie 2 : Relève d'un filet benthique le 27 août 2009.

B.3.2.2. Bilan des captures

Lors de la campagne de pêche sur le plan d'eau de Zola, 8 filets benthiques ont été tendus. Ces filets représentent un effort de pêche de 5285,25 m².h (Tableau 2). Grâce à cet effort de pêche, comme présenté dans le Tableau 6, 736 individus ont été capturés pour un poids de 24,5kg.

Neuf espèces ont été capturées lors de cette campagne d'échantillonnage (Tableau 4). De plus, deux individus d'hybrides de cyprinidés ont été capturés.

Tableau 4 : Bilan des captures sur la retenue de Zola (A.R. : abondance relative).

Nom latin	Nom commun	Nombre d'individus	Poids (kg)	Poids moyen d'un individu (g)	A.R. numérique (%)	A.R. pondéral (%)
<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	493	11,8	24	67,0	48,3
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rotengle	152	2,2	15	20,7	9,0
<i>Perca fluviatilis</i>	perche commune	48	0,6	13	6,5	2,5
<i>Tinca tinca</i>	Tanche	15	3,0	198	2,0	12,1
<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	9	0,9	100	1,2	3,7
<i>Lepomis gibbosus</i>	perche soleil	8	0,1	13	1,1	0,4
<i>Abramis brama</i>	Brème commune	7	0,6	93	1,0	2,6
	Hybride de cyprinidés	2	0,1	57	0,3	0,5
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe	1	5,1	5116	0,1	20,9
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Grémille	1	<0,01	7	0,1	<0,1%

Le peuplement de la retenue de Zola est dominé en effectif et en biomasse par le gardon et le rotengle qui représentent environ 90% des individus capturés et environ 50% de la biomasse pêchée (Tableau 4).

On peut noter l'absence des principales espèces piscivores (brochet et Sandre), seule la perche est présente avec moins de 50 individus.

De plus, une carpe a été capturée et ce poisson représente à lui seul 21% du poids total capturé.

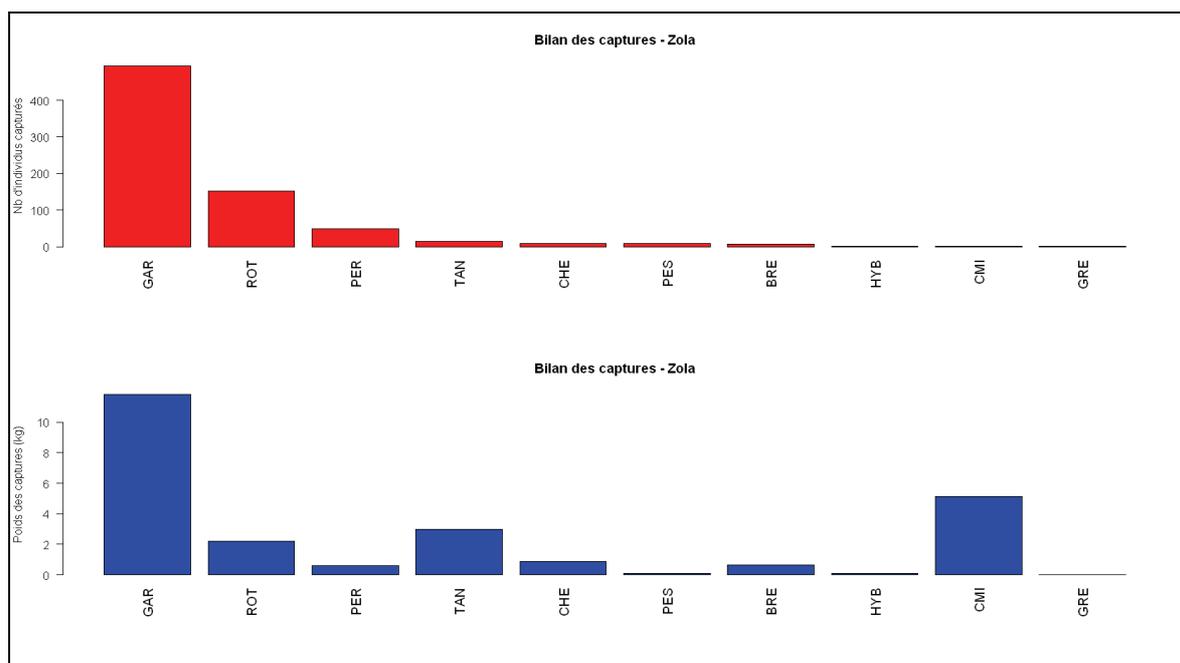


Figure 6 : Distribution des captures en effectif et en biomasse,

B.3.2.3. Distribution en classes de taille des espèces les plus abondantes

Le gardon

La Figure 7 met en évidence la présence de trois modes principaux :

- Un mode autour de 90-100 mm semble correspondre aux individus ayant un an (1+) ^{5,6,7}. Cette estimation est confirmée par la présence observée d'individus de taille bien inférieure mais non capturés (problème de capturabilité des jeunes de l'année ²).
- Le deuxième mode (autour de 150 mm) pourrait alors correspondre à des individus de 2 ans ⁸.
- Le dernier mode (autour de 190 mm) correspondrait à des individus âgés d'au moins 3 ans.

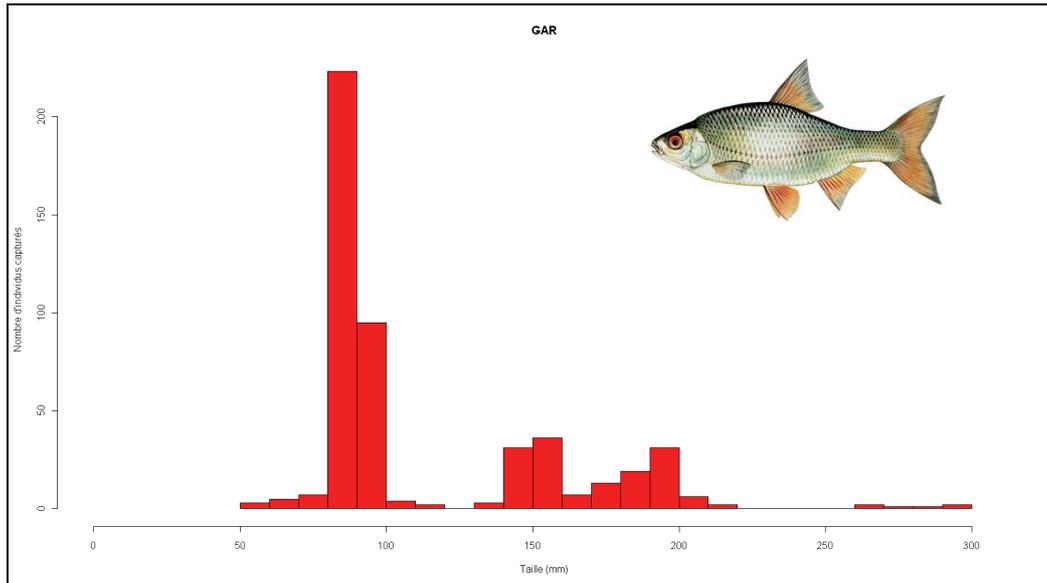


Figure 7 : Distribution en classe de taille des gardons capturés.

Le rotengle

Avec 152 individus capturés, le rotengle est la seconde espèce la plus abondante dans l'échantillon. Cependant, étant donné que son poids moyen est de 15g seulement, elle arrive au 4^{ème} rang des biomasses capturées.

Les trois modes présents sur la Figure 8 semblent assez distincts pour discriminer 3 cohortes différentes⁸ :

- Les individus mesurant environ 90 mm correspondant aux 1+ ; confirmé par la présence d'individus mesurant 55mm (0+).
- Le mode autour de 115 mm correspond à la cohorte de 2+.
- Les poissons mesurant environ 135 mm seraient dans leur quatrième année de croissance (3+).

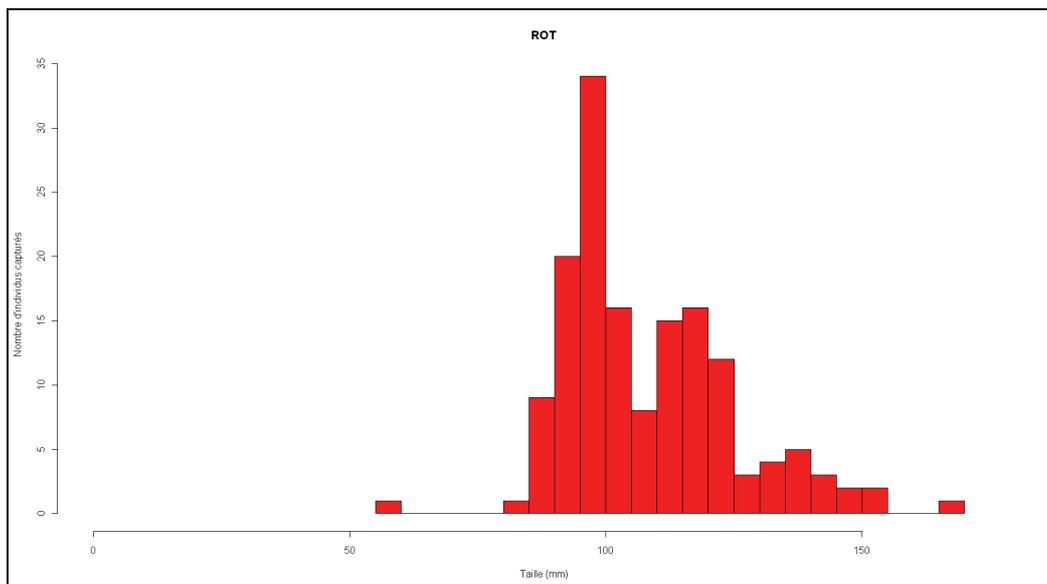


Figure 8 : Distribution en classes de taille des rotengles capturés.

Cependant, comme chez tout les cyprinidés, la croissance est importante la première année et ralentis les suivantes ; les distributions en taille des cohortes se chevauchent alors assez facilement, il faut donc rester prudent quant à ces interprétations en terme de croissance.

B.3.3. Bilan global des captures

Zola est le plan d'eau sur lequel il a été capturé le plus grand nombre de poissons. Cependant, c'est sur le lac de Bimont que la plus grande biomasse a été prélevée. Ceci s'explique par un poids moyen des individus capturés sur ce site supérieur à celui des poissons du réservoir de Zola.

Toutefois, globalement, les effectifs et biomasses capturés sont du même ordre de grandeur.

Tableau 5 : Bilans des captures

	Nombre d'individus capturés	Poids des captures (kg)	Poids moyen d'un individu (g)
Retenue de Bimont	614	28,04	45,7
Retenue de Zola	736	24,5	33,3

Qu'elles soient exprimées en nombre ou en biomasse, les captures pondérées par les efforts de pêche sont plus fortes dans le plan d'eau de Zola que dans Bimont (Tableau 6), ce dernier semblant donc moins productif. Par contre, il abrite une proportion de carnassier d'intérêt halieutique (perche et sandre) bien plus importante que Zola (Tableau 7).

Tableau 6 : Bilan des captures en CPUE

	Nombre d'individus capturés	CPUE globale (nb ind/1000m².h)	Poids des captures (kg)	CPUEm globale (g/m².h)
Retenue de Bimont	614	33,34	28,05	1,52
Retenue de Zola	736	139,26	24,5	4,63

Notons également que malgré un nombre comparable d'espèces capturées, seulement cinq espèces sont communes aux deux sites : la brème commune, le gardon, la grémille, la perche commune et le rotengle.

B.4. Conclusion

Les peuplements piscicoles observés, dominés par les gardons, sont très fréquents dans ce type de milieux. Cependant, avec dix espèces, ces peuplements sont relativement bien diversifiés notamment du fait des introductions d'espèces. Ces introductions ne devraient pas poser de gros problèmes environnementaux du fait du caractère relativement isolé de ces milieux.

Par ailleurs, la densité de poissons est nettement plus faible sur Bimont que sur Zola mais le peuplement est beaucoup plus intéressant d'un point de vue halieutique et semble mieux équilibré du point de vue trophique (rapport prédateurs/proies) avec la présence d'espèces appartenant à différentes guildes trophiques.

Les structures des populations observées ne mettent pas en évidence de problème particulier de reproduction pour les espèces les plus abondantes en effectif.

Tableau 7 : CPUE (nb d'individus/1000m².h) et CPUEm (g/m².h) par espèce et par site. * espèce non biométrée.

Code Espèce	Nom Espèce	Nom latin	Bimont		Zola	
			CPUE	CPUEm	CPUE	CPUEm
ABL	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	7,93	98,29		
BRE	Brème commune	<i>Abramis brama</i>	4,29	355,20	1,32	122,61
BRO	brochet	<i>Esox lucius</i>	0,05	*		
CHE	Chevaine	<i>Squalius cephalus</i>	0,33	81,87	1,70	169,72
CMI	Carpe miroir	<i>Cyprinus carpio</i>			0,19	967,98
GAR	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	12,16	409,47	93,28	2237,55
GOU	goujon	<i>Gobio gobio</i>	1,03	9,63		
GRE	Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	2,82	23,08	0,19	1,32
HYB	Hybride de cyprinidés				0,38	21,38
PER	perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	3,42	225,95	9,08	116,17
PES	perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>			1,51	19,49
ROT	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			28,76	418,14
SAN	Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	1,30	318,91		
TAN	Tanche	<i>Tinca tinca</i>			2,84	562,13

C. Etude des populations de macro-invertébrés lacustres

C.1. Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre du programme d'étude et d'orientation sur les milieux aquatiques présents dans le territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire, une étude des populations de macro-invertébrés lacustres a été réalisée.

Ce chapitre cible l'amélioration des connaissances des milieux aquatiques d'origine anthropique tels que les deux plans d'eau du massif : la retenue de Bimont et la retenue de Zola.

C.2. Cadre méthodologique

C.2.1. Stratégie d'échantillonnage

Il n'existe pas de protocole standardisé pour l'échantillonnage des macro-invertébrés des plans d'eau. Aussi, la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur les deux retenues a été développée spécifiquement pour répondre au mieux aux objectifs de l'étude. Toutefois, la méthode de prélèvements suit dans ses grandes lignes le « Guide pour le prélèvement des macro-invertébrés benthiques à l'épuisette »¹⁰.

Les principaux habitats colonisés par les invertébrés recherchés dans la présente étude, c'est à dire ceux susceptibles d'être présents dans les cours d'eau du massif, sont susceptibles de se trouver dans la zone littorale des barrages. Ce sont donc ces zones littorales qui ont été échantillonnées.

Sur la retenue de Bimont, les investigations de terrain n'ont pas été réalisables en 2009 à cause de l'importance du marnage pendant tout le printemps rendant instables les habitats littoraux et donc peu propices à la colonisation par les macro-invertébrés. Les principaux herbiers du site, habitat particulièrement recherché dans le cadre de l'étude, ont été émergés tôt dans la saison.

La retenue de Zola a été prospectée le 27 août 2009 ce qui est tardif mais les conditions pré-estivales n'étaient pas favorables à l'échantillonnage. En effet, des essais hydrauliques ont été menés sur le barrage de Bimont, entraînant le vannage du barrage Zola et donc un marnage important sur ces systèmes.

Les habitats sur lesquels les prélèvements ont été effectués en bordure littorale correspondent généralement à des végétaux comme les macrophytes, la litière et les branchages mais quelques substrats minéraux plus grossiers ont également été prospectés. Une prospection préalable a été nécessaire pour repérer ces habitats et s'assurer de leur pérennité ; un mois en eau est nécessaire au minimum avant échantillonnage pour assurer une colonisation du milieu par les invertébrés. Les conditions optimales sont réunies quand les habitats sont immergés toute l'année.

¹⁰ AFNOR : NF T 90-351 : Méthode d'échantillonnage biologique - Guide pour le prélèvement des macro-invertébrés benthiques à l'épuisette. - ISO 7828 - 1994

Les prélèvements ont été effectués en utilisant un filet Haveneau (Photographie 3) de 450 μm de vide de maille en pratiquant la méthode du *Kick Sampling*. Elle consiste à prospector un habitat en raclant le substrat tout en provoquant un léger courant avec le pied. Les litières et branchages sont soigneusement triés dans des bassines avant la fixation des échantillons.



Photographie 3 : Filet Haveneau.

Une cartographie des points d'échantillonnage a été réalisée pour permettre la reproductibilité du protocole (Carte 3). Dans la mesure du possible, ces points de prélèvement ont été disposés de part et d'autre des berges du lac. En effet, ces plans d'eau présentent des berges fortement abruptes composées essentiellement de calcaire massif.

Pour favoriser le caractère exhaustif du relevé faunistique, un effort d'échantillonnage plus important a été effectué au niveau de la queue du lac où la Cause vient se jeter.

Au total 15 points d'échantillonnages ont été effectués le long des berges de la retenue.



Carte 3 : Localisation des 15 points de prélèvements des macro-invertébrés réalisés en zone littorale de la retenue de Zola.

C.2.2. Phase de laboratoire

Les prélèvements ont été fixés par du formol dans des bocaux en verre de 0,5 litres avec une concentration finale de 5 %. Les macro-invertébrés ont été extraits des bocaux au laboratoire à l'aide d'un tamis de 1 mm de vide de maille.

La détermination des invertébrés a été poussée au genre quand cela était possible. L'usage du filet Haveneau ne permettant pas la prospection d'une surface équivalente pour tous les prélèvements, seule une liste faunistique qualitative peut être dressée. En effet, l'abondance de chaque taxon ne peut pas être mesurée de façon précise. Néanmoins, dans le cadre de cette étude qui consiste à analyser le potentiel réservoir de cette retenue pour les invertébrés, ce niveau de détail reste suffisant.

C.3. Résultats

C.3.1.1. Composition faunistique de la retenue de Zola

Au total 28 taxa différents ont été identifiés dans les 15 échantillons prélevés (Tableau 8). La liste faunistique est dominée par les Odonates (6 taxons ; les formes indéterminées arrêtées à la famille ne sont pas comptabilisées) avec *Anax*, *Plactycnemis*, *Libellula*, *Orthetrum*, *Onychogomphus* et *Calopteryx*. Les diptères sont les plus diversifiés avec 7 taxons. Trois genres de mollusques sont présents sur la bordure littorale de la retenue. Il s'agit de *Physa*, *Galba* et *Ancylus* retrouvés communément dans la région. Seuls deux genres d'Ephéméroptères ont été identifiés avec *Caenis* (famille des Caenidae) et *Cloëon* (famille des Baetidae). Ce sont deux taxons affectionnant particulièrement les milieux lenticules. Notons que deux espèces ont été identifiées chez *Cloëon* : *C. dipterum* et *C. simile*. Trois genres de trichoptères ont été capturés. Il s'agit d'*Oxyethira* (Hydroptilidae), *Tinodes* (Psychomyiidae) et *Mystacides* (Leptoceridae). Concernant les plécoptères, les Leuctridae sont présents dans la retenue avec les genres *Leuctra* et *Euleuctra*.

C.3.1.2. Occurrence, richesse et répartition des taxons

Il existe une grande variabilité dans l'occurrence des taxons prélevés dans les 15 échantillons. Les taxons les plus représentés sont *Chironomini* (diptère) avec 9 occurrences sur 15, *Caenis* (éphéméroptère) et *Gammarus* (crustacé) avec 8 occurrences sur 15 et enfin *Galba* et *Physa* (mollusques) avec 7 occurrences sur 15. Ces taxons sont présents dans au moins 50% des prélèvements. Cependant, plus de la moitié des taxons sont présents dans seulement 1 ou 2 échantillons. L'occurrence moyenne des taxons est de 3,5 (pour un écart-type de 2,67), ce qui est relativement faible.

Les macro-invertébrés ne semblent pas répartis de façon homogène dans l'ensemble de la retenue. Deux éléments peuvent contribuer à expliquer les différences d'occurrence d'espèces et de richesse spécifique dans les échantillons : la nature des habitats d'une part, et la position amont/aval d'autre part.

Les berges de la retenue sont constituées quasi-essentiellement de roche mère et de graviers issus de l'érosion de celle-ci. Ce type d'habitat n'est pas considéré comme biogène, et la faible richesse taxonomique rencontrée dans la plupart d'entre eux en est la résultante. En effet, sur 6 des 7 échantillons correspondant à cet habitat (N° 1, 2, 3, 4, 5, 6), la richesse taxonomique est de 2 au maximum. Les zones de macrophytes peuvent être considérées comme des habitats les plus accueillants pour la macrofaune benthique avec 16 et 19 taxons identifiés respectivement dans les prélèvements 14 et 15 (Tableau 8).

Les racines très digitalisées échantillonnées en bordure des arbres immergés semblent être également un support biogène avec 11 et 13 taxons identifiés dans les prélèvements 10 et 11.

Ainsi, on constate que la majorité des individus récoltés proviennent de la queue de la retenue (Carte 3 et Tableau 8). Ceci peut s'expliquer car l'effort d'échantillonnage a été plus important dans cette zone du lac du fait qu'il existe une mosaïque d'habitats plus diversifiée, associée à la présence d'une ripisylve dense. Cependant, ramené à l'échantillon, l'abondance des individus est également plus forte en amont. Outre la meilleure qualité des habitats du point de vue de la macrofaune benthique, la partie amont de la retenue est sous l'influence de la rivière de la Cause à partir de laquelle les individus peuvent coloniser le plan d'eau.

Tableau 8 : Liste faunistique qualitative des macro-invertébrés identifiés en zone littorale de la retenue de Zola. « 1 » correspond à la présence d'un taxon.

GF	Familles	Taxons / n° de prélèvements	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8	n°9	n°10	n°11	n°12	n°13	n°14	n°15	Occurrence	
Coléoptère	Hydrophilidae	Hydrophilidae (Hydrocara)														1		1	
Crustacé	Atyaidae	Atyaephyra										1			1	1	1	4	
Crustacé	Gammaridae	Gammarus			1	1			1		1				1		1	8	
Diptère	Chironomidae	Procladius														1		1	
Diptère	Chironomidae	Chironomini			1	1	1	1		1						1	1	9	
Diptère	Chironomidae	Tanytarsini													1			1	
Diptère	Chironomidae	Orthodadiinae										1	1	1	1	1	1	6	
Diptère	Chironomidae	Tanytopinae											1		1		1	3	
Diptère	Stratiomyidae	Stratiomyidae													1		1	2	
Diptère	Limoniidae	Limoniidae													1			1	
Ephéméroptère	Baetidae	Ooëon (dipteron et simile)								1		1			1	1	1	5	
Ephéméroptère	Caenidae	Caenis							1	1	1	1	1		1	1	1	8	
Mégaloptère	Salidae	Salis													1	1	1	2	
Mollusque	Physidae	Physa							1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	
Mollusque	Lymnaeidae	Galba							1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	
Mollusque	Ancylidae	Ancylus								1								2	
Odonate	Platycnemididae	Platycnemis														1		1	
Odonate	Aeshnidae	Anax													1	1	1	2	
Odonate	Libellulidae	Libellula									1							1	
Odonate	Libellulidae	Libellulidae indéterminée							1				1					2	
Odonate	Libellulidae	Orthetrum										1			1	1	1	4	
Odonate	Gomphidae	Onychogomphus											1		1		1	2	
Odonate	Gomphidae	Gomphidae indéterminée							1									2	
Odonate	Calopterygidae	Calopteryx											1				1	2	
Odonate	Coenagrionidae	Coenagrionidae indéterminée									1				1		1	3	
Oligochète	Oligochète	Oligochète						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	
Réophtère	Leuctridae	Leuctra									1	1	1		1	1	1	6	
Réophtère	Leuctridae	Euleuctra										1						1	
Trichoptère	Hydroptilidae	Oxyethira									1	1		1		1	1	5	
Trichoptère	Psychomyiidae	Tinodes									1						1	2	
Trichoptère	Leptoceridae	Mystacides								1								1	
Richesse taxonomique			0	0	2	2	1	2	7	7	9	11	13	5	16	16	19		
Substrats dominants					littière + graviers	littière + sédiments	littière + sédiments	littière + sédiments	littière + sédiments	littière + graviers									

C.3.1.3. Perspectives sur le lac de Bimont.

La majorité des taxa a été observée sur les macrophytes, avec une valeur de richesse taxonomique maximale observée sur la retenue de Zola.

Des repérages réguliers sur la retenue de Bimont ont permis de constater un marnage d'une amplitude importante (Photographie 4) et en perpétuelle évolution depuis le printemps jusqu'au début de l'automne. Il a été constaté également la mise en assec des macrophytes assez tôt dans la saison, ce qui a causé la perte de l'habitat parmi les plus biogènes et le plus attractif pour les macro-invertébrés. Le repérage lors d'un marnage important a permis également de constater la faible capacité d'accueil des macro-invertébrés sur ce type de plan d'eau présentant les mêmes caractéristiques géologiques que la retenue de Zola.

En conséquence, la retenue de Bimont devrait être moins intéressante en matière de fond faunistique que sur le Zola qui ne subit pas de marnages aussi réguliers et importants. Un effort de prospection aurait été judicieux dans les sédiments de la queue du lac pour rechercher quelques éphéméroptères du genre *Ephemera* dont il est suspecté l'existence ; ce taxon étant observé sur les réseaux hydrographiques du grand site. Cependant, le marnage a provoqué l'exondation de la zone de prospection favorisant alors la mort assurée des individus.



Photographie 4 : Photographie représentant l'importance du marnage au niveau de la queue de la retenue de Bimont.

C.3.1.4. Comparaison du fond faunistique lacustre avec celui des rivières du site

La liste faunistique établie sur les rivières du territoire d'action du GSSV est présentée en annexe 7. Elle concerne exclusivement les ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères. Cette liste n'est pas exhaustive car les autres groupes faunistiques n'y sont pas renseignés (comme les diptères et les odonates par exemple).

Environ 87 taxons ont été identifiés dans les cours d'eau, tous groupes faunistiques confondus (données non présentées), ce qui représente 56 taxons supplémentaires par rapport à la liste établie en milieu lacustre. De plus, seule une dizaine de taxons sont communs aux deux listes faunistiques.

La différence de richesse taxonomique est évidente car beaucoup de taxons inféodés aux systèmes d'eaux courantes (milieux lotiques) ne se retrouvent pas dans les plans d'eau stagnants.

De plus, les cours d'eau du massif présentent une mosaïque d'habitats bien plus diversifiés que dans la retenue de Zola (voir le chapitre D. Etude des populations d'insectes aquatiques des rivières).

Le plan d'eau de Zola ne peut donc pas être considéré comme une zone refuge ou un réservoir d'espèce pour la faune des rivières avoisinantes.

C.4. Conclusion

L'échantillonnage des berges de la retenue de Bimont s'est avéré impossible à cause du fort marnage régulier observé depuis le printemps. Dans de tels cas, il est quasi improbable d'approcher le cortège faunistique du système car les habitats sont émergés trop fréquemment ne constituant pas un accueil favorable pour les macro-invertébrés. Il est également probable que des investigations sur ce plan d'eau ne complètent pas d'avantage la liste ainsi constituée sur la retenue de Zola.

En raison du fonctionnement hydrologique de la retenue de Zola, imposant un marnage important, les habitats situés en zone littorale sont, de façon générale, peu accueillants pour la faune benthique. En effet, ce marnage empêche l'installation d'une végétation aquatique et entraîne l'exondation régulière des substrats, limitant alors l'installation pérenne de communautés benthiques.

Les échantillonnages sur cette retenue ont permis cependant de mettre en évidence une richesse importante en taxons invertébrés pour ce type de masses d'eau fortement modifiée.

Or, les peuplements de macro-invertébrés échantillonnés présentent des divergences de composition suivant leur positionnement amont – aval dans la retenue de Zola.

Globalement, une faune particulière pour un milieu lacustre, composée de taxons appartenant aux ordres des plécoptères, des éphéméroptères, des trichoptères, des coléoptères et des odonates, se concentre dans la partie amont de la retenue, partie dans laquelle se déverse le tributaire. A l'inverse, dans la partie aval de la retenue, une faune inféodée aux milieux lenticules est rencontrée.

Les particularités faunistiques de cette retenue semblent donc d'avantage liées aux apports par dérive des individus se trouvant dans le tributaire.

Certains taxons, présentant une polluo-sensibilité forte sont rencontrés dans la partie amont. Ils sont couramment utilisés en bioindication, par exemple dans des métriques comme la richesse en EPT (éphéméroptère, plécoptère, trichoptère), la richesse en ETO (éphéméroptère, trichoptère, odonate), et la métrique CIPET (richesse au niveau générique en coléoptères, nombre total de famille, et la richesse à la famille en EPT).

Les communautés rencontrées dans la partie aval de la retenue se composent majoritairement de crustacés, de diptères et d'oligochètes. Ces groupes faunistiques peuvent être également utilisés en bioindication lacustre. Ils sont inclus par exemple dans la métrique effectifs d'oligochètes / effectifs de *Chironomidae*, ou encore dans le calcul des pourcentages de *Tubificidae* tolérants par rapport aux *Tubificidae* sensibles aux pollutions. Cependant, les niveaux de détermination nécessaires pour l'application de ces métriques lacustres, sont plus poussés que ceux réalisés dans le cadre de cette étude.

Afin d'évaluer plus précisément la qualité écologique de la retenue de Zola par l'analyse du compartiment benthique, un suivi intersaisonnier des peuplements invertébrés avec des niveaux de détermination plus poussés, permettrait de mieux appréhender la contribution du tributaire à la richesse faunistique globale, et également de définir avec plus de précision l'état écologique du milieu.

Enfin, il est nécessaire de souligner que les systèmes lacustres et les systèmes d'eau courante sont réellement différents par leurs substrats, l'hydraulique et par conséquent par la faune qui y réside. Dans le cas présent, les retenues, bien que toujours en eau à la période estivale (avec ou sans marnage), ne constituent pas des zones refuges ou des réservoirs biologiques pour les populations des cours d'eau du massif de la Sainte Victoire. Ces retenues contribuent toutefois à une augmentation de la biodiversité globale de la macrofaune benthique du Massif, hébergeant des taxons spécifiques des milieux lenticules.

D. Etude des populations d'insectes aquatiques des rivières

D.1. Introduction

Dans le cadre du programme d'étude et d'orientation sur les milieux aquatiques du Grand Site Sainte-Victoire (dénommé GSSV), piloté par le syndicat de communes, opérateur du DOCOB Natura 2000 « *Sainte-Victoire* », un premier inventaire des macro-invertébrés benthiques des cours d'eau temporaires et permanents a été réalisé.

Cet inventaire a pour but de dresser un état des populations présentes, et au travers de leur connaissance, une évaluation du degré d'hétérogénéité fonctionnelle dans l'architecture des réseaux hydrographiques, et une interprétation du statut écologique des différents peuplements observés.

Ce travail préliminaire constitue un socle de connaissances nouvelles pour des recommandations de gestion, et permet un suivi ultérieur de l'impact des conditions environnementales, avec en particulier, celles des variations des conditions climatiques sur la biodiversité taxonomique et la structure fonctionnelle des communautés.

Ce rapport, reprend les principaux éléments de la description physique des rivières faite antérieurement, présente les données issues des capteurs thermiques et des capteurs de pression hydrostatique, ainsi que les protocoles d'échantillonnage de la faune invertébrée et les résultats obtenus.

D.2. Contextes

En matière de cours d'eau, et dans une perspective de gestion locale, il faut se référer à des concepts fonctionnels spécifiques. Par les dynamiques des contraintes de l'écoulement, de l'érosion et du transport, un cours d'eau présente des variations à toutes échelles, qu'il convient de cerner pour définir au mieux le caractère de l'entité considérée. Couplée à d'autres éléments de connaissance, thermique et physicochimique, cette primo-connaissance des mécanismes élémentaires permet de prendre la mesure des leviers éventuels d'action sur un système.

La dimension climatique méditerranéenne, par ses forts contrastes, ajoute une spécificité particulière qui fait actuellement débat en matière de gestion de la ressource, notamment en regard de la non-dénaturation ou de la restauration de la qualité fonctionnelle de ces systèmes écologiques.

Dans le cadre Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la définition des types de masses d'eau¹¹, les cours d'eau « méditerranéens » ont fait l'objet depuis peu de quelques études¹² afin de préciser leurs statuts écologiques dans ce vaste ensemble de l'hydro-écorégion méditerranéenne.

Pour la France métropolitaine, hormis la Corse, sept sous-types ont été proposés, sur des bases hydrologiques, géologiques et thermiques, afin d'organiser la connaissance de ces milieux :

Alpin méditerranéen,
Collines méditerranéennes,
Cévennes – Pyrénées,
Permanent karstique,
Plaines méditerranéennes,
Temporaire sur calcaire,
Temporaire sur granit et cristallin.

On comprend au vu des intitulés que l'ambition est surtout de disposer d'un cadre géographique opérationnel, où des repères sont à rechercher pour mesurer des écarts à un état observé dans lequel le fonctionnement serait le plus naturel possible. Sous cet angle, le diagnostic national avait montré que l'on était particulièrement défaillant en connaissances générales, physiques et biologiques, sur les têtes des réseaux hydrographiques.

Enfin dans cette problématique se greffe le cas des systèmes à écoulement temporaires, qui n'est pas fondamentalement une spécificité méditerranéenne, et qui nécessite une prise en compte adaptée à leur naturalité.

D'un point de vue conceptuel, on s'accorde au Cemagref pour affirmer que les systèmes temporaires d'eau courante n'ont pas à être classés dans un type particulier de cours d'eau, et qu'ils doivent être considérés de par la structuration temporelle et spatiale de la dynamique hydrologique.

¹¹ Arrêté du 12/01/10 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du code de l'environnement

¹² Définition d'une méthode de caractérisation des cours d'eau de type méditerranéen et application dans le cadre de la DCE. 2007. Agence de l'eau RM&C, Maison Régionale de l'Eau, Sogreah. 238 p.

D.3. Cadre méthodologique

Une présentation des protocoles d'étude est développée dans ce chapitre.

Cette étude a été menée en trois étapes : l'étude hydro-morphologique des rivières étudiées a permis de définir un plan d'instrumentation en capteurs multi-paramètres, puis l'échantillonnage des insectes aquatiques a été mis en œuvre selon les résultats des deux étapes précédentes.

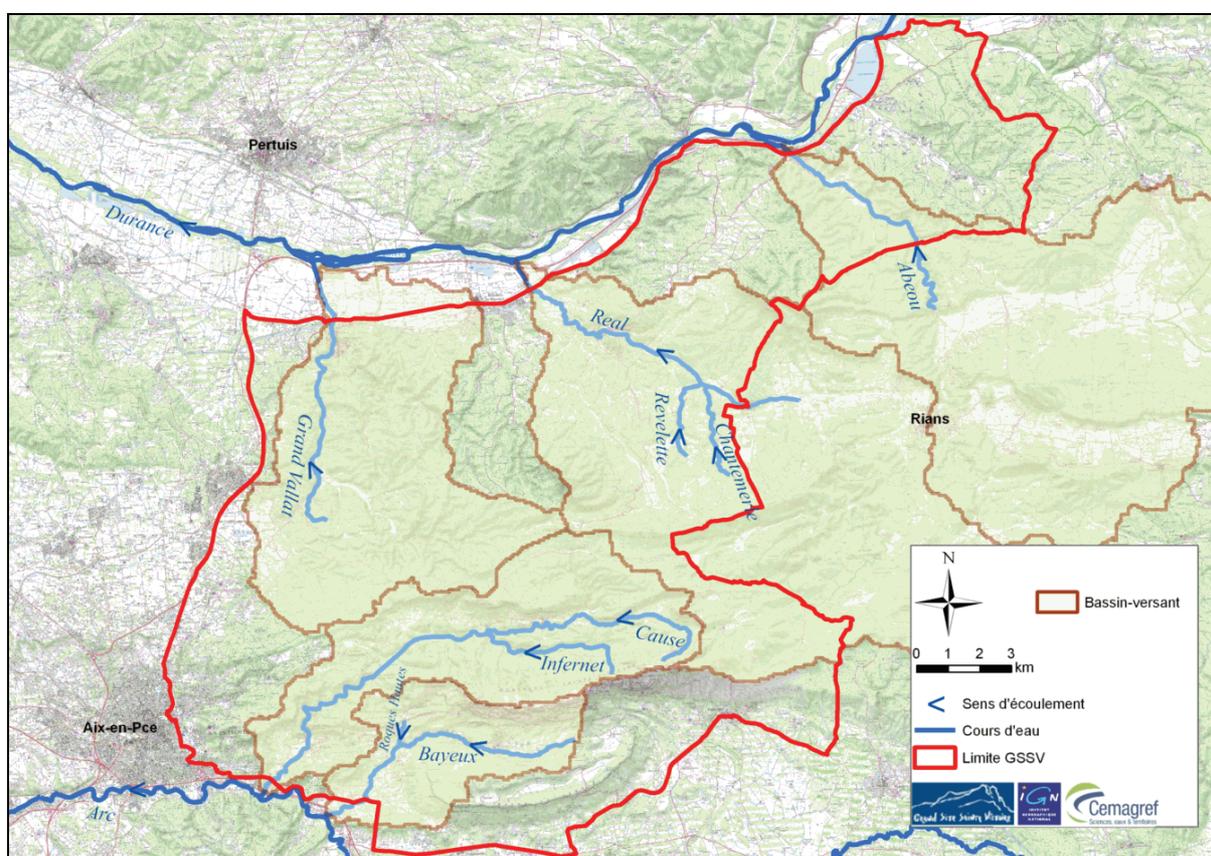
D.3.1. Hydromorphologie

D.3.1.1. Présentation des cours d'eau étudiés

Le réseau hydrographique étudié comprend cinq sous bassins-versants, dont trois se trouvent dans leur intégralité au sein du territoire du GSSV (Carte 4). Seules les principaux cours d'eau du territoire concerné sont étudiés ici. Les ruisseaux éphémères, c'est-à-dire, dont l'écoulement n'est assuré qu'à la suite d'épisodes pluvieux, n'ont pas été considérés dans cette étude.

Les cours d'eau étudiés sont :

- Dans le **bassin-versant de l'Arc Provençal** : le **Bayeux** et son affluent le ruisseau de **Roques-Hautes**, la **Cause** et son affluent l'**Infernet**.
- Dans le **bassin-versant de la Durance** : l'**Abéou**, le **Grand-Vallat** et le **Réal de Jouques** en amont du village de Jouques et ses affluents **Revelette** et **Chante-Merle**.



Carte 4 : Localisation des cours d'eau étudiés, contours des sous bassins-versants et périmètre d'action du GSSV. Les retenues de Bimont et de Zola ne sont pas figurées ici.

Le Tableau 9 présente quelques caractéristiques des bassins-versants étudiés. La *longueur maximale* (en km) représente la distance entre l'exutoire du bassin-versant et le point le plus éloigné en suivant le linéaire des rivières. La pente moyenne des rivières correspond au ratio de la différence altitudinale par la longueur maximale des rivières exprimé pour 100 m. Ces deux paramètres, longueur maximale et pente moyenne, ont été obtenus à l'aide des tracés des cours d'eau de la base de données RHT¹³.

Les surfaces des sous bassins-versants de l'Abéou et du Réal sont les plus importantes. Le sous bassin-versant du Réal de Jouques possède la longueur maximale la plus importante. Les affluents de l'Arc, situés en adret et en ubac de la montagne St-Victoire dont le point culminant s'élève à 1011 m d'altitude, présentent les valeurs maximales de dénivellation comparativement aux affluents de la Durance étudiés ici.

Tableau 9 : Caractéristiques générales des sous bassins-versants présents dans le territoire d'action du GSSV (l'élévation moyenne représente une hauteur exprimée en mètre pour une longueur de 100 m).

Bassin-versant	Sous bassin-versant	Surface (km ²)	Longueur maximale (km)	Elevation moyenne (en m) pour une distance de 100 m
Durance	Abeou	124	21.2	1.7
	Grand Vallat	67	17.8	2.1
	Réal de Jouques	146	31.8	1.0
Arc	Cause	51	20.4	3.5
	Bayeux	24	10.1	3.2

D.3.1.2. Eléments de typologie physique

Entre mars et avril 2008, durant un épisode de sécheresse intense, neuf tronçons de ces cours d'eau ont été prospectés et décrits par Olivier Hidreau¹⁴. Ce descriptif s'est porté sur différents types de données physiques ; la géomorphologie (analyse des séquences radiers – mouilles – plats – cascades), la granulométrie des lits (composition des substrats en termes de nature et de taille des éléments qui les composent) et la biologie (nature de la végétation rivulaire, présence de racines ou de végétation aquatique, présence de poissons).

En complément, des informations relatives à la présence de structures anthropiques (comme des seuils, gués, captages ou rejets d'eau) ont été récoltées.

- **Relations théoriques entre les éléments de typologie physique et l'écologie des macro-invertébrés benthiques.**

Les conditions physiques auxquelles sont soumis les peuplements d'invertébrés benthiques permettent d'appréhender au mieux le cadre écologique des contraintes. Ainsi :

- a. La géomorphologie d'un cours d'eau renseigne sur les conditions potentielles d'écoulement de surface. Les faciès (cascades, radiers, plats courants et mouilles) conditionnent directement ou indirectement la présence ou l'absence de certains invertébrés, en lien avec leurs préférences d'habitats. Les types de faciès conditionnent les vitesses d'écoulement ainsi que les dépôts granulométriques : les cascades et les radiers présentent des vitesses de courant rapides (conditions lotiques), les plats et les mouilles présentent des vitesses d'écoulements faibles à nulles (conditions lentiques). La vitesse du courant joue un rôle direct sur les invertébrés (force hydraulique) et

¹³ Pella, H. ; Sauquet, E. ; Chandesris, A. : *Construction d'un réseau hydrographique simplifié à partir de la BD Carthage®*. Ingénieries N°46 – p. 3 à 14 – juin 2006.

¹⁴ Dumont, B. ; Piffaut, S. : *Etude des cours d'eau du Grand Site Sainte Victoire : Premiers éléments de typologie physique*. Cemagref, centre d'Aix-en-Provence. Unité hydrobiologie – Equipe écosystèmes d'eau courante - février 2009.

indirect (par exemple : l'oxygénation des eaux dans les cascades et les radiers ou le remaniement des éléments granulométriques). Les différents faciès sont donc des paramètres essentiels pour comprendre la diversité des conditions de vie aquatique.

- b. La granulométrie du lit d'une rivière est également un paramètre physique prépondérant de la répartition des invertébrés benthiques. Suivant la taille des éléments qui la compose, un espace interstitiel plus ou moins important peut être disponible pour la colonisation par les organismes. Des granulométries fines (sables, graviers) ou grossières (pierres, roches) seront d'avantage biogènes qu'un lit constitué par des dalles de roche-mère ou par de l'argile.
- c. Les autres éléments biologiques décrits - comme la ripisylve, la présence de végétation aquatique, ou de racines - vont également influencer sur les conditions de vie des macro-invertébrés. Par exemple, la présence de végétation aquatique ou de racines immergées peut favoriser le développement de nombreux taxons d'invertébrés. La présence annuelle d'une population piscicole permet quant à elle de confirmer la pérennité d'une eau libre dans le tronçon parcouru.

D.3.2. Régimes thermiques et hydrologiques

En fonction de l'architecture de ces systèmes (spot humide, tronçons temporaires et tronçons permanents, résurgences-sources, confluences), une instrumentation en enregistreurs de différents types a été effectuée. Les enregistreurs ont été placés durant une période d'octobre 2008 à novembre 2010. Les types d'enregistreurs et leurs périodes de pose sont récapitulés dans le Tableau 10, leurs localisations sont figurées dans la Carte 5.

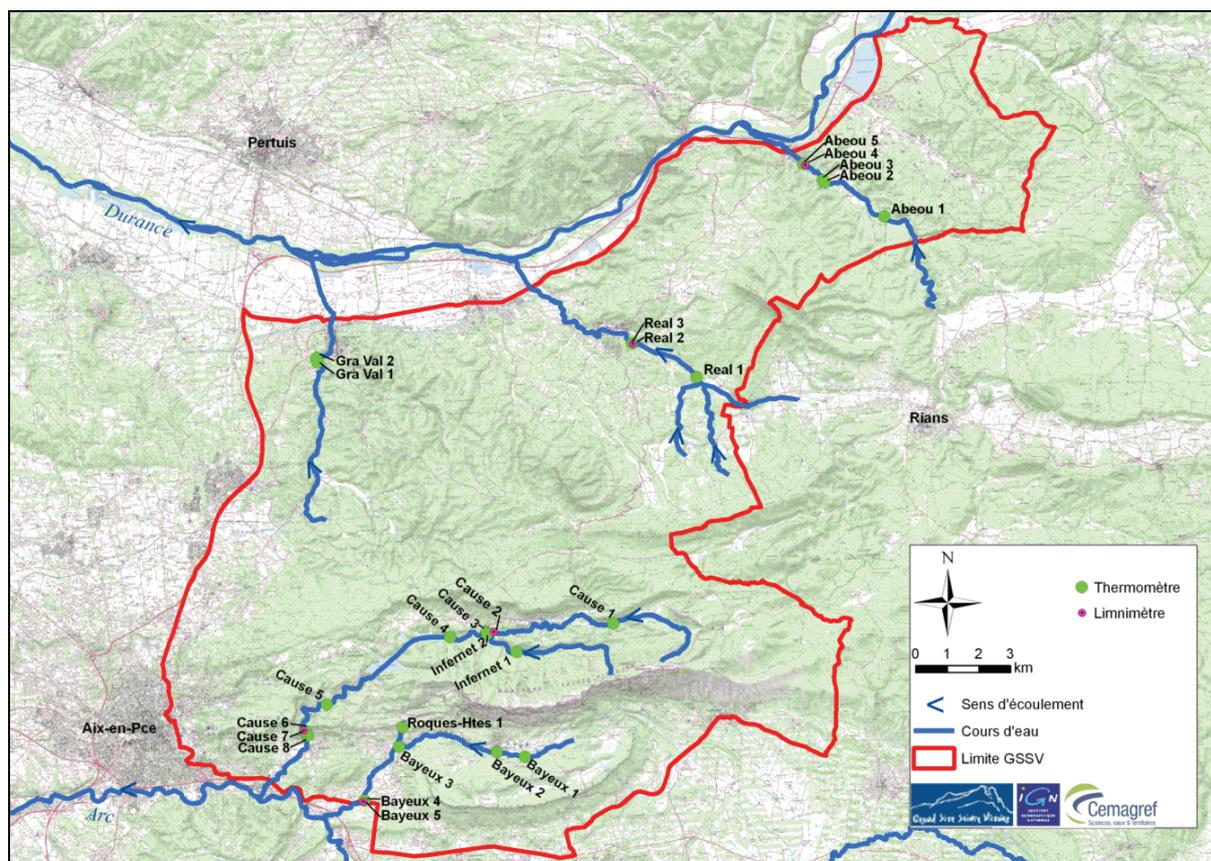
Au plan technique, les enregistreurs ont été placés de préférence dans l'écoulement et en bordure de rive, si possible à l'abri de l'ensoleillement direct. Les enregistrements sont réalisés avec un pas de temps de 15 minutes, calé à partir d'une heure entière. Des jaugeages sont effectués, en fonction des événements pluvieux, sur la plus large plage possible de débits, afin d'obtenir des relations hauteur d'eau – débit. En situation naturelle, la qualité de la relation obtenue dépend de la réponse du type de contrôle hydraulique en hautes eaux, et on découvre parfois *a posteriori* des aspects insoupçonnés de la circulation de l'eau et des matériaux qui nuisent à l'établissement d'une bonne corrélation hauteurs-débits. Les principaux problèmes rencontrés en petits cours d'eau sont les accumulations et la circulation de bois morts et de feuilles et la présence d'embâcles, associés souvent à des écoulements de sous-berges. Une seule situation nous a procuré ce type de désagréments, le limnimètre du Bayeux (Bayeux 5), et nous avons dû rechercher un autre site d'enregistrement.

Tableau 10: Gestion des 26 enregistreurs thermiques (« thermo ») et multi-paramètres (« limni ») : température, conductivité, pression hydrostatique) équipant les cours d'eau étudiés.

BV	Rivière	Code Thermo	Type enregistreur	pose	retrait ou dernière décharge
Durance	Abeou	Abéou 1	thermo	23/03/2010	12/08/2010
		Abéou 2	thermo	05/05/2009	29/10/2010
		Abéou 3	thermo	05/05/2009	29/10/2010
		Abéou 4	thermo	05/05/2009	29/10/2010
		Abéou 5	limni	09/07/2009	29/10/2010
	Grd Vallat	Grd Val 1	thermo	06/05/2009	16/06/2009
		Grd Val 2	thermo	06/05/2009	16/06/2009
	Real	Real 1	thermo	16/06/2009	29/10/2010
		Real 2	thermo	05/05/2009	29/10/2010
Real 3		limni	10/07/2009	29/10/2010	
Arc	Bayeux	Bayeux 1	thermo	07/05/2009	27/10/2010
		Bayeux 2	thermo	06/05/2009	27/10/2010
		Bayeux 3	thermo	06/05/2009	27/10/2010
		Bayeux 4	thermo	13/10/2008	27/10/2010
		Bayeux 5	limni	16/07/2009	08/11/2010
	Roques-Hautes	Roques-Htes 1	thermo	13/10/2008	27/10/2010
	Cause	Cause 1	thermo	06/05/2009	28/10/2010
		Cause 2	Limni	07/07/2009	28/10/2010
		Cause 3	thermo	06/05/2009	28/10/2010
		Cause 4	thermo	07/05/2009	13/09/2010
		Cause 5	thermo	07/05/2009	28/10/2010
		Cause 6	thermo	13/10/2008	09/11/2010
		Cause 7	Limni	14/05/2009	07/11/2010
		Cause8	thermo	13/10/2008	09/11/2010
	Infernet	Infernet 1	thermo	06/05/2009	28/10/2010
Infernet 2		thermo	06/05/2009	10/06/2010	

Au total, dans les deux bassins-versants étudiés, sept rivières sont équipées de capteurs thermiques et multi-paramètres répartis au sein de 26 stations. Parfois des interruptions dans les chroniques enregistrées par ces capteurs subviennent, en raison de retraits dus à des épisodes d'assèchement du lit des rivières (certains enregistreurs ne supportant pas les températures maximales estivales dans l'air) ou bien à des dysfonctionnements de ces

enregistreurs. De plus, les chroniques thermiques permettent de visualiser les épisodes d'assecs, lorsque l'amplitude thermique journalière augmente brutalement.



Carte 5 : Localisation des 26 enregistreurs thermiques et sondes multi-paramètres.

Les suivis thermique et hydrologique (débits) des points nodaux (zones de particularités hydromorphologiques) des réseaux hydrographiques ont pour objectif de caler la connaissance de base des conditions abiotiques. À l'exception du Grand-Vallat, chaque cours d'eau a été équipé d'un capteur hydrostatique mesurant les variations de hauteur d'eau et la température. La Cause en a été équipée de deux : un en amont de la retenue de Bimont (régime hydrologique naturel) et un autre en aval de la retenue de Zola (régime hydrologique artificiel)

Les périodes d'enregistrement des différents capteurs peuvent varier considérablement. Des tronçons de rivières dans lesquels l'écoulement de surface s'interrompt une partie de l'année, n'ont pu être équipés sur de longues périodes pour des raisons techniques. Ainsi, les enregistreurs équipant le Grand-Vallat couvrent une période à peine supérieure à un mois (mai - juin 2009) ; tandis que ceux équipant des tronçons dont l'écoulement est pérenne, comme l'Abéou dans sa partie inférieure, peuvent couvrir la période début 2009 – fin 2010.

D.3.3. Etude des peuplements d'insectes aquatiques

A partir des connaissances physiques du réseau hydrographique, un protocole d'échantillonnage de la macrofaune benthique a été établi afin de dresser un inventaire de la biodiversité en insectes aquatiques. Le protocole d'échantillonnage est présenté ci-dessous.

D.3.3.1. Considérations taxonomiques

A partir de l'automne 2008, des campagnes d'investigation de la diversité des insectes aquatiques ont été menées.

Les prélèvements ont principalement concernés trois ordres d'insectes aquatiques : les plécoptères, les éphéméroptères et les trichoptères. Ces trois ordres, regroupés conventionnellement et internationalement sous le sigle EPT, forment une métrique de bioindication reconnue parmi les macro-invertébrés benthiques. Ils sont, pour une grande majorité de taxons, polluo-sensibles et bien connus au niveau spécifique. Ils réalisent leurs cycles vitaux dans le milieu aquatique au stade larvaire, puis dans le milieu aérien au stade adulte (ou imago), ce qui leur permet de coloniser par la voie aérienne des milieux aquatiques adjacents. Leur traits d'histoire de vie sont variés et leur permettent de se maintenir dans des biotopes diversifiés. Les connaissances relatives à leurs traits biologiques et écologiques disponibles dans la littérature sont nombreuses.

En milieu lotique, ces trois ordres sont particulièrement porteurs d'informations relatives aux conditions écologiques diverses des systèmes dans lesquels ils évoluent, et ils permettent en retour de porter un diagnostic sur certains aspects fonctionnels du milieu où ils ont été identifiés.

D.3.3.2. Echantillonnage des insectes aquatiques

Après la description de la structure spatiale du réseau hydrologique, des zones d'intérêt pour les prélèvements ont été délimitées. Les zones d'échantillonnage ont été définies afin d'étudier toutes les particularités physiques des rivières étudiées, dans les limites de faisabilité (exemple de l'accès aux propriétés privées).

Ces zones d'étude ont donc été disposées dans des secteurs singuliers comprenant des sites en amont des réseaux hydrographiques, des sites intermédiaires, des sites encadrant des confluences, et des sites alimentés par des résurgences karstiques.

Deux types de prélèvements ont été effectués dans les rivières étudiées : des prélèvements qualitatifs ont permis de dresser un inventaire spécifique voulu le plus exhaustif que possible ; parallèlement des prélèvements quantitatifs ont permis une évaluation du potentiel biologique des rivières selon des normes de prélèvement définies.

D.3.3.2.1. Prélèvements qualitatifs

Cette pratique a pour objectif d'inventorier un maximum de taxons différents appartenant aux ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères.

Les prélèvements qualitatifs ont consisté à multiplier les échantillons dans les différents habitats d'une zone donnée d'une rivière afin d'obtenir une saturation de l'information (plus d'apparition de nouveau taxon) sur les taxons présents à une date donnée. Par la suite, les zones échantillonnées géographiquement proches ont été regroupées dans des tronçons de rivières. A l'exception des tronçons dans lesquels une seule campagne de prélèvement a été réalisée, les campagnes de prélèvements d'un tronçon donné ont été reproduites à différentes saisons afin de capturer les taxons dont les cycles vitaux sont saisonniers. Pour chaque

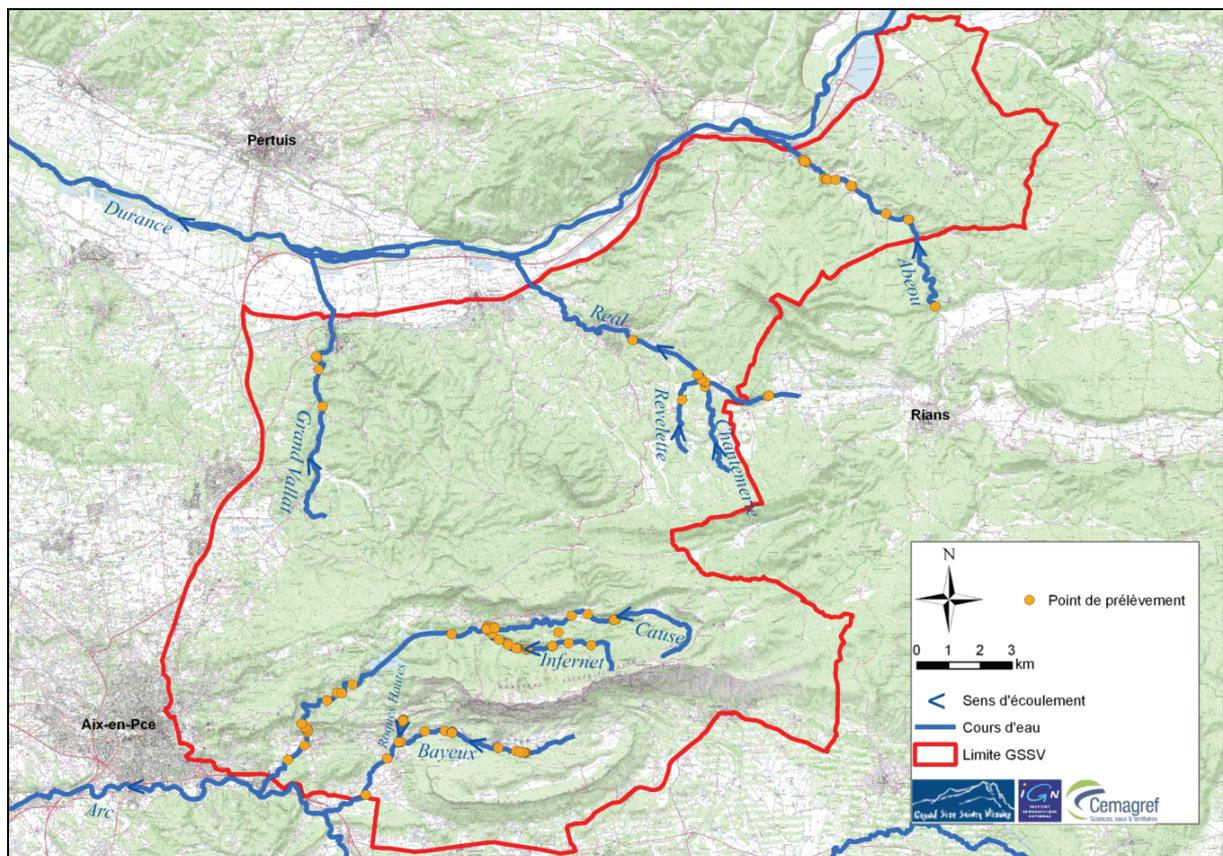
tronçon, plusieurs campagnes (définies par la date de prélèvement et la zone concernée) peuvent donc être cumulées dans l'analyse des résultats.

Les échantillons aquatiques ont été réalisés à l'aide d'une époussette dont la taille de vide de maille mesure 1 mm. Le substrat a été remué à la main, l'époussette placée sous le courant afin de récupérer les éléments mis en suspension. Ces éléments sont ensuite disposés dans une bassine afin d'y récupérer les invertébrés. Dans un tronçon, une prospection des divers habitats les plus biogènes est ainsi réalisée à différentes époques de l'année.

Complémentairement, la capture d'imagos appartenant aux ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères a permis d'affiner l'information taxonomique. Cette capture s'effectue à l'aide d'un filet à papillons. Les invertébrés récoltés sont placés dans des piluliers et fixés avec de l'alcool à 70 %.

L'association de ces techniques permet une première étape de connaissance dans une zone considérée ; si l'on désire approcher le potentiel présent dans un territoire donné, il faut procéder à une systématisation des captures par des pièges lumineux et des pièges à émergence (Malaise traps).

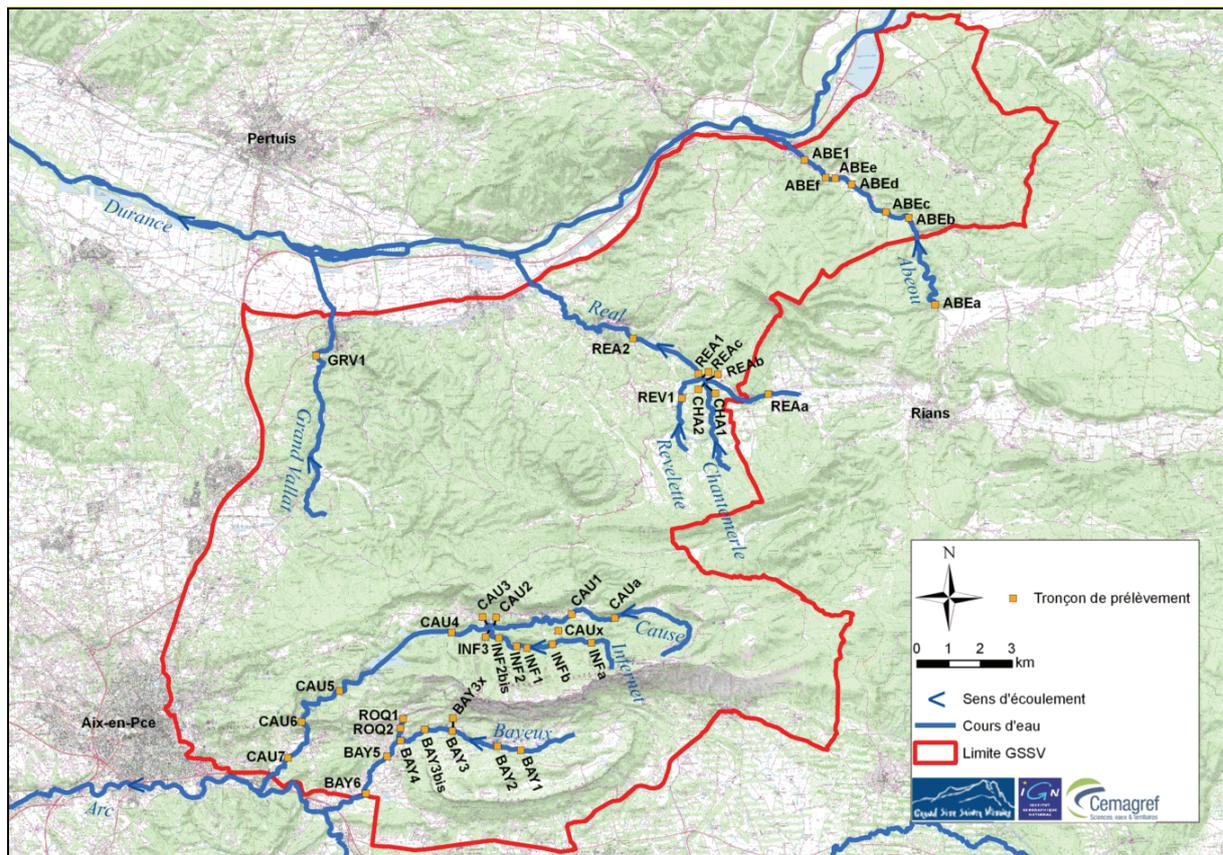
Chaque zone échantillonnée est géo-référencée. Leurs localisations sont présentées dans la Carte 6. Au total, 145 points de prélèvements qualitatifs ont été effectués depuis février 2007, dont 138 contenaient des individus appartenant aux ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères. Des informations ponctuelles de températures, de concentration d'oxygène et de conductivité ont été enregistrées sur chacun des sites explorés grâce à une sonde multi-paramètres portable de marque WTW.



Carte 6 : Localisation des 138 zones de prélèvements qualitatifs, regroupées par la suite en tronçons d'étude.

De plus, une source d'informations complémentaire est utilisée dans cette étude. Il s'agit de prélèvements qualitatifs antérieurs à la présente étude effectués par l'équipe « invertébré » de l'UR HYAX du Cemagref d'Aix-en-Provence. Ces prélèvements datent pour les plus anciens de 1980 et concernent exclusivement les cours d'eau appartenant au bassin-versant de l'Arc Provençal. Les rivières de la Cause et du Bayeux étaient suivies dans le cadre de diverses études. Ces prélèvements concernent essentiellement les imagos des trois ordres d'insectes étudiés, mais quelques larves peuvent être également concernées ; le niveau de détermination est l'espèce. Cette source d'information complémentaire permet d'affiner le fond faunistique de ces cours d'eau sur une chronique temporelle plus longue. La localisation de ces prélèvements, non géo-référencés à l'époque, est reliée aux tronçons d'étude récents. Au final, ces informations complémentaires concernent 113 points de prélèvements.

Afin d'en réaliser la synthèse, les deux types de prélèvements qualitatifs ont été regroupés au sein de 41 tronçons homogènes de rivière. Ces tronçons ont été créés en cumulant les points de prélèvement de localités proches. Un code a été attribué à chaque tronçon : les trois premières lettres en majuscule correspondent aux noms des rivières, suivies d'un chiffre ou d'une lettre minuscule pour indiquer leur position de l'amont vers l'aval. La lettre « x » désigne de petits affluents temporaires ; le mot « bis » a été utilisé pour désigner un tronçon proche d'un autre, défini antérieurement. La localisation de ces tronçons et leurs codes sont présentés dans la Carte 7.



Carte 7 : Localisation et noms des 41 tronçons d'étude.

Des représentations schématiques des rivières de la Cause et de l'Abéou sont présentées en annexe 9. La localisation schématique des retenues de Bimont et de Zola sur le linéaire de la Cause y est figurée.

D.3.3.2.2. Prélèvements normalisés

- **L'Abéou**

Le choix de la réalisation d'un échantillonnage normalisé s'est porté sur l'Abéou en raison de l'absence de ce type d'information sur ce cours d'eau, alors que le Réal de Jouques voisin fait l'objet d'un suivi par la DREAL PACA mais en aval de Jouques, hors territoire du GSSV. Dans l'optique d'évaluer la qualité biologique de la partie aval de l'Abéou, une campagne d'échantillonnage des invertébrés a été effectuée le 6 avril 2010 selon la norme XP-T90-333 au niveau du tronçon ABE1.

Cette nouvelle méthode normalisée, destinée à compléter la méthode IBGN XP T90-350 (Indice Biologique Global Normalisé), permet *de réaliser un échantillon quantitatif du peuplement benthique représentatif de la mosaïque des habitats dominants et des habitats marginaux, et maintient la possibilité de calculer une note IBGN*. Au total, 12 prélèvements à l'aide d'un filet de type Surber ont été effectués en amont du village de St Paul-lès-Durance. Nous n'exploitons dans ce rapport que l'aspect qualitatif de cet échantillonnage.

- **Le Bayeux**

Dans une optique de comparaison, les résultats d'une campagne IBGN réalisée le 9 avril 2010, selon la norme XP T90-350, sur le Bayeux au niveau du tronçon BAY6 sont présentés.

- **Le Réal de Jouques**

De même, pour comparaison, les résultats de quatre campagnes de prélèvements réalisés par la DREAL PACA sur le Réal en aval du village de Jouques sont présentés dans ce rapport.

Ces prélèvements sont faits dans une station appartenant au RCS (Réseau Contrôle et Surveillance) située hors du territoire d'action du GSSV.

- **Estimation de gammes de notes IBGN sur les tronçons d'étude**

A partir des données qualitatives aux niveaux de détermination du genre et de la famille (Annexe 7) concernant les ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères, une estimation des gammes de notes IBGN a été réalisée.

L'inventaire qualitatif présenté dans ce rapport utilise trois ordres d'insectes dont les taxons indicateurs sont les plus élevés, en termes de polluosensibilité, dans la méthode de calcul des notes IBGN. Cet inventaire permet donc d'obtenir ce paramètre clé dans le calcul de la note IBGN qu'est le Groupe Faunistique Indicateur (GFI).

Le second paramètre de calcul d'une note IBGN est la variété, c'est-à-dire le nombre de familles présentes dans un échantillon. Dans cette étude, la variété ne peut être que partielle car elle concerne uniquement les trois ordres d'insectes étudiés. Ces valeurs constituent toutefois une hypothèse basse qui peut être utilisée.

En effet, les variétés taxonomiques obtenues ne prennent pas en compte les groupes faunistiques non recherchés dans cette étude comme les odonates, les diptères, les coléoptères, les hétéroptères, les mégaloptères, les mollusques, les crustacés, les oligochètes et les planaires.

Des notes IBGN minimales sont donc présentées pour chaque tronçon étudié à partir de ces paramètres (GFI et variété observée en EPT), sachant que des prélèvements qui viseraient l'intégralité des groupes faunistiques de la faune benthique augmenteraient ces valeurs de variétés observées, et donc les valeurs des notes IBGN.

En complément pour les tronçons d'étude situés sur la rivière du Bayeux et de son affluent le ruisseau de Roques-Hautes, des estimations des variétés taxonomiques totales – c'est-à-dire en considérant les groupes faunistiques non étudiés dans les prélèvements qualitatifs – ont été obtenues.

Ces estimations de variétés taxonomiques totales ont été établies en utilisant les données d'une vingtaine de campagnes IBGN réalisées par l'équipe Ecosystèmes Eaux courantes du Cemagref d'Aix-en-Provence sur le Bayeux, depuis 7 ans, entre 2003 et 2009. Une relation mathématique a été établie entre la variété taxonomique de l'ensemble des groupes faunistiques utilisé dans la norme IBGN, et la variété des trois ordres d'insectes EPT. Le coefficient de corrélation entre ces deux paramètres est égal à 0,8. Ainsi, une note IBGN estimée a pu être obtenue pour les tronçons d'étude du Bayeux et ceux de Roques-Hautes.

D.3.3.3. Détermination des insectes aquatiques

En laboratoire et sous loupe binoculaire, la détermination des invertébrés benthiques a été réalisée à des niveaux taxonomiques plus ou moins poussés selon la maturité des caractères morphologiques.

Pour les larves des ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères, lorsque les caractères morphologiques étaient immatures, ou bien lorsque les caractères larvaires observés ne permettaient pas d'atteindre le niveau taxonomique de l'espèce, la détermination restait au niveau du genre (et parfois au niveau de la famille pour les larvules).

Lorsque les conditions nécessaires étaient remplies, la détermination a été poussée au niveau de l'espèce.

Pour la détermination au niveau du genre, l'ouvrage d'Henri Tachet¹⁵ a été utilisé.

La détermination au niveau spécifique des larves de trichoptères a été réalisée à partir de l'ouvrage de Johann Waringer¹⁶.

Les espèces des imagos de trichoptères ont été identifiées avec l'ouvrage de Hans Malicky¹⁷.

Les éphéméroptères adultes et larves ont été déterminés à l'espèce avec l'ouvrage de Denise Studemann¹⁸.

Les larves et imagos de plécoptères ont été identifiés à l'espèce le plus souvent avec l'ouvrage de Jacques Aubert¹⁹.

¹⁵ Tachet, H. ; Richoux, P. ; Bournaud, M. ; Usseglio-Polatera, P. : *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions, 2006.

¹⁶ Waringer, J. ; Graf, W. : *Atlas des larves de Trichoptères, larves d'Autriche et de ses pays limitrophes*. Facultas-Universitätsverlag, 1997.

¹⁷ Malicky, H. : *Atlas des Trichoptères d'Europe*. Dr W. Junk Publishers The Hague-Boston-London, 1983.

¹⁸ Studemann, D. ; Landolt, P. ; Sartori, M. ; Hefti, D. ; Tomka, I. : *Ephemeroptera*. Insecta Helvetica Fauna, édité par la Société entomologique suisse, 1992.

¹⁹ Aubert, J. : *Plecoptera*. Insecta Helvetica Fauna, édité par la Société entomologique suisse, 1959.

D.4. Résultats

Les résultats sont présentés suivant l'ordre suivant : rappel des éléments de typologie physique des cours d'eau, les régimes thermiques, les régimes hydrologiques et les relations croisées issues des enregistrements entre hauteurs d'eau et températures, et en dernier, les résultats des prélèvements de la macrofaune benthique.

D.4.1. Hydromorphologie

Lors de la phase descriptive des conditions physiques réalisée en 2008, un total de 43,1 km de linéaire de cours d'eau a été décrit, dont plus de la moitié était exceptionnellement en assec. L'absence d'écoulement de surface de certains tronçons lors de cette prospection peut être considérée comme une limite à l'interprétation de ces données. De nombreux paramètres comme la succession géomorphologique des séquences plats – mouilles, les descriptions de la granulométrie des lits ou la présence de végétation aquatique, sont difficilement appréciables en l'absence d'écoulement superficiel.

Cependant, ces données descriptives des conditions physiques des cours d'eau permettent tout de même un bilan et un comparatif des systèmes étudiés.

En résultat, **trois types physiques de cours d'eau** ont pu être dégagés :

- **Type 1 : l'Infernet et Revelette** : le faciès plat y est dominant, un grand nombre de faciès est rencontré par kilomètre, et une faible variété granulométrique est observée (limons, vases ou roche-mère).
- **Type 2 : Le Bayeux, l'Abéou, Chante-Merle, le Réal de Jouques et la Cause** : il y a une homogénéité de répartition des deux faciès radiers et plats, un nombre moyen à grand de faciès est observé par kilomètre, et une grande variété granulométrique est rencontrée (avec une part importante des systèmes racinaires).
- **Type 3 : Le Grand-Vallat et le ruisseau de Roques-Hautes** : aucun faciès ne peut être considéré comme dominant, un faible nombre de faciès se rencontre par kilomètre, les substrats sont relativement homogènes (limon, vase ou roche-mère essentiellement).

Au vu de cet essai de typologie physique, les regroupements de rivières n'apparaissent pas en lien avec leur proximité géographique. Une diversité de types physiques est observée au sein de chaque bassin-versant, Arc Provençal et Durance.

De plus, le type physique 2 apparaît, à ce stade, comme intermédiaire entre les deux autres types, et peut être potentiellement considéré comme le plus biogène pour les communautés d'invertébrés benthiques.

Les divers résultats obtenus lors de la phase préliminaire de description physique de ces cours d'eau sont insuffisants à eux-seuls pour caractériser l'état fonctionnel de ces systèmes. La prise en compte des régimes thermiques et hydrologiques complète cette description hydromorphologique.

D.4.2. Régimes thermiques et hydrologiques

D.4.2.1. Régimes thermiques

Les graphiques en annexes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 présentent les évolutions des minimas et des maximas journaliers durant les périodes d'enregistrement de chaque capteur thermique.

Les amplitudes thermiques journalières sont analysées ci-après par rivière et sur des chroniques de durées inégales.

- **L'Abéou (Annexe 1)**

	T°C moyennes sur la chronique	Ecart-type des T°C moyennes journalières	T°C minimale enregistrées	T°C maximale enregistrées
Abeou 1	15.4	3.6	6.6	X
Abeou 2	13.5	0.9	5.2	15.6
Abeou 3	13.6	0.8	5.6	15.5
Abeou 4	13.5	1.0	5.8	15.4
Abeou 5	13.4	0.9	7.9	15.1

Chronique de fin mars 2010 à juillet 2010 : L'enregistreur thermique situé le plus en amont du secteur d'étude : « Abéou 1 », se trouve dans un tronçon dont l'écoulement de surface n'est pas permanent. L'amplitude thermique journalière permet de dater la période à laquelle l'écoulement superficiel a cessé : ici aux alentours du début du mois de juillet 2010, pour une température maximale de 22°C. Ce thermomètre, parmi ceux équipant l'Abéou, est celui présentant la plus forte variabilité des températures enregistrées, signe d'un régime hydrologique de type pluvial marqué par un épisode d'assec. La ripisylve le long de ce tronçon de l'Abéou étant relativement éparse, l'échauffement solaire y est relativement plus important que sur les sites plus en aval.

Chroniques de mai 2009 à novembre 2010 : Les enregistreurs thermiques suivants : « Abéou 2, 3, 4 et 5 » sont tous situés sur un tronçon alimenté par des résurgences karstiques. À l'exception des années de sécheresse particulièrement sévères (au dire des riverains), ces résurgences maintiennent un écoulement estival permanent dans la partie inférieure de l'Abéou, cela à partir du pont situé à l'intersection des routes départementales D61d et D11, au niveau du lieu-dit du « Mallabé ». L'Abéou est donc, à partir de ces résurgences jusqu'à sa confluence avec la Durance, une rivière à soutien d'alimentation karstique. Cette particularité lui confère une forte stabilité thermique inter-saisonnière et des températures fraîches. Des pics froids, aux alentours de 6°C, sont observés durant l'hiver 2010 certainement due à des épisodes de précipitations froides intenses, provoquant un décalage entre les températures des eaux de surface du cours d'eau et celles de la nappe d'origine karstique.

- **Le Grand-Vallat**

Chroniques de mai à juin 2009 : Cette rivière a été équipée de deux capteurs thermiques durant 41 jours (données non présentées). L'enregistreur dénommé « Grd Vallat 1 » a connu un assec après 37 jours de pose, comme l'enregistreur « Grd Vallat 2 » après 18 jours de pose. Durant la période de pose et en présence d'un écoulement superficiel, les températures étaient comprises entre 13°C et 20°C pour le n°1, et entre 12°C et 22°C pour le n°2. En raison du fort caractère intermittent de l'écoulement de ce cours d'eau, aucune autre instrumentation enregistreur thermique ou hydrostatique n'a été poursuivie.

- **Le Réal de Jouques (Annexe 2)**

	T°C moyennes sur la chronique	Ecart-type des T°C moyennes journalières	T°C minimale enregistrées	T°C maximale enregistrées
Real 1	12.8	3.1	4.0	19.2
Real 2	15.7	1.6	8.9	19.4
Real 3	14.5	2.5	6.1	19.3

Chroniques de mai 2009 à novembre 2010 : D'un point de vue général, le Réal dans sa partie supérieure est un cours d'eau relativement frais. Au niveau de la confluence du ruisseau dit de Revelette (« Réal 1 »), les températures sont comprises entre 4°C et 19,2°C. En amont du village de Jouques (« Réal 2 et 3 »), elles fluctuent entre 6°C et 19,3°C. Des variations thermiques saisonnières sont observées sur ce cours d'eau, avec des températures estivales supérieures à 15°C, et des températures hivernales proches des 10°C. Entre la partie amont (« Réal 1 ») et la partie la plus en aval du secteur d'étude (« Réal 2 et 3 »), une légère augmentation des températures, de l'ordre de 2°C, est observée. Des fluctuations thermiques intra-saisonnières importantes sont observées, signe de l'influence des augmentations des débits suite aux épisodes de précipitations.

- **Le ruisseau de Roques-Hautes (Annexe 3)**

	T°C moyennes sur la chronique	Ecart-type des T°C moyennes journalières	T°C minimale enregistrées	T°C maximale enregistrées
Roques-Hautes 1	12.7	0.7	3.2	15.4

Chroniques de novembre 2008 à novembre 2010 : Malgré des absences de données dans la chronique (« Roques-Hautes 1 »), l'enregistreur thermique installé permet d'étudier le régime thermique particulier de ce cours d'eau. Comme la partie aval de l'Abéou, le ruisseau de Roques-Hautes présente une stabilité thermique remarquable. Les températures enregistrées présentent une amplitude journalière moyenne très faible de l'ordre de 1 à 2°C. Cette rivière bénéficie donc d'une alimentation principalement d'origine karstique jouant un rôle de fort tampon thermique. La provenance soupçonnée de ces eaux serait des infiltrations karstiques au niveau de la retenue de Bimont gérée par la Société du Canal de Provence. Ceci a été vérifié par des valeurs de conductivité mesurées dans la retenue de Bimont (moyenne de 408 µS/cm pour trois mesures), et dans le ruisseau de Roques-Hautes (moyenne de 467 µS/cm pour 22 mesures), et par le contraste avec le Bayeux en amont de la confluence de Roques-Hautes (moyenne de 727 µS/cm pour huit mesures). Des épisodes froids sont constatés dans la chronique présentée, mais l'exception restera celui du début du mois d'août 2009 (gros orage de grêle sur la chaîne Ste Victoire), semblable à celui observé sur les enregistrements thermiques de la partie aval du Bayeux (voir ci-après).

- Le Bayeux (Annexe 4)

	T°C moyennes sur la chronique	Ecart-type des T°C moyennes journalières	T°C minimale enregistrées	T°C maximale enregistrées
Bayeux 1	12.6	2.5	3.6	18.4
Bayeux 2	12.8	3.5	2.7	18.6
Bayeux 3	16.1	3.3	4.1	25.4
Bayeux 4	12.8	3.3	3.9	22.1
Bayeux 5	13.4	3.5	4.8	22.4

Remarque : La chronique de l'enregistreur thermique « Bayeux 3 » ne comprend pas la période hivernale 2009-2010. La valeur de température moyenne est donc surestimée.

Chroniques de novembre 2008 à novembre 2010 : Ce cours d'eau présente différents régimes thermiques le long de son linéaire. Il est possible de distinguer plusieurs tronçons : une partie amont (entre sa source au niveau de la zone dite Marbrière, jusqu'au village de Saint-Antonin), une partie intermédiaire (entre Saint-Antonin et la confluence du ruisseau de Roques-Hautes) et une partie aval (depuis la confluence du ruisseau de Roques-Hautes jusqu'à la confluence du Bayeux avec l'Arc).

Dans la partie amont (« Bayeux 1 et 2 »), où le Bayeux présente un écoulement pérenne (confirmé par la présence d'écrevisses à pied blanc : *Austropotamobius pallipes*), deux enregistreurs thermiques ont été disposés. Sur la période d'enregistrement, les températures n'excèdent pas les 19°C et présentent un minima ponctuel de 2,5°C. Ce tronçon du Bayeux est donc relativement frais et durant la période d'enregistrement, l'écoulement de surface y a toujours été continu. Les amplitudes thermiques journalières sont relativement faibles et constantes (autour de 2°C), à l'exception du printemps 2010, durant la phase de réchauffement des eaux où les températures atmosphériques diurnes et nocturnes peuvent présenter des amplitudes plus importantes.

Dans la partie intermédiaire (« Bayeux 3 »), le Bayeux ne bénéficie pas d'un écoulement de surface pérenne. Les températures enregistrées sont comprises entre 4°C (orage estival) et 25,4°C. Les amplitudes journalières sont fortement marquées essentiellement durant les mois de juillet et d'août 2009 et 2010. L'absence d'enregistrement durant l'hiver 2009 – 2010 ne permet pas de connaître les températures les plus fraîches sur ce tronçon et introduit un biais dans la valeur moyenne des températures présentée.

Dans sa partie aval (« Bayeux 4 et 5 »), le Bayeux est alimenté essentiellement en période sèche par le ruisseau de Roques-Hautes. Les températures fluctuent entre 4°C et 23°C environ. La saisonnalité thermique y est bien marquée. Les températures de l'eau de l'été 2009 ont été relativement plus chaudes que celles de l'été 2010. Un phénomène de refroidissement brutal s'est produit au début du mois d'août 2009 induit par des précipitations de grêle sur la Ste Victoire (orage destructeur de vignoble sur Puylobier).

- La Cause (Annexe 5)

	T°C moyennes sur la chronique	Ecart-type des T°C moyennes journalières	T°C minimale enregistrées	T°C maximale enregistrées
Cause 1	15.1	3.6	5.4	23.2
Cause 2	12.0	4.0	4.2	22.6
Cause 3	13.2	3.0	2.6	22.3
Cause 4	15.2	3.2	6.8	28.0
Cause 5	16.4	3.4	7.9	25.3
Cause 6	14.1	1.9	7.1	22.2
Cause 7	15.3	0.8	11.8	21.2
Cause 8	12.0	4.0	6.4	21.8

Chroniques de novembre 2008 à novembre 2010 : Le parcours de ce cours d'eau est fragmenté par les retenues de Bimont et de Zola, en aval desquelles, un régime hydrologique artificiel est en place. Depuis sa source au col des Portes jusqu'à la retenue de Bimont, la Cause présente donc un régime hydrologique naturel. En aval des retenues, le régime hydrologique est artificiel. Les débits de la Cause en aval de la retenue Zola sont assurés uniquement par des fuites à travers les appuis et la fondation du barrage. Ces débits ne peuvent donc pas être modulés, et on ne peut donc pas parler au sens propre de *régime hydrologique réservé*.

En amont des retenues de Bimont et de Zola, quatre enregistreurs thermiques (« Cause 1, 2, 3 et 4 ») ont été installés.

Pour le thermomètre « Cause 1 », entre l'orage de grêle du 2 août 2009 et la fin août 2009, un net refroidissement des températures minimales journalières est observé. Ce résultat peut être interprété comme l'influence de l'inertie thermique des eaux de nappes après les intenses précipitations de grêle. Dans ce tronçon de la Cause en ubac du massif Sainte-Victoire, le réseau de drainage conserverait une mémoire environ pendant un mois des événements thermiques particuliers comme un épisode de grêle. Cependant, à partir de septembre 2009, la chronique de température est tronquée par l'arrêt du capteur (fin de batterie). Un nouveau capteur a été installé en mars 2010 et a été retiré huit mois après.

Les enregistreurs thermiques « Cause 2, 3 et 4 » présentent des régimes thermiques comparables avec, néanmoins, des périodes exondées variables. Des périodes d'assèchement peuvent être présumées à la mi-août 2009 sur la chronique « Cause 3 », et à partir de juillet 2010 sur la chronique « Cause 4 ». D'une manière plus générale, les températures enregistrées par ces thermomètres varient entre 2,6°C et 19°C pour « Cause 3 », et entre 6,8°C et 23°C pour « Cause 4 » hors période exondée.

Dans la partie soumise au régime hydrologique artificiel, l'enregistreur « Cause 5 » a été disposé entre les retenues de Bimont et de Zola, dans un vallon exposé au rayonnement solaire. A partir de ce tronçon, la Cause connaît des conditions d'écoulement permanent assurées par le régime hydrologique artificialisé en aval des retenues. Les amplitudes thermiques journalières observées, avoisinant les 5°C en été, ne sont donc certainement pas en lien avec des processus d'assèchement, mais plus certainement avec un fort réchauffement solaire des eaux. Les températures de l'eau de ce tronçon atteignent les 25°C durant l'été. Le manque de mesures durant la période hivernale ne permet pas de connaître les températures hivernales les plus froides. Les températures les plus basses enregistrées dans la chronique atteignent 7,8°C.

En aval de la retenue de Zola (« Cause 6, 7 et 8 »), les températures sont globalement plus fraîches comparativement au tronçon précédemment décrit, avec un maximum de 22,2°C et un minimum de 6,4°C. De nets refroidissements sont observés durant l'hiver 2009-2010, probablement expliqué par des épisodes de précipitations neigeuses. Enfin de façon

anecdotique, les diminutions brutales de température à la fin du mois de mai 2009 ont été provoquées par des essais de débitance conduits par la Société du Canal de Provence (voir le chapitre suivant : « D.4.2.2. Régimes hydrologiques »).

- **L’Infernet (Annexe 6)**

	T°C moyennes sur la chronique	Ecart-type des T°C moyennes journalières	T°C minimale enregistrées	T°C maximale enregistrées
Infernet 1	13.5	2.7	3.4	23.7
Infernet 2	12.1	3.1	3.0	21.1

Chroniques de mai 2009 à novembre 2010 : Sur les deux enregistreurs thermiques installés dans cet affluent de la Cause, seul le thermomètre « Infernet 1 » concerne une chronique aquatique suffisamment longue pour être interprétable. Les températures varient entre 3,4°C et 23,7°C. Une période de faibles débits peut être dégagée entre la mi-août et la fin du mois de septembre 2009. Aucune interruption de l’écoulement de surface ne s’est produit au cours de l’été 2010 au niveau du thermomètre « Infernet 1 ». Les températures estivales apparaissent légèrement plus chaudes en 2009 par rapport à 2010.

D.4.2.2. Régimes hydrologiques

Les chroniques d'enregistrement des événements hydrologiques n'ont pu débuter qu'à partir de la fin du printemps 2009 et la première série a été obtenue en fin d'année 2010. Cependant, les valeurs ne sont pas encore traduisibles en valeurs de débits car ces transformations nécessitent l'élaboration de courbes de tarage expertisées en cours d'élaboration.

Nous produisons ci-après les chroniques de hauteurs d'eau qui rendent compte de l'aspect temporel des débits ayant parcouru les systèmes équipés.

Il sera possible de placer ces informations dans le contexte global pluviométrique de la région après quelques années de suivi. On sait notamment au vu des données de la banque hydro à Pourrières sur le haut de l'Arc, que les pluviométries des printemps 2009 et 2010 ont conduit à des hydraulicités (rapport entre les valeurs de débits d'une période donnée et la moyenne interannuelle sur la période d'enregistrement disponible) bien supérieures à la normale.

Les constats effectués sur les systèmes hydrologiques du GSSV correspondent donc probablement à des contextes très favorables au plan hydro-écologique pour les communautés d'invertébrés benthiques.

- **L'Abéou**

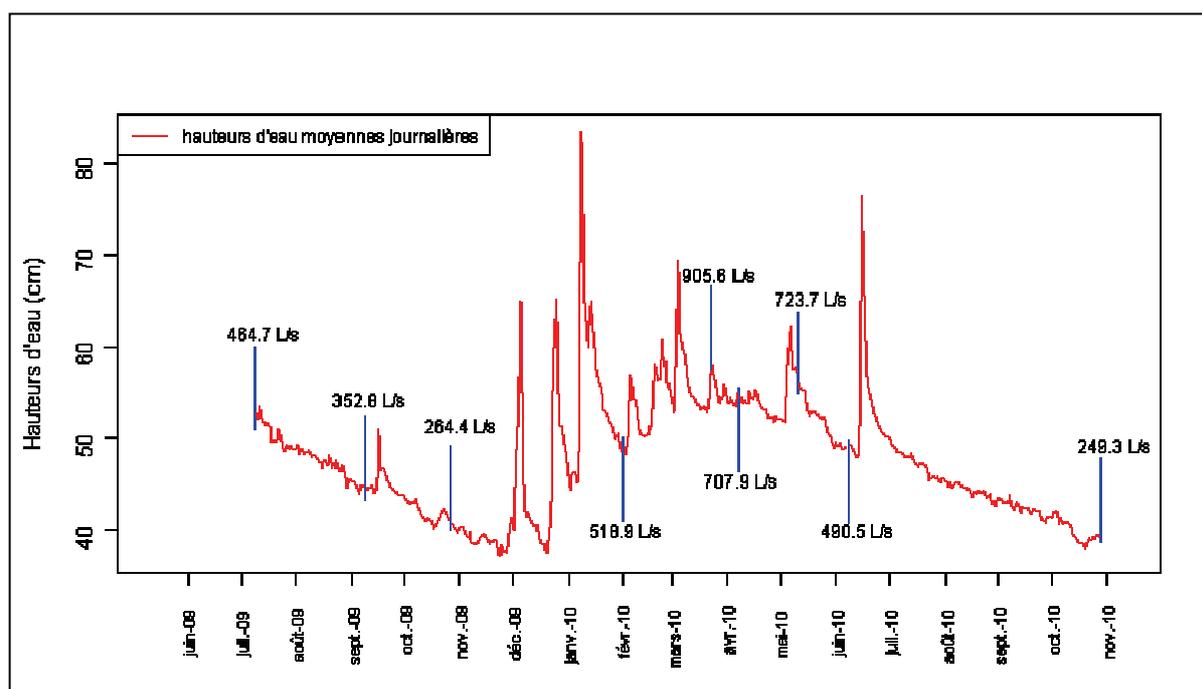


Figure 9 : L'Abéou (Abéou 5) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en amont de St-Paul-lès-Durance, et valeurs de débits jaugés (en l/s).

D'après la Figure 9, la partie aval de l'Abéou connaît des conditions d'écoulement permanent dans la période considérée, les hauteurs d'eau minimales étant de 40 cm environ.

Durant la saison estivale, les hauteurs d'eau diminuent progressivement, atteignant leurs valeurs minimales vers les mois de novembre 2009 et novembre 2010.

Durant l'hiver 2009-2010, plusieurs épisodes d'augmentations brutales des hauteurs d'eau se sont déroulés, avec un maximum dépassant les 80 cm de hauteur d'eau au début du mois de janvier 2010. Cet épisode de crue est relié avec le refroidissement des températures le plus marqué sur l'enregistreur thermique « Abéou 5 ».

Les débits jaugés, malgré quelques incohérences avec les hauteurs correspondantes, sont néanmoins relativement importants. Ils sont compris entre 249 l/s et 905 l/s. L'Abéou ne paraît pas avoir eu un débit instantané inférieur à 200 l/s durant la période d'étude.

- **Le Réal de Jouques**

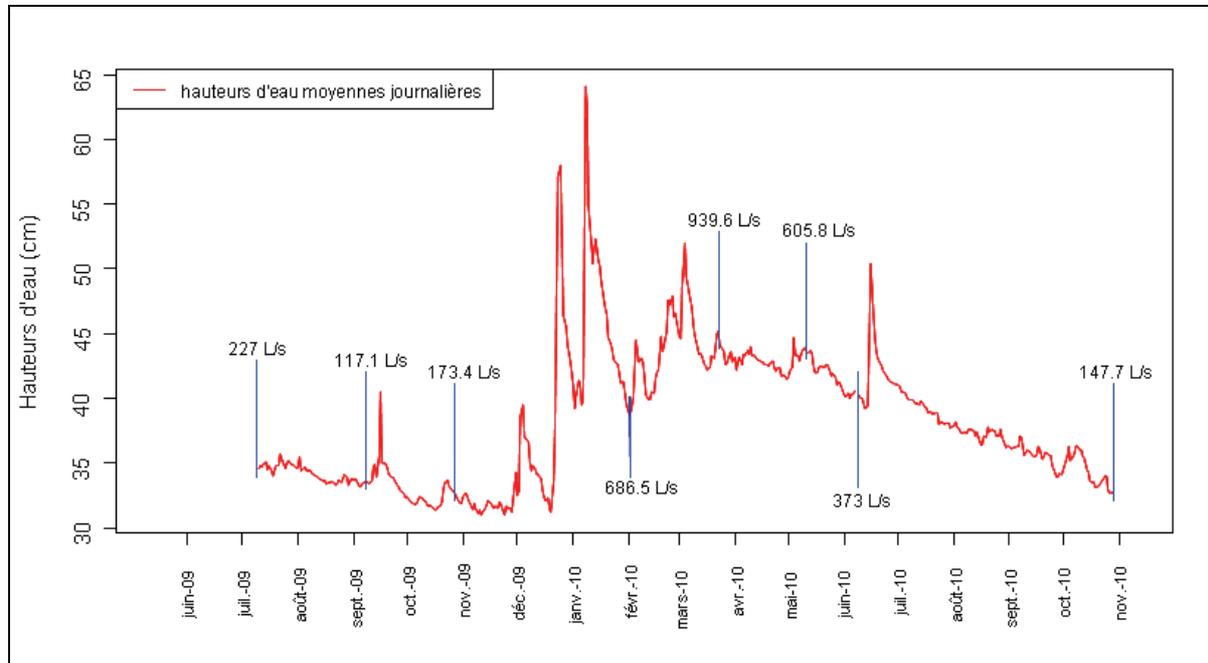


Figure 10 : Le Réal de Jouques (Réal 3) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en amont de Jouques, et valeurs de débits jaugés (en l/s).

D'après la Figure 10, le Réal en amont du village de Jouques présente un écoulement superficiel permanent entre juillet 2009 et la fin du mois d'octobre 2010.

La période de juillet à décembre 2009 a connu des hauteurs d'eau plus faibles que la période de juillet à novembre 2010. Cette différence reflète le fait que l'année hydrologique 2008-2009 a été plus sèche que l'année hydrologique 2009-2010.

De brusques augmentations des hauteurs d'eau sont enregistrées dans cette chronique. Ces épisodes de crue se déroulent aux mêmes moments sur l'Abéou, mais avec des intensités variables. Sur ces deux cours d'eau, l'épisode de crue qui s'est déroulé autour de la fin décembre 2009, a été le plus intense au cours de la période d'étude. Les crues plus modérées qui se sont déroulées entre février et fin avril 2010, présentent approximativement des intensités comparables sur l'Abéou et le Réal.

En termes de débits jaugés, les valeurs mesurées sur le Réal en amont de Jouques sont comprises entre 117 l/s et 939 l/s.

Le Réal ne semble pas avoir présenté un débit instantané inférieur à 100 l/s au cours de cette chronique.

- **Le Bayeux**

Sur les cinq limnimètres équipant les cours d'eau étudiés, celui du Bayeux est certainement celui dont la relation hauteur d'eau mesurée – débits jaugés est la moins fiable en raison de la complexité du profil en travers du lit.

Les données obtenues présentent une faible corrélation entre valeurs de hauteurs d'eau et de débits (coefficient maximal de corrélation observé de 0,41). Le lieu d'enregistrement de ce limnimètre est à modifier.

Afin d'obtenir une image du régime hydrologique de ce tronçon du Bayeux, seules les valeurs de débits jaugés sont donc présentées en Figure 11.

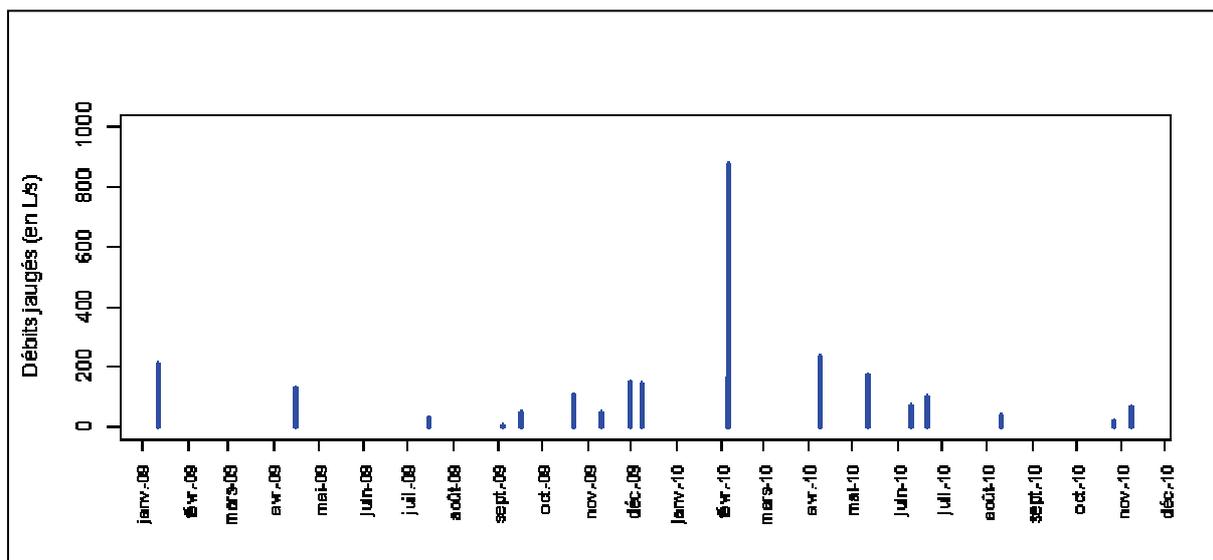


Figure 11 : Le Bayeux (Bayeux 5) ; Histogramme des valeurs de débits jaugés (en l/s) en aval du village de Beurecueil.

Les débits jaugés sur le Bayeux en aval de Beurecueil, varient dans la période d'étude entre 4,1 l/s et 877 l/s.

Le régime hydrologique de ce tronçon du Bayeux présente donc une forte saisonnalité avec des débits quasi-nuls durant la période estivale.

Cet affluent de l'Arc Provençal, bénéficiant de résurgences karstiques en provenance de la retenue de Bimont, via le ruisseau permanent de Roques Hautes, devrait être en théorie à l'abri des assècs. Or par le passé des tarissements ont été constatés comme en 2003 quand la côte de Bimont était très basse lors d'opération de vidange de la retenue, ou soupçonnés comme en 2008, aux vus de la pauvreté de la faune benthique récoltée à l'automne et des fortes amplitudes thermiques journalières des eaux mesurées entre le 17 août et le 19 septembre 2008.

La temporalité estivale des écoulements superficiels du Bayeux dans sa partie en aval de la confluence du ruisseau de Roques-Hautes, semble donc fortement dépendante de la côte de la retenue de Bimont.

Le Bayeux présente une autre particularité liée à la dynamique nyctémérale du débit comme en témoigne la Figure 12 présentant un extrait des enregistrements entre le 14 juillet et le 16 août 2010.

S'il est normal que la température oscille entre le jour et la nuit, il est curieux de constater une oscillation régulière et permanente du niveau d'eau, tout du moins jusqu'à la relève de la série en novembre 2010.

Les phénomènes sont d'ailleurs très inversement corrélés avec un maximum de débit juste avant midi et un minimum en soirée autour de 20h. La régularité du phénomène fait penser à un prélèvement d'eau automatisé qui fait fluctuer le niveau d'eau entre 10 et 20 cm en moyenne.

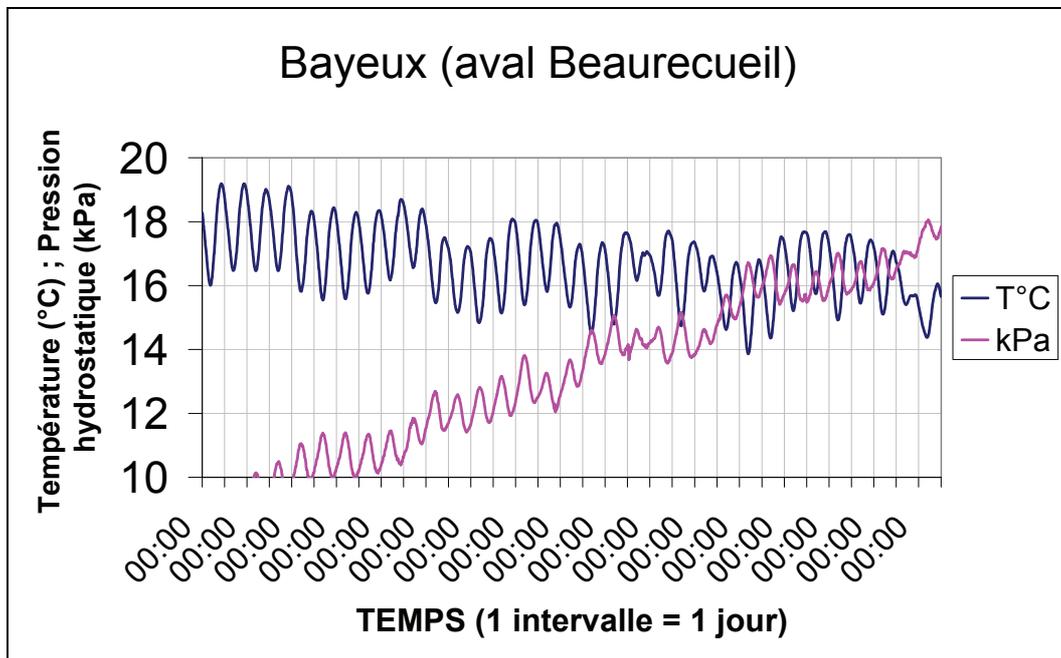


Figure 12 : Détail des fluctuations quotidiennes de la température et du débit sur le Bayeux en aval de la confluence de Roques-Hautes. Valeurs au pas de temps de 15 minutes entre le 14 juillet 2010 - 00h00 et le 16 août 2010 - 00h00.

- **La Cause**

La Cause a été équipée de deux enregistreurs de pression hydrostatique : le capteur « Cause 2 » situé en amont de la retenue de Bimont, reflétant le régime hydrologique naturel de la Cause, et le capteur « Cause 7 » situé en aval de la retenue de Zola, reflétant le régime artificiel (voir l'annexe 9).

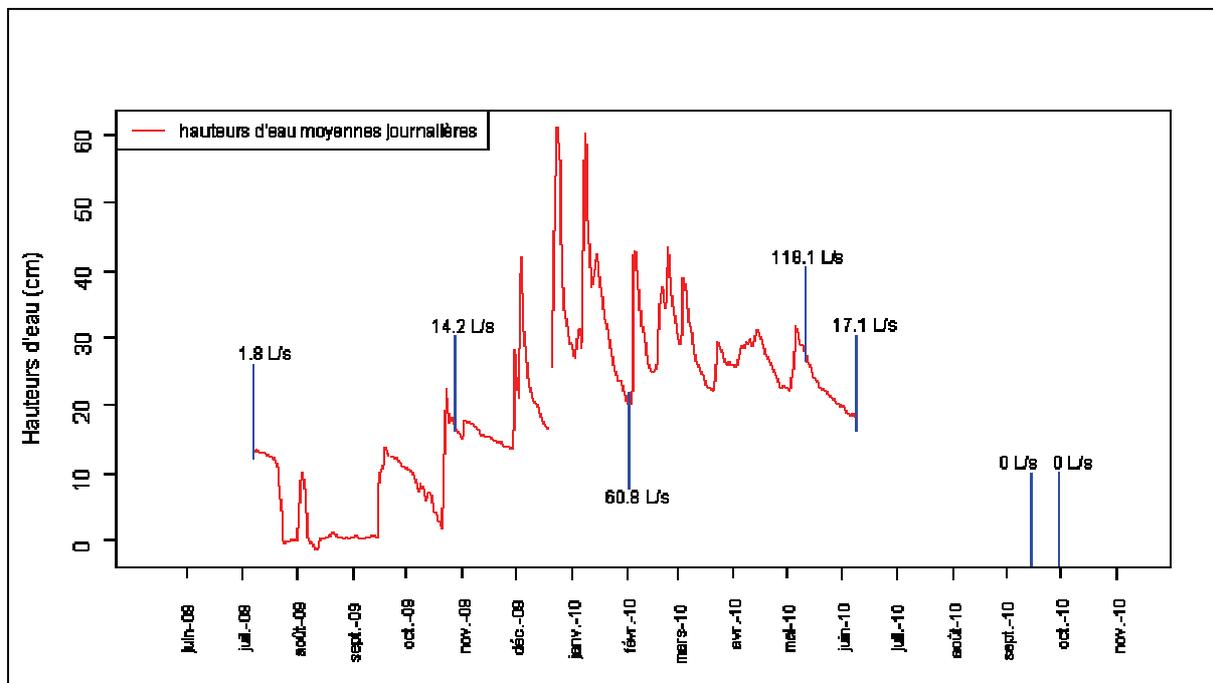


Figure 13 : La Cause amont (Cause 2) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en amont de la retenue de Bimont, et valeurs de débits jaugés (en l/s).

Concernant le limnimètre « Cause 2 » installé entre le village de Vauvenargues et la retenue de Bimont (Figure 13), de fortes variations saisonnières de hauteurs d'eau sont observées.

À partir de la mi-juillet 2009 et jusqu'à la mi-août 2009, ce tronçon de la Cause a subi un assèchement de son lit. Durant cette période, un court épisode de remise en eau s'est déroulé à la suite de l'orage de grêle au début du mois d'août 2009.

Durant l'hiver 2009-2010 et en raison du gel de l'eau de surface dans ce tronçon de la Cause, les valeurs de hauteurs d'eau mesurées comportent des données journalières manquantes.

Sur l'ensemble de la période d'enregistrement, les hauteurs d'eau mesurées semblent fortement dépendantes des précipitations dans ce tronçon de la Cause. L'absence d'épisode pluvieux durant la période estivale entraînant rapidement un tarissement de l'écoulement de surface.

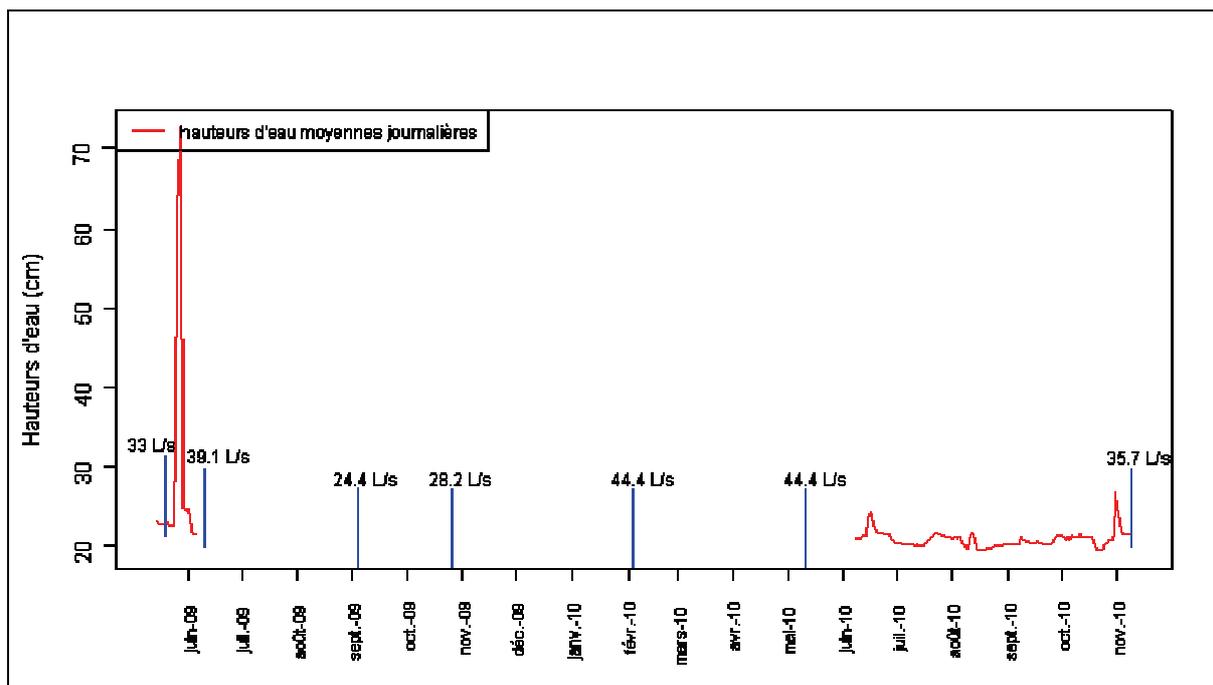


Figure 14 : La Cause aval (Cause 7) ; Evolution des hauteurs d'eau moyennes journalières (en cm) en aval de la retenue de Zola, et valeurs de débits jaugés (en L/s).

Le régime hydrologique du tronçon de la Cause en aval des retenues de Bimont et de Zola est un régime artificiel avec un débit « indirectement » réservé (Figure 14). En effet, le débit de la Cause en aval du barrage Zola est assuré par des fuites via le système karstique. Le débit ne peut donc pas être directement modifié et n'est en théorie que sous la dépendance de la hauteur d'eau dans le barrage et de la pluviométrie dans le bassin versant intermédiaire.

Le capteur de pression hydrostatique « Cause 7 » situé au niveau de la Petite Mer (Tholonet), n'a pas fonctionné durant près d'un an pour des raisons techniques. Deux périodes sont enregistrées par ce capteur.

La première vers la fin mai – début juin 2009, a connu une augmentation de hauteur d'eau de plus de 50 cm. Cet événement marque l'essai de débitance effectué par la Société du Canal de Provence. Cet essai a pour objectifs d'étudier les débits maximums pouvant passer dans le lit de la Cause, et de rappeler aux habitants l'existence des crues potentielles de la Cause.

Durant la seconde période d'enregistrement, entre juin et novembre 2010, les hauteurs d'eau mesurées sont restées stables autour d'une valeur de 20 cm d'eau. Quelques augmentations ponctuelles sont observées, certainement en lien avec des épisodes de précipitations.

Les valeurs de débits jaugés au niveau de ce capteur, sont comprises entre 24.4 L/s et 44.4 L/s, reflétant une grande stabilité temporelle hydrologique due à l'origine des eaux sur cette partie aval de la Cause.

D.4.2.3. Relations températures – hauteurs d'eau

Dans le but de visualiser conjointement les informations des régimes thermique et hydrologique, des graphiques établissant les relations entre températures et hauteurs d'eau mesurées par chaque limnimètre sont présentés.

Ces graphiques se composent de divers éléments : les points définis par le couple hauteur d'eau moyenne journalière – température moyenne journalière (croix noires), des courbes de densités de probabilité établies avec la méthode dite d'*estimation par noyau*²⁰ (courbes bleues), et une enveloppe des valeurs extrêmes (ligne rouge en pointillé).

Les profils ainsi obtenus permettent une approche croisée des deux paramètres essentiels pour l'écologie des macro-invertébrés benthiques que sont les aspects thermique et hydrologique.

- **L'Abéou**

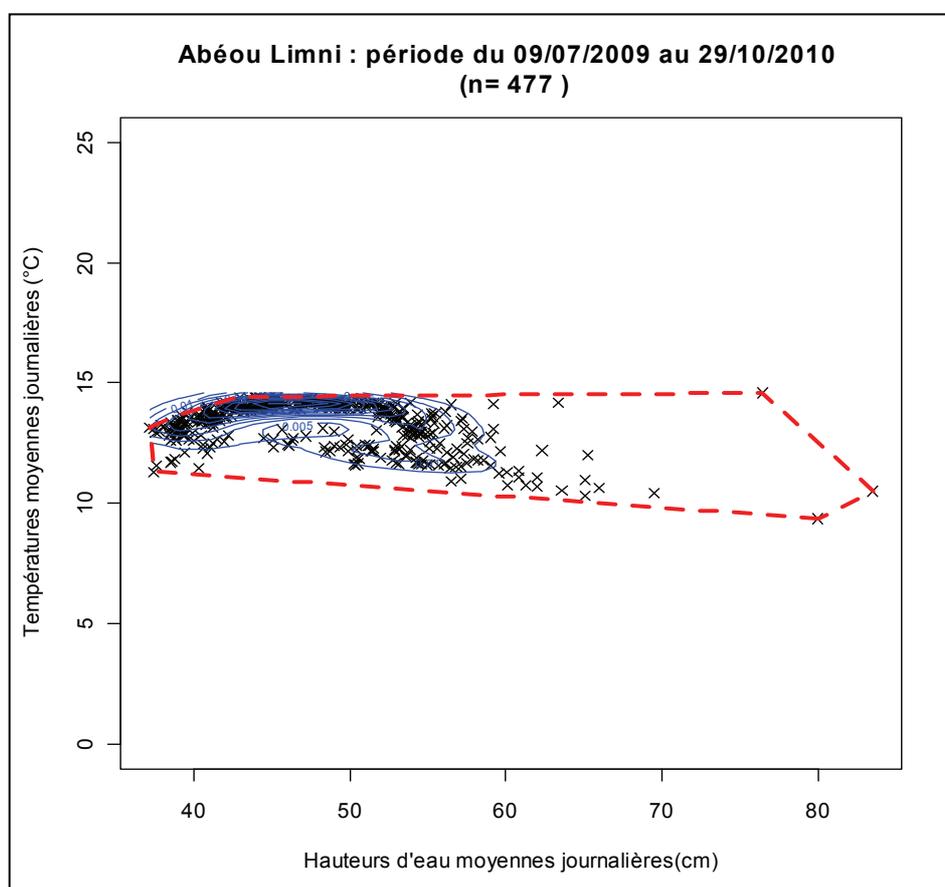


Figure 15 : L'Abéou (Abéou 5) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).

Avec la Figure 15, la stabilité thermique et hydrologique de l'Abéou dans sa partie aval est mise en évidence.

Avec des données couvrant 477 jours consécutifs, la majorité des couples hauteur – température apparaissent dans des intervalles relativement réduits. Les températures sont comprises pour la plupart entre 11.5°C et 14.5°C, et les hauteurs d'eau entre 38 cm et 60 cm.

²⁰ Venables, W. N. ; Ripley, B. D. : *Modern Applied Statistics with S. Fourth edition.* Springer-2002

Des observations journalières ne sont, bien entendu, pas comprises dans ces gammes et correspondent à des périodes singulières, comme des épisodes de crues. L'originalité de ce tronçon aval de l'Abéou à l'échelle du territoire d'action du GSSV, provient donc de son régime d'alimentation à soutien karstique, jouant un rôle de tampon thermique et assurant une base assez élevée des écoulements de surface.

- **Le Réal de Jouques**

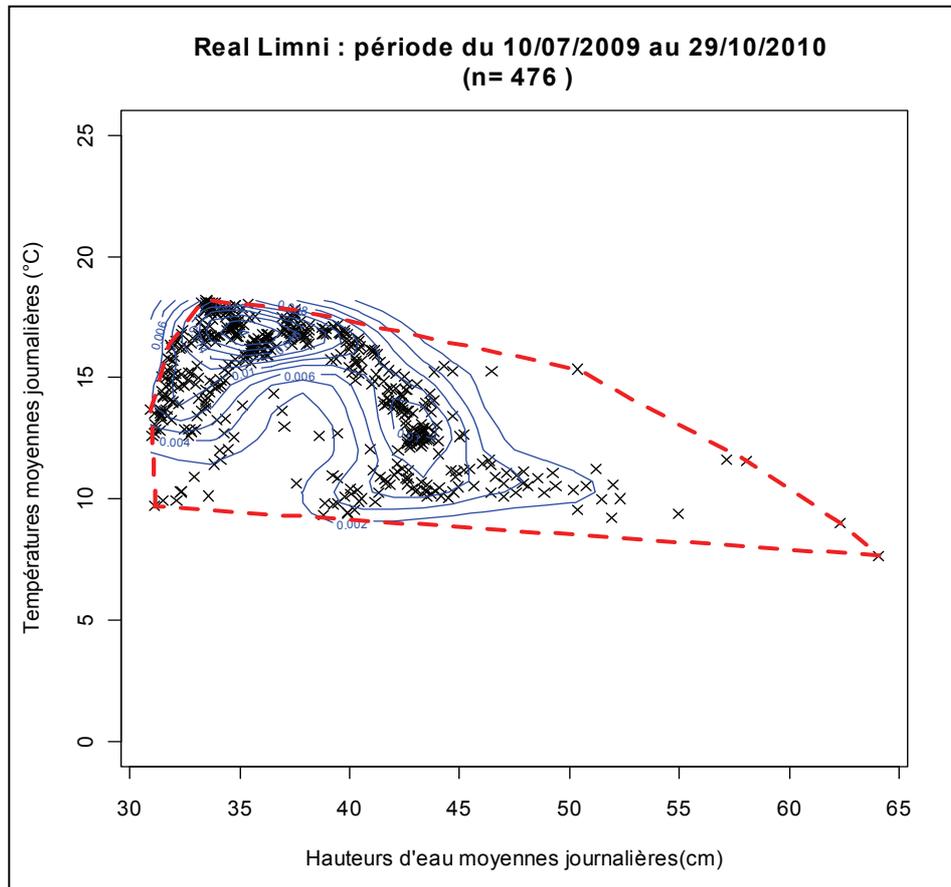


Figure 16 : Le Réal de Jouques (Réal 3) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).

La Figure 16 rend compte de deux modalités principales dans les couples hauteurs d'eau – températures mesurés dans le Réal en amont du village de Jouques.

La première modalité correspond à des hauteurs d'eau faibles (entre 30 cm et 40 cm) associées à des températures élevées (entre 15°C et 18°C). Cette caractéristique est le reflet des périodes de basses eaux estivales durant lesquelles l'échauffement est favorisé.

La seconde modalité, observable sur la Figure 16, correspond à des hauteurs d'eau comprises entre 40 et 45 cm dans une fenêtre thermique s'étalant entre 10°C et 15°C, reflet des conditions ayant couru en période hivernale et printanière.

La gamme thermique des eaux du Réal apparaît relativement étroite et fraîche, mais moins tamponnée que celle de l'Abéou.

- **Le Bayeux**

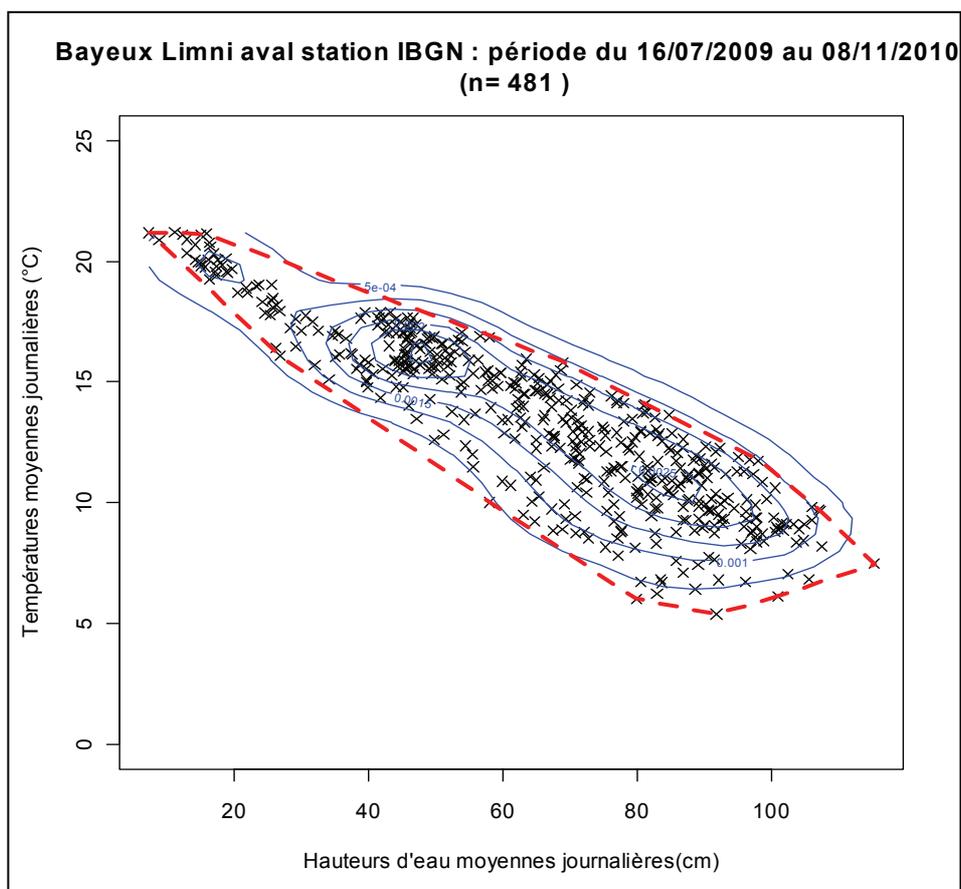


Figure 17 : Le Bayeux (Bayeux 5) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).

D'après la Figure 17, le profil général des couples journaliers hauteurs d'eau – températures présente une relation inverse et régulière. Cette relation reflète une tendance théorique, selon laquelle les températures diminuent avec l'augmentation de débit.

Trois modalités semblent apparaître :

- pour des hauteurs d'eau comprises entre 0 et 20 cm, les températures dépassent les 20°C (période de basses eaux), cette modalité présente une faible occurrence ;
- pour des hauteurs autour de 50 cm, les températures fluctuent entre 15 et 20°C (périodes printanière ou automnale) ;
- au-delà de 80 cm de hauteur d'eau, les températures sont inférieures à 12°C (période hivernale de hautes eaux).

- **La Cause**

Cette rivière a été équipée de deux capteurs multi-paramètres, en amont et en aval des barrages Bimont et Zola.

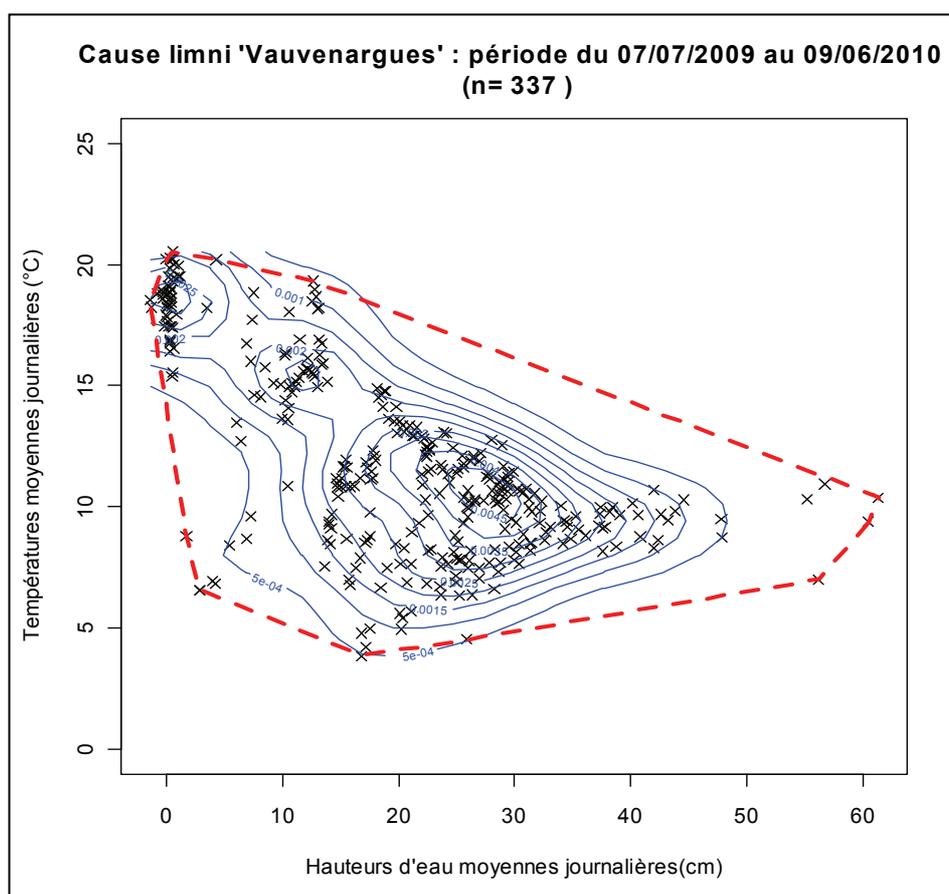


Figure 18 : La Cause amont (Cause 2) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).

La Figure 18 présente la relation hauteurs d'eau – températures sur la Cause, en amont des retenues de Bimont et de Zola, dans un contexte de régime hydrologique naturel.

Trois modalités principales sont observables :

- la première correspond à des périodes d'absence d'écoulement de surface (hauteurs légèrement supérieures à 0 cm) durant lesquelles les températures sont comprises entre 17°C et 21°C ;
- la seconde modalité peut être définie pour des hauteurs d'eau autour de 10 cm et des températures autour des 15°C, cette modalité reste néanmoins plutôt rare ;
- la troisième est la plus représentée dans la chronique, elle peut être définie pour des hauteurs d'eau comprises entre 15 et 35 cm dans une gamme thermique relativement large, s'étalant de 4°C à 14°C. Celle-ci correspond à la période de hautes eaux.

Pour ce tronçon de la Cause, une variabilité importante des hauteurs d'eau est observée sous le seuil des 10°C.

Ce tronçon est donc soumis à des refroidissements importants des eaux de surface, reflétant l'exposition en face nord du massif Ste-Victoire où l'ensoleillement direct est très faible en période hivernale.

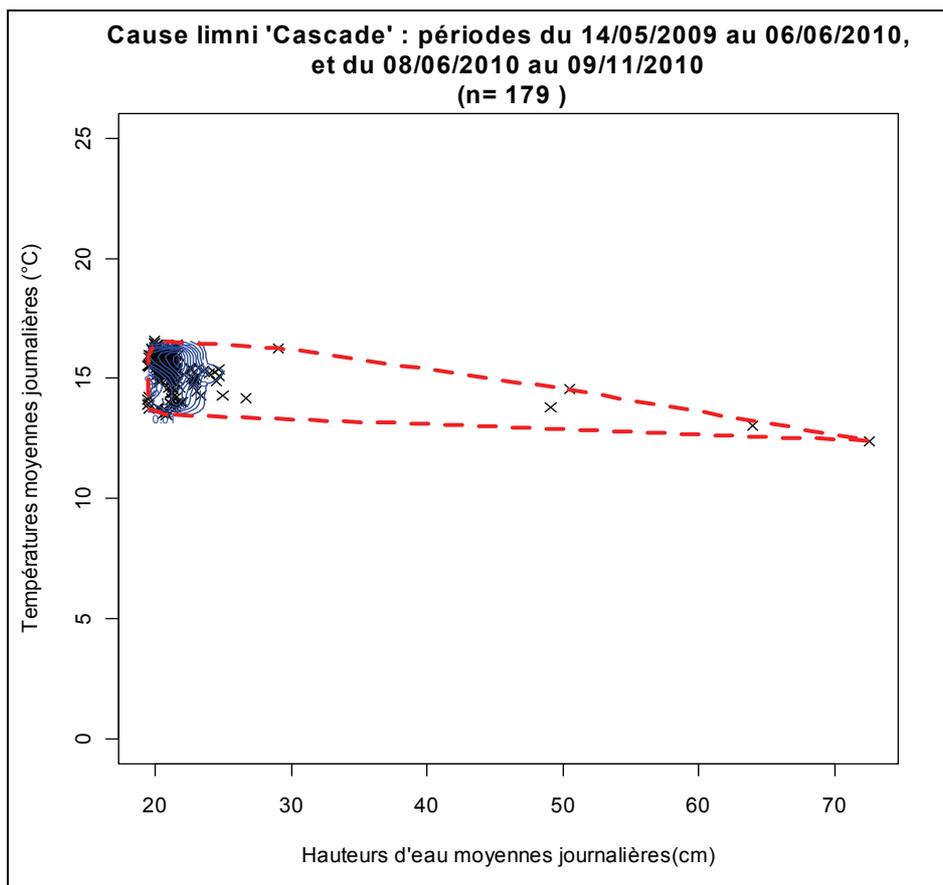


Figure 19 : La Cause aval (Cause 7) ; Couples hauteurs d'eau moyennes journalières - températures moyennes journalières (croix noires), courbes de densité de probabilité (courbes bleues) et enveloppes des valeurs extrêmes (traits pointillés rouges).

D'après la Figure 19, le résultat obtenu illustre la stabilité hydrologique de la partie aval de la Cause, stabilité due à la présence des retenues de Bimont et de Zola et au régime hydrologique artificiel en aval de ces ouvrages.

A l'exception de sept valeurs en dehors des courbes de densité de probabilité les plus faibles, l'intégralité des couples journaliers hauteur – température se situe dans une gamme étroite de hauteurs d'eau, comprise entre 20 et 25 cm de hauteur d'eau, pour des températures comprises entre 13°C et 17°C.

Cependant, le faible nombre de jours (179 jours) durant lesquels le capteur « Cause 7 » a fonctionné, ne permet pas encore d'appréhender les variations de débits et des températures dans un cycle hydrologique complet.

D.4.3. Les peuplements d'insectes aquatiques

Les résultats des inventaires générique et spécifique, puis des campagnes de prélèvements quantitatifs sont présentés dans ce chapitre

D.4.3.1. Prélèvements qualitatifs

D.4.3.1.1. Inventaire générique

La liste faunistique aux niveaux de détermination du genre et de la famille et par tronçon est présentée en annexe 7.

Ces prélèvements qualitatifs déterminés aux niveaux taxonomiques du genre et de la famille concernent 138 points d'échantillonnage regroupés dans 41 tronçons de rivières.

Au total, parmi les trois ordres d'insectes aquatiques étudiés (plécoptères, éphéméroptères, trichoptères), 55 taxons (dont 39 genres, 15 familles et une sous-famille) ont été rencontrés, répartis au sein de 24 familles différentes. Une redondance taxonomique est donc possible entre un genre et la famille à laquelle il appartient. De ce fait, les valeurs de richesses taxonomiques peuvent être surestimées.

Dans la liste faunistique présentée, l'ordre des trichoptères apparaît le plus diversifié, avec 33 taxons, suivi par l'ordre des éphéméroptères avec 13 taxons, puis par les plécoptères avec 9 taxons.

Les genres de ces trois ordres d'insectes étudiés présentant les occurrences les plus importantes au cours de cette étude sont les genres suivants : *Baetis* (éphéméroptère rencontré dans 31 tronçons sur un total de 41), *Nemoura* (plécoptère présent dans 24 tronçons / 41), *Melampophylax* (trichoptère présent dans 20 tronçons / 41), *Habrophlebia* (éphéméroptère présent dans 18 tronçons / 41), *Micropterna* (trichoptère présent dans 17 tronçons / 41).

A l'opposé, certains genres n'ont été rencontrés que dans un seul tronçon : *Perla* (plécoptère présent uniquement en ABE1), *Apatania* (trichoptère présent uniquement en ABE1) et *Allogamus* (trichoptère présent uniquement en REA2).

D.4.3.1.1.1. Relation entre efforts d'échantillonnage et richesses taxonomiques

La Figure 20 présente les courbes d'accumulation des taxons rencontrés sur certains tronçons suivant les campagnes de prélèvement effectuées.

Les graphiques présentés dans cette figure concernent les tronçons pour lesquels le nombre de campagnes de prélèvement a été maximal. Comme expliqué dans le chapitre intitulé « Prélèvements qualitatifs » (D.3.3.2.1), une campagne de prélèvement dans un tronçon donné correspond à un prélèvement effectué à une date précise dans la zone du tronçon.

Il est donc possible que pour une même date, deux prélèvements espacés géographiquement, aient été réalisés dans un même tronçon (voir l'exemple des deux premières campagnes du tronçon BAY1 réalisée le 27 février 2009).

Selon les tronçons considérés, la saturation de l'information taxonomique ne se rencontre pas autour du même nombre de campagnes de prélèvement.

Sur les tronçons comme BAY1, ROQ1, CAU2, INF2, ABEd, un seuil de saturation de la richesse taxonomique est observé lors de la cinquième campagne.

A l'inverse, dans les tronçons CAUa, CAU5, CAU6 et ABE1, le nombre de taxons rencontrés augmente considérablement même après la sixième campagne réalisée. Dans ce type de tronçon, il est donc probable que des prélèvements complémentaires effectués à diverses saisons de l'année pourraient apporter des informations faunistiques complémentaires.

L'exemple du tronçon ABEd, pour lequel la valeur de richesse taxonomique totale est inférieure à 5 taxons, illustre le cas d'un tronçon où la faune benthique est faiblement diversifiée et où la totalité du signal faunistique a été intégré en seulement trois campagnes de prélèvement.

Ces observations, bien qu'attendues, doivent être prises en considération dans l'analyse des résultats.

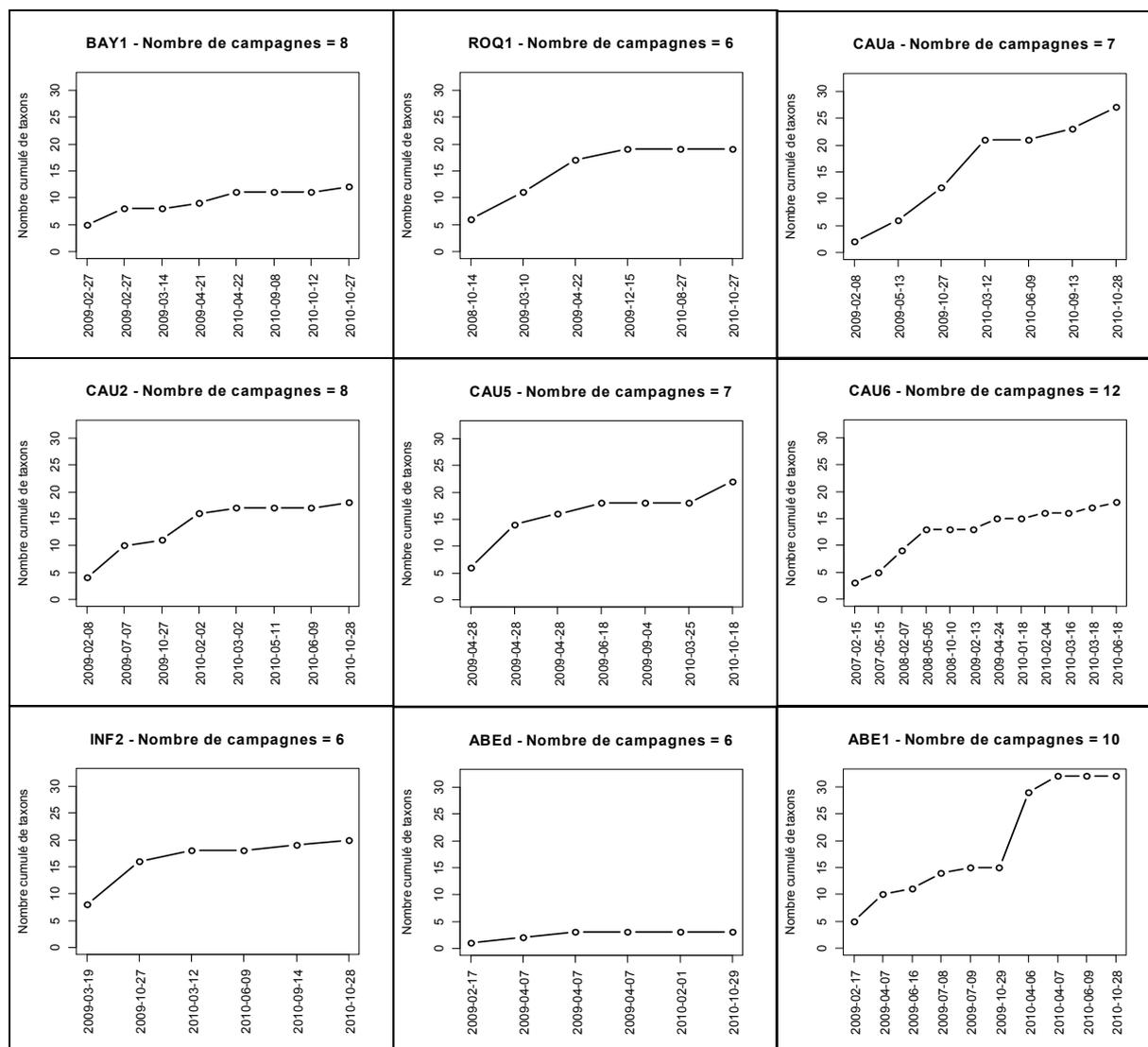


Figure 20 : Exemple de courbes d'accumulation du nombre de taxons suivant les campagnes réalisées sur certains tronçons d'étude parmi les plus échantillonnés. Chaque campagne est désignée par sa date de réalisation, exprimé dans le format suivant : « année – mois – jour ».

D.4.3.1.1.2. Analyse des valeurs de richesses taxonomiques

a. Echelle des bassin-versants

Pour les prélèvements qualitatifs déterminés aux niveaux du genre ou de la famille, les valeurs de richesses taxonomiques des bassins-versants de l'Arc Provençal et de la Durance sont égales avec 44 taxons rencontrés dans chacune des deux entités.

b. Echelle des sous bassins-versants

A l'échelle des sous bassins-versants, la Figure 21 présente les valeurs de richesses taxonomiques observées.

Au sein du bassin-versant de l'Arc Provençal, la Cause et son affluent l'Infernet présentent la valeur de richesse taxonomique maximale rencontrée au cours de cet inventaire, avec 42 taxons. La richesse taxonomique du bassin-versant du Bayeux, égale à 32 taxons, apparaît relativement élevée.

Au sein du bassin-versant de la Durance, seul le bassin-versant de l'Abéou présente une valeur de richesse supérieure à 30 taxons. Dans le Réal de Jouques et ses affluents, 20 taxons ont été rencontrés.

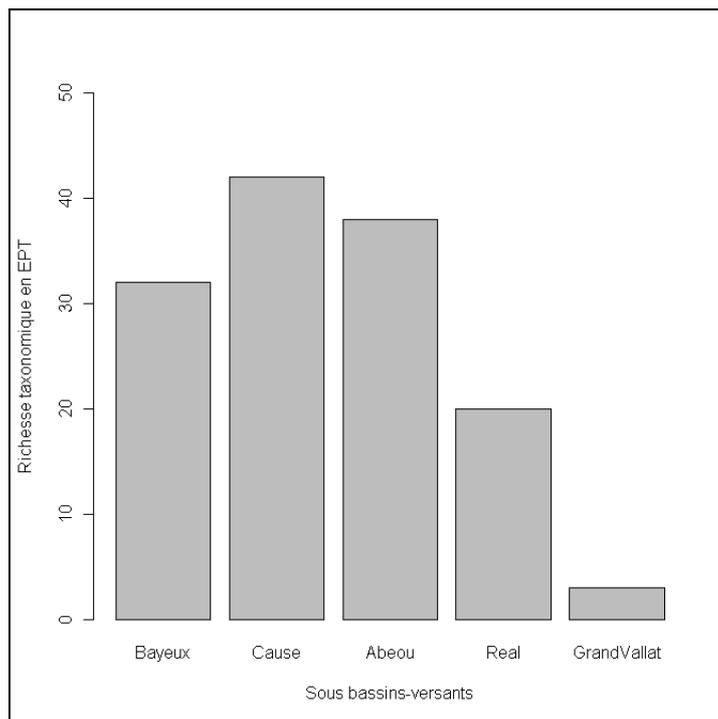


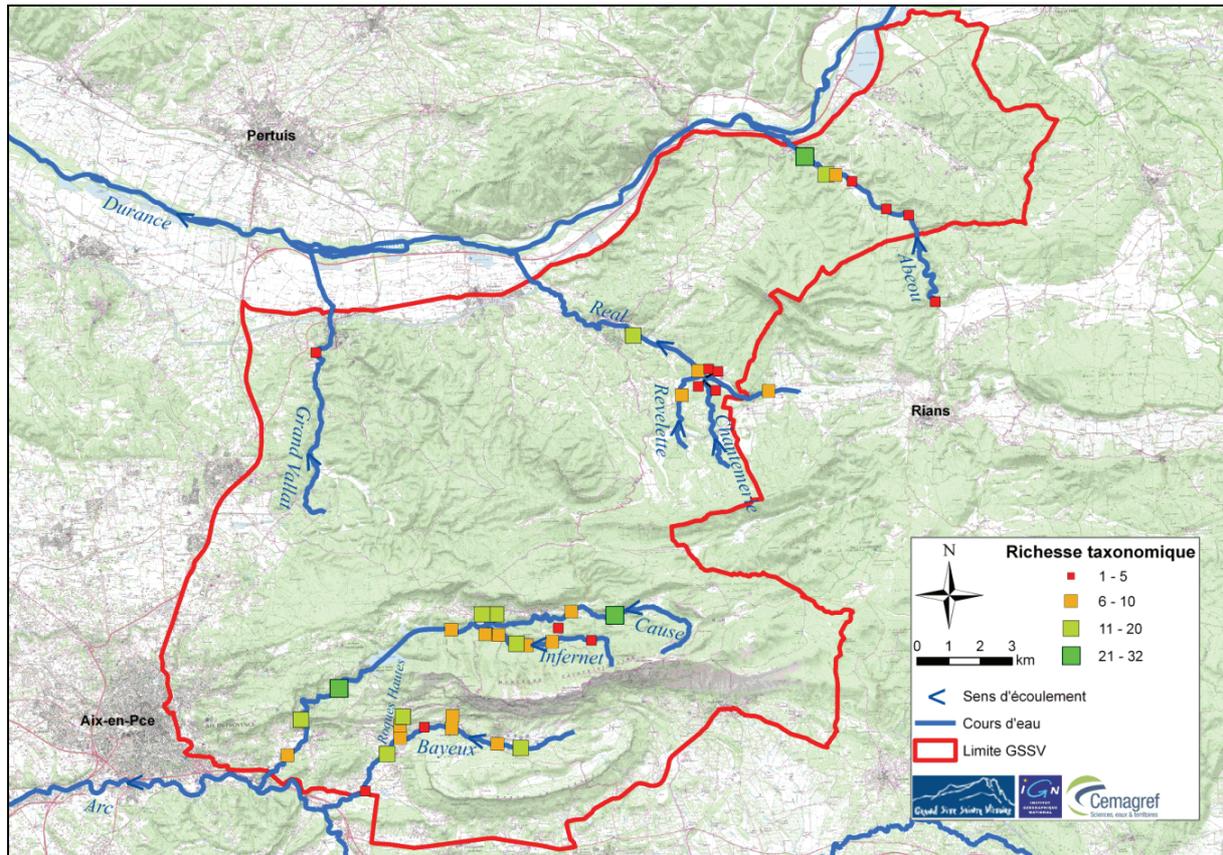
Figure 21 : Richesses taxonomiques des sous bassins-versants étudiés pour les trois ordres d'insectes : plécoptères, éphéméroptères, trichoptères. NB : Le Grand-Vallat n'a plus été prospecté du fait de son caractère éphémère lors de l'étude.

c. Echelle des tronçons de rivières

Les valeurs de richesses taxonomiques sont schématisées par classe et localisées dans la Carte 8.

Sur cette représentation cartographique, quatre classes de richesses taxonomiques pour les trois ordres d'insectes étudiés ont été créés arbitrairement : de 1 à 5 taxons, de 6 à 10 taxons, de 11 à 20 taxons et de 21 à la valeur maximale de richesse : 32 taxons.

Ces classes reflètent des richesses de communautés d'insectes aquatiques pouvant être qualifiées respectivement de faible, modérée, moyenne et forte.



Carte 8 : Classes de richesses taxonomiques pour les trois ordres d'insectes étudiés pour chaque tronçon.

A l'échelle des tronçons rivières, la Figure 22 présente les valeurs de richesses taxonomiques observées pour chaque tronçon. Les tronçons sont présentés dans les graphiques en suivant l'ordre de la zonation amont - aval.

- Les valeurs de richesse taxonomique des tronçons du **Bayeux** sont comprises entre 2 et 14 taxons. De sa source au niveau de la confluence de Roques-Hautes (de BAY1 à BAY4), les richesses rencontrées sont relativement homogènes à l'exception du tronçon BAY3bis, comprises entre 7 et 12 taxons. Malgré un nombre limité de prélèvements (4 prélèvements), la richesse maximale sur le Bayeux est observée au niveau du tronçon BAY5, en aval du village de Beaucueil. Le tronçon BAY6, n'a été échantillonné qu'une seule fois.
- Les deux tronçons situés dans le ruisseau de **Roques-Hautes** présentent des valeurs de richesse très éloignées, qui peuvent s'expliquer par la différence du nombre de

prélèvements concernés : 6 prélèvements ont été effectués au niveau de ROQ1 pour une richesse de 19 taxons, contre 2 au niveau de ROQ2 pour une richesse égale à 6 taxons.

- Sur la rivière la **Cause**, la valeur maximale de richesse taxonomique est observée au niveau du tronçon le plus en amont : CAUa situé au col des Portes avec 27 taxons. Les richesses des tronçons situés entre le col des Portes et la retenue de Bimont (de CAU1 à CAU4) sont inférieures. Entre la retenue de Bimont et celle de Zola, 22 taxons ont été rencontrés. Les tronçons situés dans la partie aval de la Cause (CAU6 et CAU7) ont des richesses respectivement égales à 18 et 7 taxons.
- Sur l'**Infernet**, la valeur maximale de richesse taxonomique est obtenue au niveau du tronçon INF2. Les richesses observées sur les autres tronçons de cette rivière sont égales ou inférieures à 10 taxons. Cette hétérogénéité peut être expliquée en comparant la permanence des écoulements de surface de ces tronçons. Seul le tronçon INF2 connaît des conditions d'écoulements pérennes durant la période d'étude. Cette différence peut expliquer les différences de diversité observées.
- Sur la rivière de l'**Abéou**, l'écoulement est permanent à partir du tronçon ABEd. On observe une augmentation des valeurs de richesse taxonomique à partir du tronçon suivant : ABEE, pour atteindre le maximum au niveau du tronçon ABE1. Le tronçon ABE1 présente une richesse de 32 taxons (pour un total de 10 prélèvements), ce qui constitue la valeur la plus élevée pour un tronçon dans cette étude.
- Sur le **Réal de Jouques**, les tronçons pour lesquels le nombre de prélèvements est le plus élevé (REA1 et REA2), sont ceux présentant les valeurs de richesse maximale sur ce cours d'eau, avec 10 et 13 taxons respectivement. La richesse taxonomique des tronçons du Réal est relativement faible.
- Pour les affluents du Réal de Jouques : **Chante-Merle** et **Revellette**, les valeurs de richesse comprises entre 3 et 8 taxons, sont faibles. Mais ces tronçons n'ont été échantillonnés qu'une seule fois chacun.
- La richesse taxonomique du **Grand-Vallat**, égale à 3 taxons, ne doit pas être considérée comme représentative du tronçon en raison de l'arrêt des investigations suite au tarissement précoce lors de cette phase d'étude.

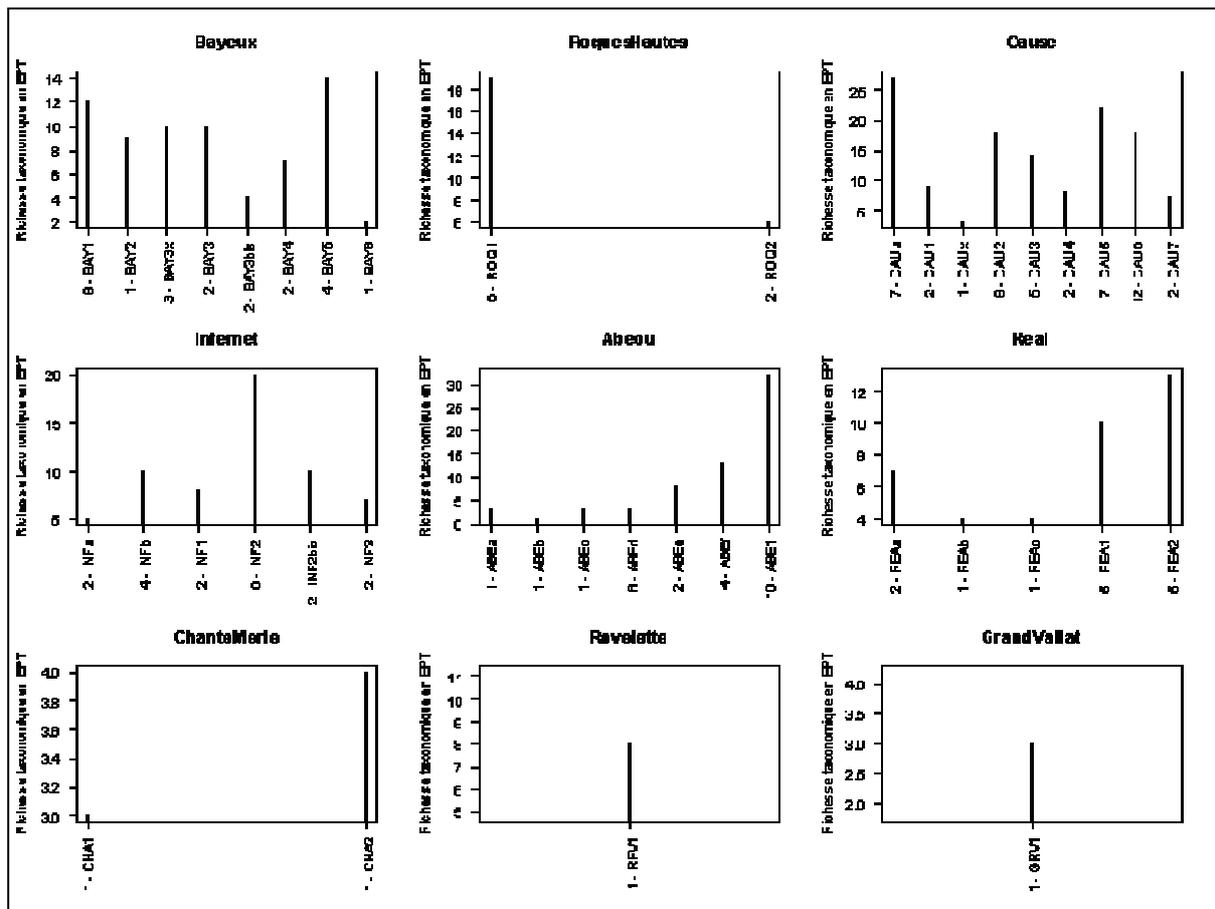


Figure 22 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres plécoptères, éphéméroptères, trichoptères par rivière et par tronçons (classés de l'amont vers l'aval). Sur l'axe des abscisses, les chiffres précédant les codes tronçons correspondent aux nombres de prélèvements effectués sur chaque tronçon.

d. Echelle des tronçons de rivières : répartition des richesses par ordres

Les variations de richesses taxonomiques au sein des trois ordres : plécoptères, éphéméroptères et trichoptères entre les tronçons d'étude renseignent sur la structure des peuplements.

Ces comparaisons sont réalisées avec une hypothèse haute en valeurs de richesse, en raison des redondances taxonomiques des niveaux de détermination du genre et de la famille.

▪ Le Bayeux et le ruisseau de Roques-Hautes

Les peuplements des tronçons d'étude situés sur le Bayeux et sur le ruisseau de Roques-Hautes sont majoritairement dominés par les trichoptères, suivis par les éphéméroptères et les plécoptères (Figure 23).

Seuls les peuplements des tronçons BAY4 et BAY6 ne sont pas dominés par les trichoptères, mais le faible nombre de prélèvements effectués représente un effort d'échantillonnage limité.

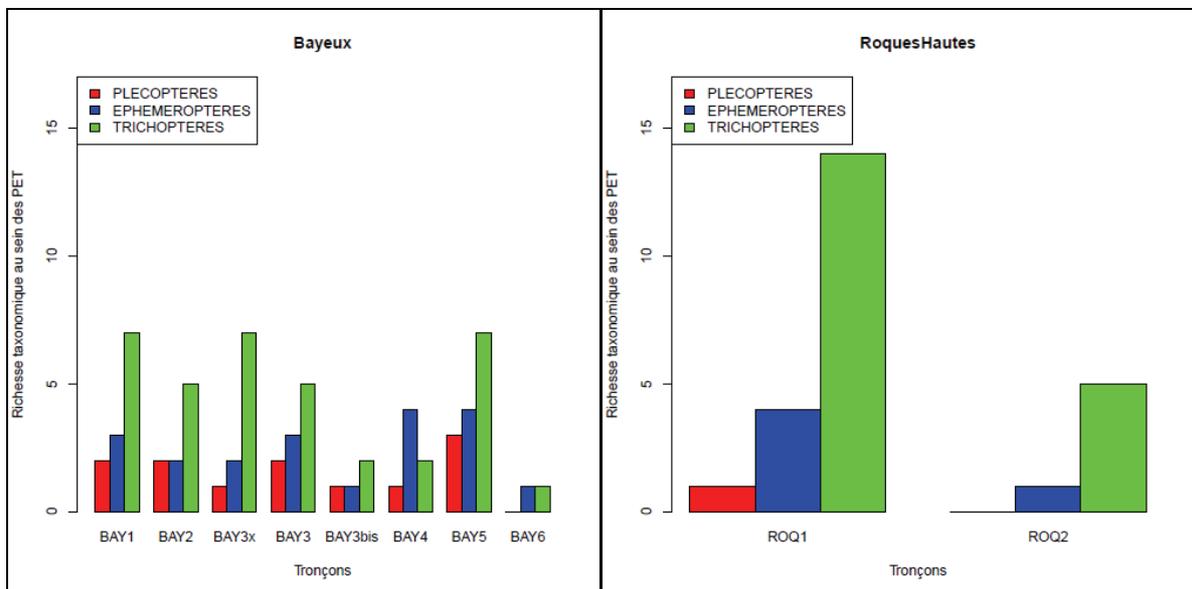


Figure 23 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements du Bayeux et de Roques-Hautes par tronçon d'étude.

▪ La Cause et l'Infernet

A l'exception des tronçons CAU1, CAUx et INF2bis, les peuplements de la Cause et de l'Infernet sont également dominés en nombre de taxons par les trichoptères (Figure 24). Les valeurs de richesse taxonomique des trichoptères dépassent même les 10 taxons pour quatre tronçons de la Cause.

La forte participation des plécoptères dans la richesse taxonomique totale du tronçon CAUa reflète des conditions d'habitat favorables pour cet ordre, conditions non rencontrées dans les autres tronçons : un régime thermique frais associé à une permanence de l'écoulement superficiel assurée par des résurgences karstiques et un réseau trophique développé.

En contraste, malgré un effort d'échantillonnage soutenu sur le tronçon CAU6 (12 campagnes de prélèvements concernées), aucun taxon appartenant à l'ordre des plécoptères n'y a été prélevé.

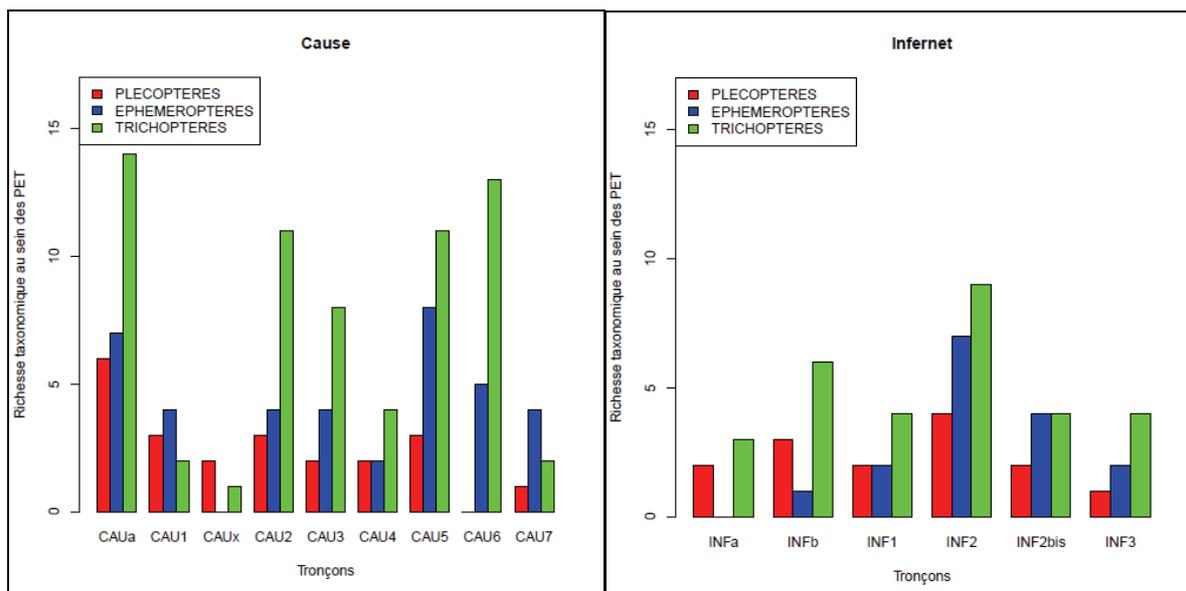


Figure 24 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements de la Cause et de l'Infernet par tronçon d'étude.

▪ L'Abéou

Sur la rivière de l'Abéou (Figure 25) dans le secteur amont où l'écoulement est temporaire (ABEa, ABEb et ABEc), les peuplements sont composés principalement par les trichoptères et un taxon éphéméroptère. Les conditions environnementales qui y ont cours ne permettent donc pas le maintien de communautés d'insectes diversifiées.

A partir du tronçon ABEd et jusqu'au tronçon ABE1, la richesse des deux ordres précédemment cités augmente. L'apparition, au niveau du tronçon ABE1, de taxons appartenant aux plécoptères reflète une diversification croissante des peuplements en aval des résurgences karstiques.

Bien que ces résurgences alimentent en été la partie aval de l'Abéou en amont immédiat du tronçon ABEd, ce n'est qu'au niveau du tronçon ABE1, près de 2 km en aval, qu'une augmentation importante de richesse taxonomique est observée parallèlement à l'apparition de plécoptères.

Cela pourrait être expliqué par la mise en place progressive d'un réseau trophique plus complexe, aboutissant à l'établissement d'une communauté diversifiée en insectes aquatiques observée au tronçon ABE1.

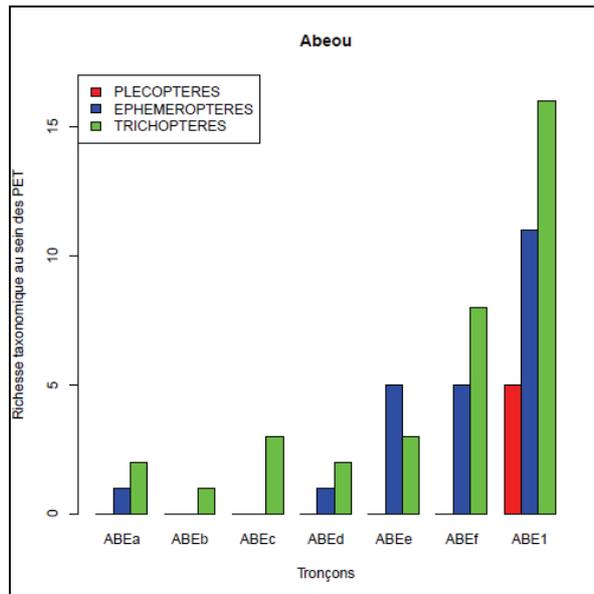


Figure 25 : Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements de l'Abéou par tronçon d'étude.

▪ **Le Réal de Jouques**

Les peuplements observés dans les tronçons du Réal de Jouques (Figure 26) présentent globalement une diversité faible.

Seulement trois taxons d'éphéméroptères et un seul plécoptère sont rencontrés dans les tronçons REA1 et REA2, où l'effort d'échantillonnage a été pourtant soutenu (5 campagnes concernées pour chaque tronçon).

L'existence de pressions anthropiques sur les peuplements de ces tronçons est à soupçonner.

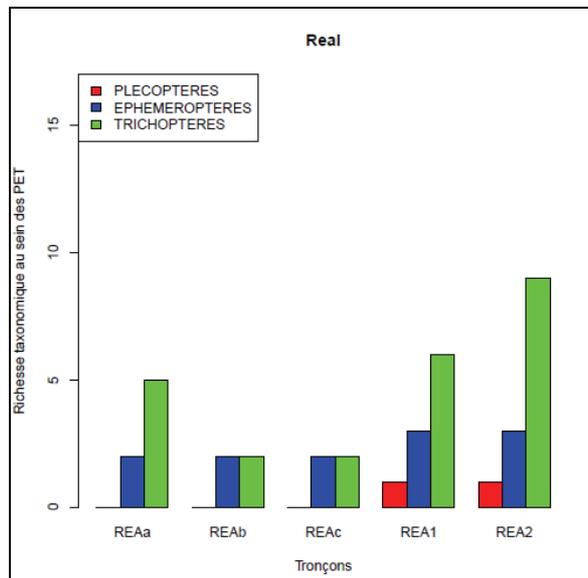


Figure 26: Richesses taxonomiques au sein des trois ordres d'insectes aquatiques étudiés dans les peuplements du Réal de Jouques par tronçon d'étude.

En raison des faibles nombres de prélèvements effectués dans les tronçons des affluents du Réal (Chante-Merle et Revelette) et dans le Grand-Vallat, les richesses taxonomiques des trois ordres étudiés ne sont pas présentées.

D.4.3.1.1.3. Composition taxonomique des peuplements

A partir de la liste faunistique déterminée au niveau du genre ou de la famille (annexe 7), une analyse de la composition taxonomique des peuplements est proposée dans ce chapitre.

- **Le Bayeux et Roques-Hautes**

Dans les peuplements du Bayeux, le plécoptère du genre *Nemoura* est présent dans la quasi-totalité des tronçons d'étude. Ce taxon, se nourrissant de détritiques végétaux, peut se maintenir en période exondée grâce à sa capacité à rentrer dans un état de vie ralentie (ou diapause). Cette capacité, associée à sa faculté de dispersion aérienne, lui permet de réaliser son cycle vital dans des rivières temporaires.

Parmi l'ordre des plécoptères, le genre *Isoperla*, échantillonné dans la moitié des tronçons d'étude du Bayeux, et le genre *Leuctra* ont également été rencontrés dans le Bayeux.

Au sein de l'ordre des éphéméroptères, les genres *Baetis*, *Cloëon*, *Caenis*, *Ephemera*, *Habrophlebia* et *Paraleptophlebia* sont présents dans le Bayeux. Les individus du genre *Ephemera*, dont la durée du stade larvaire peut dans certains cours d'eau atteindre deux ans, signent une permanence des écoulements. Le genre *Paraleptophlebia*, présent uniquement dans le tronçon BAY5, ne dispose pas de capacité d'évitement face à la dessiccation, et confirme la permanence estivale des écoulements de surface dans ce tronçon du Bayeux.

Une forte diversité en trichoptères est observée dans le Bayeux, notamment dans la famille des Limnephilidae. Les trichoptères *Plectrocnemia*, *Polycentropus* et *Synagapetus* ne sont présents que dans la partie amont du Bayeux.

Les peuplements échantillonnés dans le ruisseau de Roques-Hautes présentent une composition taxonomique proche de celle des communautés du Bayeux. Le genre *Silo* (trichoptère de la famille des Goeridae) est le seul qui se retrouve uniquement dans Roques-Hautes.

- **La Cause et l'Infernet**

Dans les peuplements échantillonnés sur la Cause, plusieurs genres de plécoptères se rencontrent : les genres *Nemoura*, *Leuctra* et *Isoperla* y sont présents comme dans le Bayeux, auxquels s'ajoutent les genres *Capnia* et *Euleuctra*.

Les plécoptères sont globalement *polyoxybiontes*, c'est-à-dire qu'ils ne se développent de préférence que dans les eaux où la concentration en oxygène est élevée ; de plus la plupart des plécoptères vivent dans les rivières dont le courant, plus ou moins rapide, est toujours sensible²¹. La présence dans les eaux de la Cause de quatre familles de plécoptères est donc indicatrice d'une bonne oxygénation des eaux et de la présence de conditions lotiques.

Au sein des rivières d'études du territoire du GSSV, les genres *Capnia* et *Euleuctra* sont rencontrés principalement dans le bassin-versant de la Cause (Cause et Infernet).

Concernant les éphéméroptères prélevés dans la Cause, l'intégralité des genres recensés dans les cours d'eau du territoire d'action du GSSV y est présente. Cette diversité confirme les remarques réalisées pour les plécoptères. De plus, il apparaît que le genre *Ecdyonurus*,

²¹ Aubert, J. : *Plecoptera*. Insecta Helvetica Fauna, édité par la Société entomologique suisse, 1959.

éphéméroptère Heptageniidae, soit présent uniquement dans la partie amont de la Cause, sous régime naturel, et absent dans la partie aval sous régime à débit réservé.

La composition des peuplements de la Cause en trichoptères est diversifiée avec une part importante de taxons de la famille des Limnephilidae.

La composition des peuplements échantillonnés sur l'Infernet reflète les variations spatiales d'intermittence des écoulements.

Dans la partie amont de cette rivière (INFa, INFb et INF1) où les écoulements sont temporaires, les plécoptères possédant des capacités de résistance vis-à-vis des assecs comme *Capnia*, *Nemoura* et *Isoperla* sont présents. La diversité en éphéméroptères y est faible. Les trichoptères sont essentiellement représentés par les genres appartenant à la famille des Limnephilidae, dont les capacités de résistance aux épisodes d'assec sont importantes.

Dans le tronçon INF2 dans lequel les écoulements ont été pérennes durant la période d'étude, les peuplements apparaissent plus diversifiés surtout au sein de l'ordre des éphéméroptères. Les genres *Baetis*, *Centroptilum*, *Ephemera*, *Ecdyonurus*, ainsi que les trois genres de la famille de Leptophlebiidae (*Habroleptoides*, *Habrophlebia*, *Paraleptophlebia*) sont présents dans ce tronçon.

Dans les tronçons plus en aval (INF2bis et INF3) où les écoulements peuvent être intermittents, cinq taxons des ordres des plécoptères et des éphéméroptères présents en amont n'ont pas été rencontrés (*Leuctra*, *Isoperla*, *Baetis*, *Ecdyonurus* et *Paraleptophlebia*); et parmi les trichoptères seuls quatre genres de la famille des Limnephilidae et le genre *Odontocerum* sont présents.

- **L'Abéou**

Les peuplements d'insectes prélevés dans l'Abéou présentent une structuration croissante et discontinue de l'amont vers l'aval en lien avec l'augmentation du degré de permanence des écoulements superficiels assuré par les résurgences karstiques.

Dans la partie supérieure de l'Abéou connaissant des épisodes d'assèchements estivaux fréquents (ABEa, ABEb et ABEc), aucun plécoptère n'a été échantillonné, seul le genre *Baetis* est rencontré parmi les éphéméroptères et les trichoptères sont représentés seulement par des taxons de la famille des Limnephilidae, dont les capacités de résistance aux assecs sont importantes.

Au niveau du tronçon ABEd où les résurgences karstiques maintiennent un écoulement en période estivale, la composition des peuplements est comparable à celles observées en amont.

Ce n'est qu'à partir du tronçon ABEE, situé quelques centaines de mètres en aval des résurgences, que les peuplements d'insectes aquatiques se diversifient. Aucun taxon appartenant à l'ordre des plécoptères n'est encore rencontré, mais quatre nouveaux taxons d'éphéméroptères apparaissent ainsi que cinq taxons trichoptères, hormis ceux de la famille des Limnephilidae.

Au niveau du tronçon ABE1, où le nombre de prélèvements a été maximal pour ce cours d'eau, la valeur de richesse taxonomique la plus élevée pour cette étude est rencontrée.

En raison de la durée de son cycle vital supérieure à une année, la présence du genre *Perla* (plécoptère), rencontré dans le cadre de cette étude uniquement dans ce tronçon de l'Abéou, confirme la permanence pluriannuelle de l'écoulement de surface dans ce secteur. La présence du genre *Apatania* (trichoptère) est également remarquable, puisqu'il n'a été rencontré uniquement dans ce tronçon. De plus, onze taxons appartenant aux éphéméroptères ont été échantillonnés en ABE1, reflétant des conditions favorables à leur développement (bonne oxygénation des eaux, absence de pollution organique ou pollution faible, échauffement limité des eaux).

- **Le Réal et ses affluents : Chante-Merle et Revelette**

Les peuplements observés dans les différents tronçons d'étude du Réal de Jouques présentent des compositions taxonomiques comparables.

Au sein de l'ordre des plécoptères, seul le genre *Nemoura* a été rencontré dans les tronçons REA1 et REA2.

Seulement trois genres appartenant à l'ordre des éphéméroptères y sont présents : *Baetis*, *Ephemera* et *Paraleptophlebia*. La présence du genre *Ephemera*, dont les préférences d'habitat en termes de substrat sont les dépôts sableux et dont la durée du biocycle est supérieure à un an, indique l'existence de ce substrat dans l'ensemble des tronçons d'étude du Réal, associée à une permanence estivale des écoulements.

Parmi les trichoptères rencontrés dans le Réal de Jouques, le genre *Hydropsyche*, qui se nourrit en filtrant les éléments en dérive dans le courant, a été échantillonné dans l'intégralité des tronçons d'étude. Sa présence est donc à mettre en relation avec la présence de matières organiques en dérive dans le cours d'eau.

Dans les affluents du Réal de Jouques : les ruisseaux de Chante-Merle et de Revelette, l'effort d'échantillonnage limité ne permet pas une interprétation de la composition des peuplements. Cependant, les taxons capturés dans ces deux affluents sont tous présents dans les peuplements du Réal, à l'exception du genre *Lype* (trichoptère).

D.4.3.1.1.4. Similitude de composition des peuplements entre les tronçons d'étude

A partir de la liste faunistique déterminée au niveau taxonomique du genre ou de la famille (annexe 7), des indices de similitudes qualitatives ont été calculés entre chaque couple de tronçons d'étude. L'indice utilisé est l'indice de Jaccard (noté IJ). Il permet d'estimer la proportion de taxons communs entre deux échantillons. Sa formule est :

$$IJ = \frac{Nc}{Na + Nb - Nc}$$

Où Na correspond au nombre de taxons de l'échantillon a ,
 Nb au nombre de taxon de l'échantillon b ,
 Nc au nombre de taxon communs entre les échantillons a et b .

À partir des valeurs indicielles obtenues, une distance qualitative entre chaque couple de tronçon d'étude a été calculée avec la formule suivante :

$$d = \sqrt{1 - IJ}$$

Ces valeurs de distances qualitatives ont permis la réalisation d'un dendrogramme regroupant les tronçons d'étude selon la composition taxonomique des peuplements observés (Figure 27).

Afin de relativiser la proximité dans l'arbre de deux tronçons, et de prendre en compte les efforts d'échantillonnage variables entre ces tronçons, des listes faunistiques ont été simulées sur la base d'une probabilité de présence de chaque taxon pour chaque tronçon d'étude. Cette probabilité a été obtenue par division de l'occurrence d'un taxon donné dans un tronçon par le nombre total de campagnes de prélèvements effectuées dans ce tronçon.

Les cent simulations réalisées et le calcul des distances qualitatives sur ces listes simulées, permettent d'obtenir la probabilité qu'un couple de tronçon se trouve dans le même groupe, parmi quatre groupes principaux retenus dans l'arbre des similitudes présenté en Figure 27.

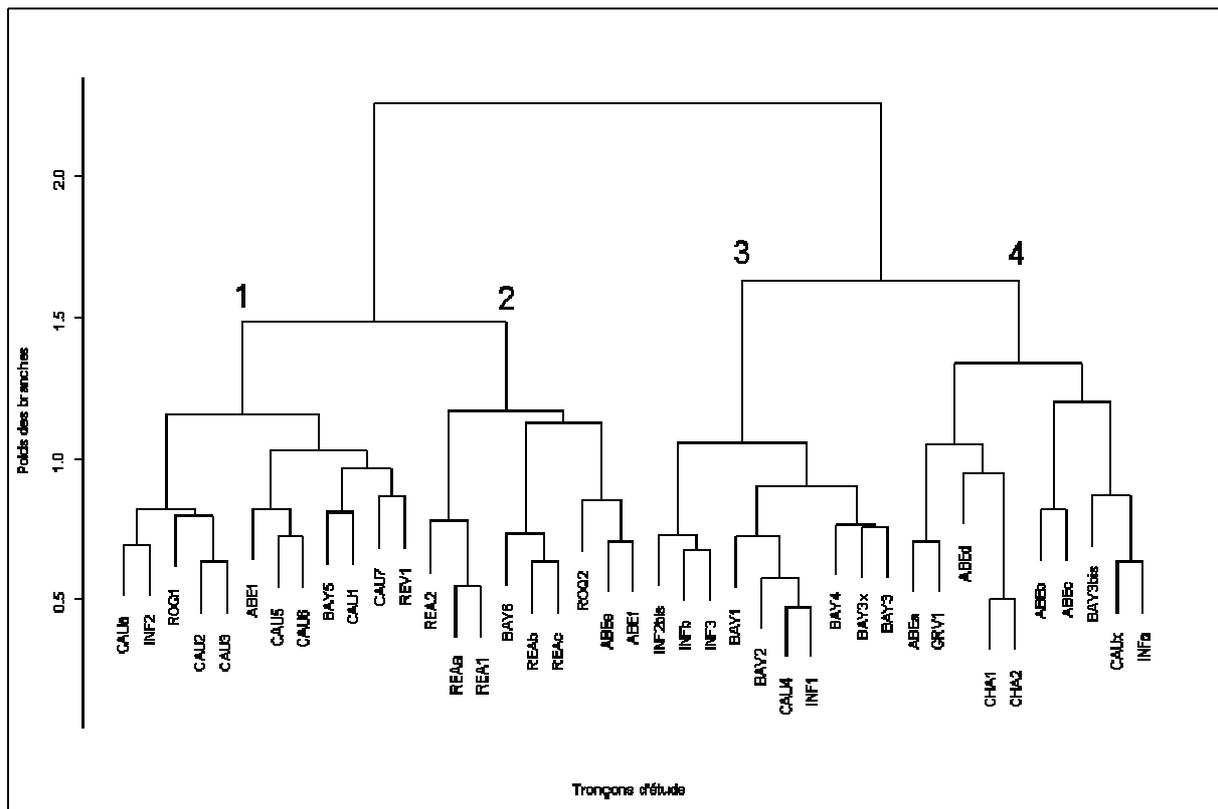


Figure 27 : Dendrogramme des peuplements d'insectes aquatiques prélevés dans les tronçons d'étude en fonction des valeurs de distance de Jaccard. Les quatre branches principales sont désignées par les chiffres de 1 à 4.

À partir de la Figure 27, quatre groupes principaux ont été retenus :

1. Le premier groupe se compose des peuplements des tronçons suivants : CAUa, INF2, ROQ1, CAU2, CAU3, ABE1, CAU5, CAU6, BAY5, CAU1, CAU7 et REV1. Une majorité de tronçons présente des conditions d'écoulements permanents au sein de ce groupe (neuf tronçons permanents et trois temporaires). A l'exception de deux tronçons situés dans le bassin-versant de la Durance, ce groupe rassemble un grand nombre de tronçons de la Cause, un tronçon de l'Infernet, et un tronçon du Bayeux. Ces peuplements d'insectes aquatiques, appartenant au bassin-versant de l'Arc, présentent donc des similitudes de composition taxonomique importantes. Le tronçon ABE1, présentant une valeur de richesse taxonomique maximale, est compris dans ce groupe.
2. Le second groupe est constitué des peuplements présents dans les tronçons suivants : REA2, REAa, REA1, BAY6, REAb, REAc, ROQ2, ABEe et ABEf. Dans cette branche de l'arbre, sept tronçons ont des conditions permanentes d'écoulement contre deux tronçons ayant des conditions temporaires. De plus, ce groupe rassemble l'intégralité des tronçons d'étude situés sur le Réal de Jouques. La composition faunistique des peuplements de ce cours d'eau apparaît donc singulière. Des tronçons extérieurs au Réal se rajoutent dans ce groupe, comme BAY6, ROQ2, ABEe et ABEf. Il ressort que les peuplements des tronçons ABEe et ABEf ont des compositions proches des communautés observées sur le Réal. Cette observation peut être partiellement expliquée par le fait que ces deux tronçons de l'Abéou se trouvent quelques centaines de mètres en aval des

résurgences karstiques, ce qui ne leur permet pas d'atteindre des conditions abiotiques stables, équilibrées et favorables à une communauté diversifiée d'insectes aquatiques.

3. Le troisième groupe de peuplements d'insectes se compose par les tronçons suivants : INF2bis, INFb, INF3, BAY1, BAY2, CAU4, INF1, BAY4, BAY3x et BAY3. La totalité de ces tronçons appartiennent au bassin-versant de l'Arc Provençal et ont subi des épisodes d'assèchement durant la période d'étude. Ce groupe apparaît comme le plus homogène : la proximité géographique des tronçons est mise en évidence ainsi que le caractère temporaire des écoulements superficiels.
4. Le quatrième groupe se compose des peuplements des tronçons suivants : ABEa, GRV1, ABEd, CHA1, CHA2, ABEb, ABEc, BAY3bis, CAUx et INFa. Ce groupe comprend sept tronçons dont l'écoulement est temporaire et trois dont l'écoulement est permanent. Les trois tronçons dont l'écoulement est permanent (ABEd, CHA1 et CHA2) présentent cependant des conditions intermédiaires entre permanence et intermittence des écoulements : les deux tronçons du ruisseau de Revelette ont des écoulements très faibles en période estivale, et le tronçon ABEd se situe sur l'Abéou à la transition entre partie en assec estival et zone de résurgence karstique. Dans ce dernier cas, il est possible que l'édifice trophique ne soit pas totalement constitué et que les conditions abiotiques soient plus proches de conditions temporaires que permanentes. Globalement, ce quatrième groupe de l'arbre apparaît donc dominé par des peuplements présents dans le bassin-versant de la Durance soumis à des épisodes d'assèchement.

En résumé, la structure semblant se dégager des regroupements réalisés à partir des distances de Jaccard peut être résumée de la manière suivante : les deux premiers groupes sont dominés par des peuplements prélevés en condition d'écoulement pérenne, les deux derniers groupes sont dominés par des peuplements prélevés en conditions d'écoulement temporaire.

Le premier groupe se compose majoritairement de peuplements prélevés dans la Cause, le second de peuplements originaires du Réal et de l'Abéou, le troisième groupe de peuplements provenant de tronçons temporaires appartenant au bassin-versant de l'Arc Provençal et le quatrième de peuplements observés dans des tronçons temporaires de l'Abéou.

D'après certains auteurs espagnols, *les informations présentes dans la littérature scientifique sont contrastées sur la comparaison des richesses taxonomiques entre tronçons permanents et temporaires. Il n'existe pas de consensus sur le fait que les tronçons temporaires et permanents possèdent des compositions taxonomiques différentes ou se chevauchant*²².

La différence de composition taxonomique observée ici entre les peuplements des tronçons dont l'écoulement est permanent et ceux dont l'écoulement est temporaire, apparaissant dans les indices de similitude (Figure 27), se retrouve également dans les valeurs moyennes de richesses taxonomiques entre ces deux groupes.

Ainsi, la valeur moyenne de richesse taxonomique des tronçons dont l'écoulement est permanent est égale à 10,9 taxons (avec un écart-type de 8), et celle des tronçons dont l'écoulement est temporaire est égale à 8,6 taxons (avec un écart-type de 5,9).

D'après les résultats obtenus dans cette étude, la différence de richesse taxonomique, bien qu'existante, entre tronçons permanents et tronçons temporaires, reste peu marquée.

²² Bonada, N. ; Rieradevall, M. ; Dallas, H. ; Davis, J. ; Day, J. ; Figueroa, R. ; Resh, V.H. ; Prat, N. : *Multi-scale assessment of macroinvertebrate richness and composition in Mediterranean-climate rivers*. *Freshwater Biology* n°53 – p 772-788 – 2008.

D.4.3.1.1.5. Approche fonctionnelle

A partir de l'inventaire générique (annexe 7) et des connaissances des traits biologiques et écologiques des taxons appartenant aux ordres des plécoptères, des éphéméroptères et des trichoptères, un bilan qualitatif fonctionnel a été établi à partir des présences / absences des taxons. L'exercice effectué ici reste ainsi essentiellement qualitatif.

La base de traits de vie utilisée est une codification, mise au point progressivement au sein de l'équipe Cemagref, qui a pour objectifs, de simplifier une représentation complexe de la réalité, et d'organiser la connaissance selon un gradient en cinq modalités, de 1 à 5, pour chacun des traits.

Certains traits sont nouveaux dans leur conception, comme le comportement constructeur, la source dominante de nourriture exploitée, ou la rhéophilie ; d'autres, comme la saprobie, comprenant déjà 5 modalités, sont directement issus de la base de traits en logique floue publiée dans la littérature scientifique^{23,24}.

L'analyse de la fréquence d'apparition des traits d'un peuplement d'invertébrés permet d'obtenir une image de l'organisation fonctionnelle du système.
Ici, une analyse de l'hétérogénéité spatiale de certains traits fonctionnels est effectuée par rivière.

²³ Chevenet, F. ; Dolédec, S. ; Chessel, D. : *A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data*. *Freshwater Biology*, 31, 295-309 – 1994.

²⁴ Usseglio-Polatera, P. : *Représentation graphique synthétique de la signification écologique d'un peuplement. Application aux macroinvertébrés du Rhône à Lyon*. *Bulletin d'Ecologie* 22:195-202 – 1991.

- **Le Bayeux et Roques-Hautes**

Trait « Source de nourriture »

Sur ce cours d'eau, d'après la Figure 28, la source de nourriture prédominante chez les trois ordres d'insecte étudiés est la modalité détritiphage (à base de matière organique détritique). Ce résultat est en lien avec le rôle important de la ripisylve sur ce cours d'eau. On observe une légère diversification des sources de nourriture au niveau du tronçon BAY5. Le tronçon ROQ1 du ruisseau de Roques-Hautes présente une fréquence plus élevée de la modalité phytophage (à base d'éléments végétaux vivants) comparativement aux peuplements du Bayeux.

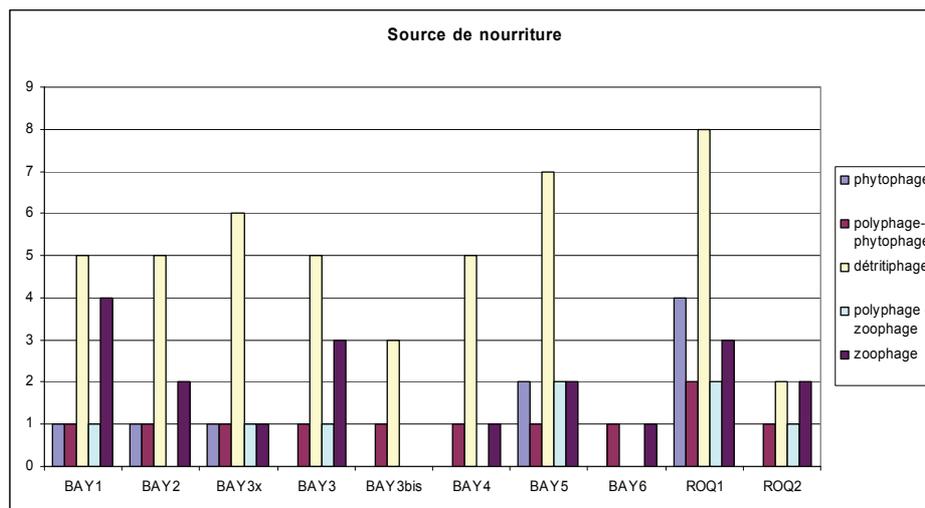


Figure 28 : Occurrence des modalités du traits source de nourriture pour les peuplements du Bayeux et de Roques-Hautes.

Trait « Saprophilie »

Concernant la saprophilie des peuplements étudiés (Figure 29), c'est-à-dire la capacité des taxons à supporter des teneurs plus ou moins importantes en matière organique détritique, le trait apparaissant majoritaire est l'oligosaprobie. Cela indique des eaux faiblement chargées en matière organique. Il est à noter la part plus importante de taxons xénosaprobies dans les prélèvements des tronçons BAY1 et ROQ1, indiquant une quasi-absence de matière organique dans les eaux de ces deux tronçons.

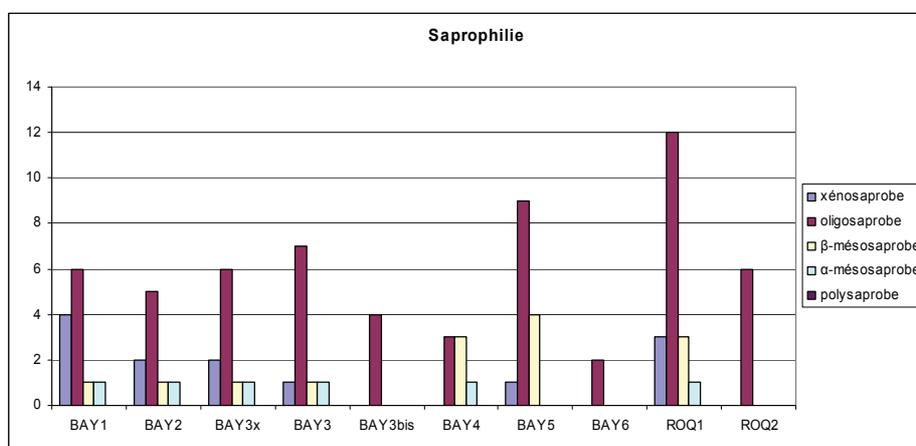


Figure 29 : Occurrence des modalités du trait de saprophilie pour les peuplements du Bayeux et de Roques-Hautes.

- **La Cause**

Trait « Source de nourriture »

La Figure 30 présente la source de nourriture exploitée par les insectes échantillonnés sur la Cause. Comme pour le Bayeux, la modalité détritiphage est majoritaire dans la totalité des tronçons de la Cause, signe du rôle important joué par les apports de matière organique en provenance de la végétation rivulaire dans ces rivières de petite taille.

Cependant, une plus grande homogénéité dans la fréquence des modalités, comparativement aux situations observées sur le Bayeux, est observée sur les tronçons CAU2, CAU3, CAU5 et CAU6.

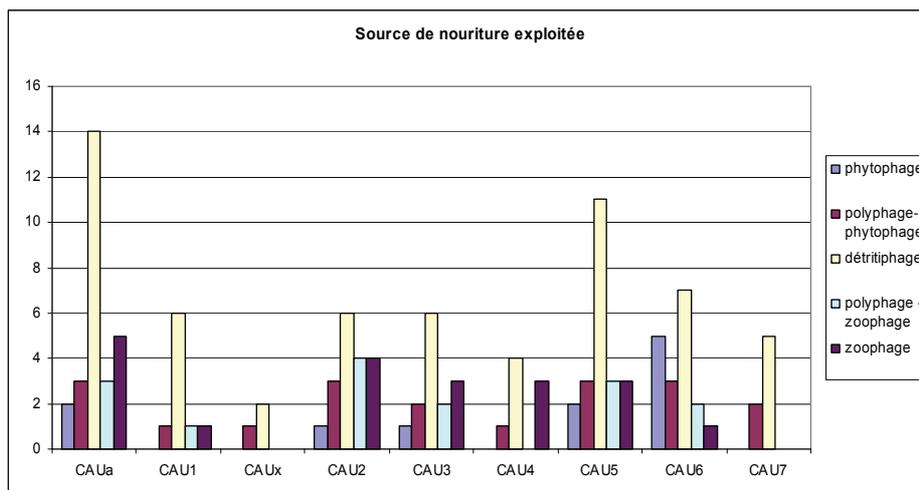


Figure 30 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements de la Cause.

Trait « rhéophilie »

Le trait relatif à la rhéophilie (degré d'affinité pour des conditions lotiques) des peuplements de la Cause est largement dominé par la modalité lénitophile (Figure 31), reflet de conditions hydrauliques peu rapides.

Une légère augmentation d'occurrence de taxons à tendance rhéophile, ou strictement rhéophile, se produit en CAU5 et CAU6, soit en aval des retenues de Bimont et de Zola.

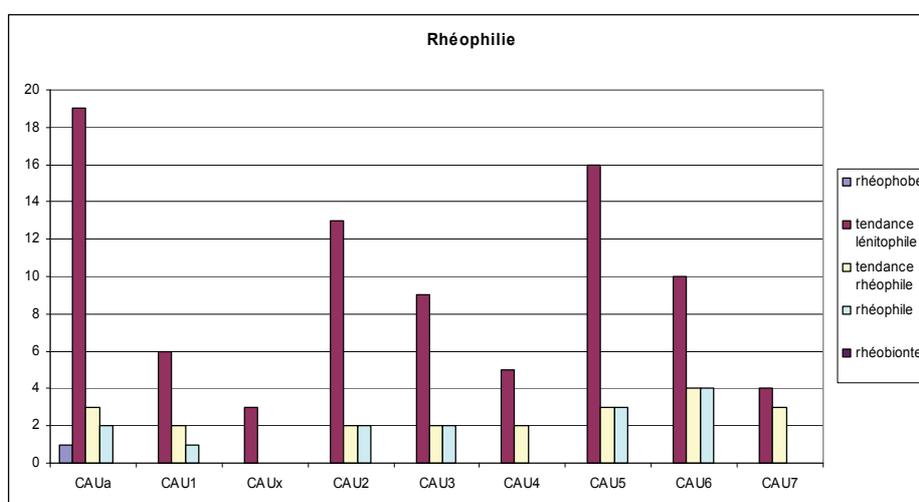


Figure 31 : Occurrence des modalités du trait de rhéophilie pour les peuplements de la Cause.

Trait « comportement de construction »

Les comportements de construction des communautés d'invertébrés de la Cause (Figure 32), montre des singularités au niveau des tronçons CAUa, CAU5 et CAU6.

La présence au sein de ces peuplements de taxons présentant les trois dernières modalités, indique une bonne stabilité du substrat, condition nécessaire pour le maintien de ces caractéristiques fonctionnelles.

Pour CAUa, situé dans la partie la plus en amont de la Cause, cette stabilité est en lien avec une permanence de l'écoulement favorisant la pérennité des conditions d'habitat, et éventuellement l'absence de crues morphogènes importantes. Pour les tronçons CAU5 et CAU6, cette observation est certainement liée à la permanence des écoulements due au régime artificiel instauré en aval des retenues.

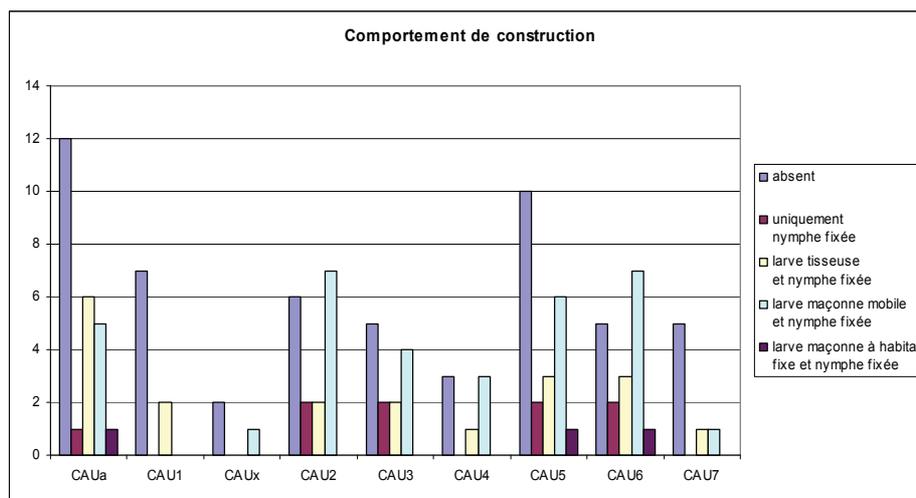


Figure 32 : Occurrence des modalités du trait comportement de construction pour les peuplements de la Cause

Trait « saprophilie »

Le caractère oligosaprobe est dominant pour le trait de saprophilie (Figure 33) dans tous les peuplements échantillonnés sur la Cause. Les eaux de la Cause apparaissent donc très faiblement chargées en matière organique.

En aval des retenues de Bimont et de Zola (CAU5 et CAU6), la modalité des organismes β -mésosaprobites augmente, signe d'un enrichissement du milieu en matière organique. Cet enrichissement peut être en lien avec la gestion en régime réservé de cette partie de la Cause, limitant le nombre de crues et favorisant donc une accumulation des matières organiques dans le lit de la rivière.

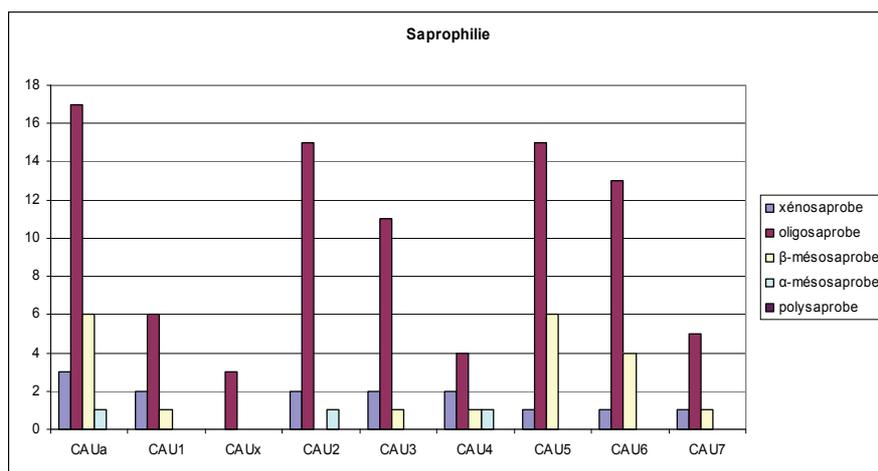


Figure 33 : Occurrence des modalités du trait de saprophilie pour les peuplements de la Cause.

- **L'Infernet**

Trait « Source de nourriture »

D'après la Figure 34, les taxons présentant la modalité détritiphage dominent les peuplements observés sur l'Infernet.

Au niveau du tronçon INF2 où les écoulements de surface sont permanents, la proportion des modalités phytophage et polyphage (à base mixte d'éléments végétaux et animaux) augmente. Cela peut être interprété comme la présence d'une communauté plus équilibrée, composée d'invertébrés appartenant à plusieurs types fonctionnels.

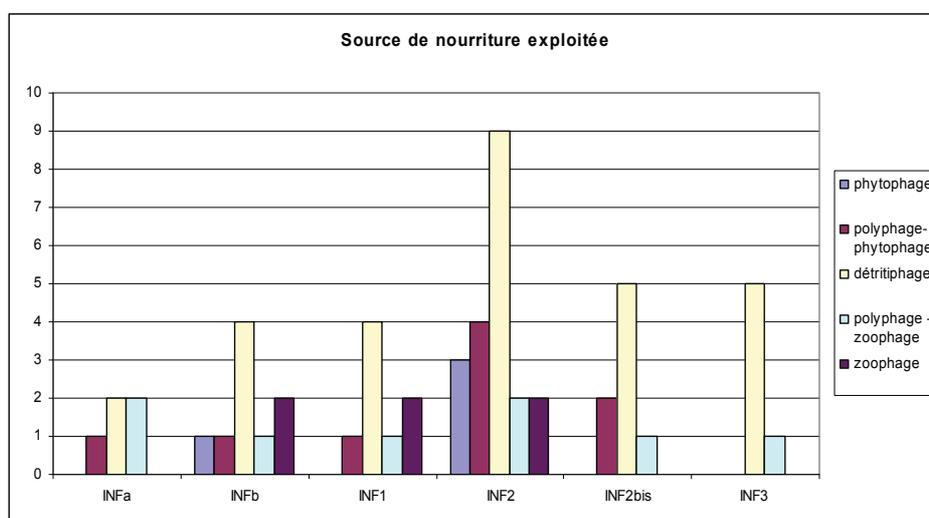


Figure 34 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements de l'Infernet.

Trait « saprophilie »

La dominance de taxons oligosaprobés dans les peuplements de l'Infernet indique des eaux faiblement chargées en matière organique (Figure 35).

Des taxons xénosaprobés sont rencontrés dans les tronçons INFb, INF1 et INF2, reflète de l'absence de charge organique dans l'Infernet, dont l'alimentation en eau est assurée par des résurgences karstiques du nord du massif Sainte-Victoire et par les ruissellements des précipitations.

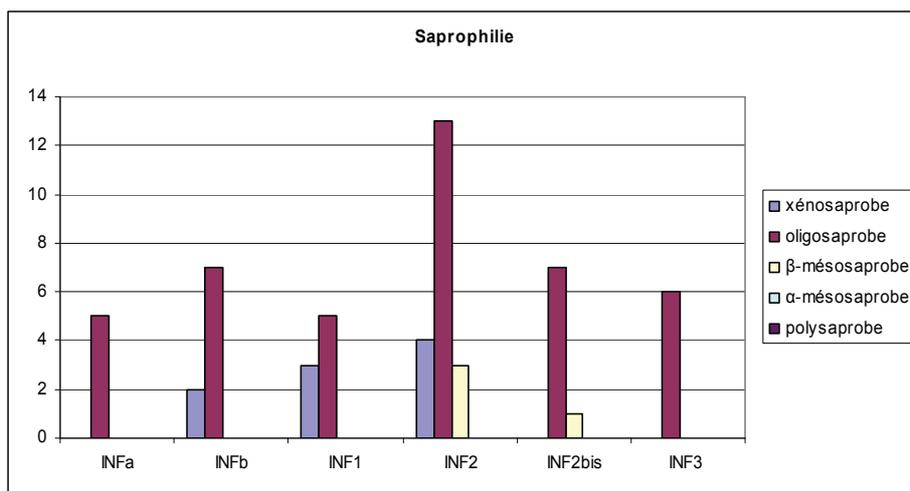


Figure 35 : Occurrence des modalités du trait de saprophilie pour les peuplements de l'Infernet.

- L'Abéou

Trait « Source de nourriture »

L'évolution de la fréquence des modalités du trait de source de nourriture exploitée (Figure 36) rend compte d'une diversification des peuplements de l'Abéou de l'amont vers l'aval.

Contrairement aux peuplements des autres cours d'eau étudiés, la modalité détritiphage ne se rencontre pas majoritairement. Cela peut s'expliquer par le fait que la partie amont de l'Abéou connaît des conditions hydrologiques très temporaires, associés à des crues rapides, inaptes à un stockage en aval des éléments organiques en provenance de la ripisylve.

Les peuplements des tronçons ABEE, ABEF et ABE1 présentent un équilibre des modalités de source de nourriture.

La forte proportion de taxons zoophages est également surprenante en ABE1, celle-ci s'explique par l'apparition de taxons appartenant aux plécoptères dans ce tronçon.

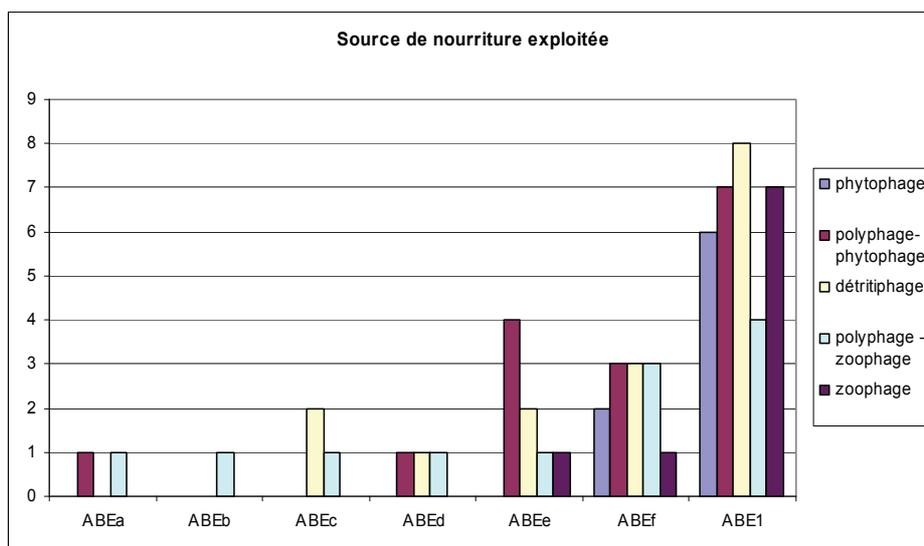


Figure 36 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements de l'Abéou.

Trait « rhéophilie »

Sur les trois tronçons aval de cette rivière (ABEE, ABEF et ABE1), les répartitions des modalités liées à la rhéophilie sont comparables (Figure 37).

La tendance lénitophile reste encore dominante, mais la plus forte proportion de taxons à tendance rhéophiles et rhéophiles indique un accroissement des conditions lotiques dans la partie aval de ce cours d'eau.

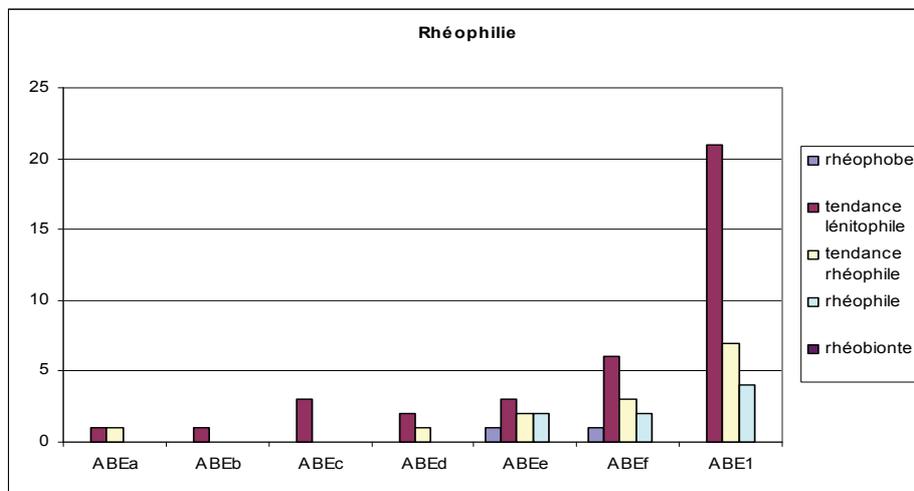


Figure 37 : Occurrence des modalités du trait de rhéophilie pour les peuplements de l'Abéou.

Trait « comportement de construction »

Concernant l'évolution des modalités du trait relatif aux comportements de construction (Figure 38), une stabilité interannuelle du substrat est mise en évidence pour les trois derniers tronçons. Cette observation confirme le caractère particulier de la partie aval de l'Abéou, au regard ici des conditions d'habitats des invertébrés.

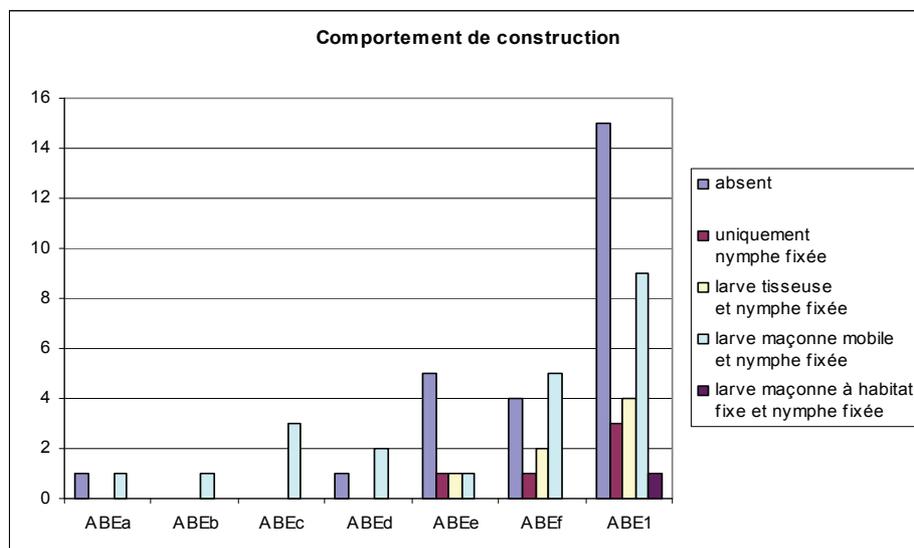


Figure 38 : Occurrence des modalités du trait comportement de construction pour les peuplements de l'Abéou.

- **Le Réal de Jouques**

Trait « Source de nourriture »

Les peuplements échantillonnés dans le Réal et ses affluents présentent des distributions des modalités de source de nourriture relativement originales (Figure 39) au sein des systèmes étudiés dans ce rapport.

Les tronçons REAa, REAb, REAc et REA1 semblent comporter des peuplements dont les sources de nourriture sont diversifiées et équilibrées. La modalité détritiphage domine seulement les peuplements des tronçons REA2, CHA1 et CHA2.

Plus généralement, une forte proportion de taxons polyphages-zoophages ou strictement zoophages est rencontrée dans le Réal.

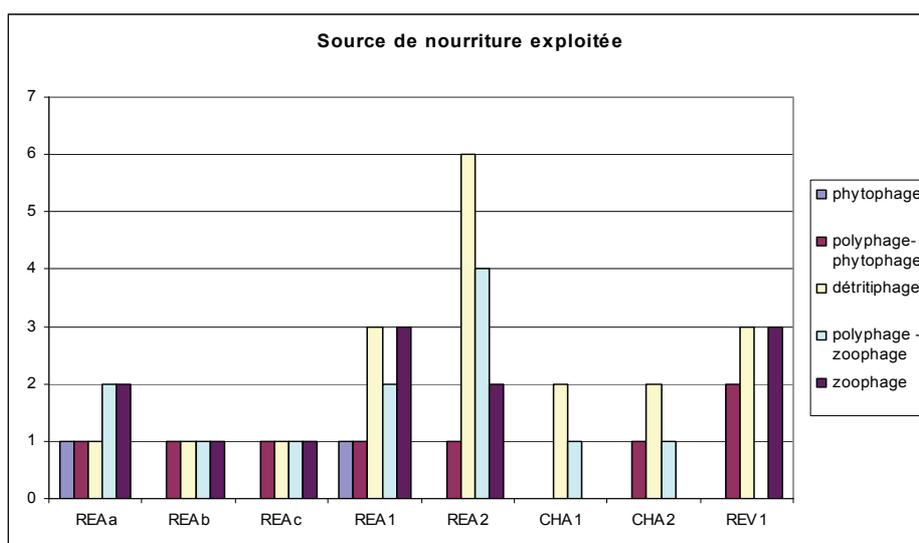


Figure 39 : Occurrence des modalités du trait source de nourriture exploitée pour les peuplements du Réal.

Trait « rhéophilie »

A l'exception du peuplement du ruisseau de Revelette, les taxons lénitophiles dominent les communautés d'invertébrés sur le Réal et ses affluents (Figure 40).

Cependant, la part importante de taxons à tendance rhéophile ou strictement rhéophile dans ces communautés est particulière, en comparaison avec les prélèvements effectués sur les autres rivières étudiées. Le caractère à tendance rhéophile est même dominant dans le ruisseau de Revelette. Ces observations indiquent la dominance de conditions lotiques dans ce cours d'eau.

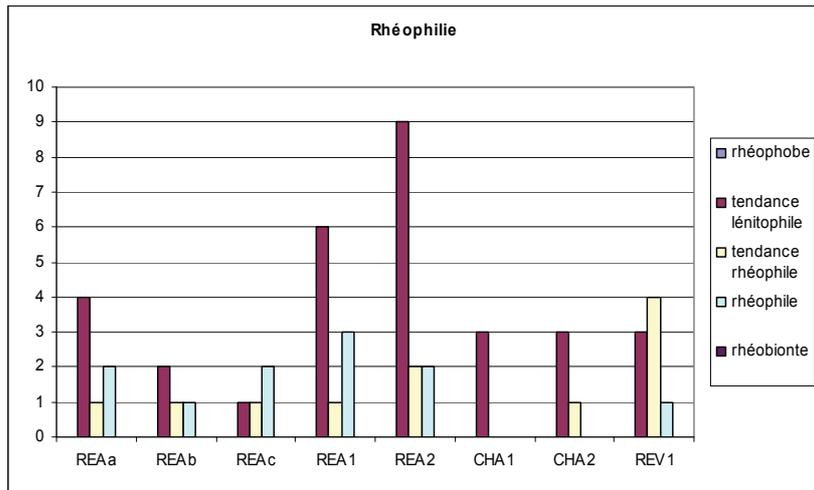


Figure 40 : Occurrence des modalités du trait de rhéophilie pour les peuplements du Réal.

D.4.3.1.2. Inventaire spécifique

La liste faunistique au niveau spécifique est présentée en annexe 8.

L'objectif en établissant cet inventaire au niveau spécifique est d'affiner l'information taxonomique.

L'inventaire n'est pas exhaustif et concerne uniquement les espèces dont les critères anatomiques des stades larvaires ou adultes sont décrits dans la littérature, et pour lesquels les stades appropriés à leur détermination ont été capturés.

Cet inventaire spécifique a été réalisé sur la base de 247 campagnes de prélèvements regroupées dans 40 tronçons d'étude différents (l'unité spatiale est donc identique à celle utilisée pour l'inventaire au niveau des genres et des familles).

Les campagnes de prélèvements les plus anciennes remontent à l'année 1979 et les plus récentes datent de l'année 2010.

Au total, 64 espèces ont été déterminées, réparties au sein de 23 familles appartenant aux trois ordres d'insectes aquatiques étudiés : plécoptères, éphéméroptères et trichoptères.

L'ordre des trichoptères apparaît le plus diversifié en nombre d'espèces (37 espèces). Au sein de cet ordre, la famille des Limnephilidae est la famille la plus représentée dans cet inventaire avec 11 espèces différentes. De plus, l'ordre des éphéméroptères comprend ici 19 espèces, l'ordre des plécoptères en comprend 8.

Les espèces les plus communément rencontrées parmi les tronçons d'étude sont : *Baetis rhodani* (éphéméroptère présente dans 31 tronçons sur 40), *Nemoura cinerea* (plécoptère présent dans 27 tronçons), *Melampophylax mucoreus* (trichoptère présent dans 20 tronçons), *Ephemera danica* (éphéméroptère présente dans 19 tronçons), *Hydropsyche siltalai* (trichoptère présent dans 19 tronçons) et *Habrophlebia lauta* (éphéméroptère présent dans 18 tronçons).

A l'inverse, certaines espèces n'ont été rencontrées que dans un seul tronçon d'étude, comme : *Perla marginata* (plécoptère), *Baetis niger* et *Baetis nubecularis*, *Ecdyonurus torrentis*, *Habrophlebia fusca* (quatre espèces de l'ordre des éphéméroptères), *Hydropsyche fulvipes*, *Hydropsyche smiljajae*, *Hydroptila tineoides*, *Hydroptila vectis*, *Adicella reducta*, *Allogamus auricollis*, *Lype phaeopa* et *Tinodes waeneri* (huit espèces appartenant à l'ordre des trichoptères).

D.4.3.1.2.1. Relation entre efforts d'échantillonnage et richesses spécifiques

Comme pour l'inventaire générique, les valeurs de richesse au niveau spécifique apparaissent fortement dépendantes du nombre de campagnes de prélèvements effectuées et également des possibilités de détermination des individus (par exemple, la détermination de certaines espèces nécessite la capture d'individus adultes mâles).

Les valeurs de richesses spécifiques ne comprennent donc pas l'intégralité de la diversité spécifique, mais permettent néanmoins une comparaison entre les tronçons d'étude.

D.4.3.1.2.2. Composition spécifique des peuplements

A partir de la liste présentée en annexe 8, il apparaît que le nombre d'espèces au sein d'un même genre peut varier considérablement.

Certains genres paraissent représentés dans cet inventaire par une seule espèce, comme *Nemoura cinerea*, *Capnia bifrons*, *Isoperla grammatica* et *Perla marginata* (plécoptères), ou *Sericostoma galeatum* et *Odontocerum albicorne* (trichoptères).

- **Le Bayeux et Roques-Hautes**

La composition spécifique des peuplements observés sur le Bayeux présente une évolution entre la partie amont et l'aval de ce cours d'eau.

Certaines espèces se rencontrent dans l'intégralité du linéaire du Bayeux : comme *Nemoura cinerea*, *Isoperla grammatica* (plécoptères) et *Baetis rhodani* (éphéméroptère). Ces espèces, de part leurs grandes amplitudes écologiques, peuvent se maintenir dans des milieux aux conditions abiotiques diversifiées.

D'autres espèces sont présentes dans des secteurs bien définis du Bayeux.

L'éphéméroptère *Habrophlebia lauta*, ainsi que les trichoptères de la famille des Limnephilidae suivants : *Melampophylax mucoreus*, *Mesophylax impunctatus*, *Micropterna lateralis*, *Micropterna sequax*, *Micropterna testacea*, et les trichoptères *Wormaldia occipitalis*, *Plectrocnemia conspersa*, *Plectrocnemia geniculata*, *Polycentropus kingi* n'ont été prélevés que dans les parties amont et médiane du Bayeux, c'est-à-dire entre sa source et la confluence avec le ruisseau de Roques-Hautes.

A l'inverse, certaines espèces n'ont été échantillonnées qu'en aval de la confluence avec le ruisseau de Roques-Hautes : *Capnia bifrons* (plécoptère), *Paraleptophlebia submarginata* (éphéméroptère), *Halesus radiatus* et *Polycentropus flavomaculatus* (trichoptères).

L'hétérogénéité des conditions abiotiques entre la partie amont dont l'écoulement est permanent, la partie médiane soumise à des assècs estivaux fréquents et la partie aval du Bayeux dont les écoulements estivaux ont été maintenus durant la période d'étude par l'affluent de Roques-Hautes, explique en partie ces observations.

L'espèce *Capnia bifrons* (plécoptère), échantillonnée dans le Bayeux seulement dans le tronçon BAY6, possède la capacité de rentrer en vie ralentie durant son stade larvaire pour éviter le stress induit par des épisodes d'assèchements estivaux. Cette capacité n'est pas une condition nécessaire à son développement, notamment dans les rivières dont les températures restent basses en été (8 °C), mais lui permet de maintenir ses populations dans les rivières s'asséchant durant l'été. Cette espèce est un exemple, parmi l'ordre des plécoptères, d'espèce ayant développé des adaptations de ses traits d'histoire de vie face aux pressions exercées par les épisodes d'assècs²⁵.

Dans le ruisseau de Roques-Hautes, deux espèces du genre *Leuctra* (plécoptère) ont été déterminées : *Leuctra fusca* et *Leuctra leptogaster*. Ce genre a été observé dans le tronçon du Bayeux BAY5 mais n'a pas pu faire l'objet d'une détermination poussée à l'espèce.

²⁵ Legier, P. ; Terzian, E. : *Les milieux aquatiques temporaires de Provence : résistance des invertébrés à l'assèchement des habitats*. Ecologia Mediterranea n° 7 (fascicule 1) - 1981

D'autres espèces, non observées dans le Bayeux, sont observées dans Roques-Hautes : *Ephemerella ignita* (éphéméroptère), et les trichoptères suivants : *Agapetus cravensis*, *Silo nigricornis*, *Stenophylax permistus* et *Stenophylax vibex* ainsi que *Rhyacophila vulgaris*.

Ces différences faunistiques entre ces deux rivières connectées peuvent, en grande partie, s'expliquer par les différences de conditions abiotiques, notamment des régimes thermique et hydrologique.

- **La Cause et l'Infernet**

Comme cela est observé sur le Bayeux, certaines espèces ne sont présentes dans la Cause qu'en amont de la retenue de Bimont ou qu'en aval de celle-ci.

Les espèces rencontrées uniquement dans la partie à régime hydrologique naturel de la Cause sont : *Isoperla grammatica* (plécoptère), *Ecdyonurus torrentis* et *E. venosus* (éphéméroptères), *Melampophylax mucoreus*, *Mesophylax impunctatus*, *Micropterna lateralis*, *Micropterna sequax*, *Stenophylax permistus*, *Odontocerum albicorne*, *Plectrocnemia geniculata*, *Polycentropus kingi*, *Tinodes waeneri* et *Rhyacophila vulgaris* (trichoptères).

A l'inverse, certaines espèces sont observées seulement dans la partie à régime hydrologique artificialisé.

Ces différences faunistiques amont – aval reflètent des modes de fonctionnement physiques influencés par l'artificialisation des débits de la partie aval de cette rivière.

Les peuplements observés dans l'Infernet ne présentent pas le même schéma de zonation amont-aval. La caractéristique abiotique apparaissant prédominante sur la répartition des insectes aquatiques est la présence de spots lotiques permanents, c'est-à-dire des secteurs dont la présence d'écoulement de surface, même très réduit, est pérenne, tel que le tronçon INF2. La richesse spécifique y est maximale pour l'Infernet ; cette permanence d'eau permet le développement d'espèces particulières non seulement au niveau de ce spot, mais également parfois en aval direct, par dérive des organismes.

Parmi ces espèces, nous pouvons citer : *Euleuctra geniculata*, *Leuctra hippopus* (plécoptères) ; *Baetis muticus*, *Habroleptoides confusa*, *Habrophlebia modesta*, *Paraleptophlebia submarginata* (éphéméroptères) ; *Hydropsyche siltalai*, *Plectrocnemia geniculata*, *Plectrocnemia conspersa*, *Lype reducta* et *Rhyacophila pubescens* (trichoptères).

- **L'Abéou**

Comme il a été démontré au niveau générique, une diversification accrue des espèces déterminées dans les tronçons de l'Abéou est observée à partir des zones de résurgences karstiques (à partir du tronçon ABEd jusqu'au tronçon ABE1).

Par exemple, cinq espèces appartenant à la famille des Baetidae (éphéméroptères) sont présentes dans le tronçon ABE1. Parmi elles, l'espèce *Baetis niger* n'a été rencontrée uniquement dans ce tronçon au cours de cette étude. Sa présence constitue une particularité faunistique (voir les remarques faites sur le Réal dans le chapitre suivant).

Dans ce même tronçon, la présence de l'espèce *Perla marginata* (plécoptères) est également à souligner. Cette espèce n'a été rencontrée que dans ce tronçon de l'Abéou au cours de l'étude. Ses exigences écologiques nécessitent des eaux fraîches et bien oxygénées, ainsi qu'une

permanence des écoulements en raison de la durée de son cycle larvaire supérieure à une année.

La richesse spécifique en insectes aquatiques capturées dans le tronçon ABE1 reflète l'absence de pression due à des pollutions dans cette partie du cours d'eau.

Dans ce tronçon ABE1, la richesse spécifique des plécoptères est sous-estimée par rapport au nombre de genres, en raison de la nécessité de capturer des stades adultes pour la détermination des espèces de cet ordre.

- **Le Réal de Jouques**

Le faible nombre de prélèvements effectués dans les trois tronçons les plus en amont du Réal de Jouques ne permet pas une comparaison correcte avec la situation des deux tronçons aval. Cependant, dans le Réal, quatre espèces, absentes des autres cours d'eau étudiés, sont rencontrées : *Baetis nubecularis* et *Baetis lutheri* (éphéméroptères), *Adicella reducta* et *Allogamus auricollis* (trichoptères).

Ces particularités faunistiques, à l'échelle des rivières du territoire d'action du GSSV, reflètent des processus d'isolement au cours de l'histoire géologique. En effet, comme il a été souligné par deux auteurs : « *les cours d'eau recevant les apports des systèmes karstiques hébergent des populations qui, du fait de leur caractère sténotherme, se sont trouvés isolées par rapport aux cours d'eau méditerranéens adjacents* »²⁶. La présence de ces espèces précédemment citées dans le Réal peut donc s'expliquer par des phénomènes d'isolation à une échelle temporelle géologique, isolation favorisée par des régimes thermiques singuliers en lien avec le domaine karstique, aboutissant au maintien de populations relictuelles.

Malgré des valeurs de richesses spécifiques peu élevées dans les tronçons du Réal (17 espèces au maximum rencontrées dans le tronçon REA2), les particularités faunistiques observées font de la partie du Réal en amont de Jouques une rivière hébergeant une faune singulière à l'échelle du territoire du GSSV. Cependant, cette singulière pauvreté de la diversité taxonomique pourrait être le reflet de pollutions diffuses, non caractérisées ici.

²⁶ Giudicelli, J. ; Olivari, G. : *Les cours d'eau méditerranéens à régime de soutien karstique, spécificités écologiques et hydrobiologiques*. Ecologia mediterranea – Vol. 36 (1) – 2010.

D.4.3.1.2.3. Référence aux concepts de biocénotypes

A partir des travaux réalisés par Jean Verneaux et ses collaborateurs^{27, 28} et de l'inventaire spécifique des insectes aquatiques des rivières présentes dans le territoire d'action du GSSV, nous avons utilisé les divers degrés d'affinités des espèces à des « biocénotypes » afin d'étudier la logique de structuration des peuplements d'invertébrés le long du linéaire de ces cours d'eau méditerranéens.

Les travaux de J. Verneaux ont mis en évidence que *l'organisation biologique d'un système théorique d'eau courante prend la forme d'un continuum statistique d'espèces qui se remplacent les unes des autres le long d'un gradient*. Dix biocénotypes ont ainsi pu être définis. Ils varient entre B0 (zone de source) et B9 (large rivière à cyprinidés), car le premier facteur explicatif de la structuration mise en évidence dans cette démarche, était la température moyenne du mois le plus chaud. Le préférendum typologique (affinité moyenne écologique pour un biocénotype) et l'amplitude typologique (valence écologique) de 210 espèces de poissons et d'insectes aquatiques ont ainsi été déterminés et fournissent une information écologique synthétisée.

Ces informations se présentent sous la forme d'une matrice où les espèces sont distribuées selon trois classes d'abondance théorique (1, 2 et 3) parmi les 10 biocénotypes définis (Tableau 11).

Tableau 11 : Exemple de distribution des classes d'abondance théoriques (de 1 à 3) au sein des dix biocénotypes, des valeurs de préférendum écologique (tp) et d'amplitude typologique (ta) des espèces de l'ordre des plécoptères recensées dans les rivières du territoire d'action du GSSV (la ligne grisée correspond à l'absence de données pour l'espèce *Leuctra leptogaster*).

	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	tp	ta
CAPNIA BIFRONS		1	2	3	2	1					B3	5
EULEUCTRA GENICULATA					1	2	3	2	1		B6	5
LEUCTRA FUSCA				1	2	3	2	1			B5	5
LEUCTRA HIPPOPUS		1	2	3	3	2	1				B3-B4	6
LEUCTRA LEPTOGASTER												
NEMOURA CINEREA	1	3	2	2	1						B1	5
PERLA MARGINATA			1	2	3	2	1				B4	5
ISOPERLA GRAMMATICA			1	2	3	3	2	1			B4-B5	6

Au niveau de chaque tronçon, la moyenne des classes d'abondance des espèces présentes a été calculée par biocénotype et pour chaque tronçon. Mais sur les 64 espèces recensées dans le cadre de cette étude, le préférendum et l'amplitude typologique de 21 espèces ne sont pas décrits, ce qui limite la pleine utilisation de notre jeu de données.

Les graphiques présentés ci-dessous ne concernent pas l'intégralité des tronçons d'étude, et pour des raisons de représentativité statistique, seuls sont présentés les profils biocénotypiques moyens des tronçons dont les valeurs de richesse taxonomique sont importantes.

²⁷ Verneaux, J. ; Schmitt, A. ; Verneaux, V. ; Prouteau, C. : *Benthic insects and fish of the Doubs River system : typological traits and the development of a species continuum in a theoretically extrapolated watercourse*. Hydrobiologia 490 : 63-74 – 2003.

²⁸ Verneaux, J. ; Verneaux, V. ; Schmitt, A. ; Prouteau, C. : *Assessing Biological Orders of river sites and biological structures of watercourses using ecological traits of aquatic insects*. Hydrobiologia 519 : 39-47 – 2004.

- **Le Bayeux et Roques-Hautes**

Le calcul des classes d'abondance moyennes par biocénotype des peuplements observés dans les tronçons du Bayeux (Figure 41, gauche) met en évidence une évolution amont-aval où BAY2 aurait la position moyenne la plus apicale (vers B0), avec une transition entre les tronçons BAY4 et BAY5 liée à la confluence du ruisseau de Roques-Hautes.

Les modalités majoritaires d'appartenance aux biocénotypes dans les tronçons BAY1, BAY2, BAY3, BAY4 se situent respectivement sur l'étendue, B1-B5 ; B1-B4 ; B3-B5 ; B4-B7. Un gradient amont-aval est présent dans les tronçons BAY2, BAY3 et BAY4.

Les modalités dominantes du peuplement du ruisseau de Roques-Hautes (Figure 41, droite) se situent autour des biocénotypes B4 et B5, et sont clairement influentes de celles du Bayeux dans les tronçons BAY5 et BAY6.

La confluence du ruisseau de Roques-Hautes, dont les températures restent fraîches tout au long de l'année, influe donc sur les peuplements du Bayeux en aval de celle-ci.

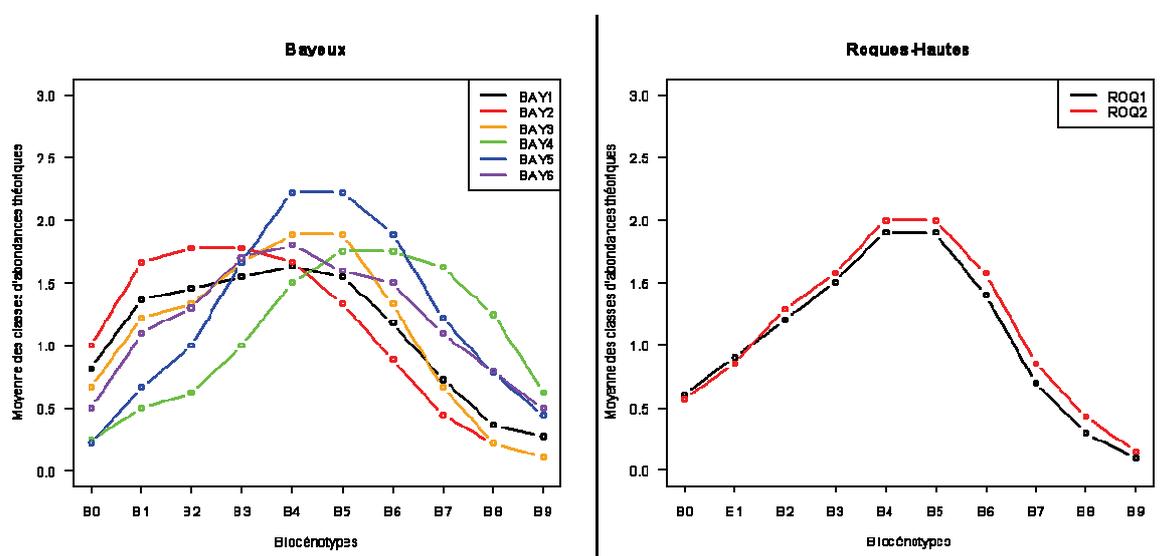


Figure 41 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude du Bayeux et de Roques-Hautes.

- **La Cause et l'Infernet**

Les peuplements observés dans les différents tronçons d'étude de la Cause se composent d'espèces présentant deux modalités principales dans les moyennes de classe d'abondance par biocénotype (Figure 42, gauche).

Les tronçons situés en amont des retenues de Bimont et de Zola : CAUa, CAU1, CAU2, CAU3 et CAU4 ont respectivement des classes d'abondance maximales pour les biocénotypes suivants : B5, B4, B4, B4-B5 et B4. Excepté pour le tronçon CAUa, les peuplements des autres tronçons en amont des retenues apparaissent au niveau des biocénotypes B4 et B5, zone équivalente au rhithron dans la classification d'Illies et Botosaneanu²⁹.

Les peuplements d'insectes échantillonnés dans la partie aval de la Cause, sous régime à débit artificialisé, apparaissent dominés par les biocénotypes B5 et B6.

Une évolution modérée le long d'un gradient amont-aval est donc observée sur la Cause dans la composition des communautés d'insectes aquatiques.

Les peuplements de l'Infernet présentent une dominance des biocénotypes B3, B4 et B5 (Figure 42 droite). Globalement l'Infernet semble avoir une modalité B3 plus marquée que sur la Cause en amont des barrages, mais aucun gradient amont-aval n'y est mis en évidence.

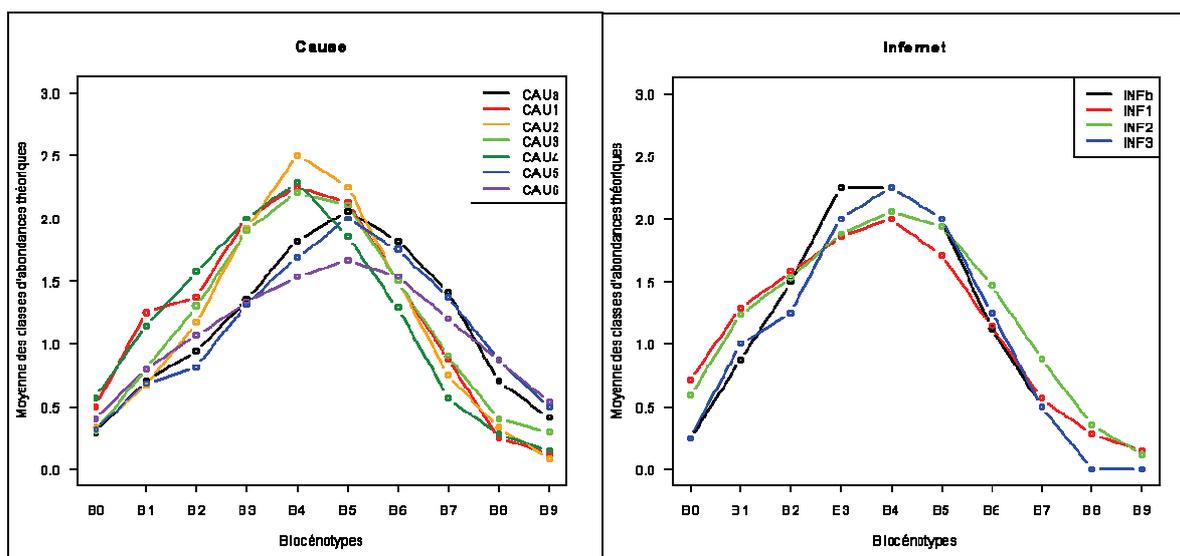


Figure 42 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude de la Cause et de l'Infernet.

²⁹ Illies, J. ; Botosaneanu, L. : *Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique*. Mitt. Internat. Verein. Limnol. N°12 – 1963.

- **L'Abéou**

En raison des valeurs de richesses spécifiques faibles sur la majorité des tronçons situés dans la partie amont de cette rivière, le nombre de tronçons pris en considération pour l'analyse des biocénotypes dominants est limité sur l'Abéou (Figure 43).

Les biocénotypes dominants dans les peuplements des trois tronçons pris en compte, sont B4, B5 et B6. Le biocénotype B6 peut être interprété comme une transition entre rhithron et potamon (classification d'Illies et Botosaneanu).

Les insectes échantillonnés dans la partie aval de l'Abéou reflètent donc un caractère de zone intermédiaire sur le linéaire d'une rivière théorique. Cela peut refléter l'influence de l'alimentation karstique de cette partie de la rivière. En effet, ce type de résurgence, dont les températures sont fraîches mais rarement inférieures à 10°C, exclue l'installation d'espèces psychrophiles (ayant une affinité pour les eaux froides) inféodées majoritairement aux zones de source. Le maintien d'espèces plus thermophiles (supportant des températures chaudes) ou eurythermes (pouvant se développer dans des gammes thermiques variées) est alors favorisé.

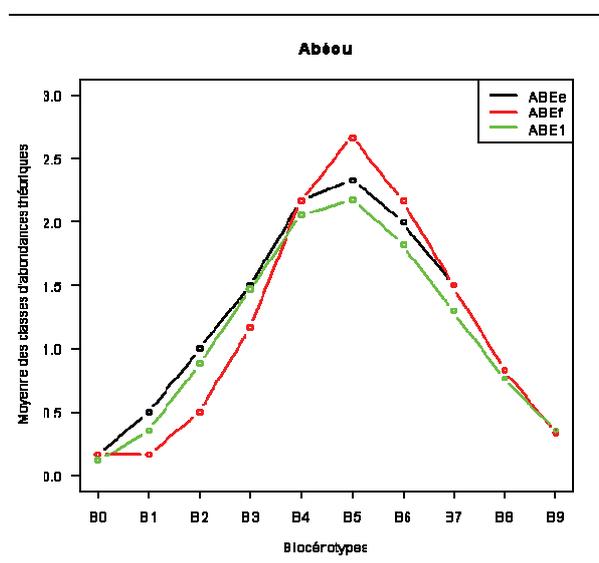


Figure 43 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude de l'Abéou.

- **Le Réal de Jouques**

Les peuplements échantillonnés dans le Réal de Jouques montrent des classes d'abondances théoriques maximales dans les biocénotypes B4 et B5 (Figure 44).

Les biocénotypes dominants correspondent donc à des peuplements de zones intermédiaires, sans mise en évidence de gradient amont-aval, du moins à l'échelle de la zone étudiée dans ce cours d'eau.

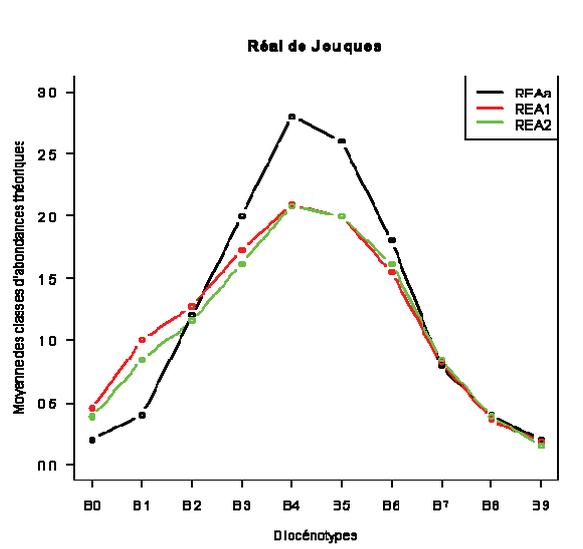


Figure 44 : Evolution des moyennes de classes d'abondance théoriques par biocénotype des peuplements d'insectes aquatiques de certains tronçons d'étude du Réal de Jouques.

D.4.3.1.2.4. Comparaison avec l'inventaire de l'OPIE benthos

L'Office Pour les Insectes et leur Environnement (OPIE) a créé un groupe de travail OPIE-benthos³⁰ dont l'objectif principal est *de connaître les milieux aquatiques pour mieux les protéger*.

Dans ce cadre, trois inventaires nationaux consacrés aux ordres des éphéméroptères, des plécoptères et des trichoptères sont disponibles sur internet. Ces données sont organisées par département.

La liste spécifique réalisée dans cette étude permet la comparaison avec les données de l'OPIE-benthos pour le département des Bouches-du-Rhône (Tableau 12).

La comparaison de l'inventaire établi dans le cadre de cette étude sur les insectes aquatiques présents dans les rivières du territoire d'action du GSSV, avec les inventaires de l'OPIE-benthos met en évidence un manque d'informations important pour le département des Bouches-du-Rhône.

En effet, sur les 64 espèces recensées dans les rivières du GSSV, 42 n'ont pas fait l'objet d'observations par l'OPIE-benthos dans ce département (4 espèces de l'ordre des plécoptères, 9 espèces de l'ordre des éphéméroptères et 29 espèces de l'ordre des trichoptères), et deux espèces ne figurent pas dans la liste de cet organisme.

³⁰ www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php

Tableau 12 : Comparaison entre la liste spécifique établie dans cette étude et les inventaires gérés par l'OPIE-benthos. Le code « 1 » correspond aux espèces déjà décrites dans l'inventaire OPIE-benthos pour les Bouches-du-Rhône. Le code « 0 » correspond aux espèces non observées dans les Bouches-du-Rhône et le code « X » aux espèces absentes de la liste de l'OPIE-benthos.

Ordre	Famille	Espèce	Inventaire OPIE benthos
PLECOPTERES	CAPNIIDAE	CAPNIA BIFRONS	1
	LEUCTRIDAE	EULEUCTRA GENICULATA	1
	LEUCTRIDAE	LEUCTRA FUSCA	0
	LEUCTRIDAE	LEUCTRA HIPPOPUS	0
	LEUCTRIDAE	LEUCTRA LEPTOGASTER	0
	NEMOURIDAE	NEMOURA CINEREA	0
	PERLIDAE	PERLA MARGINATA	1
	PERLODIDAE	ISOPERLA GRAMMATICA	1
EPHEMEROPTERES	BAETIDAE	BAETIS BUCERATUS	1
	BAETIDAE	BAETIS LUTHERI	0
	BAETIDAE	BAETIS MUTICUS	1
	BAETIDAE	BAETIS NIGER	0
	BAETIDAE	BAETIS NUBECULARIS	0
	BAETIDAE	BAETIS RHODANI	1
	BAETIDAE	CENTROPTILUM LUTEOLUM	0
	BAETIDAE	CLOEON SIMILE	1
	CAENIDAE	CAENIS LUCTUOSA	1
	EPHEMERELLIDAE	EPHEMERELLA IGNITA	1
	EPHEMERIDAE	EPHEMERA DANICA	1
	HEPTAGENIIDAE	ECDYONURUS PICTETI	0
	HEPTAGENIIDAE	ECDYONURUS TORRENTIS	0
	HEPTAGENIIDAE	ECDYONURUS VENOSUS	1
	LEPTOPHLEBIIDAE	HABROLEPTOIDES CONFUSA	0
	LEPTOPHLEBIIDAE	HABROPHLEBIA FUSCA	0
LEPTOPHLEBIIDAE	HABROPHLEBIA LAUTA	1	
LEPTOPHLEBIIDAE	HABROPHLEBIA MODESTA	X	
LEPTOPHLEBIIDAE	PARALEPTOPHLEBIA SUBMARGINATA	0	
TRICHOPTERES	GLOSSOSOMATIDAE	AGAPETUS CRAVENSIS	1
	GLOSSOSOMATIDAE	SYNAGAPETUS DUBITANS	1
	GOERIDAE	SILO NIGRICORNIS	0
	HYDROPSYCHIDAE	HYDROPSYCHE FULVIPES	0
	HYDROPSYCHIDAE	HYDROPSYCHE SILTALAI	1
	HYDROPSYCHIDAE	HYDROPSYCHE SMILJAE	X
	HYDROPTILIDAE	HYDROPTILA TINEOIDES	0
	HYDROPTILIDAE	HYDROPTILA VECTIS	0
	LEPTOCERIDAE	ADICELLA REDUCTA	0
	LEPTOCERIDAE	MYSTACIDES AZUREUS	0
	LIMNEPHILIDAE	ALLOGAMUS AURICOLLIS	0
	LIMNEPHILIDAE	HALESUS DIGITATUS	0
	LIMNEPHILIDAE	HALESUS RADIATUS	0
	LIMNEPHILIDAE	LIMNEPHILUS LUNATUS	1
	LIMNEPHILIDAE	MELAMPOPHYLAX MUCOREUS	0
	LIMNEPHILIDAE	MESOPHYLAX IMPUNCTATUS	0
	LIMNEPHILIDAE	MICROPTERNA LATERALIS	0
	LIMNEPHILIDAE	MICROPTERNA SEQUAX	0
	LIMNEPHILIDAE	MICROPTERNA TESTACEA	0
	LIMNEPHILIDAE	STENOPHYLAX PERMISTUS	1
	LIMNEPHILIDAE	STENOPHYLAX VIBEX	0
	ODONTOCERIDAE	ODONTOCERUM ALBICORNE	0
	PHILOPOTAMIDAE	WORMALDIA OCCIPITALIS	0
	POLYCENTROPODIDAE	CYRNUM TRIMACULATUS	0
	POLYCENTROPODIDAE	PLECTROCNEMIA CONSPERSA	0
	POLYCENTROPODIDAE	PLECTROCNEMIA GENICULATA	0
	POLYCENTROPODIDAE	POLYCENTROPUS FLAVOMACULATUS	1
	POLYCENTROPODIDAE	POLYCENTROPUS KINGI	0
	PSYCHOMYIDAE	LYPE PHAEOPA	0
	PSYCHOMYIDAE	LYPE REDUCTA	0
	PSYCHOMYIDAE	TINODES MACHLACHLANI	0
	PSYCHOMYIDAE	TINODES MACULICORNIS	1
	PSYCHOMYIDAE	TINODES WAENERI	0
	RHYACOPHILIDAE	RHYACOPHILA DORSALIS	0
	RHYACOPHILIDAE	RHYACOPHILA PUBESCENS	0
	RHYACOPHILIDAE	RHYACOPHILA VULGARIS	0
SERICOSTOMATIDAE	SERICOSTOMA GALEATUM	0	

D.4.3.2. Prélèvements normalisés

Les divers résultats obtenus par l'application de protocoles normalisés sont présentés dans ce paragraphe.

- **L'Abéou**

Une campagne de prélèvements a été réalisée le 6 avril 2010 selon la norme XP-T90-333 dans la partie aval de l'Abéou, au niveau du tronçon ABE1.

Les résultats de cette campagne ont permis d'établir une note IBGN égale à 18 / 20, pouvant être interprétée comme une très bonne qualité biologique. Cette note est calculée à partir de deux paramètres : le Groupe Taxonomique Indicateur (GFI), représenté ici par la famille des Perlidae (plécoptères) dont la valeur indicatrice est 9, et la richesse taxonomique égale à 35 taxons, correspondant à la classe de variété 10.

- **Le Bayeux**

Nous utilisons une campagne de prélèvements conduite le 9 avril 2010 au niveau du tronçon d'étude BAY6.

La note IBGN obtenue sur le Bayeux à cette date est égale à 15 / 20, interprétée comme une bonne qualité biologique. Le GFI est la famille des Leuctridae (plécoptères) dont la valeur indicatrice est de 7. La richesse taxonomique égale à 29 taxons, correspond à la classe de variété 9.

- **Le Réal de Jouques**

Quatre campagnes de type IBGN ont été effectuées sur le Réal par la DREAL PACA en aval du village de Jouques entre 2007 et 2010. La station de prélèvements est située en aval du village de Jouques, hors du territoire d'action du GSSV. Une synthèse des résultats est présentée dans le Tableau 13.

Les notes IBGN varient pour cette station du RCS entre 9 et 14 sur 20, reflétant une qualité biologique moyenne à bonne. Le Réal en aval du village de Jouques est donc certainement soumis à des pressions de perturbation qui restent à définir (pressions urbaines, agricoles, industrielles).

Tableau 13 : Principaux résultats des campagnes IBGN réalisées par la DREAL PACA sur le Réal de Jouques dans le cadre du RCS (Réseau de Contrôle et de Surveillance).

Date	GFI	Classe de variété	Note IBGN / 20
17/07/2007	3	8	10
15/04/2009	7	7	13
20/07/2009	7	8	14
09/02/2010	4	6	9

En résumé les résultats de ces campagnes de prélèvements normalisés sur l'Abéou, le Bayeux et le Réal, montrent que la station de l'Abéou, paraît posséder la meilleure qualité.

Le potentiel biologique, appréhendé par le benthos, de l'Abéou, apparaît supérieur à celui du Bayeux, lui-même supérieur à celui du Réal en aval du village de Jouques.

Ces différences de potentiels biologiques reflètent l'hétérogénéité des conditions environnementales - y compris des pressions polluantes - entre les cours d'eau étudiés ici.

- **Estimation de gammes de notes IBGN sur les tronçons d'étude**

Le Tableau 14 présente pour chaque tronçon : le taxon indicateur, le groupe faunistique indicateur correspondant (GFI), la variété observée, la classe de variété observée correspondante et la note IBGN minimale.

Pour les tronçons d'étude du Bayeux et de Roques-Hautes, les valeurs estimées de variétés taxonomiques totales, les classes de variétés correspondantes, ainsi que la note IBGN estimée sont également présentées dans le Tableau 14.

Au regard des résultats obtenus, l'effort d'investigation fourni lors de la phase des prélèvements qualitatifs influence la note IBGN minimale observée. En effet, les tronçons peu prospectés, comme BAY6, présentent des notes IBGN minimales faibles.

Ces notes IBGN minimales représentent donc l'hypothèse basse du potentiel des communautés benthiques. Les peuplements des tronçons présentant des notes minimales plus élevées peuvent donc être considérés comme potentiellement riches et reflétant des qualités biologiques intéressantes. Cela est le cas par exemple des tronçons BAY5, ROQ1, CAUa, CAU2, CAU3, CAU5, INF2 et ABE1.

Les gammes de notes IBGN obtenues pour les tronçons d'étude du Bayeux reflètent les potentiels écologiques des peuplements qui y sont présents. Les communautés benthiques dans le bassin-versant du Bayeux reflétant les états écologiques les plus favorables sont donc celles des tronçons BAY1, BAY3, BAY5 et ROQ1.

Des investigations plus poussées, avec des campagnes de prélèvements de type normalisé, permettraient une meilleure définition des états biologiques le long des linéaires de ces rivières.

Tableau 14: Présentation des taxons indicateurs, des groupes faunistiques indicateurs (GFI), des variétés observées en EPT, des classes de variété correspondantes et des notes IBGN minimales observées (/20) pour chaque tronçon d'étude. Les valeurs de variété totale estimée, les classes de variété correspondantes, ainsi que les notes IBGN estimées ne sont présentées que pour les tronçons du Bayeux et de Roques-Hautes.

	Taxon indicateur	GFI	Variété observée en EPT	Classe de variété observée en EPT	Variété totale estimée tronquée	Classe de variété estimée	note IBGN minimum observé (/20)	IBGN estimé (/20)
BAY1	Perlodidae	9	9	3	27	8	11	16
BAY2	Perlodidae	9	7	3	23	7	11	15
BAY3x	Philopotamidae	8	7	3	23	7	10	14
BAY3	Perlodidae	9	9	3	27	8	11	16
BAY3bis	Nemouridae	6	4	2	17	6	7	11
BAY4	Leptophlebiidae	7	5	2	19	6	8	12
BAY5	Perlodidae	9	12	4	32	9	12	17
BAY6	Rhyacophilidae	4	2	1	14	5	4	8
ROQ1	Philopotamidae	8	13	5	34	10	12	17
ROQ2	Sericostomatidae	6	5	2	19	6	7	11
CAUa	Perlodidae	9	15	5	X	X	13	X
CAU1	Perlodidae	9	8	3	X	X	11	X
CAUx	Capniidae	8	3	1	X	X	8	X
CAU2	Perlodidae	9	12	4	X	X	12	X
CAU3	Perlodidae	9	11	4	X	X	12	X
CAU4	Perlodidae	9	6	2	X	X	10	X
CAU5	Philopotamidae	8	15	5	X	X	12	X
CAU6	Philopotamidae	8	12	4	X	X	11	X
CAU7	Philopotamidae	8	7	3	X	X	10	X
INFa	Capniidae	8	3	1	X	X	8	X
INFb	Perlodidae	9	6	2	X	X	10	X
INF1	Perlodidae	9	7	3	X	X	11	X
INF2	Perlodidae	9	15	5	X	X	13	X
INF2bis	Capniidae	8	6	2	X	X	9	X
INF3	Leptophlebiidae	7	4	2	X	X	8	X
ABEa	Limnephilidae	3	2	1	X	X	3	X
ABEb	Limnephilidae	3	1	1	X	X	3	X
ABEc	Limnephilidae	3	1	1	X	X	3	X
ABEd	Limnephilidae	3	2	1	X	X	3	X
ABEe	Sericostomatidae	6	6	2	X	X	7	X
ABEf	Goeridae	7	10	4	X	X	10	X
ABE1	Perlidae	9	20	6	X	X	14	X
REa	Odontoceridae	8	7	3	X	X	10	X
REAb	Ephemeridae	6	4	2	X	X	7	X
REAc	Ephemeridae	6	4	2	X	X	7	X
REA1	Odontoceridae	8	9	3	X	X	10	X
REA2	Odontoceridae	8	11	4	X	X	11	X
CHA1	Nemouridae	6	2	1	X	X	6	X
CHA2	Nemouridae	6	3	1	X	X	6	X
REV1	Perlodidae	9	8	3	X	X	11	X
GRV1	Limnephilidae	3	2	1	X	X	3	X

D.5. Conclusion

Les divers aspects étudiés dans ce rapport, que sont l'hydromorphologie, les régimes thermiques, les régimes hydrologiques et les inventaires biologiques, permettent d'obtenir un premier bilan, qualitatif et fonctionnel, des états des cours d'eau présents au sein du territoire d'action du GSSV.

• Types physiques

A partir de la description du linéaire des cours d'eau, trois principaux types ont pu être dégagés. Cette première typologie prend en considération les structures physiques des cours d'eau.

De part leurs caractéristiques hydromorphologiques, les rivières suivantes : le Bayeux, l'Abéou, le Réal de Jouques, Chante-Merle, et la Cause sont apparues comme les plus biogènes pour les trois ordres d'insectes aquatiques étudiés.

• L'Abéou

Dans la zone d'étude, la rivière de l'Abéou présente schématiquement deux composantes spatiales :

- une partie amont depuis la limite sud du territoire du GSSV jusqu'aux résurgences karstiques quelques kilomètres en amont du village de St-Paul-Lès-Durance, où les écoulements de surface sont très temporaires et les températures des eaux relativement élevées ;
- une partie aval depuis l'amont du village de St-Paul-Lès-Durance jusqu'à la confluence avec la Durance, dans laquelle l'alimentation en eau d'origine karstique a maintenu des débits toujours supérieurs à 200 l/s durant la période d'étude et y joue un rôle de tampon thermique.

D'un point de vue faunistique, la diversité des trois ordres d'insectes aquatiques apparaît liée à la discontinuité observée au niveau des écoulements superficiels.

Dans la partie amont, un faible nombre de taxons est présent, principalement ceux possédant des capacités de résistance aux assecs.

En aval des résurgences karstiques, la diversité augmente avec l'éloignement à ces sources. L'édifice trophique se met graduellement en place et permet, au niveau du tronçon ABE1, le plus en aval, le maintien d'une communauté d'insectes diversifiée, reflet d'une très bonne qualité biologique.

Dans cette partie de l'Abéou, les conditions abiotiques expliquent en partie le maintien d'une espèce rare dans les rivières du GSSV, comme *Perla marginata*, espèce polluo-sensible et polyxbionte (ayant une affinité pour les eaux où la concentration en oxygène est élevée).

• Le Bayeux

La rivière du Bayeux présente également différents profils sur les plans thermique, hydrologique et faunistique.

En amont, le Bayeux présente des spots où les écoulements sont pérennes, les eaux sont fraîches et les amplitudes thermiques journalières y sont faibles.

La partie intermédiaire du Bayeux (entre St-Antonin et la confluence du ruisseau de Roques-Hautes) connaît des phénomènes d'assèchement estivaux ; les températures y sont plus chaudes et les amplitudes thermiques journalières sont importantes.

En aval de la confluence du ruisseau de Roques-Hautes et jusqu'à la confluence avec l'Arc Provençal, les écoulements du Bayeux sont assurés en période chaude par le ruisseau de Roques-Hautes. Les variations inter-saisonnières des températures y sont marquées.

Au regard des échantillons effectués dans le Bayeux, les valeurs de richesses taxonomiques sont relativement homogènes entre les tronçons d'étude (à l'exception des tronçons peu prospectés), ne dépassant pas 14 taxons.

Outre les zones bénéficiant d'écoulements permanents, les peuplements se composent de taxons adaptés aux assecs.

La partie amont du Bayeux héberge des trichoptères absents dans les zones en aval, comme *Plectrocnemia* et *Synagapetus*. Ces deux genres ne possédant pas d'adaptation d'évitement à la pression exercée par les assecs, leur présence en amont du Bayeux confirme la permanence de spots toujours en eau.

Cependant, la composition des peuplements des tronçons en amont est en grande partie comparable à celle de la partie intermédiaire du Bayeux et à celle de son affluent : le ruisseau de Roques-Hautes.

Plus généralement, les peuplements de ce cours d'eau sont dominés en richesse, par l'ordre des trichoptères, parmi lequel les genres de la famille des Limnephilidae sont fortement représentés.

En aval de la confluence de Roques-Hautes, la permanence des écoulements permet la présence de taxons absents de la partie intermédiaire du Bayeux, comme certaines espèces de Leptophlebiidae (éphéméroptère). La composition des peuplements des deux tronçons avals du Bayeux est proche de celle observée sur la Cause, sur le Réal et sur Roques-Hautes.

- **Roques-Hautes**

De par la stabilité thermique et la permanence des écoulements, les conditions physiques du ruisseau de Roques-Hautes sont comparables à celles de la partie aval de l'Abéou. La principale distinction pouvant être établie entre ces deux entités repose sur l'origine des eaux d'alimentations karstiques : les valeurs de conductivité mesurées dans les eaux alimentant le ruisseau de Roques-Hautes permettent d'affirmer qu'elles proviennent de fuites dans le karst de la retenue de Bimont (dont l'eau est originaire du Verdon via le Canal de Provence).

La forte diversité en insectes aquatiques de cet affluent du Bayeux (21 taxons au total) est à mettre en relation avec la stabilité thermique, la permanence des écoulements et la bonne qualité de l'eau. Ces caractéristiques abiotiques limitent les pressions exercées sur la macrofaune benthique en période estivale et permettent la pleine expression du potentiel biologique local.

De plus, la composition des peuplements de Roques-Hautes apparaît plus proche de celles des peuplements de la Cause, de l'Infernet ou du Réal que de celle du Bayeux amont.

Ces résultats illustrent la diversité d'assemblages faunistiques, géographiquement proches, observée dans les cours d'eau sous climat méditerranéen.

- **La Cause**

La rivière de la Cause connaît également une hétérogénéité spatiale marquée entre sa partie amont, dans laquelle seuls des spots restent en eaux en été, et la partie en aval des retenues de Bimont et de Zola, où un régime hydrologique artificialisé est instauré, assurant une stabilité des débits à l'exception des périodes d'opération particulière menées par la SCP.

Les températures des eaux de la Cause amont sont apparues fortement dépendantes des conditions climatiques locales : froides en hiver, chaudes en été, et fortement influencées par des événements météorologiques.

La diversité d'insectes rencontrés dans la Cause est élevée. Le sous bassin-versant de la Cause (Cause et Infernet) présente la valeur maximale de richesse taxonomique de cette étude.

Les peuplements de cette rivière présentent une bonne représentativité des plécoptères, avec quatre familles rencontrées, mais également des éphéméroptères, puisque tous les genres de cet ordre, échantillonnés dans les rivières étudiées, sont présents dans ce sous bassin-versant.

La richesse taxonomique maximale est rencontrée dans le tronçon situé le plus en amont (CAUa), où les conditions d'écoulement sont naturelles et permanentes, même à très faible débit.

Des taxons ne possédant pas de capacité d'évitement des assecs, comme les genres *Silo*, *Wormaldia* (trichoptères), *Cloëon*, *Habroleptoides* ou *Paraleptophlebia* (éphéméroptères) y sont rencontrés, en addition des taxons ayant des stratégies adaptatives face à ce type de pression.

De plus, dans ce secteur amont, les similitudes faunistiques sont les plus élevées avec des tronçons de rivières où les écoulements sont pérennes.

Entre l'amont et la retenue de Bimont, les peuplements de la Cause sont soumis à divers degrés de temporalité des écoulements superficiels, influençant les valeurs de similitudes maximales : soit avec des tronçons permanents (CAU2 et CAU3), soit avec des tronçons temporaires (CAU4).

En aval des retenues de Bimont et de Zola, un appauvrissement du nombre de familles de plécoptères est observé, certainement en relation avec la stabilité artificielle des débits, limitant le caractère lotique et fluctuant des habitats.

Cependant, les compositions faunistiques en aval des retenues présentent des similitudes de composition maximales avec des peuplements de la Cause amont, du seul tronçon permanent de l'Infernet, du Bayeux aval et du tronçon le plus en aval de l'Abéou.

- **L'Infernet**

La rivière de l'Infernet présente des caractéristiques thermiques et hydrologiques comparables à celles de la partie amont de la Cause : les assecs sont fréquents à l'exception de certains spots où des écoulements, même faibles, se maintiennent en été grâce à des zones d'affleurement de nappes ; les températures présentent de fortes variations saisonnières.

La diversité des peuplements prélevés dans l'Infernet apparaît dépendante de la présence de secteurs où la présence d'eau est permanente.

Les richesses des tronçons temporaires sont relativement faibles et leurs compositions sont proches des zones temporaires du Bayeux et de la Cause.

Au niveau du tronçon INF2, où la présence d'eau superficielle est continue, les richesses sont maximales avec 20 taxons rencontrés. La présence de zones où les eaux de surface sont pérennes semble donc favorable à un gain de richesse faunistique.

- **Le Réal de Jouques**

La partie du Réal en amont du village de Jouques présente une gamme thermique relativement fraîche pour un cours d'eau soumis au climat méditerranéen, ne dépassant pas les 20°C en période estivale de basses eaux.

Cette partie du Réal ne s'est pas asséchée durant la période d'étude, les débits mesurés les plus faibles étant toujours supérieurs à 100 L/s.

Malgré cette permanence des écoulements du Réal en amont de Jouques et en prenant en compte les deux affluents, la richesse taxonomique totale observée dans ce sous bassin-versant n'est que de 20 taxons.

La richesse par tronçon est au maximum égale à 13 taxons au niveau du tronçon REA2. Cela peut refléter une perturbation abiotique de cette rivière. Les conditions thermique et hydrologique n'apparaissant pas défavorables au développement biologique, il est possible que les invertébrés soient soumis à certaines pressions polluantes diffuses ou ponctuelles. L'utilisation agricole de pesticides, l'apport excessif d'éléments nutritifs provenant de zones de cultures ou de systèmes d'épuration obsolètes ou inefficaces dans le bassin-versant pourraient en être à l'origine.

Le Réal, où des espèces particulières de Baetidae (éphéméroptère), *Baetis nubecularis* et *Baetis lutheri* et certaines espèces de trichoptères, *Adicella reducta* et *Allogamus auricollis* sont présentes, peut être considéré comme une zone refuge pour des espèces aux exigences thermiques singulières et isolées sous climat méditerranéen (affinité avec le climat montagnard alpin).

Même s'il n'est pas question d'endémisme, les particularités faunistiques des peuplements du Réal sont des éléments originaux à l'échelle du territoire du GSSV.

Il est nécessaire de rappeler que les observations faites sur le Réal sont valables uniquement dans la zone étudiée, limitée à l'amont du village de Jouques.

- **Le Grand-Vallat**

Ce cours d'eau se distingue par un caractère éphémère des écoulements de surface sur la plus grande partie de son tracé. Cette particularité en fait un milieu très peu biogène pour la macrofaune benthique en général. Les efforts d'échantillonnage et l'instrumentation en capteurs physiques y ont donc été très limités.

Les quelques prélèvements effectués n'ont permis d'affirmer la présence que de trois taxons seulement. Le potentiel biologique de cette rivière est donc jugé très limité dans son parcours sur le territoire GSSV.

Conclusion générale

L'expression du potentiel biologique des rivières étudiées, appréhendée par le compartiment benthique, apparaît dépendante de l'interaction de plusieurs composantes :

- les composantes hydrologique et thermique : les principaux types présents ici peuvent être schématiquement définis comme appartenant, (i) au régime pluvial méditerranéen (Cause amont, Réal de Jouques, Bayeux, Grand-Vallat), (ii) au régime karstique (Abéou, Roques-Hautes), et (iii) au régime artificialisé stable (Cause aval).
- les composantes habitationnelles correspondant aux différents faciès comme les radiers, les plats et les mouilles et à l'architecture granulométrique. Ces particularités physiques se traduisent par la dominance ou l'alternance de conditions lotiques et lentiques dans le chenal, et par les conditions d'habitabilité (les capacités d'accueil benthique et hyporhéique)
- la composante « pressions polluantes », où se distinguent les pollutions ponctuelles (spatialement localisées et identifiables comme par exemple un rejet de station d'épuration) et les pollutions diffuses (rejets issus de la l'intégralité de la surface du bassin-versant et transportées au milieu aquatique de façon indirecte comme par exemple les phytosanitaires épandus sur les surfaces agricoles).

Ce patron d'expression du potentiel biologique doit être perçu comme un schéma simplificateur du fonctionnement écologique des cours d'eau situés au sein du territoire d'action du GSSV. Compte tenu de la géographie du territoire GSSV, notre objectif premier était de mettre l'accent sur deux aspects peu connus du milieu provençal, la présence d'un potentiel biologique témoin de l'histoire biogéographique régionale, et son mode d'organisation spatiale, qui déroge au schéma classique de zonation amont-aval.

En effet dans ces têtes de réseaux hydrographiques méditerranéens, voire dans les ordres supérieurs, la règle est l'interaction locale avec la proximité ou non de l'eau souterraine. C'est en effet à cette maille fonctionnelle que se règle les résistances et résiliences des milieux d'eau courante soumis à des étiages sévères ou des assècs.

Enfin, ces dernières ont été approchées dans la typologie physique préalable, mais peu reliées à l'expression biologique dans la présente étude, car cela sous-entend une caractérisation quantitative de l'organisation des peuplements (densité, occurrences exprimées, diversité) et une appréhension dynamique au sein d'un cycle hydrologique.

En conclusion, la biodiversité locale en insectes aquatiques indique un constat globalement favorable sur les cours d'eau étudiés entre 2008 et 2010.

Cependant, ce constat est issu d'une époque hydrologiquement favorable à la faune benthique des milieux d'eaux courantes. Or la décennie 2000 – 2010 a été marquée par des années hydrologiques particulièrement sèches.

Il est donc légitime d'émettre deux interrogations au regard de ces résultats :

1. L'impact des pressions hydrologiques de plusieurs années sèches durant la dernière décennie a-t-il été limité sur ce compartiment biologique adapté au climat méditerranéen ?

2. La bonne résilience observée après ces années sèches permettra-t-elle à ces systèmes de se maintenir face à des changements climatiques futurs plus sévères que ce que l'on a connu durant la dernière décennie ?

E. Etude des populations piscicoles et astacicoles des rivières

E.1. Etude piscicole des rivières du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire

E.1.1. Protocoles d'échantillonnage

Afin de réaliser un inventaire le plus exhaustif possible, deux protocoles d'échantillonnage distincts, basés sur la pêche à l'électricité, ont été utilisés. Le premier est qualifié de « normalisé », le second « d'adapté ».

Sur chaque cours d'eau étudié, une station a bénéficié de la première méthode. Ces stations pourront éventuellement être considérées par la suite comme site-repère de par la nature normalisée du protocole utilisé.

Ce protocole étant difficile à mettre en œuvre en milieu peu accessible du fait du matériel utilisé, du nombre de personnes et du temps nécessaire à sa réalisation, il n'était pas envisageable de l'appliquer sur un nombre important de stations.

Aussi, un protocole « adapté », plus léger, a été mis en place afin de prospecter un maximum de secteurs et d'obtenir une image représentative des populations piscicoles sur la zone d'étude. Cinq stations ont été échantillonnées par protocole normalisé, 26 par protocole adapté (Carte 9).

E.1.1.1. Pêche complète à l'électricité « normalisée »³¹

Le protocole utilisé est défini par la norme EN 14011 spécifique aux pêches à l'électricité.

Ce choix repose sur la recherche du meilleur compromis entre, d'un côté, les objectifs et de l'autre, les contraintes et obligations. On parle de pêche électrique complète (ou exhaustive) lorsque la totalité de la station est prospectée à pied (à part quelques zones marginales ne représentant pas plus de 5% environ de la station).

L'objectif principal de ces pêches est d'obtenir un échantillon reproductible et suffisamment représentatif des caractéristiques de la station pour évaluer l'état du peuplement (par comparaison à un peuplement de référence) et permettre une analyse comparative spatiale et temporelle à grande échelle.

E.1.1.1.1. Choix des stations et de la période d'intervention

La station, où s'effectue l'échantillonnage, est une sous-unité représentative du tronçon de rivière étudié. Celle-ci doit donc comporter dans une proportion équivalente (en surface) les faciès d'écoulement et les habitats significativement représentés sur le tronçon.

La longueur de station doit être au moins égale à 20 fois la largeur du lit mouillé (pour les cours d'eau dont la largeur du lit mouillé est inférieure à 30 mètres).

Les échantillonnages doivent être effectués en période de basses eaux pour permettre une bonne efficacité de la pêche (conductivité des eaux normale, visibilité suffisante et

³¹ Ce paragraphe est adapté de :

Richard, S. ; Beaudou, D. : *Définition d'un protocole d'échantillonnage stratifié par habitat pour l'échantillonnage des poissons en cours d'eau*. ONEMA DR8 - 2010.

température pas trop basse). Il est préférable de procéder à l'échantillonnage dans la période annuelle où la capture et l'identification des jeunes poissons de l'année des espèces les plus caractéristiques du type de cours d'eau étudié, sont possibles. Afin de limiter les fuites de poisson qui entraîneraient une sous estimation des effectifs, la limite amont de la station doit être délimitée par un obstacle naturel (ex : radier peu profond) ou par un filet barrage.

E.1.1.1.2. Matériel utilisé

Le matériel préconisé pour la réalisation de pêches de « connaissance générale des peuplements de poissons » est constitué d'un groupe électrogène couplé à un dispositif de modification et de réglage du signal électrique. Les caractéristiques techniques de ce type de matériel découlent de l'arrêté ministériel du 2 février 1989 pour l'utilisation des installations de pêche à l'électricité et doivent être conformes à la norme CEI 60335-2-86. Le matériel utilisé est de type « héron » et « martin pêcheur » de la marque « dream électronique ». Les anodes préconisées sont de forme circulaire de diamètre d'environ 35 cm. Les épuisettes doivent être munies d'un filet dont la taille de maille est inférieure ou égale à 5mm. La taille des épuisettes (largeur et forme d'ouverture, longueur de manche) doit être adaptée en fonction des conditions de pêche (vitesse de courant notamment) de façon à garantir la meilleure efficacité de capture possible. Dans le but d'assurer une attractivité efficace sur le poisson sans le blesser, et quelle que soit la stratégie d'échantillonnage, le voltage utilisé doit être réglé en fonction de la conductivité et de la température ainsi que des conditions hydrauliques (vitesse et profondeur).

E.1.1.1.3. Moyens humains

Pour une pêche complète, l'atelier de pêche comprendra de préférence un minimum de 6 personnes (pour un cours d'eau de largeur 3 à 4m) :

- Une personne au groupe électrogène, chargée d'assurer la surveillance des parties balisées et de manœuvrer le bouton d'urgence en cas de besoin.
- Le responsable de l'atelier pêche, préposé à la télécommande, en contact visuel avec les agents qui sont dans l'eau.
- Un porteur d'anode.
- Un ou deux porteurs d'épuisette.
- Un ou deux porteurs de bassine chargés de stocker le poisson avant prise en charge par l'atelier de biométrie.
- Des besoins supplémentaires en personnel sont nécessaires pour le chantier de biométrie (2 personnes à minima) si l'on souhaite mener de front pêche et biométrie, cela permet de réduire le temps d'intervention mais également de limiter le temps de stockage des poissons et, donc, de réduire le stress et les mortalités liées aux conditions et au temps de stockage.

E.1.1.1.4. Mise en œuvre

Une pêche complète consiste à prospecter l'ensemble de la superficie de la station préalablement délimitée, en déplaçant une ou plusieurs électrodes. La prospection est conduite de front de l'aval vers l'amont. Le(s) manipulateur(s) d'anode(s), réparti(s) sur toute la largeur, remonte(nt) le cours d'eau en effectuant de façon régulière un mouvement consistant à poser le cercle de l'anode devant eux puis à le ramener vers les manipulateurs d'épuisettes situés en aval de part et d'autres de l'anode. Les poissons capturés sont identifiés et mesurés (mesures de la longueur totale et éventuellement du poids).

Les poissons (hormis espèces susceptibles de créer des désordres écologiques) sont ensuite relâchés.

Un seul passage est considéré comme un effort suffisant pour évaluer les principales caractéristiques des peuplements. Cependant, deux passages ont systématiquement été réalisés afin d'améliorer la fiabilité des prélèvements.

E.1.1.2. Pêche complète à l'électricité « protocole adapté »

L'objectif de ce protocole d'échantillonnage est d'obtenir un inventaire des espèces présentes le plus exhaustif possible, y compris si celle-ci sont faiblement représentées. Pour cela, un maximum de linéaire du cours d'eau et un maximum de milieux et faciès sont prospectés. Parallèlement, certaines espèces d'intérêt particulier, dont la présence est soupçonnée, sont prioritairement ciblées en prospectant les milieux qui leur sont théoriquement les plus favorables.

Dans cette étude, le caractère représentatif des stations n'a pas été pris en considération dans leurs délimitations. Les stations ont été définies principalement en fonction de leurs capacités d'accueil pour une ou plusieurs espèces. De plus, les longueurs des stations peuvent varier de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres.

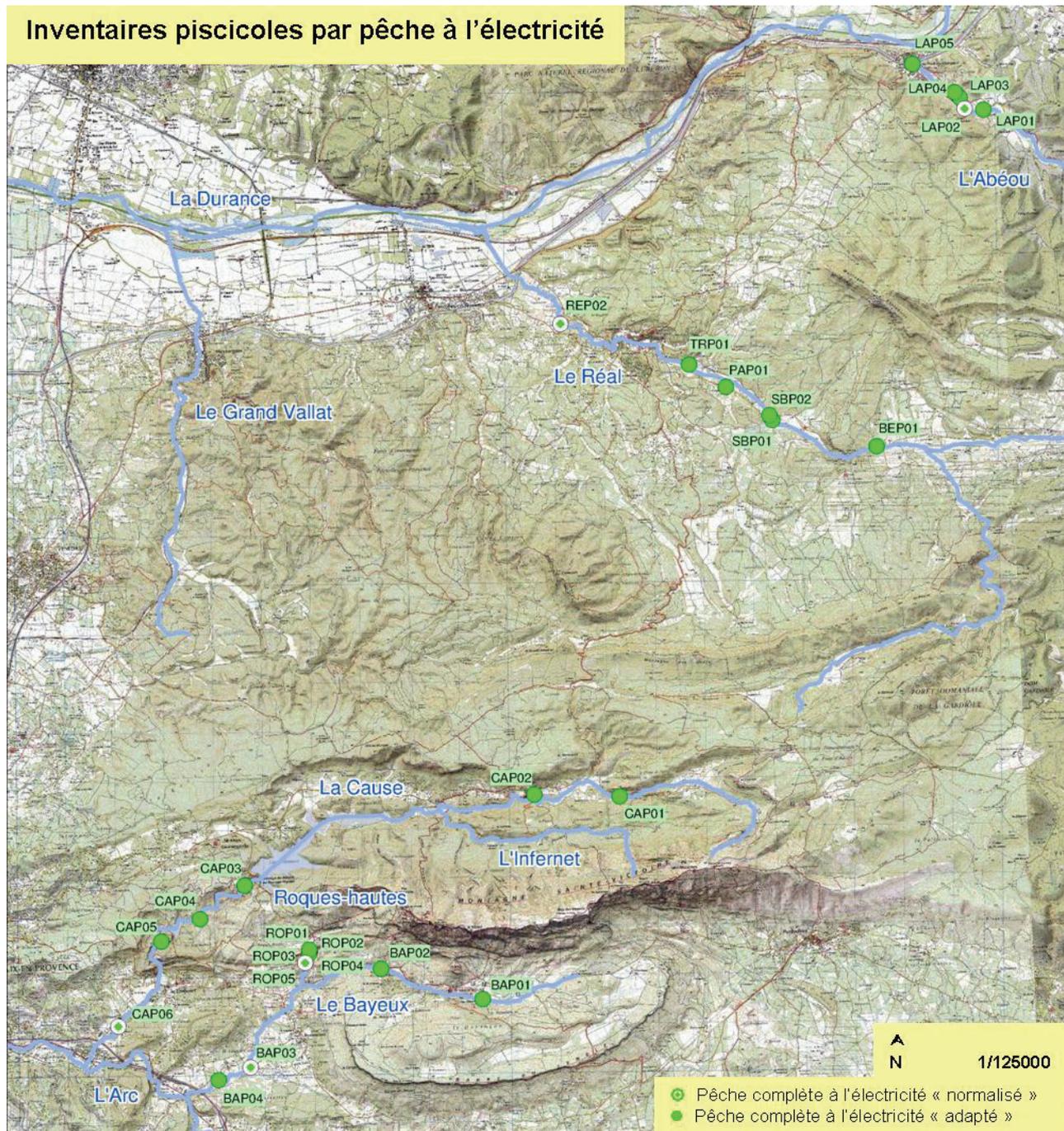
La technique de prélèvement du protocole de pêche complète adapté est similaire au protocole normalisé, si ce n'est qu'un seul passage a été réalisé et que les poissons n'ont pas été pesés. Toutes les prospections adoptant ce protocole de pêche ont été réalisées avec du matériel de pêche électrique portable de type « martin pêcheur ». Ainsi, les opérations nécessitent l'intervention de quatre personnes seulement, et même trois en enregistrant les résultats grâce à un dictaphone. L'équipe intervenant sur ce type de pêche était donc constituée d'un porteur d'anode (« martin pêcheur »), d'un porteur d'épuisette, d'un « biomètre » identifiant et mesurant les poissons grâce à une goulotte graduée (et éventuellement s'enregistrant au dictaphone), et d'un scripte. Les poissons capturés sont immédiatement passés au « biomètre » qui les relâche directement en aval.

Le nombre restreint d'opérateurs et l'encombrement réduit du matériel en comparaison au premier protocole de pêche présenté, a permis de prospecter des secteurs qui n'aurait très certainement pas pu être échantillonnés avec le protocole normalisé. Cependant, cette technique plus légère ne peut être envisagée que sur des rivières de faible largeur.



Photographie 5 : Illustrations des deux protocoles de pêche à l'électricité : à gauche protocole de pêche à l'électricité « normalisé » ; à droite protocole de pêche à l'électricité « adapté ».

Inventaires piscicoles par pêche à l'électricité



Carte 9 : Localisation des stations prospectées pour l'inventaire piscicole par pêche à l'électricité.

E.1.2. Résultats

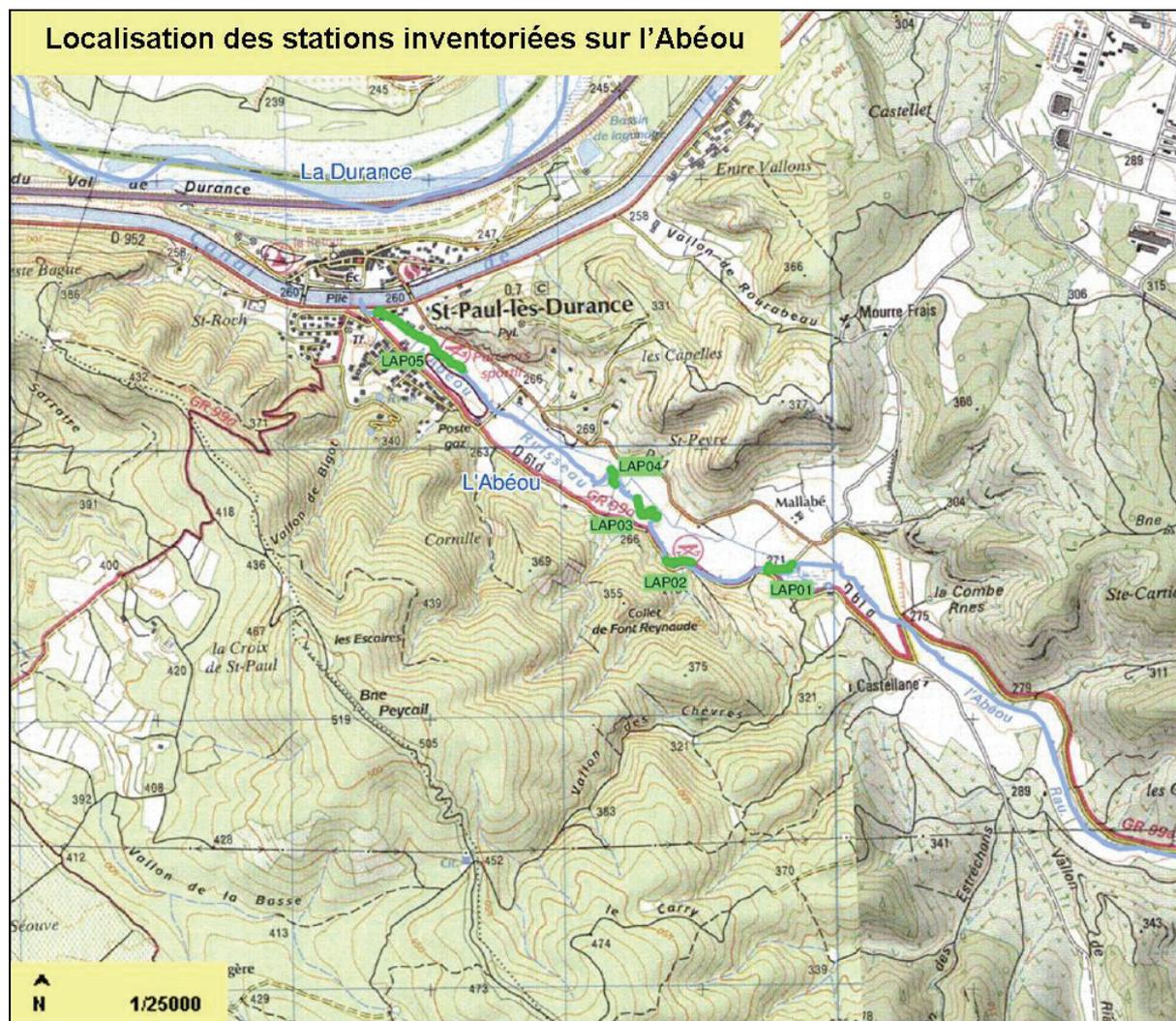
Les densités à l'hectare des espèces recensées figurent en annexe 10. Les densités à l'hectare par classe de taille et par station sont représentées en annexe 11 pour chacune des 16 espèces. Les interprétations de ces données sont réalisées à partir de multiples sources bibliographiques dans ce chapitre^{32, 33}.

E.1.2.1. L'Abéou

Sur la rivière de l'Abéou, seul le secteur en aval du pont romain (pont situé à l'intersection des routes départementales D61d et D11, au niveau du lieu-dit du « Mallabé ») a été étudié (Carte 10). L'écoulement de surface dans le secteur en amont de ce pont n'étant pas permanent, on suppose qu'aucune communauté piscicole viable n'est censée s'y rencontrer. Cinq stations, dont une par protocole normalisé ont été prospectées sur l'Abéou, ce qui représente une longueur d'environ 840 mètres. Le peuplement piscicole est monospécifique à base de truite fario (Tableau 15), seul un gardon a été capturé sur la station la plus aval (LAP05).

³² Bruslé, J. ; Quignard, J.P. : *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris – 2001.

³³ Keith, P. ; Allardi, J. ; Moutou, B. : *Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France*. Collection « Patrimoines naturels », 10, MNHN, CSP, CEMAGREF, Ministère de l'Environnement, Paris – 1992.



Carte 10 : Localisation des stations de prélèvements sur la partie aval de l'Abéou.

Tableau 15 : Récapitulatif des pêches électriques sur l'Abéou.

Code station	Date intervention (a/m/j)	Type d'inventaire	Longueur prospectée (m)	Espèces capturées
LAP01	09/07/21	adapté	117	TRF
LAP02	09/07/17	normalisé	100	TRF
LAP03	09/07/21	adapté	156	TRF
LAP04	09/07/21	adapté	64	TRF
LAP05	09/07/21	adapté	403	TRF/GAR

E.1.2.1.1. *Eléments d'explication*

L'Abéou a subi en 2006 une sécheresse presque totale sur l'intégralité de son linéaire. Afin de préserver les poissons présents, une pêche de sauvetage a été réalisée par la FDAAPPMA13 le 9 octobre 2006. Les poissons récupérés (BLN / CHE / GOU / SPI / TAC / TRF / SDF / VAI) furent pour une partie relâchés dans le Réal de Jouques, et pour l'autre partie, stockés dans un affluent du Verdon situé sur le domaine de la Castellane (St Paul les Durance).

En 2007, avec le retour de conditions d'écoulement permanentes sur l'Abéou, une nouvelle pêche a été réalisée sur le ruisseau d'accueil. Les truites capturées ont été relâchées dans

l'Abéou. Un faible nombre de poissons a cependant été recapturé, une majorité ayant à priori rejoint le Verdon. D'autre part, en avril 2009, la FDAAPPMA13 a lâché des alevins de truite fario dans l'Abéou.

La classe d'âge dominante des populations de toutes les stations de l'Abéou est la classe 0+ (individus n'ayant pas encore atteint leur première année). Ces poissons pêchés proviennent donc vraisemblablement de cet alevinage. Aucune classe d'âge intermédiaire entre les 0+ (alevinage) et celle représentée par les individus repêchés dans le ruisseau de la Castellane n'apparaît dans les résultats. Les poissons plus âgés que 0+ sont donc issus du ruisseau de la Castellane ou bien de déversements surdensitaires réalisés par l'AAPPMA de St Paul les Durance. Le peuplement piscicole de l'Abéou est donc actuellement totalement artificiel.

Les densités sont très variables, entre 176 et 4444 poissons / ha. Cette variabilité étant liée aux faciès d'écoulement : les zones peu profondes sont les plus favorables au développement des truitelles et présentent de fortes densités de truites de l'année, les longs faciès profonds présentent des densités faibles mais des individus plus grands.

E.1.2.1.2. Recommandations de gestion

Deux scénarios peuvent être envisagés :

- Laisser les choses évoluer sans intervention humaine particulière. La reproduction de la truite fario ayant déjà été constatée sur cette rivière lors d'opération de pêche de récupération (présence de truitelles sans opération d'alevinage préalable), les conditions abiotiques semblent favorables au développement des salmonidés. Dans cette optique, une diversification du peuplement est tout de même à espérer, diversification passant par des phénomènes naturels de recolonisation par des espèces typiques de ce type de cours d'eau salmonicole comme le vairon ou le blageon en provenance des milieux aquatiques lotiques voisins. Cependant, une recolonisation par l'aval d'individu provenant des eaux de la Durance est rendue impossible par la présence de deux obstacles infranchissables : une cascade de plusieurs mètres de hauteur au niveau du village de St Paul Lez Durance, et un siphon du canal EDF.

La recolonisation par l'amont est possible via les eaux du Canal de Provence qui possède un déversoir sur l'Abéou entre les villages de St Paul Lez Durance et de Rians. Cependant, une recolonisation par ce biais n'est pas souhaitable : l'Abéou étant un cours d'eau de type salmonicole (niveau typologique 4 à 5) classé en première catégorie piscicole, et le peuplement du canal de Provence étant issu de celui du Verdon de type cyprinicole. Les espèces susceptibles de coloniser l'Abéou via le Canal de Provence ne correspondent donc pas au peuplement « originel » ciblé par les mesures de gestion piscicoles de l'Abéou. De plus, des espèces invasives telles que l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) sont présentes dans les eaux du canal et pourraient donc coloniser l'Abéou lors d'opération de vidange. D'autre part, il semblerait que, lors de ces déversements, les eaux du canal n'atteignent pas le secteur aval de l'Abéou dont l'écoulement superficiel est permanent (Renucci T. communication personnelle). Cette voie de colonisation serait donc infructueuse pour ce qui concerne la communauté piscicole de la partie aval de l'Abéou.

- La recolonisation naturelle semblant difficile pour ne pas dire impossible, des réintroductions artificielles pourraient être envisagées en sélectionnant des espèces « originellement présentes » comme le vairon et le blageon notamment afin de diversifier et stabiliser le peuplement piscicole de la partie aval de l'Abéou.

Dans l'optique des options proposées, empêcher une recolonisation par l'amont via les eaux du canal de Provence, afin, en particulier d'éviter l'introduction de l'écrevisse américaine

pour l'instant non contactée sur le secteur aval, est un enjeu prioritaire de gestion de la biodiversité dans l'Abéou (voir le chapitre consacré aux populations astaciques).

En outre, La reproduction de la truite fario étant avérée sur ce cours d'eau par la présence de juvéniles non issus d'introduction, un inventaire des frayères permettrait d'affiner les connaissances relatives à cette espèce.

E.1.2.2. Le Réal et ses affluents

Deux stations ont été inventoriées sur le cours principal du Réal (Carte 11). La station REP02, en aval du village de Jouques, fait l'objet d'un suivi par l'ONEMA depuis 1988 dans le cadre du Réseau Hydrobiologique et Piscicole. La seconde station se situe à la limite du Var (BEP01).

Les quatre autres stations sont localisées sur des affluents du Réal (Carte 11) : Saint Bachi (SBP01 et SBP02), Palunette (PAP01), Traconade (TRP01).

Tableau 16 : Récapitulatif des pêches électriques sur le Réal et ses affluents.

Code station	Date intervention (a/m/j)	Type d'inventaire	Longueur prospectée (m)	Espèces capturées
BEP01	09/09/23	adapté	255	TRF/BLN
SBP01	09/09/23	complémentaire	46	PFL
SBP02	09/09/23	adapté	16	VAI/PFL
PAP01	09/09/23	adapté	53	/
TRP01	09/09/23	adapté	95	VAI/EPI/LOF/TRF
REP02	10/06/02	normalisé	147	BAF/BLN/CHA/CHE/GAR/GOU/LOF/SPI/TRF/VAI



Carte 11 : Localisation des stations de prélèvements sur le Réal et ses affluents.

E.1.2.2.1. Cours principal du Réal

Au niveau de la station de suivi REP02, la communauté piscicole observée sur le Réal présente une richesse spécifique correcte. Dix espèces sont présentes en 2010, il s'agit de la valeur de richesse la plus importante observée depuis 1988³⁴.

En termes d'effectif, l'espèce dominante est le spirilin (*Alburnoides bipunctatus*), suivi par la truite fario (*Salmo trutta fario*). En termes de biomasse, l'espèce dominante est le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*).

Certaines espèces remarquables ont été échantillonnées dans le Réal au niveau de cette station, comme le blageon (*Leuciscus souffia*), espèce méridionale classée rare au niveau national et régional d'après le « Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France », figurant à l'annexe III de la convention de Berne et à l'annexe II de la Directive Habitat Faune-Flore. Un individu unique de chabot (*Cottus gobio*) a été échantillonné. Cette espèce est inscrite à l'annexe II de la Directive Habitat Faune-Flore.

Les autres espèces piscicoles présentes dans la station REP02 sont le chevesne (*Leuciscus cephalus*), la loche franche (*Barbatula barbatula*), le goujon (*Gobio gobio*), le vairon (*Phoxinus phoxinus*), ainsi que le gardon (*Rutilus rutilus*), espèce peu représentative du Réal mais qui bénéficie dans cette station REP02 de conditions favorables à son développement (mouilles lenticules et profondes).

Depuis 1988, ont également été recensés sur cette station le saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), la truite arc-en-ciel (*Onchorinchus mykiss*) qui sont deux espèces issues de déversements, le hotu (*Chondrostoma nasus*), la tanche (*Tinca tinca*), la perche soleil (*Lepomis gibbosus*) qui est une espèce considérée nuisible en France car susceptible d'engendrer des désordres écologiques, le carassin (*Carassius carassius*), le barbeau méridional (*Barbus meridionalis*) inscrit à l'annexe V de la Directive Habitat Faune-Flore (non rencontré depuis 1998 sur la station REP02). Toutes ces espèces sont présentes en faibles effectifs et irrégulièrement capturées.

La station amont BEP01 est peuplée presque exclusivement de truites fario. Un sondage complémentaire dans la fosse en aval de la limite de la station d'échantillonnage confirme cette dominance : seule cette espèce y a été rencontrée avec un effectif important d'individus adultes.

Les forts effectifs d'individus adultes et la faible représentation des classes d'âge juvéniles est à souligner sur ce secteur. Cette situation peut être liée à une faible capacité biogénique du milieu. En l'absence d'autre proie, la prédation des adultes sur les jeunes peut alors être un facteur important de structuration des peuplements piscicoles.

Le Réal est un cours d'eau régulièrement aleviné en truites fario en amont de Malevieille. La reproduction de l'espèce y a été constatée, mais il est difficile de pondérer la part de truites issues d'une reproduction naturelle et la part issue de repeuplement halieutique. La réussite du recrutement naturel semble cependant aléatoire.

E.1.2.2.2. Cas du chabot, du barbeau méridional et du blageon

Depuis 1999, le chabot est régulièrement capturé sur la station de Malevieille (REP02). Sa présence semble a priori liée à des relâches d'individus issus de pêches de sauvetage réalisées sur le canal des alpines.

Cependant, ces lâchés ont été stoppés depuis 2005. Or, la présence de cette espèce perdure, même si les effectifs restent faibles. La longévité du chabot étant comprise entre 3 à 5 ans, il

³⁴ ONEMA : Inventaire piscicole sur la station 06130018 ruisseau le Réal de Jouques (ou Réal) à Jouques - opération 80010001435 - évolution interannuelle du peuplement. 2010.

est donc envisageable que cette espèce se soit implantée et s'y reproduise. Cette situation mériterait d'être clarifiée par une recherche spécifique.

Depuis 1998, la présence du barbeau méridional n'a pas été constatée dans la station REP02. Les effectifs capturés lors des pêches des années précédentes n'ont jamais été importants. Comme pour le chabot, la présence de cette espèce est probablement liée à des relâches d'individus capturés lors de pêche de sauvetage sur les Encaneaux à Auriol.

Contrairement au chabot, le barbeau méridional ne s'est donc pas implanté par l'intermédiaire de reproduction naturelle. Son hybridation avec le barbeau fluviatile, en particulier, limite ses chances d'implantation durable.

Le blageon a toujours bien été représenté sur le Réal, mais de fortes variations d'effectifs de cette population sont observées d'une année à l'autre : la classe d'abondance fluctuant entre 1 à 4 (classe d'abondance 1 en 2010 par exemple).

E.1.2.2.3. Les affluents du Réal

Globalement, dans les affluents du Réal, la diversité spécifique piscicole peut être qualifiée de nulle à très faible, variant entre 0 à 4 espèces.

Aucun poisson n'a été capturé sur Palunette (PAP01). Sur Traconade (TRP01) et Saint-Bachi (SBP02), le vairon est l'espèce dominante. On note sur Traconade la présence de la loche franche, le fond limoneux lui étant favorable, ainsi que de l'Épinoche (*Gasterosteus aculeatus*). Traconade et St-Bachi sont également colonisés par *Pacifastacus lenisculus*, une écrevisse exogène (se reporter à la partie consacrée aux écrevisses).

D'autre part, malgré des alevinages réguliers en Truites fario sur ces affluents du Réal, sa présence demeure anecdotique. Les rares individus capturés étant de tailles respectables (> 28 cm), leur prédation sur les alevins pourrait être l'une des causes de disparition des juvéniles.

E.1.2.2.4. Conclusion

Si le cours principal du Réal de Jouques dans sa partie médiane possède une diversité spécifique correcte ; cela n'est pas le cas dans sa partie amont, ni dans les affluents. Ces observations pourraient être en lien avec une habitabilité modérée et une productivité assez faible du milieu.

En effet, les substrats du lit sont souvent fortement colmatés soit par des phénomènes d'incrustation calcaire dans le cours principal, soit par des dépôts limoneux dans les affluents. La surdensité de la Truite fario constatée localement certainement liée à des alevinages réguliers peut également être un facteur limitant la présence d'espèces de petite taille ainsi que le bon développement des stades juvéniles.

E.1.2.2.5. Recommandations de gestion

Une gestion d'avantage raisonnée des populations piscicoles et notamment des populations de truite fario devrait être envisagée par les gestionnaires locaux comme l'AAPPMA. Un des objectifs consisterait à favoriser une reproduction naturelle et à limiter les introductions extérieures d'individus (alevinages ou manipulations de sauvetage). Le lit du Réal étant fortement colmaté par les phénomènes d'incrustation calcaire, un décolmatage des substrats, par grattage par exemple, favoriserait la reproduction de la truite, notamment, mais également celle d'autres espèces. Cette mesure est déjà entreprise par l'AAPPMA locale chaque année. Dans un premier temps, des secteurs qui ne feraient pas l'objet d'introduction et qui seraient aménagés en frayère pourraient être définis. Un suivi ultérieur de la reproduction de la truite permettrait d'affiner les mesures de gestion.

Le Chabot étant une espèce relativement rare dans le département, un suivi spécifique ayant pour but de préciser son implantation sur le Réal de Jouques (reproduction ou simple survie des individus introduits) serait intéressant.

Une réhabilitation de la zone humide de Traconade doit être envisagée rapidement, son boisement étant déjà bien avancé.

Les ripisylves, denses et fonctionnelles, sont à préserver afin, en particulier, d'éviter un réchauffement des eaux par l'ensoleillement direct.

E.1.2.3. Le Grand-Vallat

Compte-tenu des conditions abiotiques et du caractère temporaire des écoulements de surface du Grand-Vallat, notamment dans le territoire d'action du Grand Site Ste-Victoire, il n'a pas été réalisé d'inventaire sur ce secteur. En effet, un degré de temporalité des écoulements marqué, comparable à celui observé dans le Grand-Vallat, ne permet pas le maintien annuel de communautés piscicoles.

Cependant, des pêches (de prélèvement notamment) sont régulièrement réalisées sur le Grand-Vallat en aval de l'autoroute. La présence d'un peuplement constitué principalement de poissons rhéophiles (chevesne, barbeau fluviatile, spirilin, goujon, hotu et loche franche), ainsi que quelques espèces d'eau lente faiblement représentées telles que Gardon, Tanche, perche commune (*Perca fluviatilis*) et perche soleil a été mis en évidence par ces pêches. Le brochet (*Esox lucius*) y est parfois rencontré, l'origine de sa présence étant vraisemblablement liée aux étangs des Jonquiers, situés en amont de l'autoroute et communiquant avec le Grand-Vallat.

La capacité d'accueil biologique de ce cours d'eau apparaît fortement limitée, non seulement par son degré de temporalité des écoulements, mais également par une artificialisation importante de son lit, par une présence importante de déchets anthropiques et par des fuites présumées de la station d'épuration de Meyrargues.

E.1.2.4. La Cause

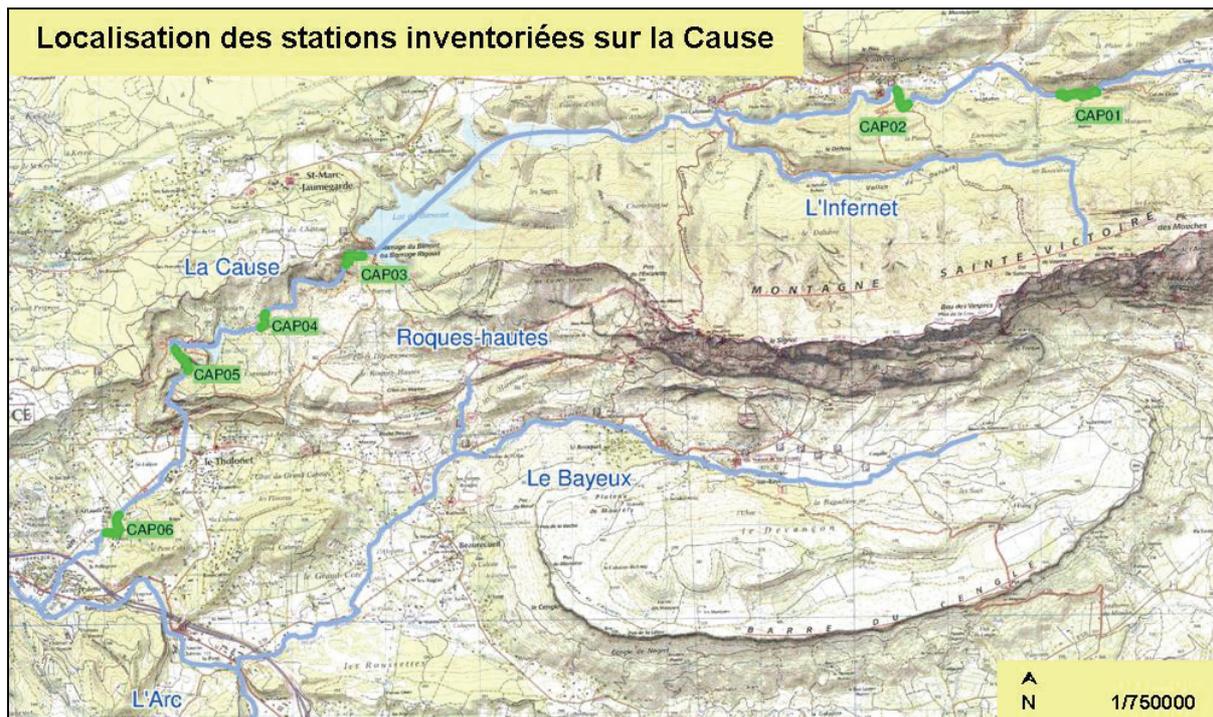
Six stations ont été prospectées (Carte 12).

Trois principaux secteurs se dégagent sur la Cause :

- un secteur en amont du lac de Bimont relativement préservé (CAP01 et CAP02),
- un secteur intermédiaire en aval immédiat des retenues de Bimont et de Zola sur lequel la gestion hydraulique des retenues a un impact relativement fort sur les peuplements piscicoles (CAP03, CAP04 et CAP05),
- un secteur aval plus éloigné des retenues (CAP06).

Tableau 17 : Récapitulatif des pêches électriques sur la Cause.

Code station	Date intervention (a/m/j)	Type d'inventaire	Longueur prospectée (m)	Espèces capturées
CAP01	09/09/15	adapté	485	VAI
CAP02	09/09/15	adapté	283	VAI
CAP03	09/10/14	adapté	261	OCL
CAP04	09/09/10	adapté	261	CHE/PES/PER/TAN/ROT/OCL
CAP05	09/09/09	adapté	174	CHE/ANG/GAR
CAP06	09/09/15	normalisé	337	BLN/CHE/ANG



Carte 12 : Localisation des stations de prélèvements sur la Cause

E.1.2.4.1. Secteur amont

Les peuplements des deux stations prospectées (CAP01 et CAP02) sont constitués uniquement de vairons, espèce polluosensible et exigeante en termes d'oxygène dissous. La densité importante s'explique en partie par le caractère temporaire du cours d'eau, les individus se concentrant dans les mouilles isolées en période d'assec.

Sur la station CAP02, une certaine homogénéité des tailles des individus échantillonnés est constatée. En effet, 64 % des effectifs font partis de la classe 40 mm (individus de 1 à 2 ans), les autres classes de taille étant faiblement représentées (entre 1 et 8 %). La classe de taille 40 mm est également la classe dominante en association avec la classe 60 mm sur la station CAP01.

Un taux de croissance faible ou une réussite aléatoire du cycle biologique du aux conditions abiotiques du milieu, est peut être un élément d'explication de cette structure de population. De nombreuses couleuvres ont été observées lors des pêches, une sélectivité dans la taille des proies pourrait également avoir une influence sur la taille des Vairons présents.

E.1.2.4.2. Secteur intermédiaire

Ce secteur est directement impacté par la gestion hydrologique des retenues de Bimont et de Zola. Les stations CAP03 et CAP05, situées en aval proche des retenues, montrent des peuplements piscicoles inexistantes ou très pauvres. Dans la station CAP03, en aval de la retenue de Bimont, aucun poisson n'a été capturé, seule une écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) a été aperçue. Quelques poissons (chevesne) ont pu être observés dans une vasque en aval de la station d'inventaire.

La station CAP04, situé entre les retenues de Bimont et de Zola, présente une diversité spécifique plus élevée avec six espèces présentes, dont deux considérées comme nuisibles (perche soleil et Ecrevisse américaine). L'espèce dominante est le chevesne (51 % des effectifs) suivie par la perche soleil (38 % des effectifs). En proportion bien moindre on

trouve également la perche commune (7 % des effectifs), la tanche (3 % des effectifs) et le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) (1 % des effectifs).

La station CAP05, en aval de la retenue de Zola, possède un peuplement constitué presque exclusivement de chevesne, espèce ubiquiste très peu exigeante en termes de qualité physique du milieu. Deux gardons et une perche soleil ont également été capturés, ainsi qu'une anguille (*Anguilla anguilla*), dont la présence dans ce secteur reste difficilement explicable³⁵. La présence de cette anguille apparaît singulière, car en aval de cette station se trouvent deux cascades dont la cascade de la Petite Mer au niveau du Tholonet, rendant impossible la remontée des individus en provenance de l'Arc. L'origine de cet individu pourrait être une dérive d'individus en provenance des eaux du Canal de Provence, démontrant alors les possibilités d'introduction d'espèces via ce canal, ou bien cet individu pourrait provenir d'anciennes populations présentes dans ce secteur avant les années 2000 (communication personnelle). Seules des analyses génétiques de ces populations permettraient de statuer sur l'origine des anguilles dans ce secteur.

Dans le secteur intermédiaire de la Cause, les peuplements observés sont donc très largement dominés par des espèces ubiquistes, peu exigeantes pour la qualité des milieux et relativement résistantes aux diverses perturbations physiques.

La structure en taille de la population de chevesne, bien que présentant un profil classique, comporte cependant des vides notamment, pour la classe de taille 60 / 70 mm. La population de perche est dominée pour 87 % des effectifs, d'individus de moins de 13cm correspondants aux classes d'âge 0+ à 2+.

En résumé, la communauté piscicole de ce secteur apparaît pauvre et déséquilibrée. Ces observations peuvent être mises en relation avec le régime hydrologique artificiel en aval des retenues de Bimont et de Zola. Cette artificialisation hydrologique conduit à une stabilité temporelle des débits et à l'effacement des événements hydrologiques extrêmes comme les crues et les assecs. Les seuls événements particuliers dans ce contexte sont les phénomènes de « chasse » effectués lors d'opérations annuelles de maintenance des retenues.

E.1.2.4.3. Secteur aval

Le peuplement piscicole de ce secteur de la Cause présente également une faible diversité spécifique avec seulement trois espèces rencontrées, peuplement dominé pour 93 % des effectifs par le blageon. Quelques chevesnes (6 % des effectifs) et une anguille ont également été capturés. La présence d'anguille dans ce secteur est d'avantage interprétable que sur la station CAP05 : elles pourraient provenir de la rivière de l'Arc dont la confluence est proche, cette rivière étant cependant jalonnée d'obstacles plus ou moins difficilement franchissables.

Contrairement au secteur intermédiaire, l'espèce dominante n'est pas une espèce ubiquiste et peu exigeante, tel que le chevesne dont la présence est ici accessoire, mais une espèce à valeur patrimoniale : le blageon. Le blageon ne semble pas trop affectée par la dégradation de la qualité des eaux³⁶, par contre, sa ponte est vulnérable à toute perturbation physique du lit des cours d'eau et en particulier au colmatage des substrats par les sédiments. Ce secteur étant dépendant de la gestion des retenues en amont, les impacts du régime hydrologique artificialisé sont toujours présents. Bien que l'influence de ces modes de gestion semble minimisée dans cette station en comparaison aux situations des stations amonts CAP03,

³⁵ Une dizaine d'anguilles avaient été pêchées en aval de la « petite mer » au milieu des années 80 par le Cemagref à l'occasion d'une pêche de récupération de carpes chinoises échappées du canal d'amenée d'eau au château de la SCP. Certaines avaient consommé des écrevisses à patte blanches (qui étaient encore abondantes dans ce canal à l'époque).

³⁶ Changeux, T ; Pont, D. : *Current status of the riverine fishes of the French Mediterranean basin*. Biological Conservation – 1995.

CAP04 et CAP05 (peuplements plus diversifiés), un manque est tout de même constaté dans les classes de taille comprises entre 40 et 80 mm, reflétant l'existence d'une perturbation d'origine inconnue (régime hydrologique artificiel ou autre) subie par cette population de blageon.

E.1.2.4.4. Recommandations de gestion

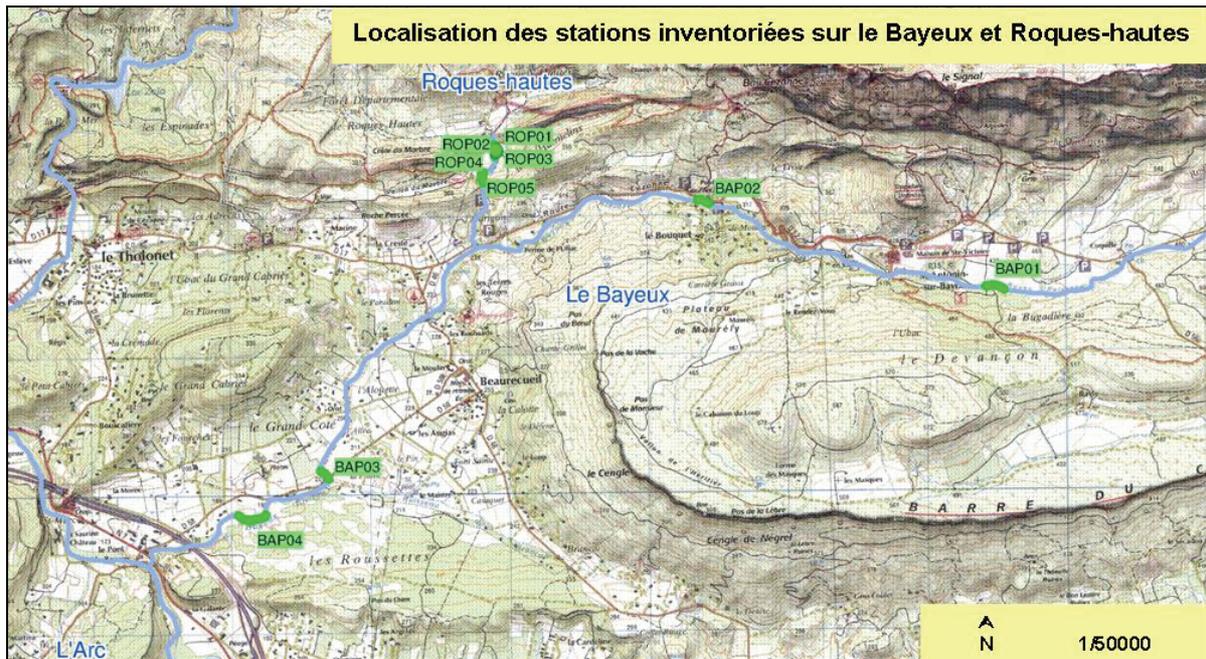
Sur le secteur en amont des retenues de Bimont et de Zola, nous recommandons de préserver les milieux existants et de résoudre certains problèmes d'incivisme comme les coupes rases de la ripisylve, ou la présence de débris éparses et de décharges sauvages.

Sur les secteurs intermédiaire et aval, une concertation avec la Société du Canal de Provence devrait être engagée afin de tenter de redéfinir le régime hydrologique artificiel (fréquence et intensité des lâchers d'eau) de cette partie de la Cause : des lâchers d'eau plus fréquents permettraient notamment de diminuer l'accumulation de matières organiques dans le lit de la rivière ce qui minimiserait le colmatage du lit. Dans le but de préserver les compartiments biologiques aquatiques, le régime artificialisé doit être calqué sur le régime hydrologique naturel de la Cause (période de hautes eaux durant l'hiver avec crues, étiage estival avec assecs).

E.1.2.5. Le Bayeux et son affluent : le ruisseau de Roques-Hautes

Tableau 18 : Récapitulatif des pêches électriques sur Bayeux et Roques-Hautes.

Code station	Date intervention (a/m/j)	Type d'inventaire	Longueur prospectée (m)	Espèces capturées
BAP01	09/09/07	adapté	145	/
BAP02	09/09/07	adapté	89	BLN
BAP03	09/10/07	normalisé	84	VAI/LOF
BAP04	09/09/07	adapté	225	VAI/LOF/BLN
ROP01	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP02	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP03	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP04	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP05	09/09/22	normalisé	85	APP



Carte 13 : Localisation des stations de prélèvements sur le Bayeux et le ruisseau de Roques-Hautes.

La diversité spécifique observée dans le Bayeux est très faible. Sur l'ensemble des stations, de une à trois espèces de poissons ont été échantillonnées (Tableau 18). Selon la station d'étude considérée, une espèce domine fortement les peuplements : le blageon est l'unique espèce capturée sur la station BAP02 avec une densité très importante de 12000 individus par hectare (phénomène de concentration dans les mouilles restantes en eau), les captures de vairon sur la station BAP03 représentent 95 % des effectifs, et 77 % des effectifs sur la station BAP04. Une seule autre espèce a été capturée dans les stations du Bayeux : la loche franche présente dans les stations BAP03 et BAP04 en faible effectif. Le blageon a également été capturé sur la station aval (BAP04) mais là encore en faible effectif. Sur la station amont (BAP01) aucun poisson n'a été capturé.

En ce qui concerne le ruisseau de Roques-Hautes, aucun poisson n'y a été capturé. Cependant, un inventaire réalisé par l'ONEMA en 2000³⁷ indiquait la présence de truites fario, cette espèce semblait réaliser l'ensemble de son cycle biologique. L'origine de cette population était issue d'introductions. Les derniers inventaires montrent que cette population a disparu. Une hypothèse pouvant expliquer cette disparition repose sur un assèchement présumé du ruisseau de Roques-Hautes durant l'été 2008. Cette hypothèse se base sur la pauvreté de la faune benthique échantillonnée en octobre 2008 par l'UR Hydrobiologie du Cemagref. En effet, un suivi pluriannuel effectué entre 2003 et 2009 sur ce cours d'eau montre que la richesse moyenne de la faune benthique est relativement élevée en présence d'écoulement de surface (43 taxons en moyenne observés sur 25 campagnes). Or, en octobre 2008, la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthique n'était seulement que de 9 taxons, tous ces taxons étant relativement résistants aux phénomènes d'assèchement du lit. Un assèchement de ce cours d'eau avant octobre 2008 est alors vraisemblable. Le ruisseau de Roques-Hautes étant très certainement alimenté en eau par des fuites de la retenue de Bimont via le système karstique local (voir le chapitre D. Etude des populations d'insectes aquatiques des rivières), une opération de vidange de cette retenue aurait pu entraîner le tarissement du ruisseau de Roques-Hautes, fatal pour la survie de la population de truite fario observée en 2000.

³⁷ Ratineau, L. ; Theate, P. : *Etude piscicole. Le Fauge, Le ruisseau de Roques-Hautes, Le Grand Torrent*. CSP BD13 – CSP DR8 – 2001.

Il est cependant surprenant d'observer qu'une population d'écrevisse à pattes blanches, seule espèce capturée dans ce cours d'eau, soit toujours présente malgré une sensibilité extrême à toute perturbation de son milieu. La persistance de mouilles en eau ou d'une humidité élevée du lit durant cet épisode d'assec aurait pu permettre à certaines écrevisses de se maintenir, la recolonisation de ce ruisseau aurait alors eu lieu après la reprise des écoulements de surface.

E.1.2.5.1. Recommandations de gestion

En ce qui concerne les communautés piscicoles du Bayeux, peu de préconisations de gestion peuvent être avancées. Le caractère temporaire des écoulements de surface du Bayeux ne permettra pas le maintien de peuplements piscicoles riches et équilibrés. Compte tenu des conditions abiotiques, la situation actuelle du peuplement piscicole semble optimale.

Il conviendra cependant de préserver la ripisylve sur l'ensemble du Bayeux, voire de la réhabiliter en particulier entre Roques-Hautes et le pont de l'anchois, cette ripisylve jouant un rôle important pour limiter l'échauffement des eaux.

E.1.3. Conclusions de l'étude piscicole des rivières

Au regard des inventaires piscicoles des cours d'eau présents sur le territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire, les peuplements de ces rivières, à l'exception de la partie aval du Réal, ne présentent pas une grande diversité spécifique.

Cependant, ces communautés sont typiques des zones apicales des cours d'eau : peu d'espèces y sont présentes, mais ces espèces sont relativement exigeantes en terme de qualité du milieu et de qualité d'eau.

La viabilité des populations présentes, et notamment des populations d'espèces d'intérêt particulier comme le blageon, ne semble pas compromise.

La présence sporadique de l'anguille et du barbeau méridional ne soulève pas d'enjeu de gestion particulier. Par contre, la dynamique des populations de Chabot sur le Réal serait à étudier, l'espèce ayant un fort caractère patrimonial.

Globalement, les peuplements piscicoles semblent être en bon état, même si on peut constater des classes de taille manquantes sur certaines stations ; les conditions naturelles très contraignantes (assecs fréquents, faible habitabilité...) n'y étant sans doute pas étrangères.

Les mesures de gestion à mettre en place reposeront dans la majorité des cas sur la préservation des milieux aquatiques et rivulaires existants.

E.2. Etude astacicole des rivières du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire

E.2.1. Contexte et objectifs de l'étude

L'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*), seule espèce indigène présente dans le département des Bouches du Rhône, figure à l'annexe 3 de la convention de Berne, aux annexes 2 et 5 de la Directive habitat et est susceptible de bénéficier de mesures de protection prises dans le cadre d'un arrêté de biotope.

Certains des cours d'eau du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire sont les seuls sites des Bouches du Rhône où la présence d'écrevisse à pattes blanches est avérée. Seulement deux populations sont actuellement connues. La régression de cette espèce est un phénomène observé au niveau national que l'on constate également sur le périmètre étudié.

Les principaux objectifs de cet inventaire sont donc de définir le statut des populations d'*Austropotamobius pallipes* en place, ainsi que de déterminer la présence potentielle d'espèces exogènes, présence incompatible avec celle de l'espèce endémique.

En effet, outre leurs maturités précoces, leurs plasticités environnementales et leurs capacités de colonisation importantes aboutissant à une forte compétition avec l'écrevisse à pattes blanches, les espèces allochtones sont également porteuses saines du pathogène dénommé « peste de l'écrevisse » (*Aphanomycose*). *Austropotamobius pallipes* n'étant pas immunisée contre cette maladie, celle-ci a décimé ses populations, laissant la place aux espèces invasives et empêchant son retour³⁸.

E.2.2. Protocoles d'échantillonnage

Dans ce chapitre, de nombreux éléments de réflexion générale sont tirés de références bibliographiques³⁹.

L'écrevisse à pattes blanches est une espèce dont l'activité est nocturne. Durant la journée, les individus restent cachés et sont donc difficiles à observer.

Aucune méthode de prélèvement ne permettant l'assurance d'un échantillonnage fiable de ces espèces, trois protocoles ont été appliqués. Le premier a été réalisé lors des pêches à l'électricité destinées aux inventaires piscicoles. Complémentairement, des pièges ont été posés et des prospections nocturnes ont été entreprises sur l'ensemble des cours d'eau du périmètre (sauf sur le Grand-Vallat).

Des opérations de « capture, marquage, recapture » ont également été mises en œuvre sur les stations où la présence d'*Austropotamobius pallipes* était avérée.

E.2.2.1. La pêche à l'électricité

Pour ce protocole, se reporter à la méthodologie présentée pour les inventaires piscicoles (E.1.1.1. Pêche complète à l'électricité « normalisée » et E.1.1.2. Pêche complète à

³⁸ Bellanger, J. : *Bilan du niveau des connaissances acquises jusqu'en 2007 en Rhône-Alpes sur les écrevisses autochtones et leur biotope - Propositions pour une harmonisation des connaissances*. Comité des Fédérations de Pêche Rhône-Alpes, avril 2008.

³⁹ Bellanger, J. : *Cahier des charges standard pour l'étude méthodologique des populations d'écrevisses autochtones en Rhône-Alpes - Diagnostic du milieu et des populations d'écrevisses à pieds blancs - Recherche du déterminisme de répartition et des causes de régression*. Comité des Fédérations de Pêche Rhône-Alpes - mars 2007.

l'électricité « protocole adapté »). Les localisations des stations de pêches à l'électricité sont les mêmes que celles des stations de l'étude piscicole (Carte 9).

La pêche à l'électricité peut permettre de capturer des écrevisses ; cependant, son efficacité sur ces espèces est limitée. L'animal réagit peu ou d'une manière inattendue (tendance à s'éloigner de l'anode à l'inverse du comportement des poissons). Par exemple, sur la station située à l'amont du Bayeux (BAP01) et sur laquelle la présence d'*Austropotamobius pallipes* était avérée, aucune écrevisse n'a pu être capturée par cette technique, malgré une forte densité de l'espèce. De même, dans le ruisseau de Roques-Hautes, un faible nombre d'individus a été capturé.

Tableau 19 : Récapitulatif des pêches électriques sur l'ensemble du site.

Code station	Date intervention (a/m/j)	Type d'inventaire	Longueur prospectée (m)	Espèces capturées
LAP01	09/07/21	adapté	117	/
LAP02	09/07/17	normalisé	100	/
LAP03	09/07/21	adapté	156	/
LAP04	09/07/21	adapté	64	/
LAP05	09/07/21	adapté	403	/
BEP01	09/09/23	adapté	255	/
SBP01	09/09/23	complémentaire	46	PFL
SBP02	09/09/23	adapté	16	PFL
PAP01	09/09/23	adapté	53	/
TRP01	09/09/23	adapté	95	/
REP02	10/06/02	normalisé	147	/
Grand Vallat	divers	divers	divers	OCL
CAP01	09/09/15	adapté	485	/
CAP02	09/09/15	adapté	283	/
CAP03	09/10/14	adapté	261	OCL
CAP04	09/09/10	adapté	261	OCL
CAP05	09/09/09	adapté	174	/
CAP06	09/09/15	normalisé	337	/
BAP01	09/09/07	adapté	145	/
BAP02	09/09/07	adapté	89	/
BAP03	09/10/07	normalisé	84	/
BAP04	09/09/07	adapté	225	/
ROP01	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP02	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP03	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP04	09/09/22	complémentaire	<10	/
ROP05	09/09/22	normalisé	85	APP

E.2.2.2. Le piégeage

Cette méthode a été utilisée en complément sur les sites où aucune écrevisse n'a été capturée par pêche à l'électricité (Carte 14). Le piège est constitué d'un fagot de bois appâté avec du

foie de porc (diffusion odorifique importante) immergé dans le lit de la rivière (Photographie 6).

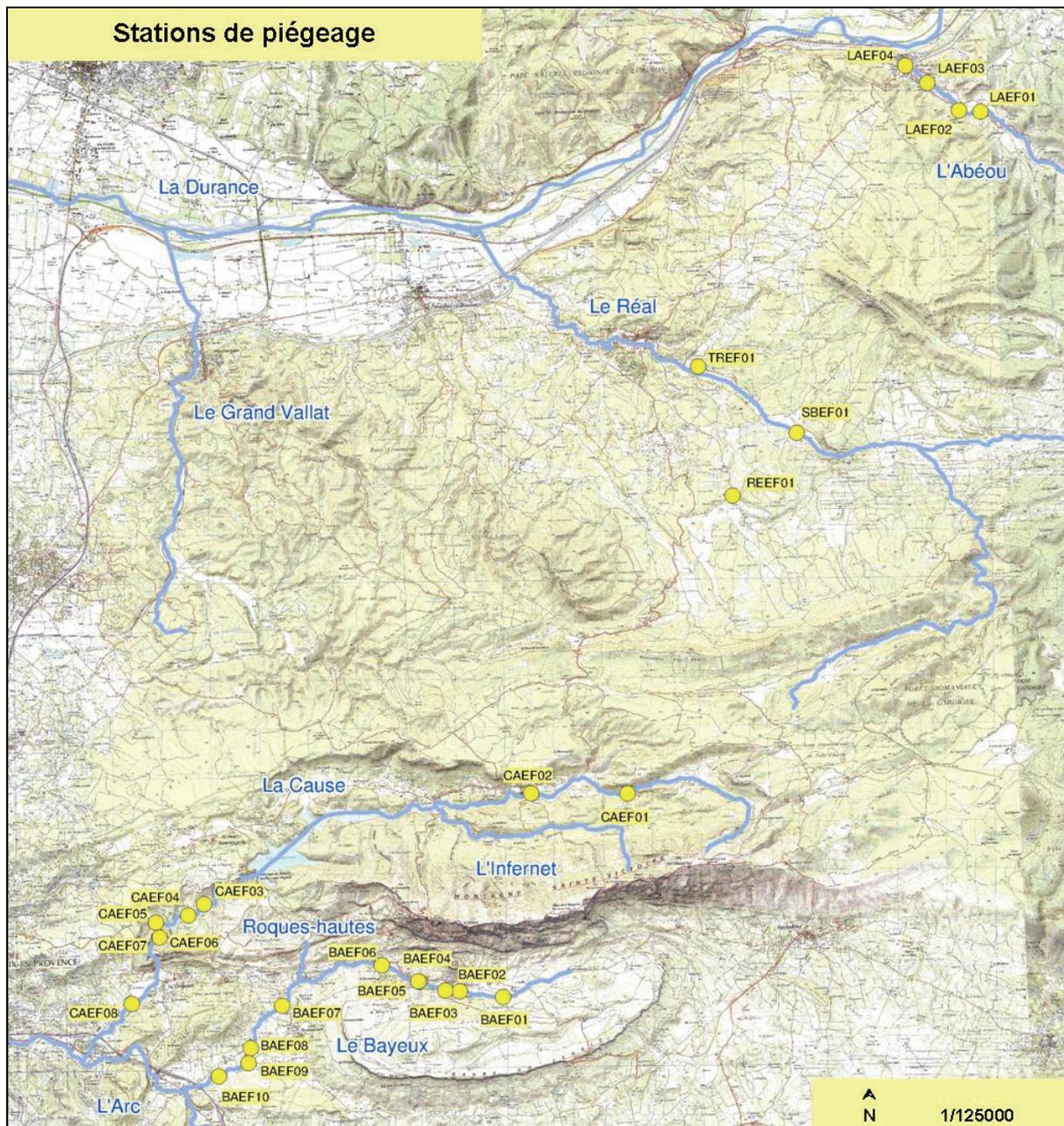
Les fagots sont placés pour une nuit et sont récupérés le lendemain de leur pose, on vérifie alors la présence d'écrevisse ou d'éventuelles traces de consommation de l'appât. Cette méthode de pêche, aujourd'hui interdite pour les particuliers, permet de capturer les écrevisses venues se nourrir et restant dans le fagot pour s'y abriter.



Photographie 6 : Exemple de pose d'un piège à écrevisse.

Tableau 20 : Récapitulatif des stations de piégeage

Code station	Date intervention (a/m/j)	Temps d'immersion	Espèces capturées
LAEF01	09/09/24	16H40	/
LAEF02	09/09/24	16H40	/
LAEF03	09/09/24	16H40	/
LAEF04	09/09/24	16H40	/
SBEF01	09/09/24	16H15	/
TREF01	09/09/24	16H15	PFL
REEF01	09/09/24	16H15	/
CAEF01	09/09/16	25H45	/
CAEF02	09/09/16	23H45	/
CAEF03	09/09/10	23H00	/
CAEF04	09/09/10	21H30	/
CAEF05	09/09/10	21H45	/
CAEF06	09/09/10	21H25	/
CAEF07	09/09/10	21H20	/
CAEF08	09/09/16	23H00	/
BAEF01	09/09/08	14H45	/
BAEF02	09/09/08	15H25	/
BAEF03	09/09/08	13H45	/
BAEF04	09/09/08	17H25	/
BAEF05	09/09/08	17H25	/
BAEF06	09/09/08	18H25	/
BAEF07	09/09/08	15H15	/
BAEF08	09/09/08	22H45	/
BAEF09	09/09/08	23H30	/
BAEF10	09/09/08	26H30	/



Carte 14 : Localisation des stations de piégeage des écrevisses.

E.2.2.3. Les prospections nocturnes⁴⁰

Des campagnes de prospections nocturnes ont été réalisées sur les rivières étudiées où aucune écrevisse n'avait été capturée par les autres techniques mises en œuvre (Carte 15). Ces campagnes avaient pour objectifs, soit de confirmer la présence d'*Austropotamobius pallipes* sur les sites où celle-ci était identifiée, soit de déterminer sa présence ou la présence d'écrevisses allochtones. Les espèces indigènes et exogènes ne cohabitent théoriquement pas, la présence de ces dernières démontre l'absence d'écrevisses à pattes blanches sur un site donné.

⁴⁰ Holdich, D.: *Ecology of the White-clawed Crayfish*. Conserving - Natura 2000 Rivers Ecology - Series No. 1. English Nature, Peterborough – 2003.

L'écrevisse à pattes blanches ayant une activité nocturne, les prospections se font donc de nuit, d'aval en amont, à l'aide de puissantes lampes. Les prospections doivent, se faire en période de basses eaux, la visibilité du fond étant un facteur de réussite déterminant de l'opération, et en période estivale durant laquelle l'activité d'*Austropotamobius pallipes* est maximale.

Dans la mesure du possible, la prospection se fait depuis la berge afin de limiter le piétinement du fond, et donc de diminuer le risque de contamination ou d'écrasement des individus. Cependant dans les cours d'eau étudiés, la visibilité depuis la berge étant limitée, dans la plupart des cas, la prospection a donc été réalisée depuis le lit du cours d'eau. Afin d'empêcher que ces opérations participent à la dissémination de germes pathogènes et plus particulièrement de la peste de l'écrevisse, une attention particulière a été donnée à la désinfection du matériel lors des déplacements d'une station à une autre.

Les linéaires prospectés sont suffisamment nombreux, long et variés pour être représentatifs. Ce protocole ne permet pas de quantifier les effectifs présents, il est uniquement qualitatif.

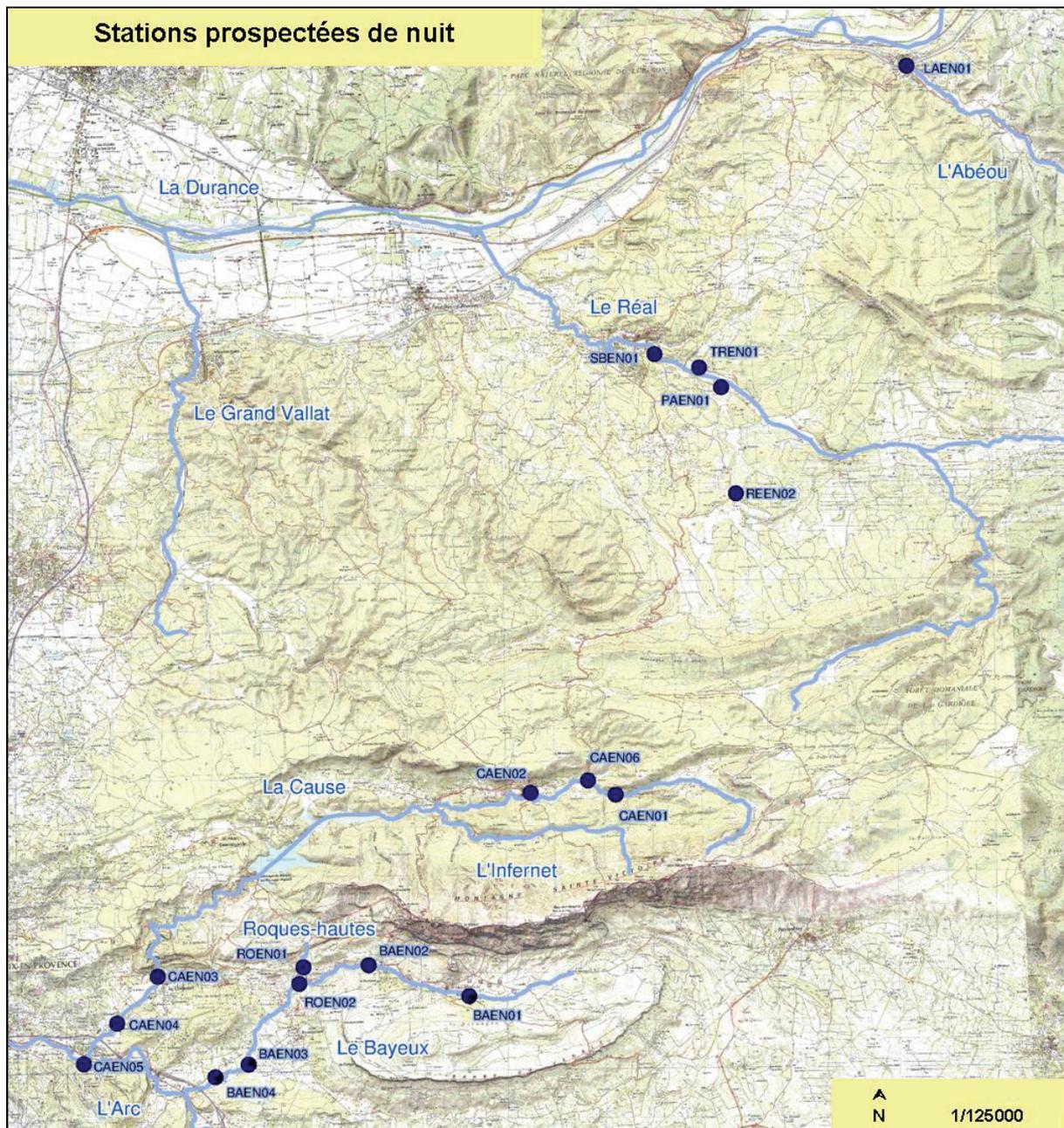
La prospection s'interrompt à la découverte d'un individu. S'il s'agissait d'une écrevisse exogène, on considère l'absence d'*Austropotamobius pallipes*. S'il s'agissait d'une écrevisse à pattes blanches une opération de « capture/ marquage/ recapture » était entreprise.



Photographie 7 : Prospection nocturne sur le Bayeux.

Tableau 21 : Récapitulatifs de stations prospectées de nuit.

Code station	Date intervention (a/m/j)	Longueur prospectée (m)	Espèces capturées
LAEN01	10/07/01	2171	/
PAEN01	09/04/21	53	/
TREN01	09/04/21	138	/
SBEN01	09/04/21	235	/
REEN02	09/04/21	211	/
CAEN01	09/09/21	485	/
CAEN06	10/07/15	5	OCL
CAEN02	09/09/21	283	/
CAEN03	09/09/20	350	/
CAEN04	09/09/20	459	OCL
CAEN05	09/09/20	287	/
BAEN01	09/04/20	627	APP
BAEN02	09/10/29	378	/
BAEN03	09/10/29	271	/
BAEN04	09/10/29	363	/
ROEN01	09/04/20	506	APP
ROEN02	09/07/22	530	APP



Carte 15 : Localisation des stations prospectées de nuit.

E.2.2.4. Méthode utilisée lors des opérations de “capture-marquage-recapture”⁴¹

L'étude quantitative permet d'estimer la taille de la population étudiée en appliquant les résultats obtenus sur la station au linéaire colonisé. L'approche de la dynamique des populations est susceptible de mettre en évidence une perturbation éventuelle par l'absence ou la sous-représentation de certaines classes de taille.

Deux prospections sont conduites, espacées de 48 heures. Chacune d'entre elles fait l'objet au minimum de deux passages, ou trois lorsque les effectifs capturés au second passage sont élevés (équivalents au premier).

⁴¹ NEY, A.: *Etude des populations d'écrevisses à pattes blanches (Austropotamobius pallipes) et faisabilité de réintroduction de l'espèce dans le département des Bouches du Rhône*. FDAAPMA13 – 2010.

Pour le marquage, les individus ciblés doivent présenter une taille supérieure à 20 mm (communication personnelle de E. Vigneux) et ne doivent pas avoir mué récemment (carapace rigide). Tous les individus rencontrés correspondant à ces critères sont prélevés et marqués. Ils subissent également une biométrie individuelle. Les paramètres renseignés sont le sexe, la taille et le poids. Les individus sont replacés dans le milieu à proximité de la zone où ils ont été capturés. Durant la seconde nuit, les individus capturés et déjà marqués sont comptabilisés, tandis que les autres sont sexés, mesurés et pesés à leurs tours (Photographie 8).

Cette étude est réalisée sur une station représentative du cours d'eau, de 10 à 20 fois la largeur du cours d'eau, avec un minimum de 60 mètres. Il est préconisé de rechercher des seuils difficilement franchissables pour matérialiser les limites amont et aval de la station et éviter les départs ou arrivées d'écrevisses dans la zone pendant le déroulement de l'étude. La prospection a lieu d'aval en amont.

Les individus sont marqués sur le céphalothorax à l'aide de vernis coloré, résistant à l'eau et séchant rapidement. Ce marquage est préféré à la technique d'ablation d'une partie de l'uropode, car il est moins traumatisant et les risques d'infection sont inexistantes.

Les données acquises sur le terrain permettent d'évaluer l'effectif total de la population, selon la formule de Petersen :

$$\frac{mt}{NT} = \frac{rm}{Rt} \quad \text{D'où} \quad NT = \frac{mt \times Rt}{rm}$$

$$Ecart - type = \frac{NT^2 \times [(NT - mt) \times (NT - Rt)]}{mt \times Rt \times (NT - mt)}$$

NT : effectif total de la population ;

mt : nombre d'individus marqués au premier passage ; Rt : nombre d'individus capturés au deuxième passage ;

rm : nombre d'individus marqués et capturés au second passage.

Quatre conditions doivent être remplies pour que la méthode soit valide :

- La population doit être stationnaire ;
- La probabilité de capture doit rester invariante quel que soit l'individu ;
- La recapture doit être un échantillon aléatoire ;
- Le marquage ne doit ni disparaître ni impacter la probabilité de capture.
- Une table de classes d'abondance théorique a été établie (Tableau 22) pour l'écrevisse à pattes blanches et permet de dresser un bilan des effectifs.

Tableau 22 : Correspondance entre les classes d'abondance et la densité d'individu à l'hectare⁴².

Classe d'abondance	Densité (individus / ha)
1	0 – 4 000
2	4 000 – 7 000
3	7 000 – 14 000
4	14 000 – 28 000
5	> 28 000



Photographie 8 : Illustration d'un atelier durant une opération de capture-marquage-recapture (photo de gauche) et d'écrevisses marquées avant relâche (photo de droite).

⁴² Bellanger, J. : *Cahier des charges standard pour l'étude méthodologique des populations d'écrevisses autochtones en Rhône-Alpes, Diagnostic du milieu et des populations d'écrevisses à pieds blancs, Recherche du déterminisme de répartition et des causes de régression*. Comite des Fédérations de Pêche Rhône-Alpes – Mars 2007.

E.2.3. Résultats

Aucune des méthodes utilisées ne peut être considérée infaillible, même si la prospection nocturne semble la plus efficace. La complémentarité des protocoles employés permet néanmoins d'obtenir une vision d'ensemble représentative du site (Tableau 23 et Carte 16). Il est également important de souligner le fait que l'absence de contact d'écrevisses ne doit pas être interprétée comme leur absence du site, et, que la présence d'écrevisses allochtones est considérée incompatible avec la présence de l'écrevisse à pattes blanches.

Tableau 23 : Récapitulatif des contacts d'écrevisses sur les cours d'eau du territoire d'action du GSSV.

Bassin	Station	Date	Méthode	Espèce contactée
L'Abéou	/	/	/	/
Réal	TREF01	09/09/24	piégeage	PFL
	SBP01	09/09/23	Pêche électrique	PFL
	SBP02	09/09/23	Pêche électrique	PFL
Grand Vallat	divers	divers	Pêche électrique	OCL
Cause	CAP03	09/10/14	Pêche électrique	OCL
	CAP04	09/09/10	Pêche électrique	OCL
	CAEN06	10/07/15	Prospection nocturne	OCL
	CAEN04	09/09/20	Prospection nocturne	OCL
Bayeux	BAEN01	09/04/20	Prospection nocturne	APP
Roques-Hautes	ROP05	09/09/22	Pêche électrique	APP
	ROEN01	09/04/20	Prospection nocturne	APP
	ROEN02	09/07/22	Prospection nocturne	APP

L'ensemble des cours d'eau étudiés a été, par le passé, occupé par *Austropotamobius pallipes*. Aujourd'hui, excepté l'Abéou, dans lequel aucune espèce n'a été contactée, tous les cours d'eau du site sont colonisés par des écrevisses.

Cependant, seul le sous bassin-versant du Bajeux (Bajeux et Roques-Hautes) est colonisé par l'écrevisse autochtone (*Austropotamobius pallipes*). Le sous bassin-versant de la Cause est colonisé dans son ensemble par l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*), tout comme le Grand-Vallat. Le Réal et ses affluents abritent quand à eux l'écrevisse signal (*Pacifastacus lenisculus*).

Au moment de l'inventaire, l'aire de distribution de l'écrevisse signal dans le sous bassin-versant du Réal semblait limitée à la partie amont du cours d'eau. Cependant, en absence d'intervention, une colonisation de l'ensemble du bassin puis de la Durance est envisageable à court terme. Cette présence semble récente, les premières mentions de l'espèce dans le Réal datant de moins de 5 ans. L'aire de distribution de *Pacifastacus lenisculus*, espèce d'écrevisse particulièrement invasive et concurrente des espèces indigènes⁴³, est en expansion dans le territoire national⁴⁴.

Notons que la Durance et l'Arc, qui ne font pas partie intégrante du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire, mais qui sont en communication avec plusieurs cours d'eau de ce territoire, sont également colonisés par l'écrevisse américaine.

⁴³Druart, D. ; Mosimann, B. ; Julien, C. : *Suivi de quatre années d'une population d'écrevisses du Pacifique (Pacifastacus lenisculus) sur un bassin abritant des écrevisses à pieds blancs (Austropotamobius pallipes) - Bassin du Saulon, Département de la Haute-Marne - Période 2003-2006.*

⁴⁴Collas, M. ; Julien, C. ; Monnier, D. : *La situation des écrevisses en France, Résultats des enquêtes nationales réalisées entre 1977 et 2006 par le Conseil Supérieur de la Pêche.* Bulletin français de Pêche et de Pisciculture., n°386: 01-38 – 2007.



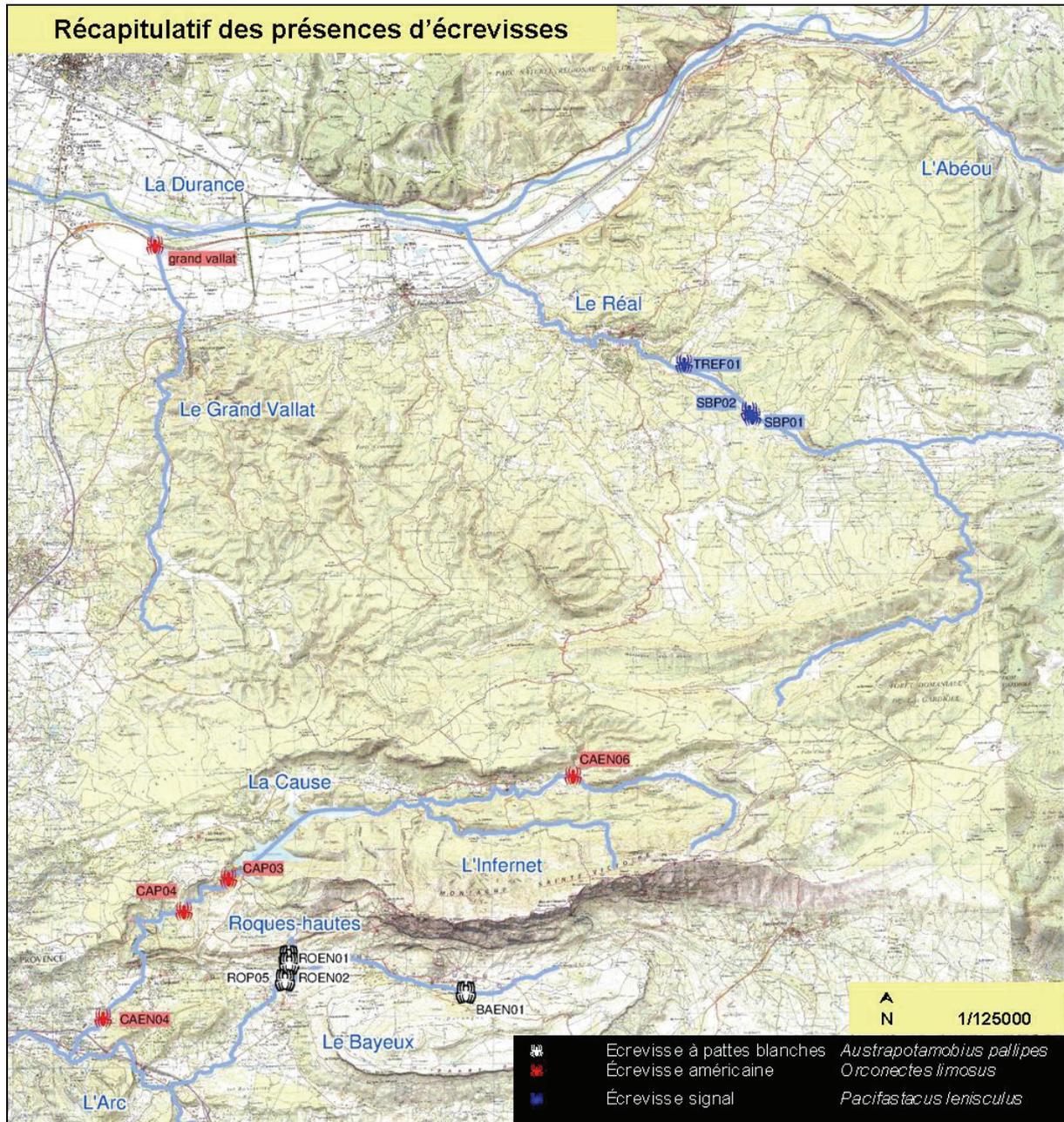
Écrevisse à pattes blanches :
Austropotamobius pallipes



Écrevisse américaine :
Orconectes limosus



Écrevisse signal :
Pacifastacus lenisculus



Carte 16 : Localisation des présences avérées des différentes espèces d'écrevisse dans le territoire d'action du GSSV.

E.2.3.1. Cas du Bayeux et de Roques-Hautes⁴⁵

E.2.3.1.1. Contexte et objectifs de l'étude

Malgré la multiplicité des protocoles employés et le grand nombre de stations échantillonnées, aucune nouvelle population d'écrevisse à pattes blanches n'a été découverte sur l'ensemble du territoire d'action du Grand Site Sainte-Victoire par rapport à ce qui était connu avant cette étude. Deux populations de cette espèce sont donc connues dans la zone d'étude.

La première se situe dans le ruisseau de Roques-Hautes. Elle est principalement localisée en amont du parking, sur un linéaire d'environ 500 mètres dont l'écoulement a été pérenne durant la période d'étude. Lors de la prospection du 9 juillet 2011, quelques individus isolés ont également été observés entre le bassin du parking et la confluence avec le Bayeux.

La seconde population se situe sur le Bayeux, en amont du passage à gué de la Bugadière (coordonnées approximatives en projection en Lambert II étendu : X=863474 ; Y=1840430). Le linéaire colonisé représente 100 à 200 mètres avec une diminution progressive des effectifs en remontant vers l'amont.

Quelques individus ont pu être observés en aval immédiat du gué de la Bugadière lors de prospections antérieures effectuées entre 2000 à 2010. Il semble que ce gué constitue la limite aval de cette population.

Au niveau du pont de la D58 sur le Bayeux, en aval de la confluence du ruisseau de Roques-Hautes, un individu a été capturé, probablement issu de la population de Roques-Hautes et non de celle du Bayeux amont.

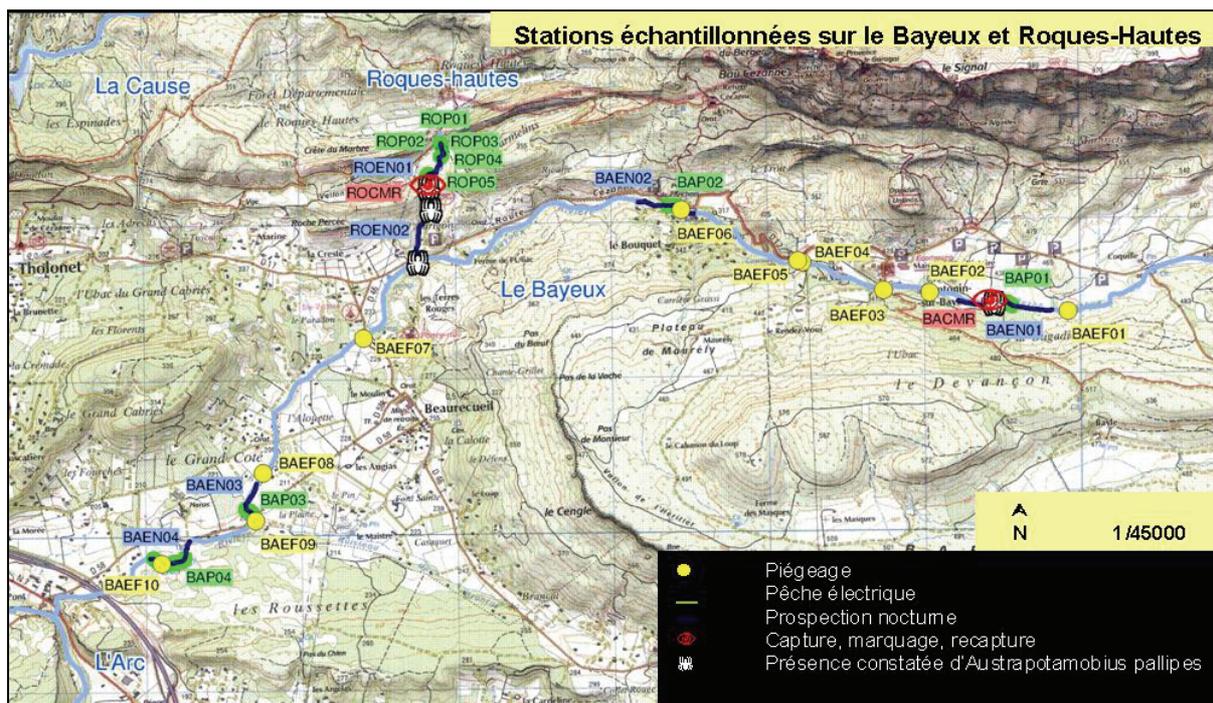
Un élément de morphologie divergeant entre les populations observées dans le Bayeux amont et dans le ruisseau de Roques-Hautes a été mis en évidence : les individus sont plus sombres sur l'amont du Bayeux et plus clairs dans le ruisseau Roques-Hautes. Ces divergences de « robes » sont probablement la conséquence d'une adaptation mimétique à leurs milieux respectifs, le fond de la station du Bayeux étant jonché de débris végétaux sombres, alors que celui du ruisseau de Roques-Hautes est principalement constitué de pierres et graviers clairs.

Le sous bassin-versant du Bayeux (Bayeux et Roques-Hautes) est donc le seul site où *Austropotamobius* a été rencontrée durant cette étude. De plus, ce site héberge les deux uniques populations recensées dans le département des Bouches du Rhône.

Ces deux populations sont connues et observées depuis longtemps par la FDAAPPMA13 et l'ONEMA13. Cependant, aucune connaissance précise de celles-ci n'était disponible.

Aussi, dans le cadre d'une étude spécifique intitulée : "*Etude des populations d'écrevisses à pattes blanches (Austropotamobius pallipes) et faisabilité de réintroduction de l'espèce dans le département des Bouches-du-Rhône*", étude menée en 2010 par la FDAAPPMA13 en partenariat avec l'ONEMA DR8, une opération de "capture-marquage-recapture" a été réalisée sur ces deux sites afin de quantifier les effectifs et de déterminer la dynamique de ces populations.

⁴⁵ Aurore NEY, FDAAPPMA13 : *Etude des populations d'écrevisses à pattes blanches (Austropotamobius pallipes) et faisabilité de réintroduction de l'espèce dans le département des Bouches du Rhône*. - 2010



Carte 17 : Localisation des stations échantillonnées sur le Bayeux et sur le ruisseau de Roques-Hautes.

Tableau 24 : Récapitulatif des stations échantillonnées sur le Bayeux et Roques-Hautes.

BASSIN	Station	Date	Méthode	Longueur (m) Temps (H+min)	Ecrevisse contactée
BAYEUX	BAP01	09/09/07	Pêche adaptée	145	/
	BAP02	09/09/07	Pêche adaptée	89	/
	BAP03	09/10/07	Pêche normalisée	84	/
	BAP04	09/09/07	Pêche adaptée	225	/
	BAEN01	09/04/20	Prospection nocturne	627	APP
	BAEN02	09/10/29	Prospection nocturne	378	/
	BAEN03	09/10/29	Prospection nocturne	271	/
	BAEN04	09/10/29	Prospection nocturne	363	/
	BAEF01	09/09/08	Piégeage	14H45	/
	BAEF02	09/09/08	Piégeage	15H25	/
	BAEF03	09/09/08	Piégeage	13H45	/
	BAEF04	09/09/08	Piégeage	17H25	/
	BAEF05	09/09/08	Piégeage	17H25	/
	BAEF06	09/09/08	Piégeage	18H25	/
	BAEF07	09/09/08	Piégeage	15H15	/
BAEF08	09/09/08	Piégeage	22H45	/	
BAEF09	09/09/08	Piégeage	23H30	/	
BAEF10	09/09/08	Piégeage	26H30	/	
	BACMR	31/09/10 & 02/09/10	Capture Marquage Recapture	/	APP
ROQUES-HAUTES	ROP01	09/09/22	Pêche complémentaire	<10	/
	ROP02	09/09/22	Pêche complémentaire	<10	/
	ROP03	09/09/22	Pêche complémentaire	<10	/
	ROP04	09/09/22	Pêche complémentaire	<10	/
	ROP05	09/09/22	Pêche normalisée	85	APP
	ROEN01	09/04/20	Prospection nocturne	506	APP
	ROEN02	09/07/22	Prospection nocturne	530	APP
	ROCMR	20/08/10 & 22/08/10	Capture Marquage Recapture	/	APP

E.2.3.1.2. Austropotamobius pallipes sur Roques-Hautes

Tableau 25 : Présentation des effectifs capturés et re-capturés sur Roques-Hautes en 2010 (« P » : passage).

	Capture Marquage (20 juillet)				Recapture (22 juillet)			
	P1	P2	P3	Total	P1	P2	P3	Total
Effectifs capturés	24	21	14	59	24	7	2	33
Dont effectifs recapturés	-	-	-	-	3	3	1	7
mortes	1	-	-	2	4	1	-	5

59 individus ont été capturés la première nuit, 33 à la recapture mais avec seulement 7 individus marqués on note également la présence de 7 morts dont 4 possiblement liés au protocole (animaux écrasés) (Tableau 25).

De nombreuses causes peuvent être avancées pour expliquer cette faible recapture : braconnage, changement de comportement (absence de sortie) du au dérangement, prédation liée à la visibilité du marquage, perte du marquage, difficulté de prospection, fuite des animaux vers l'amont ou l'aval.

Le succès du protocole sur le Bayeux et des résultats équivalents en 2010 à ceux de 2009 lors d'une opération similaire sur cette station, tendent à montrer que la raison principale de ce succès mitigé est la configuration de la station et la difficulté de prospection (passage difficile, profonds peu accessibles et courants parfois peu lisibles).

Le Ratio mâle / femelle apparaît équilibré avec 40 mâles pour 45 femelles capturées entre les deux nuits. La taille moyenne des écrevisses est de 68 mm pour un poids moyen de 12 g, les mâles étant en moyenne plus grands et plus lourds que les femelles.

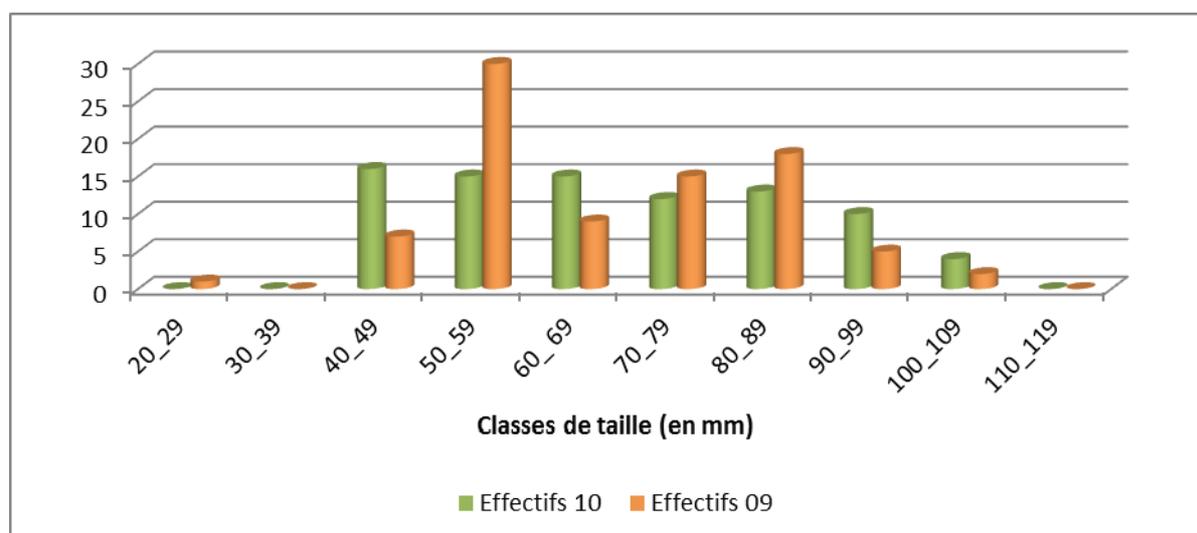


Figure 45 : Répartition des effectifs d'écrevisses à pattes blanches sur Roques-Hautes

Comme en 2009, aucun individu de taille inférieur à 40 mm n'a été capturé, cela pouvant être dû à la difficulté de repérer et capturer ces classes de taille, ou, à l'absence de cette classe de

taille du fait d'une croissance rapide sous nos latitudes méditerranéennes (voir tableau ci-dessous).

D'autre part, en 2010 on constate un sureffectif de la classe 50 / 59 mm. Cette classe de taille est intermédiaire entre les individus de 2 ans et ceux de 3 ans (qui concernent également les classes adjacentes, sous représentée ici). Cela se confirme avec les résultats obtenus en 2009 ou ces trois classes de taille (40 / 49 mm, 50 / 59 mm et 60 / 69 mm) sont équilibrées.

Au final, la population garde donc une structure satisfaisante typique d'une population fonctionnelle.

Tableau 26 : Lien entre la taille et l'âge de l'écrevisse à pattes blanches en Lozère et en Corse⁴⁶.

Age (année)	Lozère	Corse
0+	12-15	12-25
1	16-25	20-45
2	20-45	40-60
3	37-70	55-80
4	60-80	75-90
5	70-95	90-110
Maturité sexuelle	3 ans	Vers 2-3 ans

33 % des individus présentent des pathologies : des parasites (2 individus), des mycoses (2 individus), ou des mutilations (pinces, pattes ou antennes manquantes), ces dernières pouvant être liées aux agressions intraspécifiques.

Selon la formule de Petersen et compte tenu de l'écart type important du fait de la faible recapture, on obtient une fourchette de densité allant du simple au double, comprise entre 10232 individus/ha et 22961 individus/ha, soit une classe d'abondance 3 à 4 sur 5.

Cependant, si la densité de cette population est importante, il ne faut pas oublier que le linéaire colonisé est faible, environ 500 mètres, la situation est donc précaire pour la préservation de cette population.

E.2.3.1.2.1. Recommandations de gestion

La population d'écrevisse du ruisseau de Roques-Hautes subit peu de contraintes naturelles. Les débits, y compris à l'étiage, sont généralement suffisants et les températures adéquates pour le développement de cette espèce.

Il faut tout de même souligner la faiblesse de linéaire colonisé et la difficulté d'extension de cette population de part les conditions abiotiques peu accueillantes pour l'espèce en dehors de la zone actuellement occupée.

Par contre, quelques contraintes de nature anthropiques sont à prendre en compte. Roques-Hautes est un domaine départemental du Conseil Général 13 accueillant un grand nombre de visiteurs. Le CG13 estime la fréquentation du site, entre le 2e trimestre 2009 et le 1e trimestre 2010, à plus de 130000 personnes.

Bien que très fréquenté, le site ne dispose pas de sanitaires et on constate que par défaut c'est la ripisylve du ruisseau qui en fait office, malgré sa densité et la difficulté d'accès au cours d'eau.

L'activité de baignade est également observée, en particulier dans le bassin situé au niveau du parking, mais également dans les vasques en amont. L'activité principalement nocturne de

⁴⁶ J. ARRIGNON : *L'écrevisse et son élevage*, 4^{ème} édition. Edition Tech & doc.

l'espèce limite toutefois le risque d'écrasement ou simplement de découverte. Une fréquentation nocturne existe également.

Cette fréquentation élevée du site entraîne également son lot de déchets.

Le pré de Roques-Hautes est pâturé une partie de l'année et est donc occupé par du bétail susceptible de pénétrer dans le cours d'eau ou de le souiller.

Une densification de la ripisylves, voire une mise en défend de celle-ci, limiterait l'accès au cours d'eau par le public et le bétail.

La mise en place de toilettes amovibles, du moins aux périodes de forte fréquentation, limiterait l'impact touristique.

Si cela n'est déjà fait, l'accès du bétail au cours d'eau devrait être limité, notamment pour l'abreuvement, en positionnant des abreuvoirs à l'écart par exemple.

La pêche étant interdite dans ce ruisseau, tout comme les introductions d'espèces (article L411-3 du code de l'environnement), aucun poisson n'y a d'ailleurs été échantillonné en 2010, une surveillance de ces deux activités favorisera la protection de la population d'écrevisse.

Un arrêté de protection de biotope pourra être mis en place ; sans toutefois attirer l'attention sur la présence de l'écrevisse à pattes blanches, afin d'éviter d'éveiller une curiosité pouvant porter préjudice à l'espèce.

E.2.3.1.3. Austropotamobius pallipes sur le Bayeux

Tableau 27 : Présentation des effectifs capturés et re-capturés sur le Bayeux amont en 2010.

	Capture Marquage (31 août)			Recapture (2 septembre)		
	P1	P2	Total	P1	P2	Total
Effectifs capturés	100	13	113	78	41	119
dont effectifs recapturés	-	-	-	32	17	49

Considérant la quantité restreinte d'écrevisses capturées au second passage, un troisième passage n'a pas été nécessaire sur cette station en amont de Saint-Antonin.

Un grand nombre d'individus ont été capturés, puis recapturés, ce qui permet l'obtention de résultats précis avec un écart type réduit.

Le sexe ratio est équilibré avec 93 mâles et 90 femelles capturées sur les deux nuits.

Les individus du Bayeux mesurent en moyenne 65 mm pour un poids de 11,7 g. Ces chiffres sont comparables à ceux de Roques Hautes. Les tailles et poids maxima sont observés chez les mâles, tandis que les minima sont atteints chez les femelles.

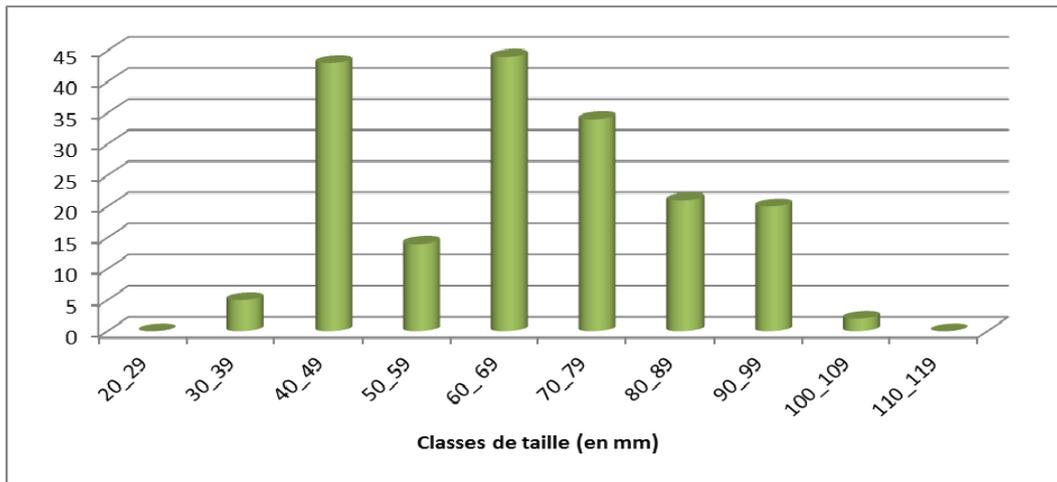


Figure 46 : Répartition des effectifs d'écrevisses par classes de taille en 2010

Les mortalités liées aux sècheresses, constatées notamment en 2005, ainsi que les rares individus observés en 2009 (six individus seulement, la date d'observation étant probablement trop précoce à la fin avril), auguraient une situation dégradée. Les résultats obtenus en 2010 montrent pourtant une population fonctionnelle comme en atteste la distribution des effectifs en classes de taille (les deux sexes confondus).

La structure des classes de taille en fonction du sexe reste assez proche de celle observée sur Roques-Hautes.

Comme sur Roques-Hautes, les classes de tailles 40 / 49 mm, 50 / 59 mm et 60 / 69 mm correspondant théoriquement à des individus de 2 à 3 ans, semblent se chevaucher, la classe intermédiaire 50 / 59 étant sous-représentée par rapport aux deux classes adjacentes.

Peu d'individus de taille inférieure à 40 mm ont été capturés.

L'état sanitaire de la population est satisfaisant, les animaux sont moins mutilés que ceux de Roques-Hautes et aucune pathologie visible n'a été détectée.



Photographie 9 : Écrevisses capturées sur le Bayeux (auteur : Aurore NEY)

La densité estimée sur le Bayeux est bien plus élevée que sur Roques-Hautes, entre 38427 individus / ha et 47546 individus / ha, soit une classe d'abondance maximale de 5 sur 5.

La densité estimée sur le Bayeux est exceptionnelle, mais le linéaire colonisé est particulièrement réduit, de l'ordre de 100 à 200 mètre avec une diminution progressive de la densité au fil de la remontée vers l'amont de la station. Comme ce qui est observé dans le ruisseau de Roques-Hautes, la viabilité de la population d'écrevisse à pattes blanches observée en amont du Bayeux est donc préoccupante.

E.2.3.1.3.1. Recommandations de gestion

Contrairement à la population de Roques-Hautes, les conditions naturelles constituent pour la population d'écrevisse du Bayeux, une contrainte majeure. En effet, les conditions hydrologiques particulièrement sèches entre 2003 et 2007 ont fortement perturbé les peuplements ; des taux de mortalité importants ont été constatés. Cependant, l'état actuel de la population démontre une capacité adaptative importante de celle-ci. D'autre part, comme pour la population de Roques-Hautes, le linéaire colonisé est très réduit ; rendant la population extrêmement fragile car limitée dans ses possibilités de trouver des zones refuges. De plus, les conditions hydrologiques et abiotiques ne favorisent pas une extension de cette population.

Aussi, d'éventuelles variations des conditions actuelles ou l'apparition de perturbation supplémentaire, pourraient être fatales à cette population.

La priorité semble donc de préserver le site et sa fonctionnalité.

Les impacts anthropiques sont faibles sur ce secteur. Il faut cependant signaler l'installation récente d'un troupeau de chèvres aux abords de la station. Cette activité, de par sa proximité, est susceptible de porter préjudice à la population en place (piétinement, apport excessif en matière organique, ...).

Cependant, des aménagements ont d'ores et déjà été réalisés pour limiter son impact, notamment une tranchée empêchant un ruissellement direct depuis la zone de cantonnement du bétail et des parcours de pâture adaptés. L'accès au cours d'eau doit être interdit au bétail, en particulier sur la zone colonisée ainsi que sur son amont. Remplacer le gué (limite aval de la population) par une passerelle aérienne plus en aval peut être bénéfique, la fréquentation serait en partie écartée de la station, limitant ainsi les risques liés à sa découverte. Il est cependant peu probable que cela permette une extension de la colonie. De plus, des précautions extrêmes devront être prises en cas de travaux dans le cours d'eau pour ne pas impacter la population à protéger. Il faudra également s'assurer que la destruction du gué actuel ne provoque pas une baisse des niveaux d'eau amont, en particulier en période d'étiage. Tout comme la situation observée dans le ruisseau de Roques-Hautes, une densification de la ripisylve limitant son accès serait bénéfique. Les interdictions de pêche ainsi que d'introduction d'espèces doivent être surveillées (notons qu'il n'y a pas de poissons sur le secteur).

Un arrêté de biotope pourra également être mis en place sans mettre en avant publiquement la présence de l'espèce.

Un suivi des populations du Bayeux et de Roques-Hautes est à prévoir. Afin de limiter le dérangement de l'espèce, une simple observation annuelle de contrôle sera réalisée, une opération de « capture, marquage, recapture » n'étant mise en œuvre que tous les cinq ans ou en cas de problème constaté, par exemple, une baisse significative du nombre d'individu observé.

F. Recommandations de suivi et de gestion

Suite à la caractérisation des paramètres abiotiques, à l'élaboration des inventaires des trois ordres d'insectes aquatiques et des communautés piscicoles et astacicoles dans les cours d'eau présents au sein du territoire d'action du GSSV, des recommandations pour la gestion des milieux aquatiques peuvent être avancées.

Les mesures concernent principalement l'hydromorphologie, la thermie, l'hydrologie et la chimie des cours d'eau présents dans le territoire d'action du GSSV.

D'après une étude réalisée sur le haut bassin-versant de l'Arc Provençal, *les affluents semblent jouer un rôle important dans le maintien de la richesse taxonomique dans ce type de bassin, et cela plaide pour la conservation de la faune benthique d'invertébrés à l'échelle du bassin-versant*⁴⁷.

La préservation des conditions environnementales des affluents étudiés de l'Arc (Bayeux, Roques-Hautes, Cause, Infernet) et de la Durance (Abéou, Réal, Grand-Vallat) est donc un enjeu de préservation de la biodiversité aquatique à l'échelle régionale.

F.1. Principes théoriques des recommandations de gestion

Les recommandations de gestion, même si elles visent certains secteurs de rivière, doivent toujours être replacées à l'échelle des réseaux hydrographiques, car la connectivité biologique intersites est souvent la condition nécessaire à la viabilité des peuplements aquatiques. Ainsi, ces recommandations sont d'abord définies dans un cadre théorique ; puis les mesures applicables à une échelle locale seront listées pour chaque secteur des rivières étudiées afin de mieux guider les gestionnaires dans leurs actions.

- **Structuration hydro-géomorphologique des cours d'eau**

Le phénomène d'incrustation calcaire (tuffisation) présent et intense dans de nombreux cours d'eau en basse Provence calcaire, et notamment dans le territoire du GSSV, est naturellement réducteur de la capacité d'accueil du lit mouillé et des échanges eau superficiel / sous écoulement (milieu hyporhéique), et donc de la capacité globale de transformation / épuration de la matière organique.

Au plan physique, ce phénomène a également tendance à imperméabiliser et à atténuer les rugosités de fond du lit mouillé, et ainsi à réduire, en zones peu profondes, l'accumulation de sédiments grossiers (gravier, cailloux fins) qui peuvent être encore produits par les bassins versants.

Dans certains de ces systèmes, une des facettes expérimentales de la gestion serait de favoriser cette rétention temporaire du charriage de fond, en laissant / favorisant les obstacles naturels, tel de vieux troncs issus de la ripisylve barrant partiellement l'écoulement des eaux.

⁴⁷ Maasri, A. ; Dumont, B. ; Claret, C. ; Archambaud-Suard, G. ; Gandouin, E. ; Franquet, E. : *Tributaries under Mediterranean climate : their role in macrobenthos diversity maintenance*. C.R. Biologies 331 – 2008.

- **Régimes thermiques des cours d'eau**

L'instrumentation en capteurs des points nodaux des systèmes aquatiques du GSSV a permis la mise en évidence de caractéristiques thermiques locales. Les régimes thermiques influencent directement et indirectement la répartition des taxons⁴⁸. La présence de certains taxons est ainsi limitée aux eaux oxygénées, paramètre dépendant en grande partie de la température de l'eau (plus une eau est chaude, moins elle peut contenir d'oxygène dissous et plus les activités métaboliques sont fortes).

Or, en saison estivale, l'ensoleillement direct sur le lit d'une rivière peut conduire à une augmentation importante des températures, facteur impactant le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (par exemple l'oxygénation des eaux ou entraînant des développements algaux excessifs).

Des perturbations anthropiques, comme des éclaircissements de ripisylve [...], ont la capacité de modifier la structure du réseau trophique et donc de modifier la composition des communautés. De plus, une hausse des températures en période d'étiage peut aboutir à des diminutions de l'humidité du lit pendant une période prolongée, ce qui entraîne un stress supplémentaire pour la croissance de la végétation rivulaire, et une érosion accrue des rives⁴⁹.

Une des premières préconisations de gestion est donc de limiter l'ensoleillement direct sur les cours d'eau. Cela peut être envisagé en limitant les débroussailllements excessifs des ripisylves.

La perte de ripisylve peut également entraîner une diminution de la présence d'embâcles et donc une diminution des matières allochtones et des larges débris⁴⁹ dans la rivière, induisant ainsi des modifications des composantes fonctionnelles des communautés. La présence d'une ripisylve dense favorisera la création d'embâcles, permettant par la suite la rétention du charriage de fond.

- **Régimes hydrologiques des cours d'eau**

Dans les systèmes aquatiques étudiés au cours de cette étude, des phénomènes locaux d'assèchement des lits mineurs des rivières sont fréquents.

Ces phénomènes d'exondation estivaux, ne doivent pas être perçus comme des propriétés propres de ces cours d'eau, mais comme des pressions variables dans le temps et l'espace sur les compartiments biologiques.

Il est apparu que les tronçons dont les écoulements de surface sont intermittents, hébergent certes une faune benthique moins riche que les tronçons permanents, mais cette faune est particulière et possède souvent des adaptations des traits d'histoire de vie lui permettant de se maintenir sous ces conditions.

Les macro-invertébrés des cours d'eau avec de fortes variabilités saisonnières présentent des adaptations uniques⁴⁹. Ces adaptations peuvent être :

⁴⁸ Dumont B. ; Carrel G. ; Pont D. : *Quelles sensibilités biologiques face au réchauffement dans les cours d'eau français métropolitains?* 15 p., 86e Congrès ASTEE (Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement), Barcelone, ESP, 4-7 Juin 2007

⁴⁹ Gasith, A. ; Resh, V.H. : *Streams in Mediterranean climate regions : Biotic responses to predictable seasonal events.* Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 30, p51-81 – 1999.

- comportementales (certains trichoptères adultes Limnephilidae passent la saison sèche dans des cavités souterraines, d'autres taxons se maintiennent dans les sédiments humides ou dans le sous-écoulement),
- physiologiques (de nombreux taxons ont la faculté d'entrer dans des états de vie ralentie ou diapause dans les différents stades de leurs cycles vitaux : œufs, larves ou adultes ; des ajustements de la durée du cycle vital peuvent également advenir afin de réaliser un cycle entier avant l'exondation).

Les processus de colonisation à la suite des épisodes d'assecs sont également des mécanismes importants pour le maintien de la biodiversité aquatique dans les rivières méditerranéennes.

Le stress exercé par les sécheresses estivales joue donc un rôle évolutif important en mettant en jeu des stratégies de résistances ou de résilience de la part des organismes.

L'une des caractéristiques des cours d'eau méditerranéen est un fort contraste intersaisonnier et interannuel avec l'alternance de contraintes abiotiques en saison froide (occurrences de crues-flash), puis biotiques au printemps (compétition et prédation quand les densités des populations augmentent progressivement après la remise en eau) et à nouveau abiotiques en été (pressions dues aux étiages). [...] Les espèces des rivières méditerranéennes présentent des degrés de résistance et de résilience différents par rapport aux pressions séquentielles biotiques et abiotiques. En conséquence, l'avantage compétitif des différentes espèces varie avec les changements temporels des conditions abiotiques et des interactions biotiques. Cela facilite la coexistence des espèces⁴⁹.

Les phénomènes d'assecs font partie intégrante du fonctionnement des écosystèmes aquatiques sous climat méditerranéen et ne doivent donc pas être a priori atténués ou supprimés.

Les réflexions de certains gestionnaires ne vont pas toujours dans ce sens, comme l'illustrent certains projets de soutien artificiel des étiages estivaux. Le fait de maintenir un écoulement de façon artificiel en période d'étiage dans ces cours d'eau en y déversant des eaux d'origines diverses, pourrait altérer les mécanismes abiotiques ayant contribué à l'émergence de la diversité régionale de la macrofaune benthique.

Les eaux utilisées pour ces soutiens d'étiage volontaires ou involontaires, peuvent provenir directement des réseaux de distribution d'eaux (par fuite ou par déversement), ou des rejets de systèmes d'épuration collectifs ou individuels d'eaux usées, ou encore indirectement par le retour des eaux d'irrigation agricole.

Afin de maintenir la diversité régionale de la faune des rivières sous climat méditerranéen, il est donc impératif de s'assurer que les rejets d'eaux ne représentent pas une perturbation des régimes hydrologiques naturels.

Les mesures de soutien d'étiage ne devraient pas être entreprises. Inversement, les prélèvements d'eau dans les cours d'eau doivent être minimisés, et prohibés surtout en période d'étiage (de surcroît lorsque les besoins sont optimaux), pour ne pas accentuer la pression hydrologique engendrée par les épisodes d'assèchement.

D'un point de vue hydrologique, et pédagogique, on souligne l'influence du régime hydrologique artificialisé de la Cause sur la faune benthique et piscicole en aval des barrages.

En effet, le régime hydrologique dans la Cause en aval des barrages montre une très grande stabilité interannuelle et intersaisonnière du fait de l'origine des eaux ; une stabilité rarement brisée par des épisodes de lâchers d'eau.

Ce mode de gestion minimaliste favorise l'accumulation de matière organique en provenance du bassin-versant et notamment de la ripisylve dans le lit de la Cause. Le lit de la Cause est donc surchargé en matière organique (fine et grossière) sur une grande partie de son parcours.

La fréquence et l'intensité des lâchers pourraient être modifiées. Par exemple, en effectuant divers lâchers d'eau au cours d'une année, l'accumulation d'éléments colmatant et de matière organique serait diminuée, ainsi que son impact sur la faune aquatique.

- **Rejets polluants**

Dans ce contexte hydrologique particulier, l'impact environnemental des rejets de matières polluantes est exacerbé en raison de la diminution des capacités de dilution en période d'étiage.

Les compétitions entre usages de l'eau s'ajoutant aux pollutions aquatiques peuvent aboutir à des détériorations extrêmes de la qualité de l'eau et à l'élimination de la plupart des biotes naturels⁴⁹.

Parmi ces rejets polluants, on peut citer l'apport excessif de matières nutritives en provenance de systèmes d'épuration obsolètes, ou dépassés en capacité, ou en provenance des épandages d'engrais agricoles ou des zones d'élevage d'animaux. Dans l'objectif de préserver la diversité aquatique, les mesures de gestion essentielles reposent donc sur l'amélioration de la qualité des effluents et sur l'élimination de rejet polluant, et cela, particulièrement en période d'étiage estival.

Cette notion de rejets polluants ne concerne pas seulement les rejets directs de polluants dans les cours d'eau, mais doit être perçue en termes d'aménagement des territoires. En effet, les phénomènes de ruissellements à la suite de précipitations, s'ils traversent des zones polluées, peuvent transporter des polluants dans les cours d'eau.

L'occupation du sol d'un bassin-versant doit donc être raisonnée de manière à diminuer ces transports dans les cours d'eau.

Une source supplémentaire de substances nocives pour les écosystèmes aquatiques, est le rejet de déchets divers et variés. A de nombreuses reprises, des lieux de décharges sauvages ou la présence de macro-déchets ont pu être observés dans les cours d'eau étudiés. La sensibilisation des citoyens (des locaux comme des touristes) à cette problématique devrait permettre une amélioration de ce problème. La dénonciation aux services compétents de l'Etat (comme le service de Police de l'eau de l'ONEMA) de ces comportements (décharges sauvages récurrentes, comblement du lit mineur des cours d'eau) peut être envisagée pour faire cesser certaines pratiques.

- **Mesures de conservation d'espèces protégées ou à forte valeur patrimoniale**

Dans le cadre de l'inventaire des poissons et des écrevisses des cours d'eau, certaines populations d'espèces protégées ou à forte valeur patrimoniale ont pu être repérées.

Ces espèces sont principalement représentées dans les cours d'eau étudiés, par les écrevisses à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*), dont le statut de conservation d'après l'IUCN est fixé actuellement comme « espèce menacée »⁵⁰. Rappelons que cette espèce est listée dans

⁵⁰ <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/2430/0>

les annexes II et V de la Directive Européenne Habitats, et requiert donc la désignation de zone de conservation particulière pour sa protection. Elle apparaît également dans l'appendice III de la Convention de Bern.

D'après l'IUCN, les principales menaces pesant sur le maintien de cette espèce sont :

- La présence d'espèces d'écrevisses invasives – comme l'écrevisse signal ou écrevisse de Californie (*Pacifastacus lenisculus*) et l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) – porteuses saines de l'agent pathogène dénommé peste de l'écrevisse (*Aphanomyces astaci*).
- La maladie de la porcelaine, engendrée par un protozoaire.
- Les altérations des régimes hydrologiques et thermiques des rivières.
- Les pollutions provenant de sources diverses (agricoles, domestiques)
- La disparition d'habitats protecteurs dans le lit des rivières, comme les racines ou les galets.

Des mesures de protection des populations d'écrevisses à pattes blanches peuvent être mises en œuvre. Préalablement à la mise en place de mesures de protection de populations d'écrevisses à pattes blanches, la principale disposition à vérifier repose sur l'absence d'espèces d'écrevisses invasives, porteuses saines du champignon causant la peste de l'écrevisse. L'éradication de ces espèces invasives peut s'avérer difficilement réalisable, même si des mesures d'éradication utilisant des biocides en milieu fermé existent.

Lorsque cette condition préalable est remplie, des mesures de protection du milieu naturel peuvent être entreprises, comme la limitation des prélèvements et des rejets d'eau dans la rivière, la non-détérioration de la géomorphologie du lit, la diminution des pollutions chimiques, organiques et particulières, et bien sûr, la surveillance du braconnage.

De plus, le passage d'élevages animaux dans le lit de la rivière peut entraîner, en addition des risques de piétinement, l'accumulation de matière organique défavorable au développement de l'espèce. Les impacts des élevages sont donc particulièrement défavorables au maintien des populations de cette espèce, dans le cas où ces élevages passent directement dans le lit du cours d'eau pour s'abreuver par exemple, ou bien lorsque le ruissellement des précipitations entraîne les déjections dans le cours d'eau.

Tous ces points pourraient être entrepris dans le cadre d'un Arrêté de Protection de Biotope. Ce type d'arrêté, décidé au niveau préfectoral, permet la protection du milieu de vie d'une espèce protégée. Ces arrêtés sont régis par les articles L411-1, L411-2, R411-15 à R411-17 du code de l'environnement. Des études complémentaires pour déterminer l'état initial de ce milieu devront alors être entreprises ; un suivi pluriannuel des populations permettra une surveillance de l'évolution de cette espèce d'écrevisse.

Concernant l'information du public à propos de la présence d'espèces protégées comme l'écrevisse à pattes blanches, plusieurs approches sont envisagées. La première opinion consisterait à ne pas divulguer l'existence de ces particularités. Cette option reste limitée, car de nombreuses personnes ont connaissance de la présence d'écrevisse en amont du Bayeux (observations personnelles). Une solution alternative serait une information du public sur la présence et la vulnérabilité de cette espèce, par l'intermédiaire d'un panneau explicatif par exemple. Sans divulguer précisément la localisation de populations protégées, ces panneaux contribueraient à transmettre un message de prévention et responsabiliseraient les personnes fréquentant la zone.

De plus, la sensibilisation des gestionnaires des milieux aquatiques, comme du public, est un élément qui limiterait, voire éviterait, la dispersion des espèces invasives d'écrevisse et le braconnage de l'espèce indigène protégée.

- **Perspectives**

En raison de leurs grands contrastes d'écoulement, les cours d'eau méditerranéens sont des milieux exposés lors de leurs cycles hydrologiques à de grands risques face aux divers impacts anthropiques. La réhabilitation de milieux dégradés en est rendue plus difficile.

La protection de ces milieux aquatiques doit passer par l'amélioration des connaissances des processus biotiques et abiotiques qui y ont cours. Dans cette optique, des études complémentaires et des suivis des communautés devraient être envisagés.

Un suivi pluriannuel des communautés est envisageable avec des prélèvements de type quantitatif, afin d'améliorer la compréhension des mécanismes influençant la distribution des espèces et l'organisation fonctionnelle des écosystèmes.

De plus, la prise en compte des perturbations anthropiques sur les compartiments benthique et piscicole des rivières est une nécessité. La prise en considération des perturbations dues aux stations d'épuration par exemple, dont l'impact n'a pas été évalué dans cette étude, permettrait d'affiner les mesures de gestion à mettre en place pour une meilleure protection de la biodiversité aquatique.

Ces différentes perspectives permettraient d'affiner l'évaluation des conditions environnementales pour mieux guider la gestion du patrimoine naturel des milieux aquatiques au sein du territoire d'action du GSSV.

F.2. Localisation des recommandations de gestion

Afin de mieux guider la gestion des milieux aquatiques étudiés dans ce rapport, les principaux éléments de gestion développés dans ce rapport sont présentés par secteur de rivière dans les quatre tableaux suivants.

	Secteurs	Incrustation calcaire		Thermie		Hydrologie					
		Observations	Préconisations	Observations	Préconisations	Observations	Préconisations				
ABEOU	Partie aval	Modérée		* Températures fraîches et stables * Alimentation karstique	* Préservation de la ripisylve	* Ecoulements superficiels permanents * Débits mesurés importants (> 200 L/s)	* Limitation des prélèvements d'eau				
REAL	Amont du village de Jouques	Forte	* Création de zones de fraie pour les poissons * Laisser / favoriser et gérer les obstacles de bois mort pour accentuer la rétention temporaire du charriage de fond	* Températures fraîches * Saisonnalité marquée	* Préservation de la ripisylve	* Ecoulements superficiels permanents * Débits mesurés importants (> 100 L/s)	* Limitation des prélèvements d'eau				
GRD-VALLAT	Intégralité	Inconnue		* Saisonnalité marquée	* Préservation de la ripisylve	* Ecoulements superficiels éphémères	* Limitation des prélèvements d'eau * Eviter les soutiens d'étiage				
BAYEUX	Amont (de la source jusqu'en aval de St Antonin)	Forte	* Laisser / favoriser et gérer les obstacles de bois mort pour accentuer la rétention temporaire du charriage de fond	* Saisonnalité marquée	* Préservation de la ripisylve	* Ecoulements superficiels permanents * Débit d'étiage très faible	* Limitation des prélèvements d'eau * Eviter les soutiens d'étiage				
	Intermédiaire (de l'aval de St-Antonin à la confluence de Roques-Hautes)					* Ecoulements superficiels temporaires	* Limitation des prélèvements d'eau * Eviter les soutiens d'étiage				
	Aval (de la confluence de Roques-Hautes à la confluence avec l'Arc)					* Ecoulements superficiels permanents (alimenté par Roques-Hautes) * Débit d'étiage faible	* Limitation des prélèvements d'eau				

	Secteurs	Pollutions		Espèces protégées	
		Sources potentielles	Préconisations	Observations	Préconisations
ABEOU	Partie aval	* Zones agricoles	* Diminution des ruissellements de pesticides et engrais * Préservation de la ripisylve	* Truite fario (<i>Salmo trutta fario</i>)	* Inventaire des frayères de Truite fario * Surveiller le développement de la végétation aquatique (pourrait devenir excessive) * Mise en place d'un arrêté de protection de biotope * Suivi des populations * Adapter la gestion halieutique
	Amont du village de Jouques	* Zones agricoles * Rejet de station d'épuration de Jouques * Macro-déchets	* Diminution des ruissellements de pesticides et engrais * Préservation de la ripisylve * Amélioration de la qualité des effluents * Sensibilisation du public aux problèmes des déchets	* Truite fario (<i>Salmo trutta fario</i>)	* Inventaire des frayères de Truite fario * Eviter les alevinages * Mise en place d'un arrêté de protection de biotope * Suivi des populations * Adapter la gestion halieutique
GRD-VALLAT	Intégralité	* Rejet de station d'épuration de Meyrargues * Macro-déchets * Décharges sauvages	* Amélioration de la qualité des effluents * Sensibilisation du public aux problèmes des déchets / décharge sauvage		
	Amont (de la source jusqu'en aval de St Antonin)	* Rejet des assainissements individuels * Pâturage	* Amélioration de la qualité des effluents * Eviter la pénétration des troupeaux dans le lit mineur * Installations d'abreuvoirs * Récupération / traitement des déjections	* Ecrevisses à pattes blanches (<i>Austropotamobius pallipes</i>)	* Conservation du site en état * Information du public * Suivi des populations * Surveillance de l'impact du pastoralisme * Densification de la ripisylve * Introduction d'espèces exogènes à bannir * Mise en place d'un arrêté de protection de biotope * Eviter l'augmentation de l'imperméabilisation des sols dans le bassin-versant intermédiaire (routes, parkings, constructions)
BAYEUX	Intermédiaire (de l'aval de St-Antonin à la confluence de Roques-Hautes)	* Rejet des assainissements individuels	* Amélioration de la qualité des effluents		
	Aval (de la confluence de Roques-Hautes à la confluence avec l'Arc)	* Rejet des assainissements individuels et collectifs (Beaurecueil + St-Antonin)	* Amélioration de la qualité des effluents		

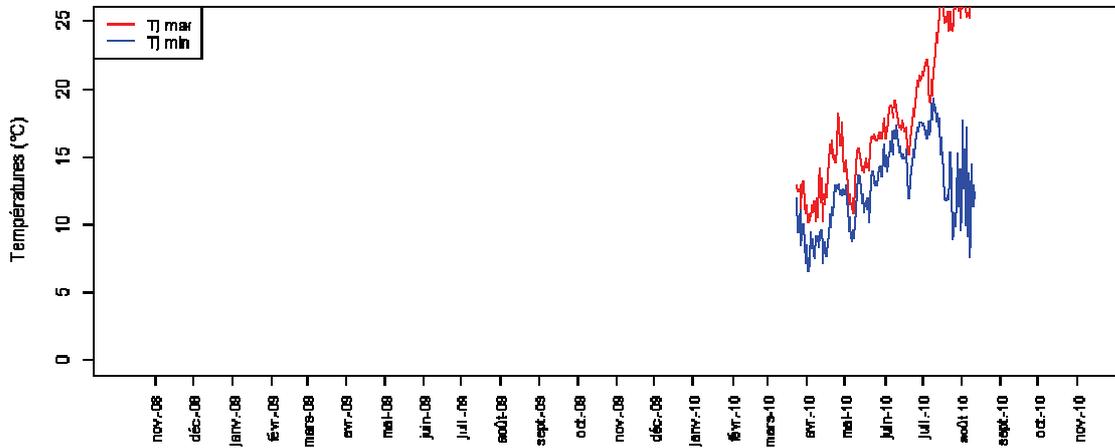
	Secteurs	Incrustation calcaire		Thermie		Hydrologie							
		Observations	Préconisations	Observations	Préconisations	Observations	Préconisations						
ROQUES-HAUTES	Intégralité	Modérée		* Températures fraîches et stables * Alimentation karstique en provenance de la retenue de Bimont	* Préservation de la ripisylve	* Ecoulements superficiels permanents	* Limitation des prélèvements d'eau						
								Amont de la retenue de Bimont	Forte	* Laisser / favoriser et gérer les obstacles de bois mort pour accentuer la rétention temporaire du charriage de fond	* Saisonnalité marquée	* Ecoulements superficiels temporaires	* Limitation des prélèvements d'eau * Eviter les soutiens d'étiage
INFERNET	Intégralité	Forte		* Laisser / favoriser et gérer les obstacles de bois mort pour accentuer la rétention temporaire du charriage de fond	* Préservation de la ripisylve	* Ecoulements superficiels temporaires	* Limitation des prélèvements d'eau * Eviter les soutiens d'étiage						

	Secteurs	Pollutions		Espèces protégées	
		Sources potentielles	Préconisations	Observations	Préconisations
ROQUES-HAUTES	Intégralité	* Macro-déchets * Pâturage	* Sensibilisation du public aux problèmes des déchets * Eviter la pénétration des troupeaux dans le lit mineur * Installations d'abreuvoirs * Récupération / Traitement des déjections	* Ecrevisses à pattes blanches (<i>Austropotamobius pallipes</i>)	* Conservation du site en état * Information du public * Aménagements pour l'accueil touristique (sanitaires) * Suivi des populations * Surveillance de l'impact du pastoralisme * Densification de la ripisylve * Introduction d'espèces exogènes à bannir * Mise en place d'un arrêté de protection de biotope * Favoriser l'infiltration du ruissellement des voies de circulation
		* Rejet des assainissements individuels et collectifs (Vauvenargues) * Macro-déchets * Décharges sauvages	* Amélioration de la qualité des effluents * Sensibilisation du public aux problèmes des déchets / décharge sauvage		
CAUSE	Amont de la retenue de Bimont	* Rejet des assainissements individuels et collectifs (Tholonet)	* Amélioration de la qualité des effluents		
	Aval de la retenue de Zola		* Amélioration de la qualité des effluents		
INFERNET	Intégralité				

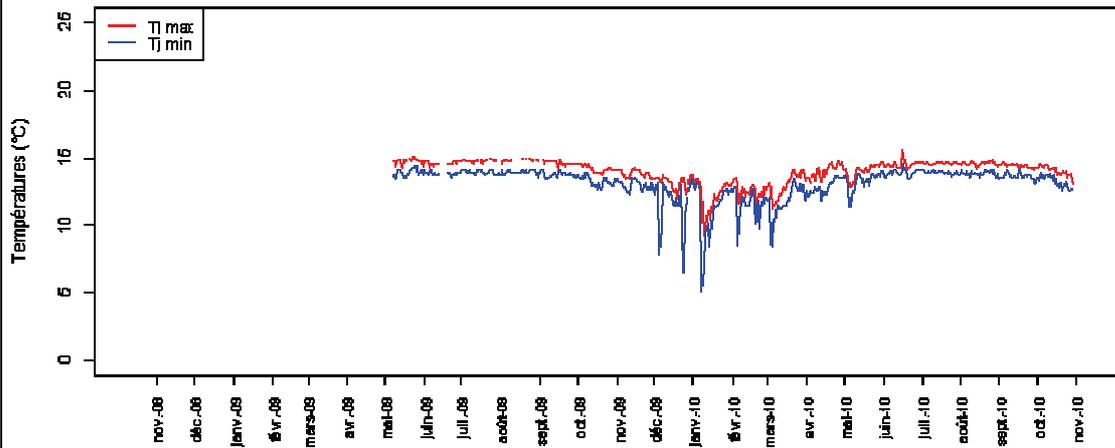
Annexes

Annexe 1 : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans l'Abéou.

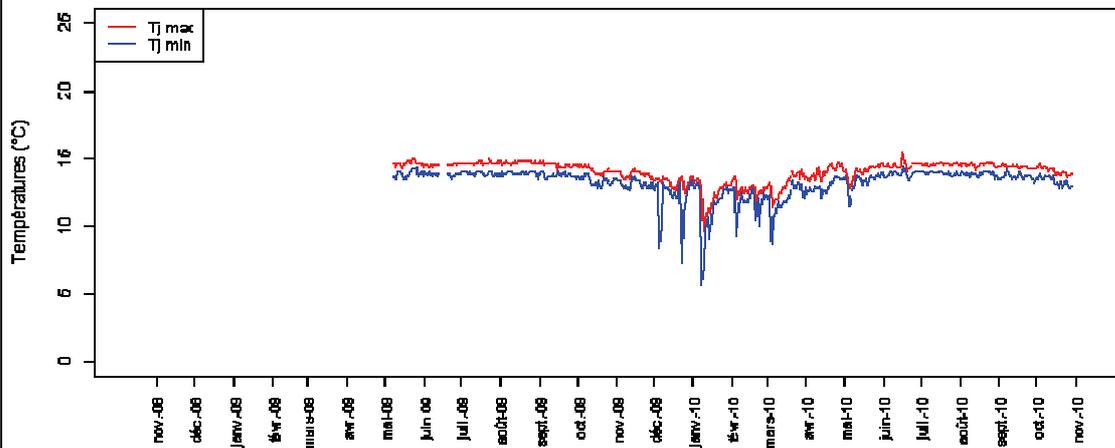
Abéou 1



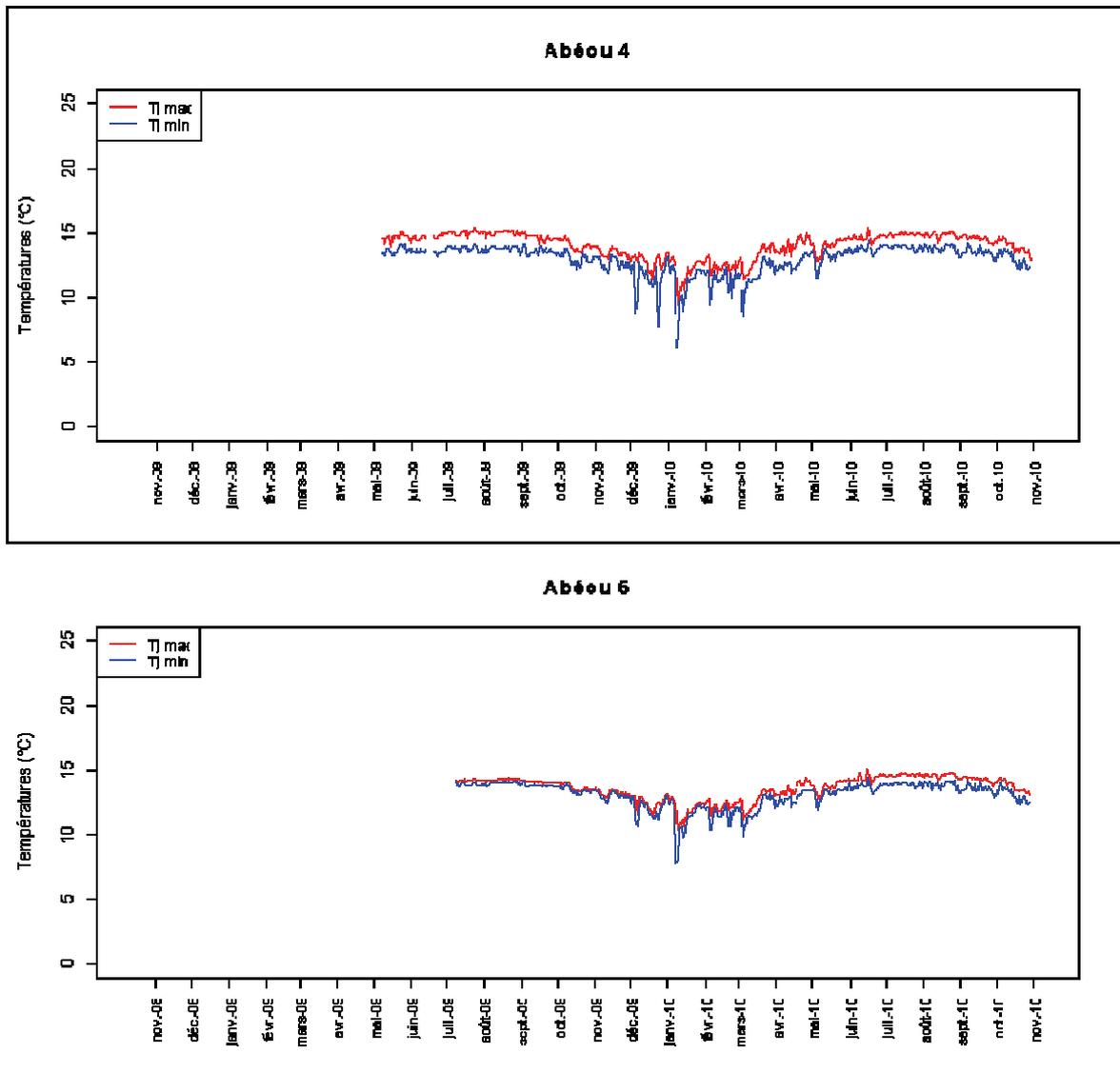
Abéou 2



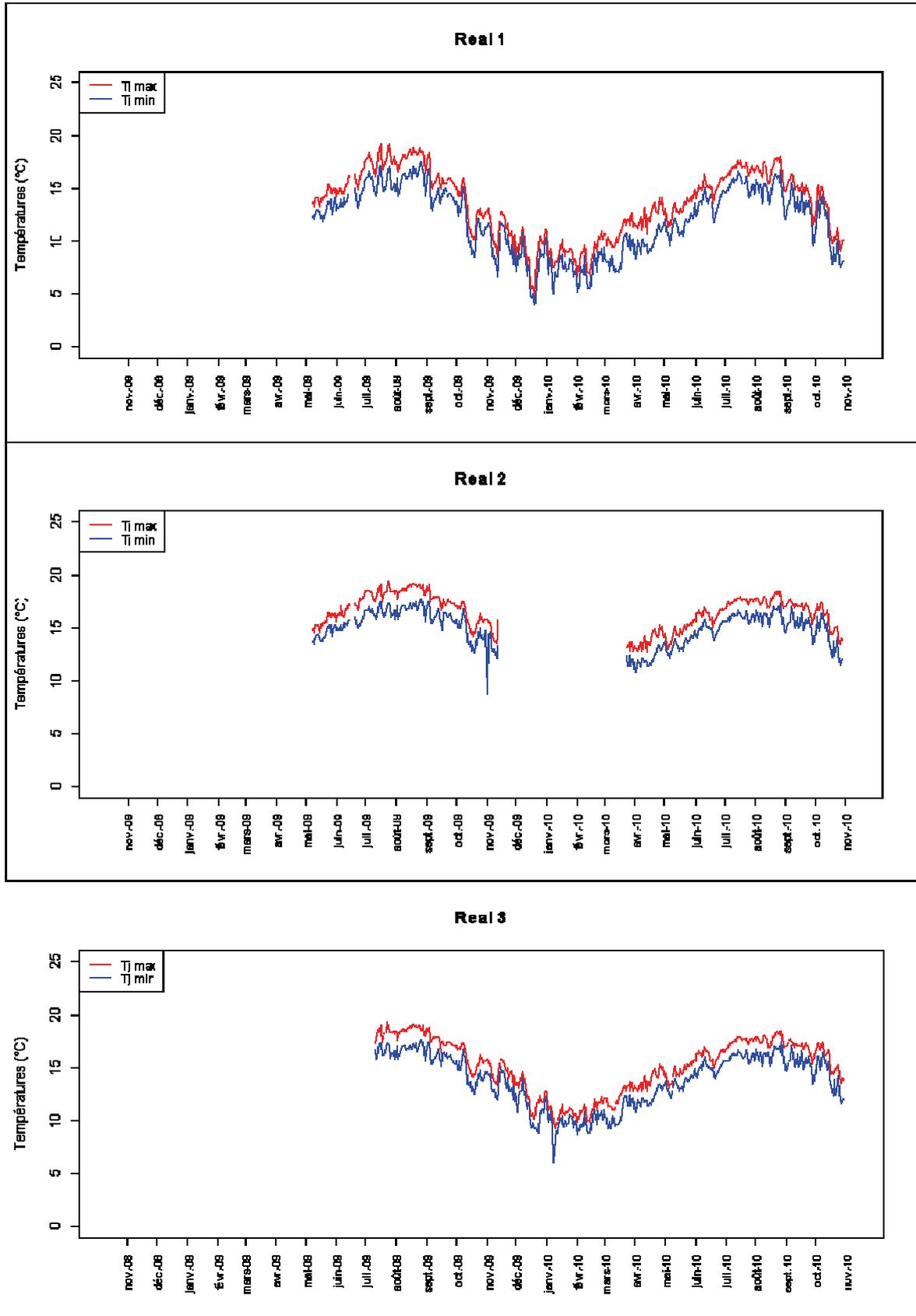
Abéou 3



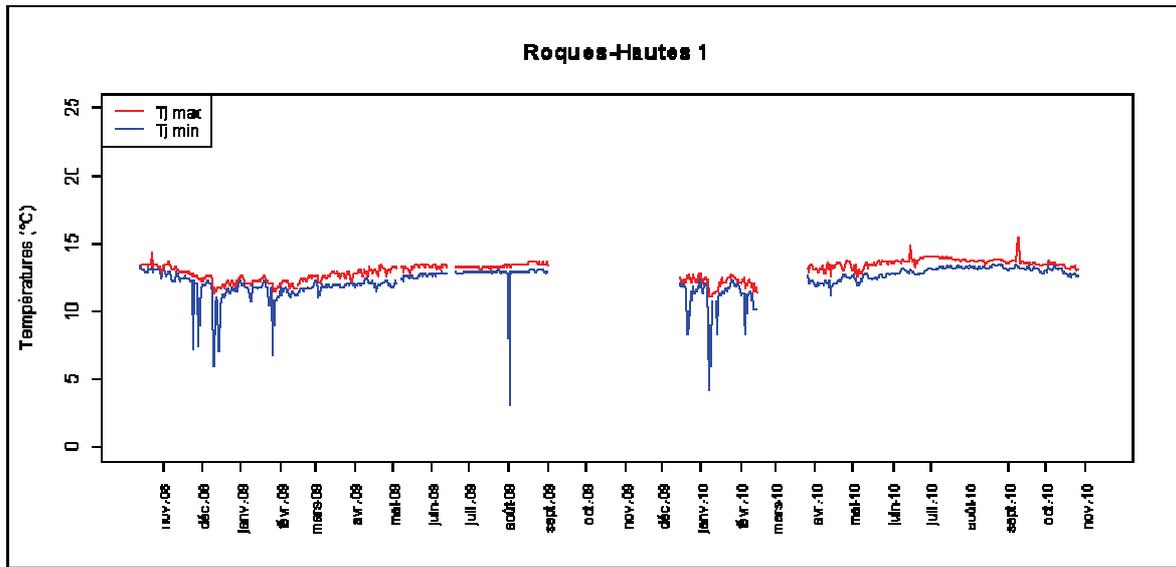
Annexe 1 (suite) : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans l'Abéou.



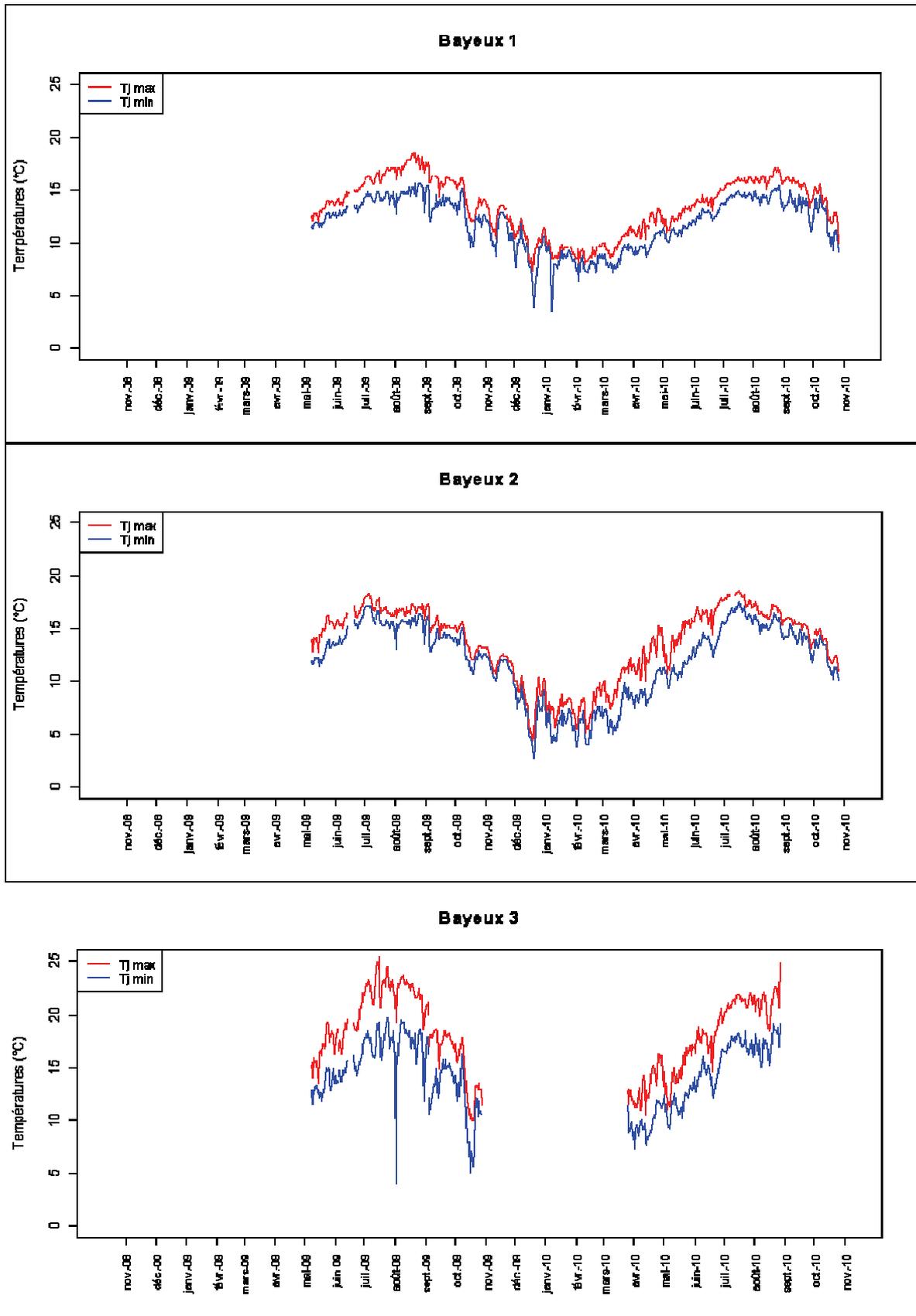
Annexe 2 : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans le Réal de Jouques.



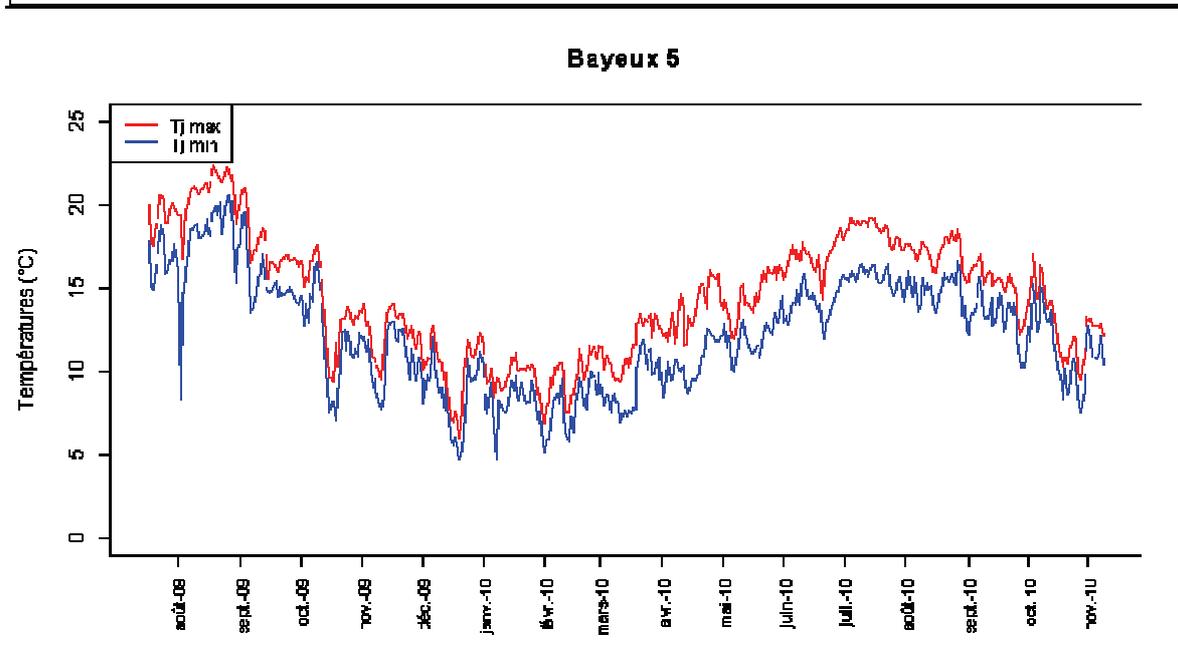
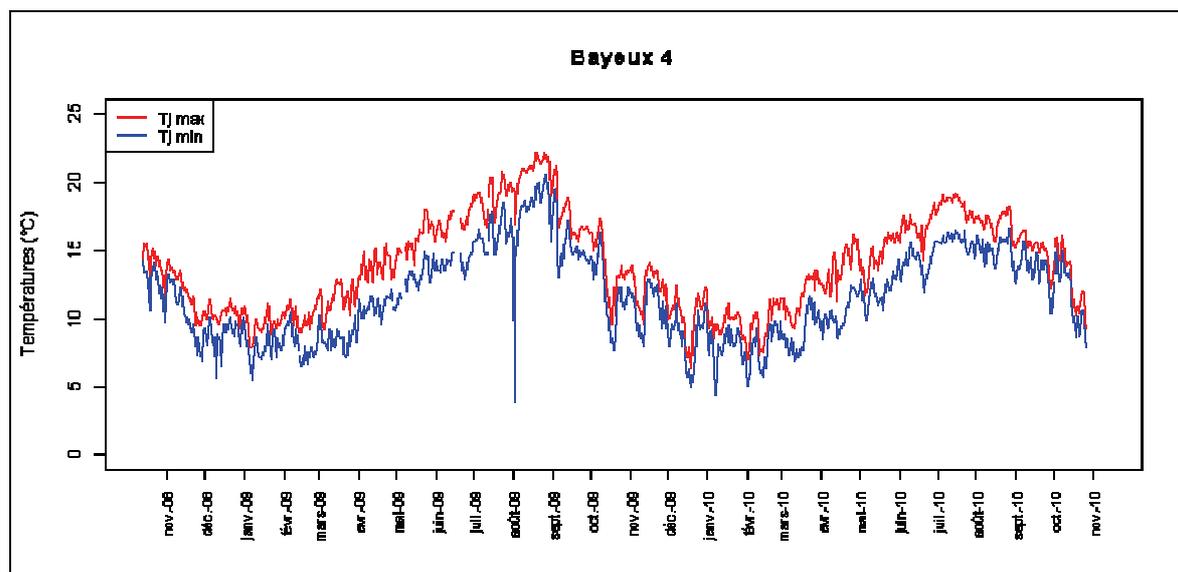
Annexe 3 : Températures minimales et maximales enregistrées par le capteur thermique installé dans le ruisseau de Roques-Hautes.



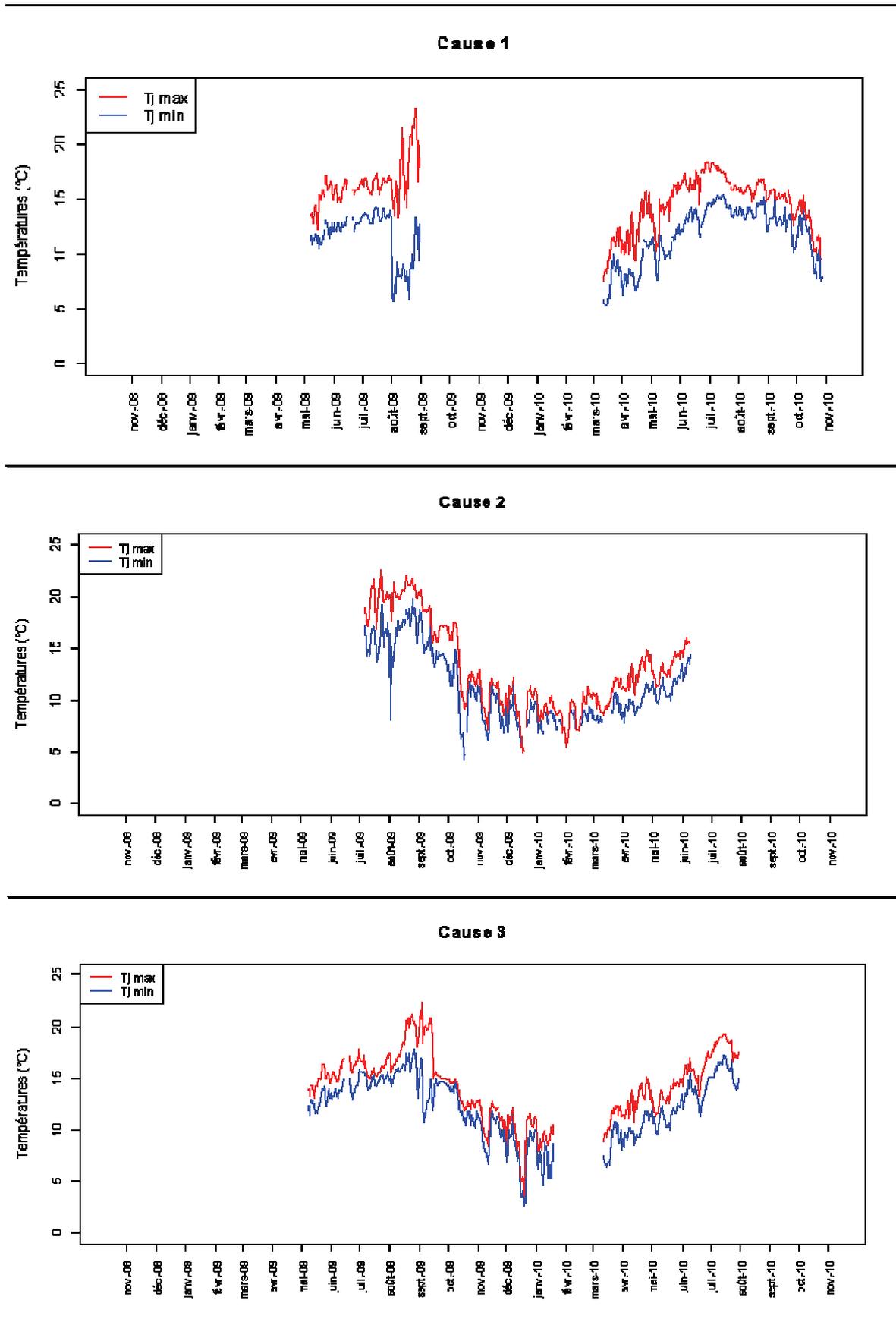
Annexe 4 : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans le Bayeux.



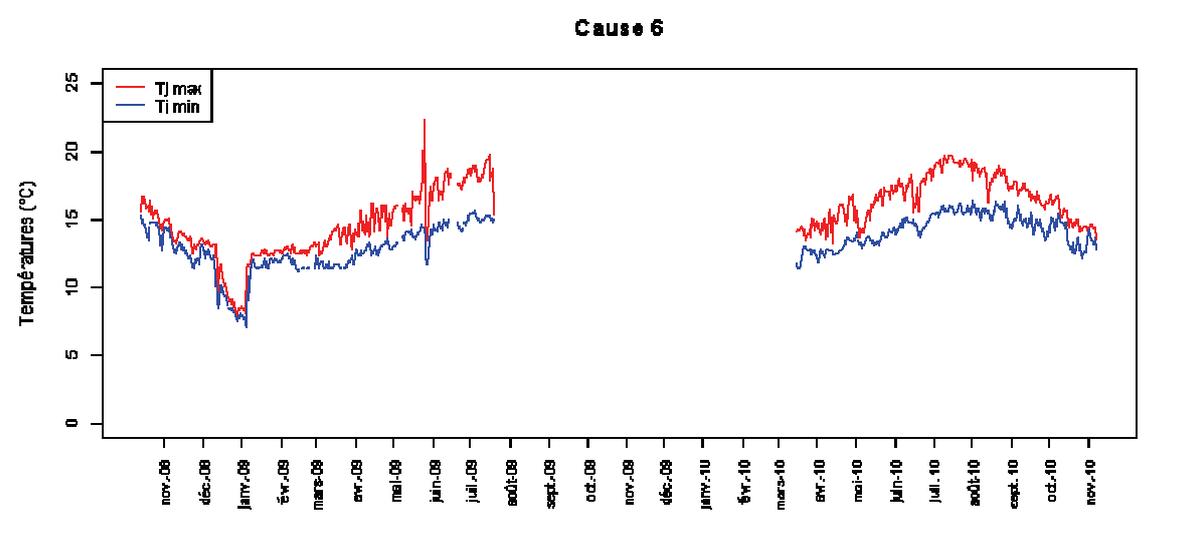
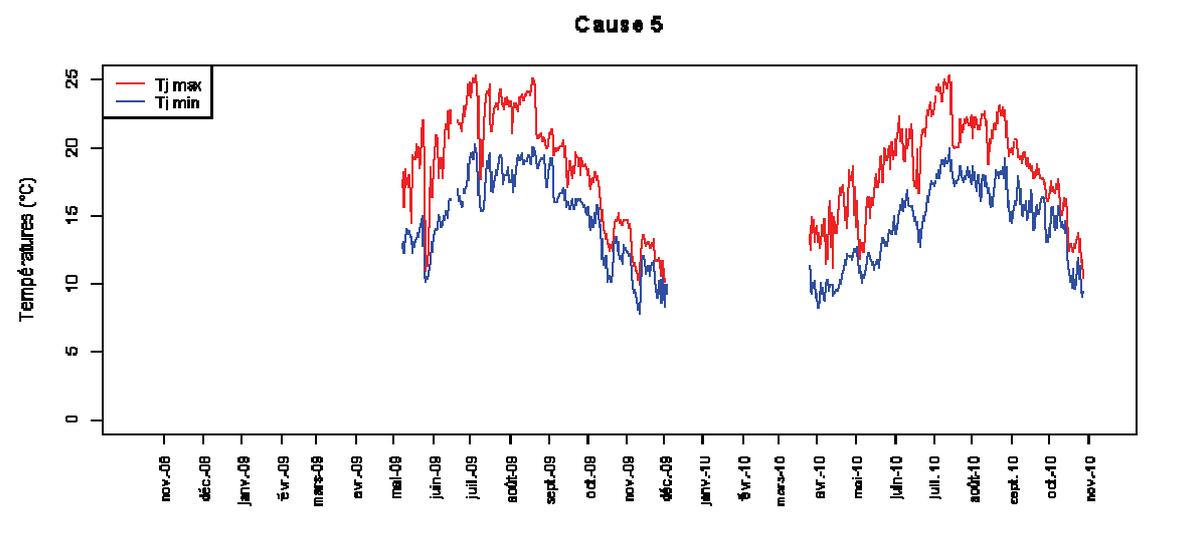
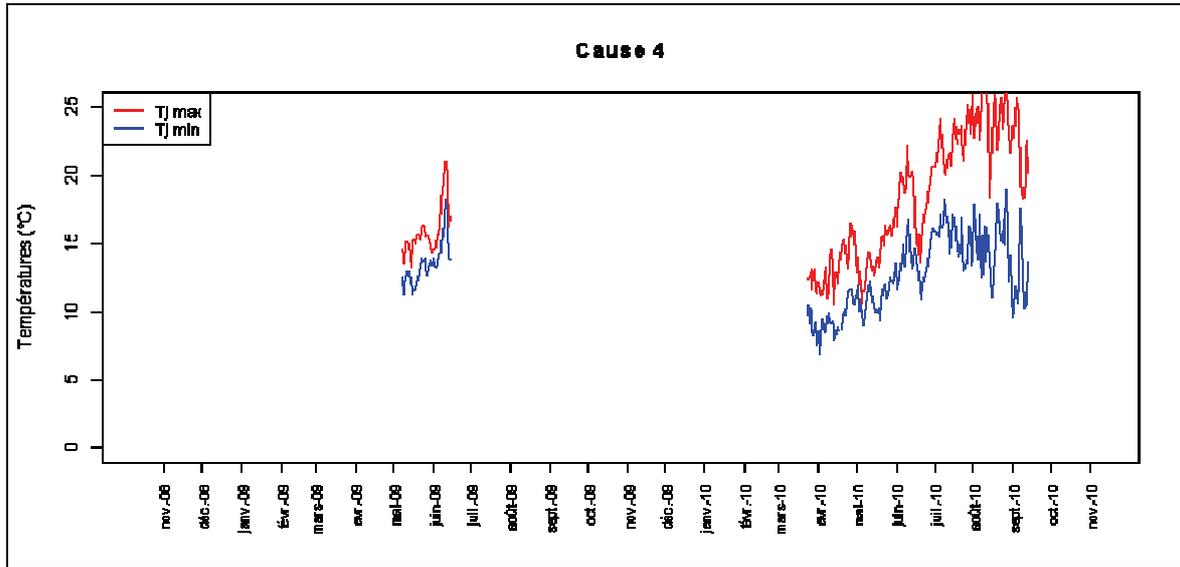
Annexe 4 (suite) : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans le Bayeux.



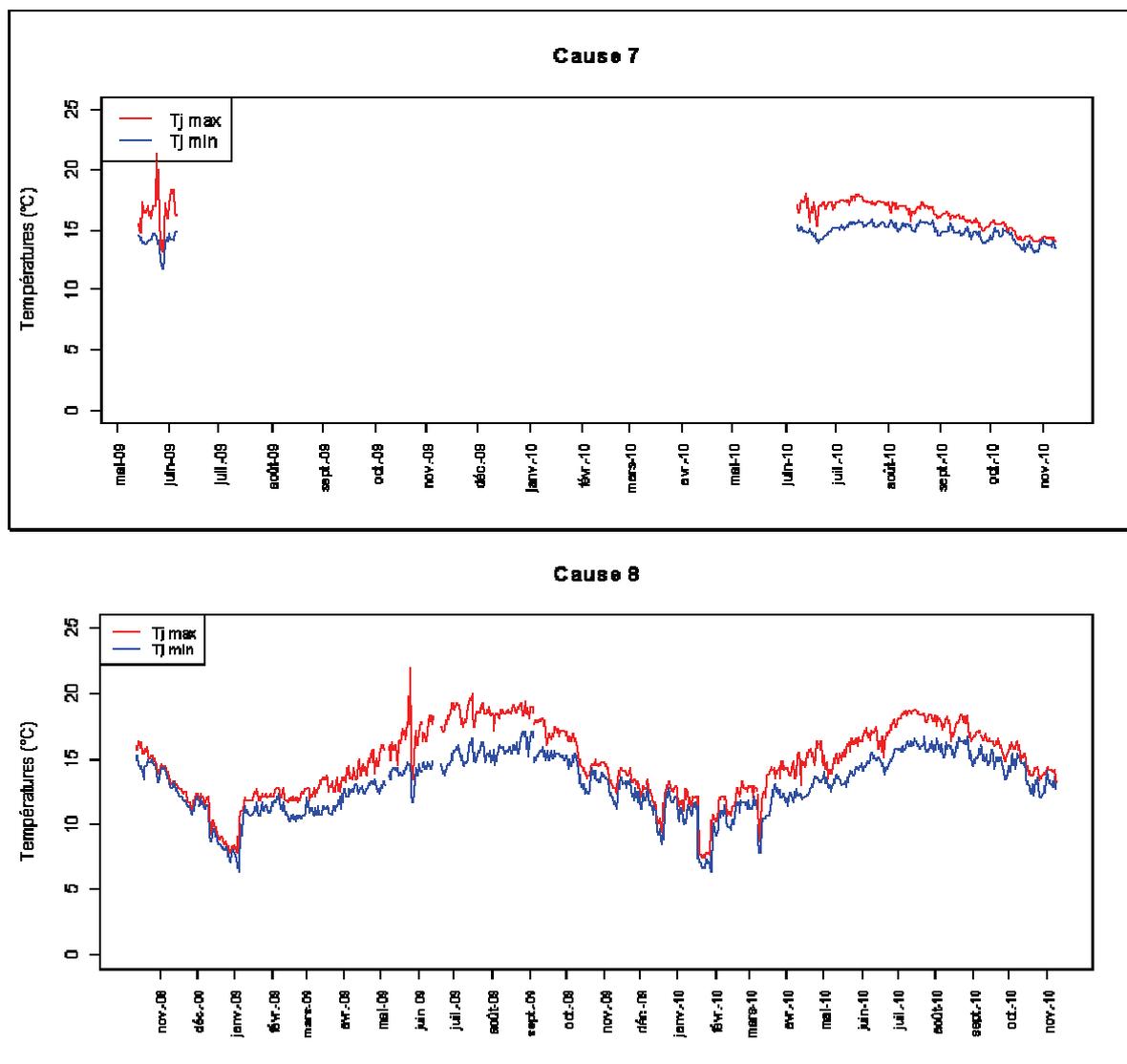
Annexe 5 : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans la Cause.



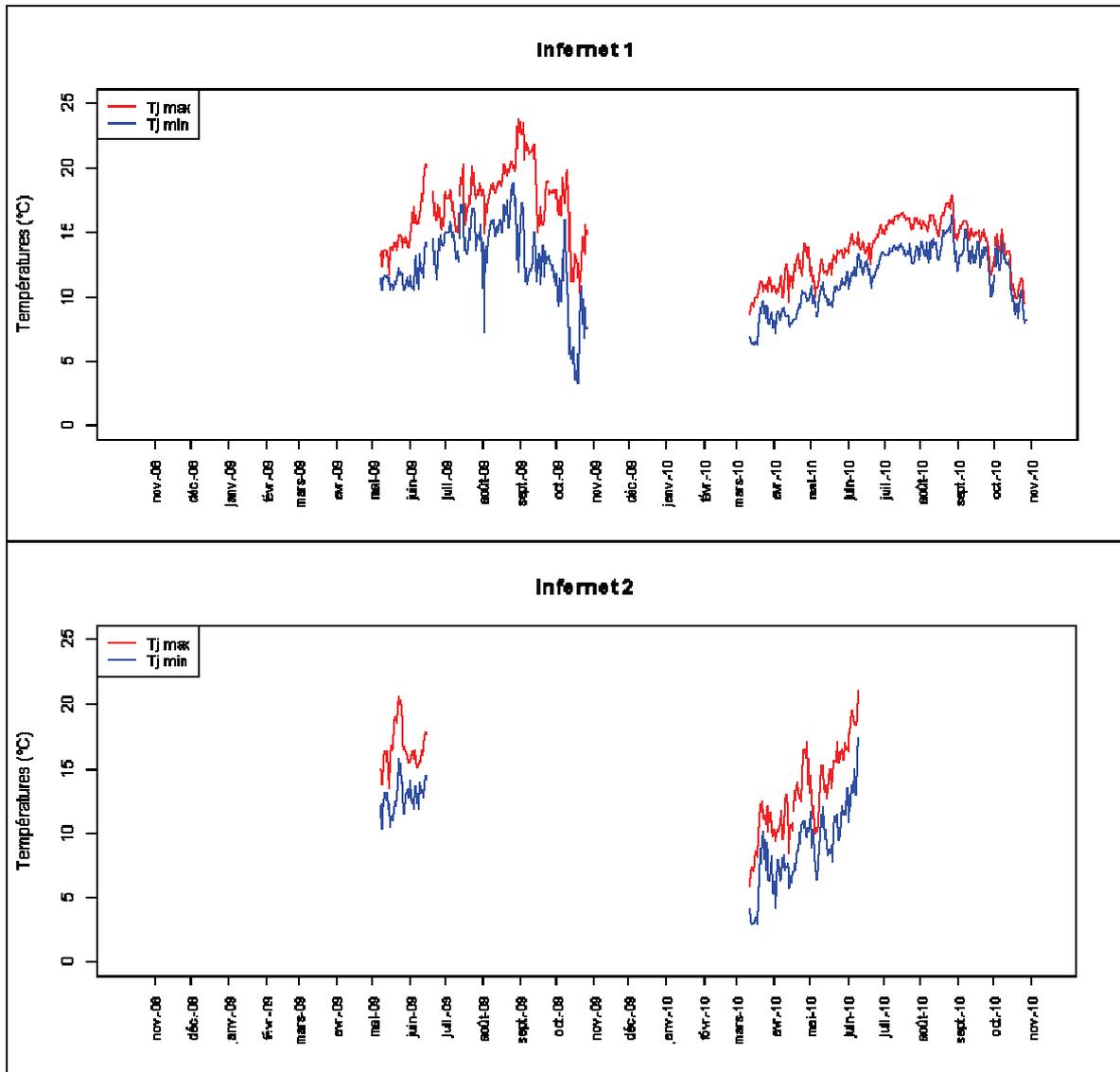
Annexe 5 (suite 2/3) : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans la Cause.



Annexe 5 (suite 3/3) : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans la Cause.



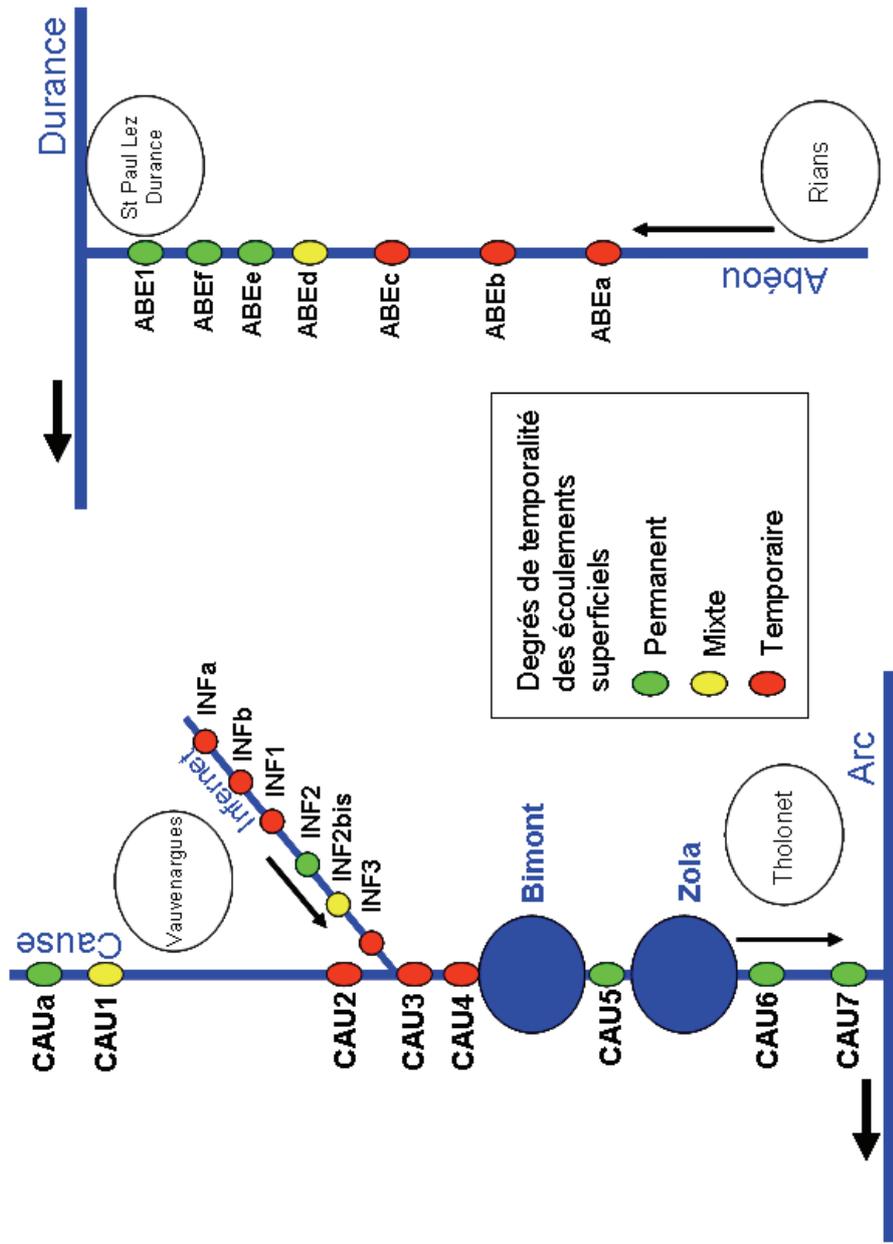
Annexe 6 : Températures minimales et maximales enregistrées par les capteurs thermiques installés dans l'Infernet.



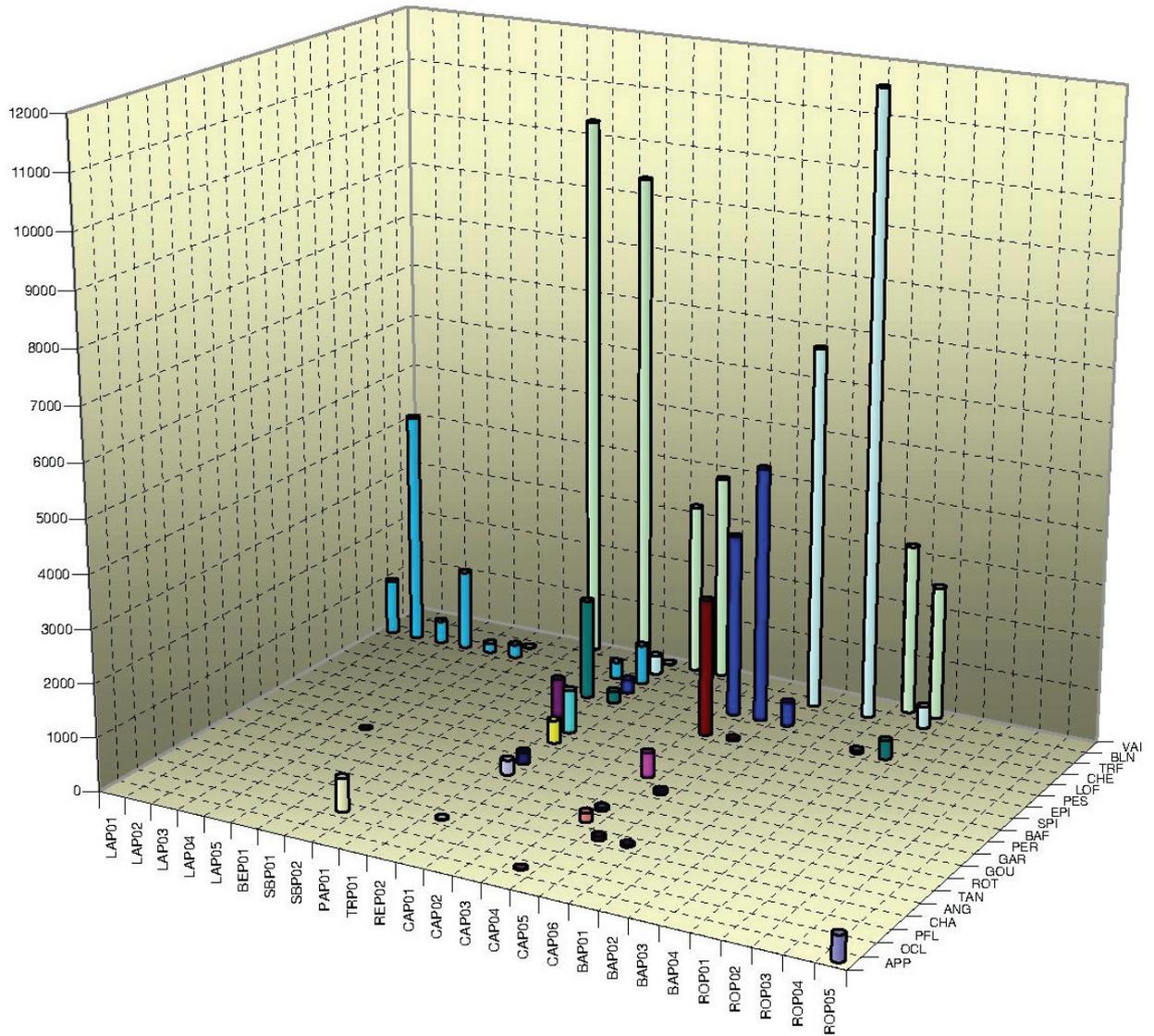
Annexe 8 : Liste faunistique en présence (« 1 ») / absence au niveau spécifique par tronçon d'étude.

Ordre	Famille	Code tronçon	Bayeux							Roc-Htes							Cause							Infernet							Absou							Réal							Cha-Mer					Occurrence																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			BA1	BA2	BA3	BA3bis	BA4	BA5	BA6	ROQ1	RO2	CA8a	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	INFa	INFb	INF1	INF2	INF3	ABEa	ABEb	ABEc	ABEd	ABEe	ABEf	ABEg	REa	REb	REc	REd	REe	REf	REg	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10	CH11		CH12	CH13	CH14	CH15	CH16	CH17	CH18	CH19	CH20	CH21	CH22	CH23	CH24	CH25	CH26	CH27	CH28	CH29	CH30	CH31	CH32	CH33	CH34	CH35	CH36	CH37	CH38	CH39	CH40	CH41	CH42	CH43	CH44	CH45	CH46	CH47	CH48	CH49	CH50	CH51	CH52	CH53	CH54	CH55	CH56	CH57	CH58	CH59	CH60	CH61	CH62	CH63	CH64	CH65	CH66	CH67	CH68	CH69	CH70	CH71	CH72	CH73	CH74	CH75	CH76	CH77	CH78	CH79	CH80	CH81	CH82	CH83	CH84	CH85	CH86	CH87	CH88	CH89	CH90	CH91	CH92	CH93	CH94	CH95	CH96	CH97	CH98	CH99	CH100	CH101	CH102	CH103	CH104	CH105	CH106	CH107	CH108	CH109	CH110	CH111	CH112	CH113	CH114	CH115	CH116	CH117	CH118	CH119	CH120	CH121	CH122	CH123	CH124	CH125	CH126	CH127	CH128	CH129	CH130	CH131	CH132	CH133	CH134	CH135	CH136	CH137	CH138	CH139	CH140	CH141	CH142	CH143	CH144	CH145	CH146	CH147	CH148	CH149	CH150	CH151	CH152	CH153	CH154	CH155	CH156	CH157	CH158	CH159	CH160	CH161	CH162	CH163	CH164	CH165	CH166	CH167	CH168	CH169	CH170	CH171	CH172	CH173	CH174	CH175	CH176	CH177	CH178	CH179	CH180	CH181	CH182	CH183	CH184	CH185	CH186	CH187	CH188	CH189	CH190	CH191	CH192	CH193	CH194	CH195	CH196	CH197	CH198	CH199	CH200	CH201	CH202	CH203	CH204	CH205	CH206	CH207	CH208	CH209	CH210	CH211	CH212	CH213	CH214	CH215	CH216	CH217	CH218	CH219	CH220	CH221	CH222	CH223	CH224	CH225	CH226	CH227	CH228	CH229	CH230	CH231	CH232	CH233	CH234	CH235	CH236	CH237	CH238	CH239	CH240	CH241	CH242	CH243	CH244	CH245	CH246	CH247	CH248	CH249	CH250	CH251	CH252	CH253	CH254	CH255	CH256	CH257	CH258	CH259	CH260	CH261	CH262	CH263	CH264	CH265	CH266	CH267	CH268	CH269	CH270	CH271	CH272	CH273	CH274	CH275	CH276	CH277	CH278	CH279	CH280	CH281	CH282	CH283	CH284	CH285	CH286	CH287	CH288	CH289	CH290	CH291	CH292	CH293	CH294	CH295	CH296	CH297	CH298	CH299	CH300	CH301	CH302	CH303	CH304	CH305	CH306	CH307	CH308	CH309	CH310	CH311	CH312	CH313	CH314	CH315	CH316	CH317	CH318	CH319	CH320	CH321	CH322	CH323	CH324	CH325	CH326	CH327	CH328	CH329	CH330	CH331	CH332	CH333	CH334	CH335	CH336	CH337	CH338	CH339	CH340	CH341	CH342	CH343	CH344	CH345	CH346	CH347	CH348	CH349	CH350	CH351	CH352	CH353	CH354	CH355	CH356	CH357	CH358	CH359	CH360	CH361	CH362	CH363	CH364	CH365	CH366	CH367	CH368	CH369	CH370	CH371	CH372	CH373	CH374	CH375	CH376	CH377	CH378	CH379	CH380	CH381	CH382	CH383	CH384	CH385	CH386	CH387	CH388	CH389	CH390	CH391	CH392	CH393	CH394	CH395	CH396	CH397	CH398	CH399	CH400	CH401	CH402	CH403	CH404	CH405	CH406	CH407	CH408	CH409	CH410	CH411	CH412	CH413	CH414	CH415	CH416	CH417	CH418	CH419	CH420	CH421	CH422	CH423	CH424	CH425	CH426	CH427	CH428	CH429	CH430	CH431	CH432	CH433	CH434	CH435	CH436	CH437	CH438	CH439	CH440	CH441	CH442	CH443	CH444	CH445	CH446	CH447	CH448	CH449	CH450	CH451	CH452	CH453	CH454	CH455	CH456	CH457	CH458	CH459	CH460	CH461	CH462	CH463	CH464	CH465	CH466	CH467	CH468	CH469	CH470	CH471	CH472	CH473	CH474	CH475	CH476	CH477	CH478	CH479	CH480	CH481	CH482	CH483	CH484	CH485	CH486	CH487	CH488	CH489	CH490	CH491	CH492	CH493	CH494	CH495	CH496	CH497	CH498	CH499	CH500	CH501	CH502	CH503	CH504	CH505	CH506	CH507	CH508	CH509	CH510	CH511	CH512	CH513	CH514	CH515	CH516	CH517	CH518	CH519	CH520	CH521	CH522	CH523	CH524	CH525	CH526	CH527	CH528	CH529	CH530	CH531	CH532	CH533	CH534	CH535	CH536	CH537	CH538	CH539	CH540	CH541	CH542	CH543	CH544	CH545	CH546	CH547	CH548	CH549	CH550	CH551	CH552	CH553	CH554	CH555	CH556	CH557	CH558	CH559	CH560	CH561	CH562	CH563	CH564	CH565	CH566	CH567	CH568	CH569	CH570	CH571	CH572	CH573	CH574	CH575	CH576	CH577	CH578	CH579	CH580	CH581	CH582	CH583	CH584	CH585	CH586	CH587	CH588	CH589	CH590	CH591	CH592	CH593	CH594	CH595	CH596	CH597	CH598	CH599	CH600	CH601	CH602	CH603	CH604	CH605	CH606	CH607	CH608	CH609	CH610	CH611	CH612	CH613	CH614	CH615	CH616	CH617	CH618	CH619	CH620	CH621	CH622	CH623	CH624	CH625	CH626	CH627	CH628	CH629	CH630	CH631	CH632	CH633	CH634	CH635	CH636	CH637	CH638	CH639	CH640	CH641	CH642	CH643	CH644	CH645	CH646	CH647	CH648	CH649	CH650	CH651	CH652	CH653	CH654	CH655	CH656	CH657	CH658	CH659	CH660	CH661	CH662	CH663	CH664	CH665	CH666	CH667	CH668	CH669	CH670	CH671	CH672	CH673	CH674	CH675	CH676	CH677	CH678	CH679	CH680	CH681	CH682	CH683	CH684	CH685	CH686	CH687	CH688	CH689	CH690	CH691	CH692	CH693	CH694	CH695	CH696	CH697	CH698	CH699	CH700	CH701	CH702	CH703	CH704	CH705	CH706	CH707	CH708	CH709	CH710	CH711	CH712	CH713	CH714	CH715	CH716	CH717	CH718	CH719	CH720	CH721	CH722	CH723	CH724	CH725	CH726	CH727	CH728	CH729	CH730	CH731	CH732	CH733	CH734	CH735	CH736	CH737	CH738	CH739	CH740	CH741	CH742	CH743	CH744	CH745	CH746	CH747	CH748	CH749	CH750	CH751	CH752	CH753	CH754	CH755	CH756	CH757	CH758	CH759	CH760	CH761	CH762	CH763	CH764	CH765	CH766	CH767	CH768	CH769	CH770	CH771	CH772	CH773	CH774	CH775	CH776	CH777	CH778	CH779	CH780	CH781	CH782	CH783	CH784	CH785	CH786	CH787	CH788	CH789	CH790	CH791	CH792	CH793	CH794	CH795	CH796	CH797	CH798	CH799	CH800	CH801	CH802	CH803	CH804	CH805	CH806	CH807	CH808	CH809	CH810	CH811	CH812	CH813	CH814	CH815	CH816	CH817	CH818	CH819	CH820	CH821	CH822	CH823	CH824	CH825	CH826	CH827	CH828	CH829	CH830	CH831	CH832	CH833	CH834	CH835	CH836	CH837	CH838	CH839	CH840	CH841	CH842	CH843	CH844	CH845	CH846	CH847	CH848	CH849	CH850	CH851	CH852	CH853	CH854	CH855	CH856	CH857	CH858	CH859	CH860	CH861	CH862	CH863	CH864	CH865	CH866	CH867	CH868	CH869	CH870	CH871	CH872	CH873	CH874	CH875	CH876	CH877	CH878	CH879	CH880	CH881	CH882	CH883	CH884	CH885	CH886	CH887	CH888	CH889	CH890	CH891	CH892	CH893	CH894	CH895	CH896	CH897	CH898	CH899	CH900	CH901	CH902	CH903	CH904	CH905	CH906	CH907	CH908	CH909	CH910	CH911	CH912	CH913	CH914	CH915	CH916	CH917	CH918	CH919	CH920	CH921	CH922	CH923	CH924	CH925	CH926	CH927	CH928	CH929	CH930	CH931	CH932	CH933	CH934	CH935	CH936	CH937	CH938	CH939	CH940	CH941	CH942	CH943	CH944	CH945	CH946	CH947	CH948	CH949	CH950	CH951	CH952	CH953	CH954	CH955	CH956	CH957	CH958	CH959	CH960	CH961	CH962	CH963	CH964	CH965	CH966	CH967	CH968	CH969	CH970	CH971	CH972	CH973	CH974	CH975	CH976	CH977	CH978	CH979	CH980	CH981	CH982	CH983	CH984	CH985	CH986	CH987	CH988	CH989	CH990	CH991	CH992	CH993	CH994	CH995	CH996	CH997	CH998	CH999	CH1000	CH1001	CH1002	CH1003	CH1004	CH1005	CH1006	CH1007	CH1008	CH1009	CH1010	CH1011	CH1012	CH1013	CH1014	CH1015	CH1016	CH1017	CH1018	CH1019	CH1020	CH1021	CH1022	CH1023	CH1024	CH1025	CH1026	CH1027	CH1028	CH1029	CH1030	CH1031	CH1032	CH1033	CH1034	CH1035	CH1036	CH1037	CH1038	CH1039	CH1040	CH1041	CH1042	CH1043	CH1044	CH1045	CH1046	CH1047	CH1048	CH1049	CH1050	CH1051	CH1052	CH1053	CH1054	CH1055	CH1056	CH1057	CH1058	CH1059	CH1060	CH1061	CH1062	CH1063	CH1064	CH1065	CH1066	CH1067	CH1068	CH1069	CH1070	CH1071	CH1072	CH1073	CH1074	CH1075	CH1076	CH1077	CH1078	CH1079	CH1080	CH1081	CH1082	CH1083	CH1084	CH1085	CH1086	CH1087	CH1088	CH1089	CH1090	CH1091	CH1092	CH1093	CH1094	CH1095	CH1096	CH1097	CH1098	CH1099	CH1100	CH1101	CH1102	CH1103	CH1104	CH1105	CH1106	CH1107	CH1108	CH1109	CH1110	CH1111	CH1112	CH1113	CH1114	CH1115	CH1116	CH1117	CH1118	CH1119	CH1120	CH1121	CH1122	CH1123	CH1124	CH1125	CH1126	CH1127	CH1128	CH1129	CH1130	CH1131	CH1132	CH1133	CH1134	CH1135	CH1136	CH1137	CH1138	CH1139	CH1140	CH1141	CH1142	CH1143	CH1144	CH1145	CH1146	CH1147	CH1148	CH1149	CH1150	CH1151	CH1152	CH1153	CH1154	CH1155	CH1156	CH1157	CH1158	CH1159	CH1160	CH1161	CH1162	CH1163	CH1164	CH1165	CH1166	CH1167	CH1168	CH1169	CH1170	CH1171	CH1172	CH1173	CH1174

Annexe 9 : Schémas conceptuels des rivières de la Cause et de l'Abéou, localisation des tronçons d'étude et représentation du degré de temporalité des écoulements superficiels au niveau de ces tronçons.



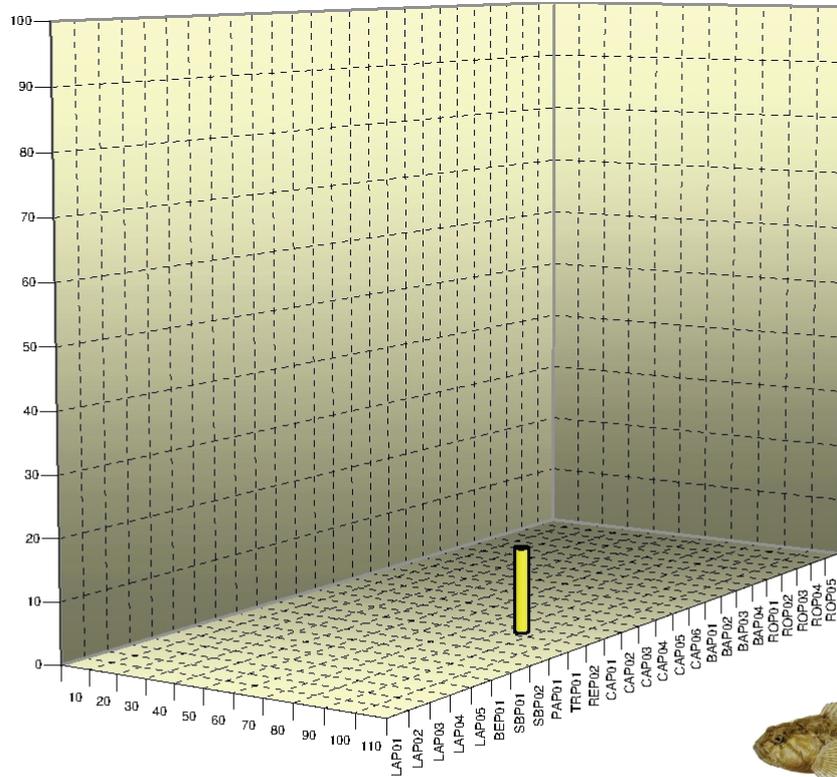
Annexe 10 : Densité piscicole à l'hectare par station de pêche et par espèce dans les rivières du territoire d'action du GSSV.



	LAP01	LAP02	LAP03	LAP04	LAP05	BEP01	SBP01	SBP02	PAP01	TRP01	REP02	CAP01	CAP02	CAP03	CAP04	CAP05	CAP06	BAP01	BAP02	BAP03	BAP04	ROP01	ROP02	ROP03	ROP04	ROP05	
APP																										471	
OCL															19												
PFL							625																				
CHA										14																	
ANG																	71	40									
TAN															172												
ROT															57												
GOU											278																
GAR						8					227						71										
PER															480												
BAF											432																
SPI											819																
EPI										737																	
PES															2598	36											
LOF										1995	222										59	356					
CHE											264				3448	4821	455										
TRF	1050	4444	427	1523	176	253				316	748																
BLN						19																					
VAI								10312		9369	14	3230	3873														

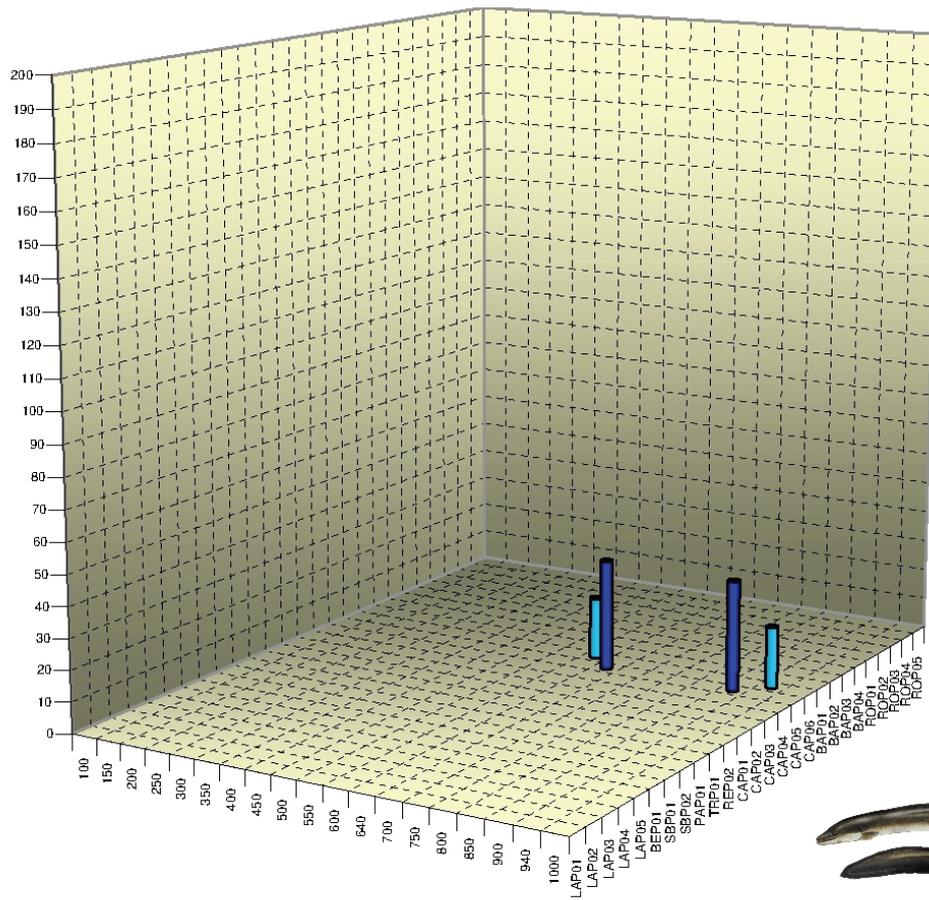
Annexe 11 : Densité par classe de taille et par station des 16 espèces de poissons recensées.

1. Le Chabot : *Cottus gobio*



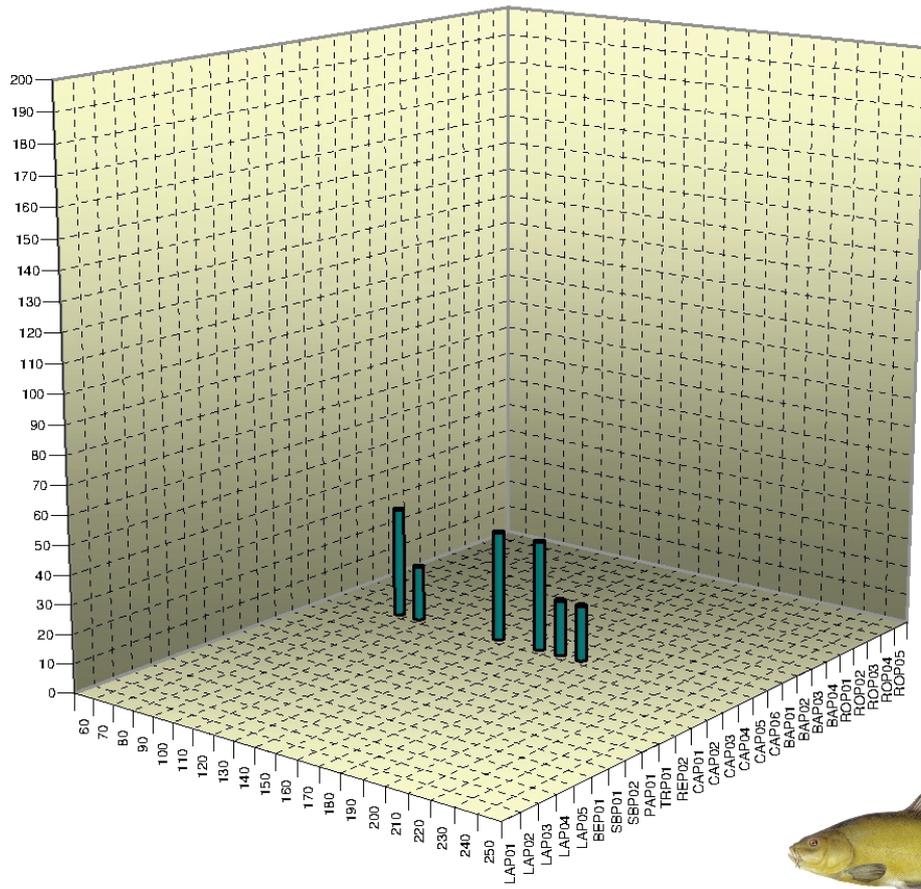
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
■ LAP01											
■ LAP02											
■ LAP03											
■ LAP04											
■ LAP05											
■ BEP01											
■ SBP01											
■ SBP02											
■ PAP01											
■ TRP01							14				
■ REP02											
■ CAP01											
■ CAP02											
■ CAP03											
■ CAP04											
■ CAP05											
■ CAP06											
■ BAP01											
■ BAP02											
■ BAP03											
■ BAP04											
■ ROP01											
■ ROP02											
■ ROP03											
■ ROP04											
■ ROP05											

2. L'anguille : *Anguilla anguilla*



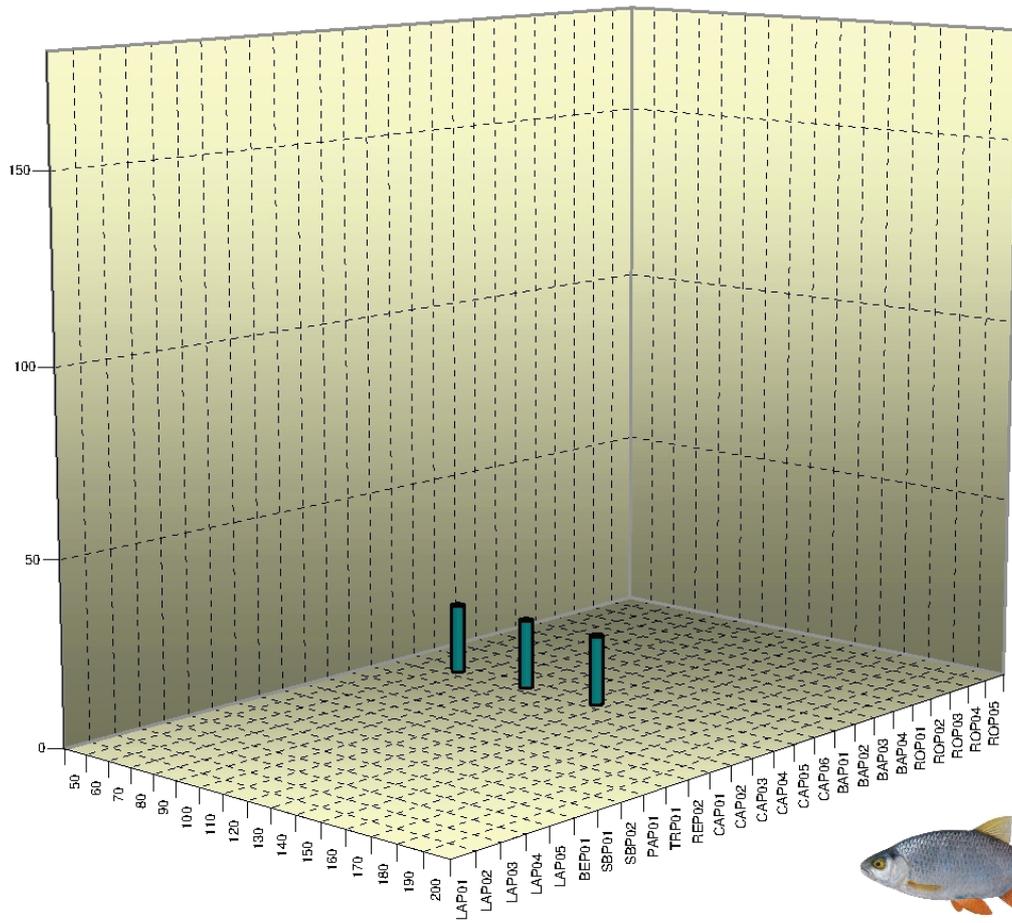
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	640	700	750	800	850	900	940	1000	
LAP01																				
LAP02																				
LAP03																				
LAP04																				
LAP05																				
SEP01																				
SEP02																				
PAP01																				
TRP01																				
REP02																				
CAP01																				
CAP02																				
CAP03																				
CAP04																				
CAP05												36								
CAP06																	36			
BAP01											20							20		
BAP02																				
BAP03																				
BAP04																				
ROP01																				
ROP02																				
ROP03																				
ROP04																				
ROP05																				

3. La Tanche : *Tinca tinca*.



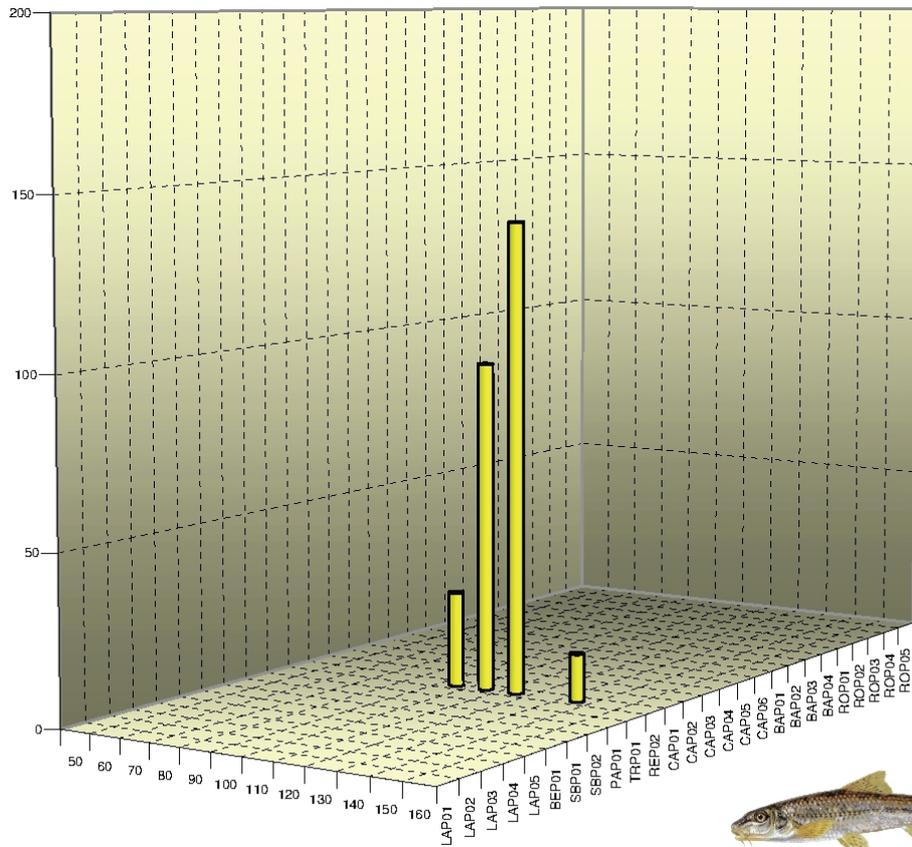
	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
LAP01																					
LAP02																					
LAP03																					
LAP04																					
LAP05																					
SBP01																					
SBP02																					
PAP01																					
TRP01																					
REP02																					
CAP01																					
CAP02																					
CAP03																					
CAP04				38	19				38		38	19	19								
CAP05																					
CAP06																					
BAP01																					
BAP02																					
BAP03																					
BAP04																					
ROP01																					
ROP02																					
ROP03																					
ROP04																					
ROP05																					

4. Le Rotengle : *Scardinius erythrophthalmus*.



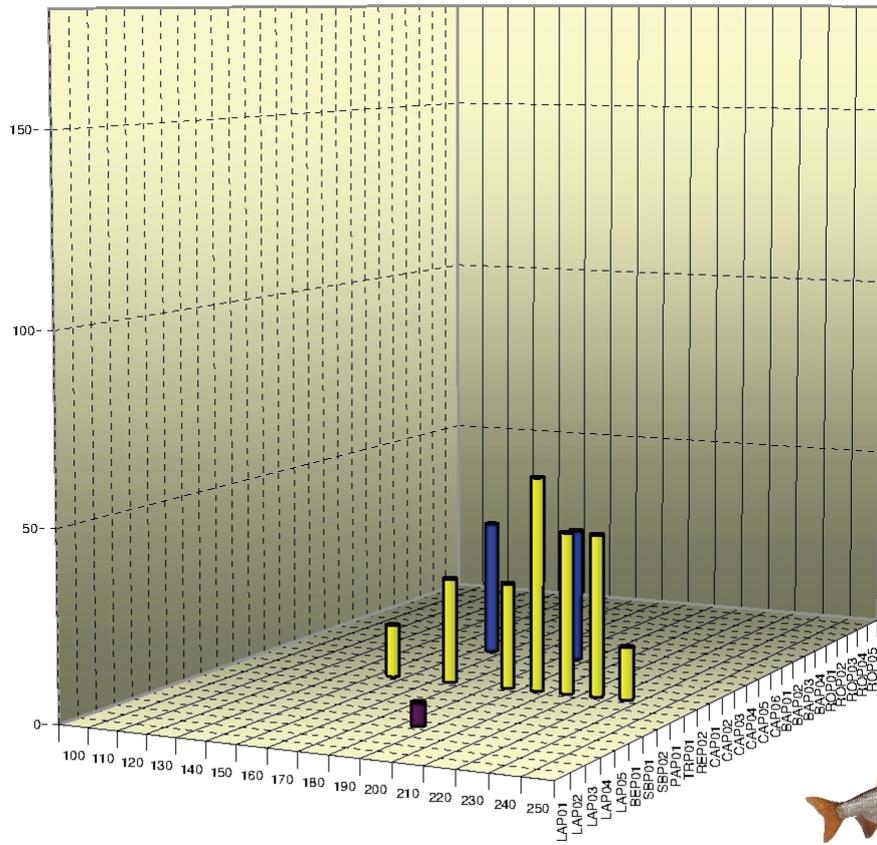
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
■ LAP01																
■ LAP02																
■ LAP03																
■ LAP04																
■ LAP05																
■ BEP01																
■ SBP01																
■ SBP02																
■ PAP01																
■ TRP01																
■ TRP02																
■ CAP01																
■ CAP02																
■ CAP03																
■ CAP04				19			19			19						
■ CAP05																
■ CAP06																
■ BAP01																
■ BAP02																
■ BAP03																
■ BAP04																
■ ROP01																
■ ROP02																
■ ROP03																
■ ROP04																
■ ROP05																

5. Le goujon : *Gobio gobio*.



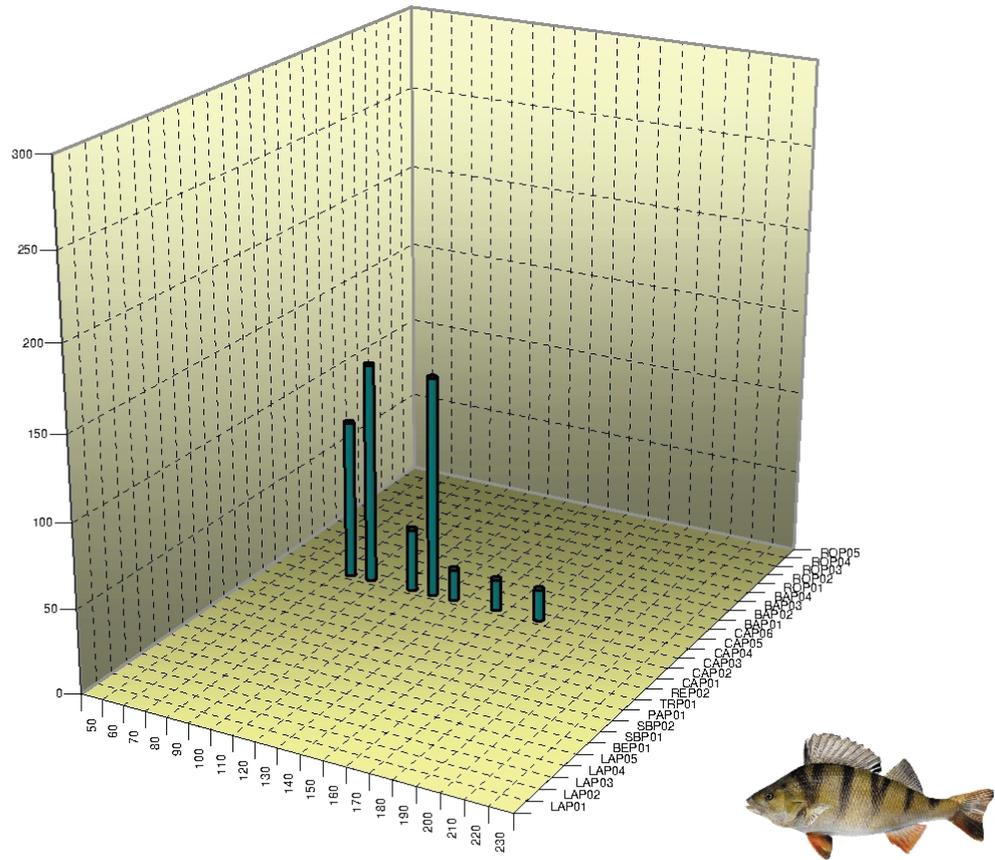
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
■ LAP01												
■ LAP02												
■ LAP03												
■ LAP04												
■ LAP05												
■ BEP01												
■ SBP01												
■ SBP02												
■ PAP01												
■ TRP01												
■ REP02						28	97	139		14		
■ CAP01												
■ CAP02												
■ CAP03												
■ CAP04												
■ CAP05												
■ CAP06												
■ BAP01												
■ BAP02												
■ BAP03												
■ BAP04												
■ ROP01												
■ ROP02												
■ ROP03												
■ ROP04												
■ ROP05												

6. Le Gardon : *Rutilus rutilus*.



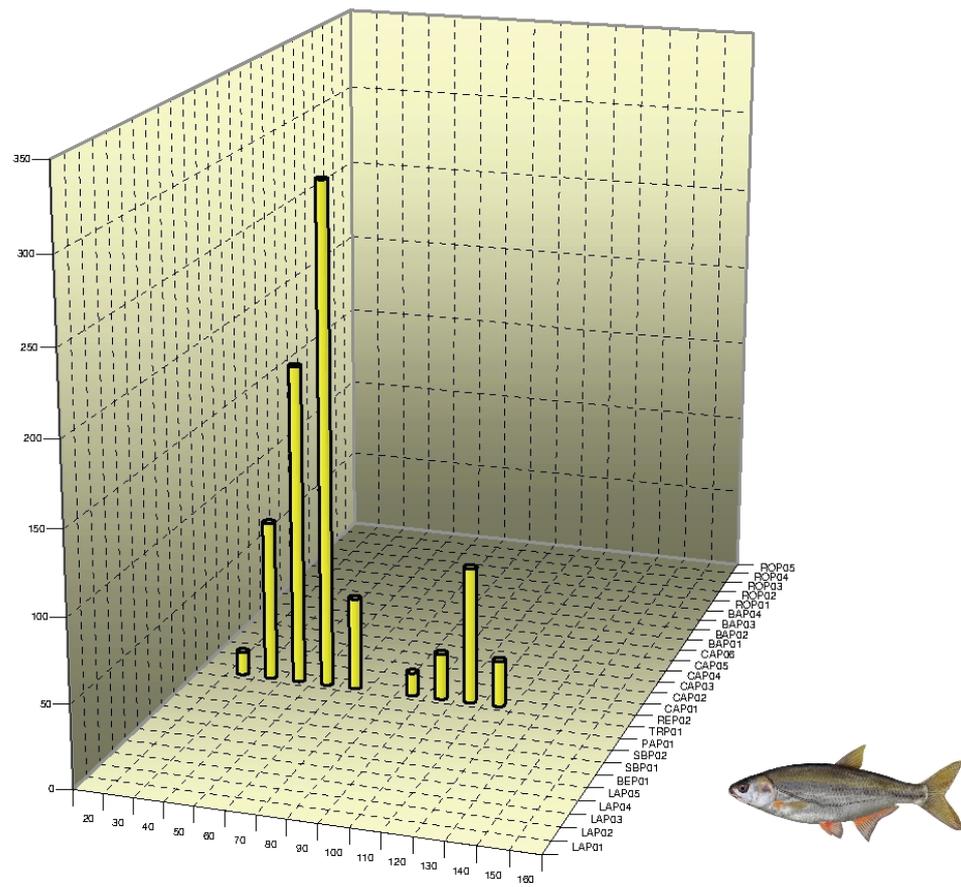
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
■ LAP01										6						
■ LAP02																
■ LAP03																
■ LAP04																
■ LAP05																
■ BEP01																
■ SBP01																
■ SBP02																
■ PAP01																
■ TRP01																
■ REP02					14			28		28	57	43	43	14		
■ CAP01																
■ CAP02																
■ CAP03																
■ CAP04																
■ CAP05							36			36						
■ CAP06																
■ BAP01																
■ BAP02																
■ BAP03																
■ BAP04																
■ ROP01																
■ ROP02																
■ ROP03																
■ ROP04																
■ ROP05																

7. La perche Commune : *Perca fluviatilis*.



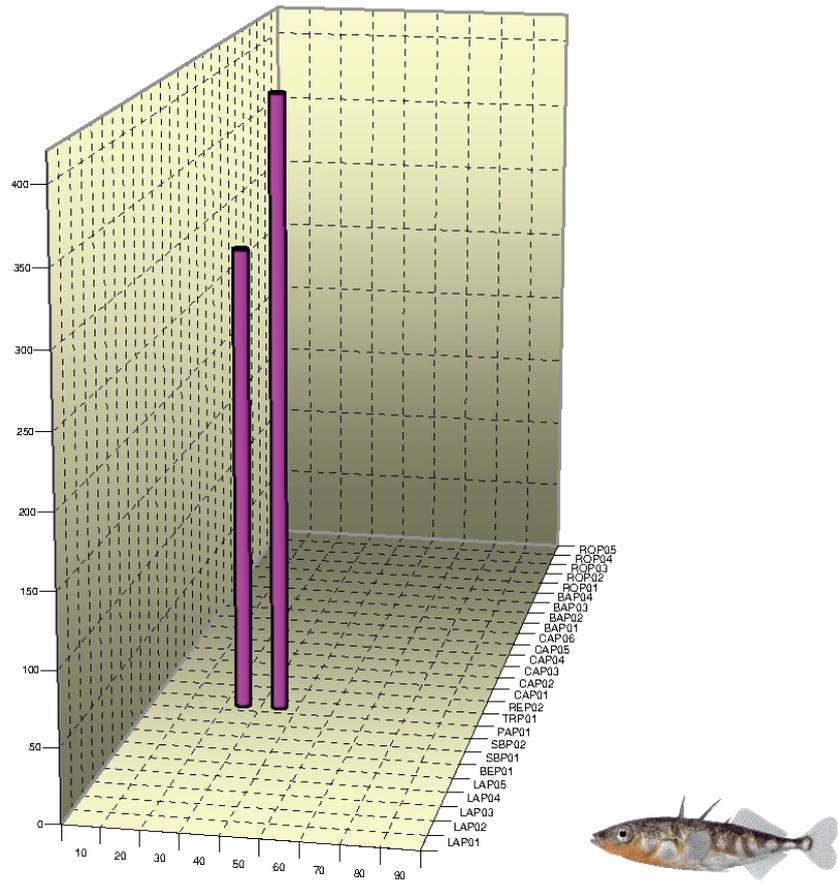
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	
■ LAP01																				
■ LAP02																				
■ LAP03																				
■ LAP04																				
■ LAP05																				
■ BEP01																				
■ SBP01																				
■ SBP02																				
■ PAP01																				
■ TRP01																				
■ REP02																				
■ CAP01				96	134			38	134	19		19		19						
■ CAP02																				
■ CAP03																				
■ CAP04																				
■ CAP05																				
■ CAP06																				
■ BAP01																				
■ BAP02																				
■ BAP03																				
■ BAP04																				
■ ROP01																				
■ ROP02																				
■ ROP03																				
■ ROP04																				
■ ROP05																				

9. Le spiralin : *Alburnoides bipunctatus*.



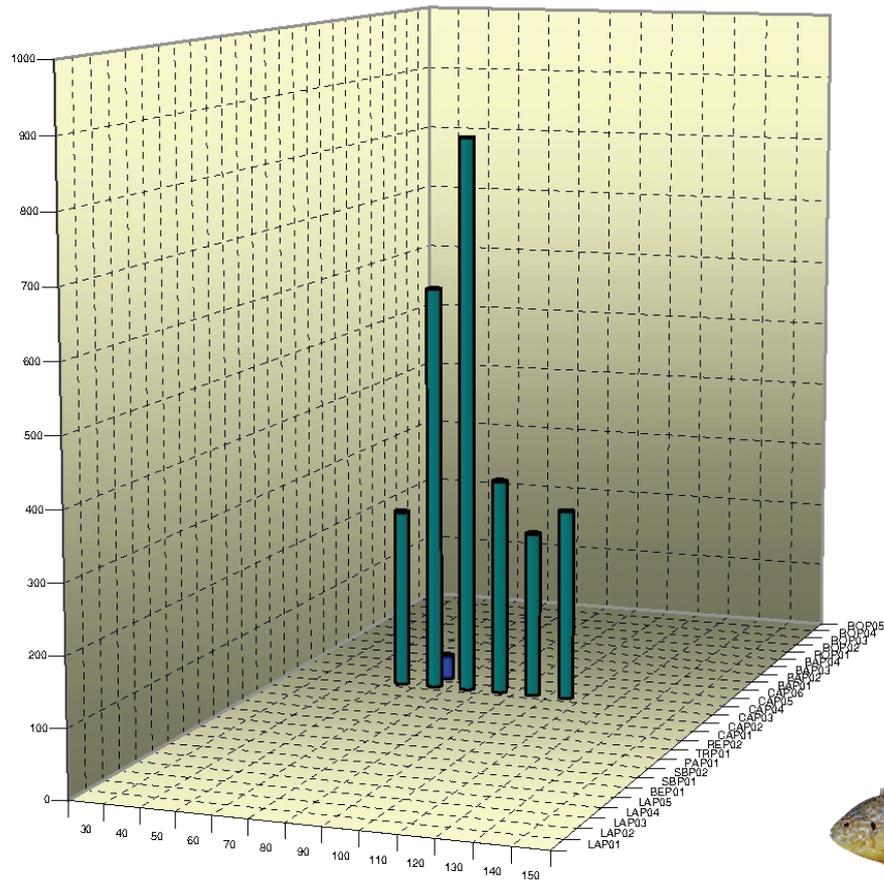
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
■ LAF01															
■ LAF02															
■ LAF03															
■ LAF04															
■ LAF05															
■ BEP01															
■ SBP01															
■ SBP02															
■ PAP01															
■ TRP01															
■ REP02		14	97	194	305	56		14	26	53	28				
■ CAP01															
■ CAP02															
■ CAP03															
■ CAP04															
■ CAP05															
■ CAP06															
■ BAP01															
■ BAP02															
■ BAP03															
■ BAP04															
■ ROP01															
■ ROP02															
■ ROP03															
■ ROP04															
■ ROP05															

10. L'Épinoche : *Gasterosteus aculeatus*.



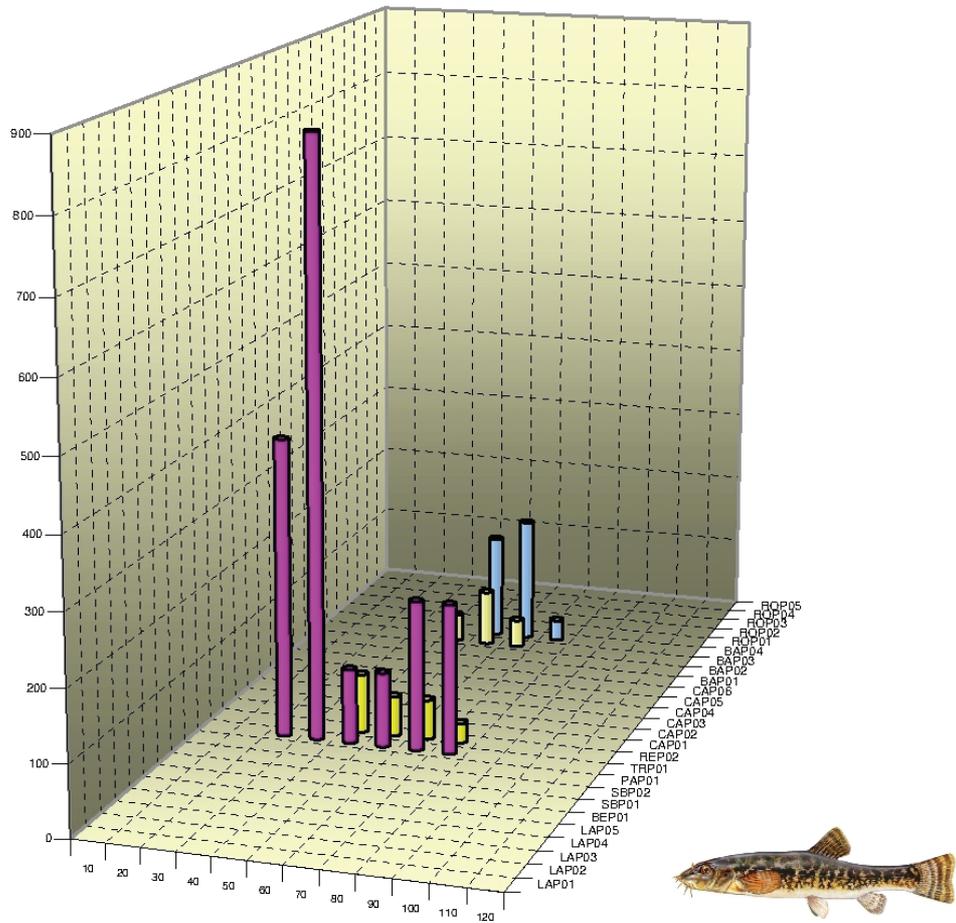
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
■ LAP01									
■ LAP02									
■ LAP03									
■ LAP04									
■ LAP05									
■ BEP01									
■ SBP01									
■ SBP02									
■ PAP01									
■ TRP01			316	421					
■ REP02									
■ CAP01									
■ CAP02									
■ CAP03									
■ CAP04									
■ CAP05									
■ CAP06									
■ BAP01									
■ BAP02									
■ BAP03									
■ BAP04									
■ ROP01									
■ ROP02									
■ ROP03									
■ ROP04									
■ ROP05									

11. La perche Soleil : *Lepomis gibbosus*.



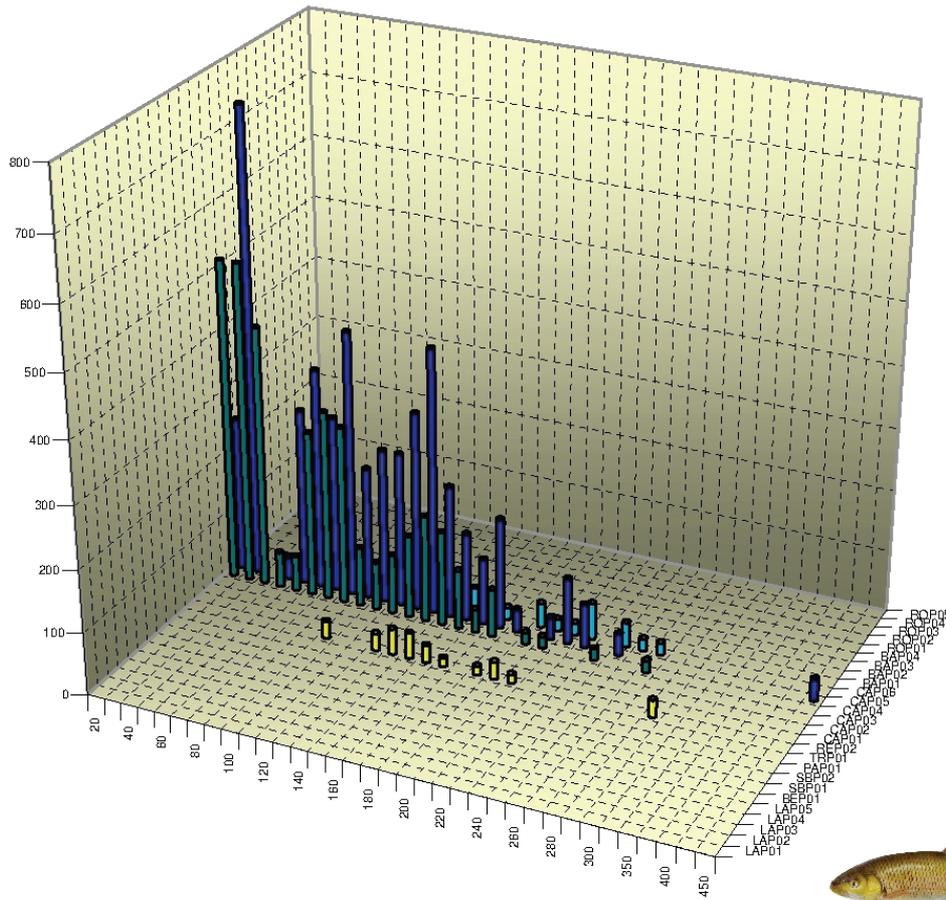
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
■ LAP01													
■ LAP02													
■ LAP03													
■ LAP04													
■ LAP05													
■ BEP01													
■ SBP01													
■ SBP02													
■ PAP01													
■ TRP01													
■ REP02													
■ CAP01													
■ CAP02													
■ CAP03													
■ CAP04				298	613	843	326	249	287				
■ CAP05					36								
■ CAP06													
■ BAP01													
■ BAP02													
■ BAP03													
■ BAP04													
■ ROP01													
■ ROP02													
■ ROP03													
■ ROP04													
■ ROP05													

12. La loche Franche : *Barbatula barbatula*.



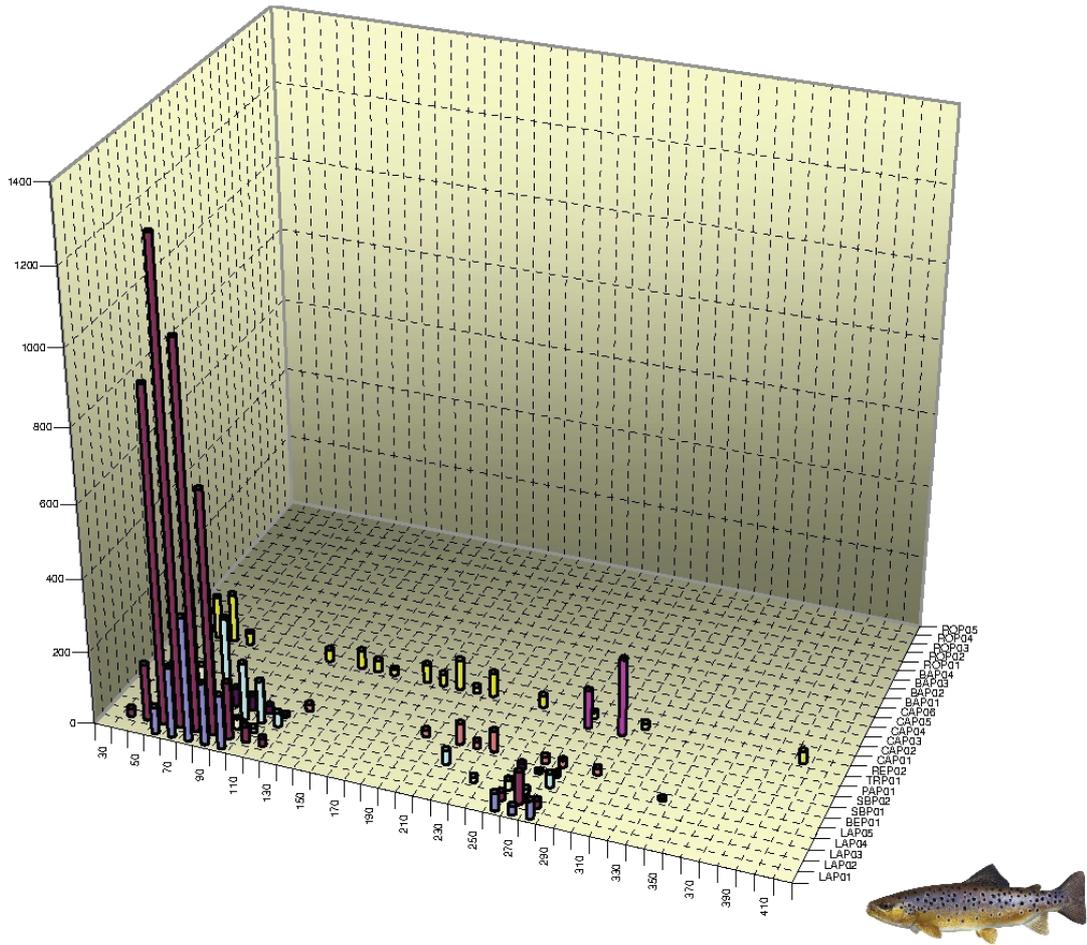
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
■ LAP01												
■ LAP02					105							
■ LAP03				842								
■ LAP04												
■ LAP05												
■ BEP01												
■ SBP01												
■ SBP02												
■ PAP01												
■ TRP01			421									
■ REP02					83	56	56	28				
■ CAP01												
■ CAP02												
■ CAP03												
■ CAP04												
■ CAP05												
■ CAP06												
■ BAP01												
■ BAP02												
■ BAP03					40	79	40					
■ BAP04						148	178	30				
■ ROP01												
■ ROP02												
■ ROP03												
■ ROP04												
■ ROP05												

13. Le chevesne : *Squalius cephalus*.



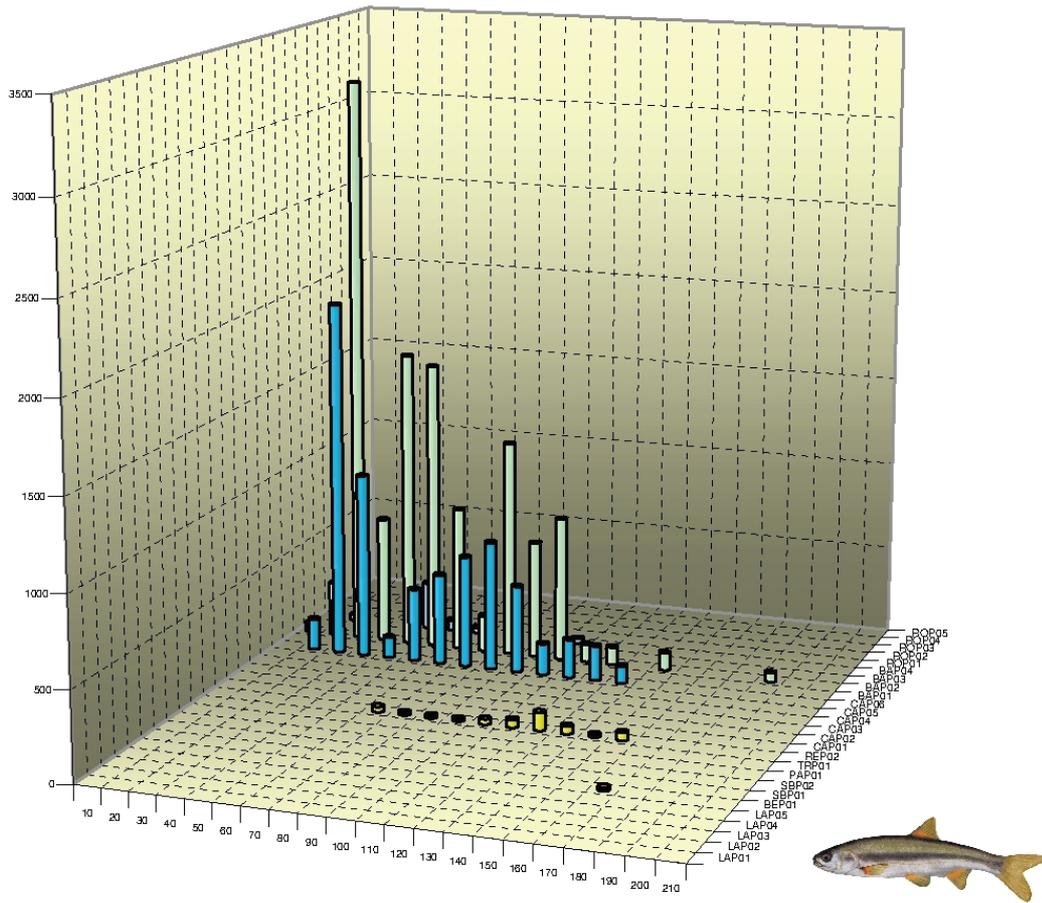
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	320	350	380	400	420	450				
LAP01																																							
LAP02																																							
LAP03																																							
LAP04																																							
LAP05																																							
BEP01																																							
SBP01																																							
SBP02																																							
PAP01																																							
TRP01																																							
REP02									28			28	42	42	28	14		14	28	14								28											
CAP01																																							
CAP02																																							
CAP03																																							
CAP04	517	517	421	57	57	268	307	267	96	77	96	134	172	153	96	38	77		19	19								19											
CAP05	250	750		36	286	357	286	429	214	250	250	321	429	214	143	107	179	36		36	107	71					36										36		
CAP06			20		20	20					20		40	20	40	40	20		40	20	20	59				40	20	20											
BAP01																																							
BAP02																																							
BAP03																																							
BAP04																																							
ROP01																																							
ROP02																																							
ROP03																																							
ROP04																																							
ROP05																																							

14. La Truite Fario : *Salmo trutta fario*.



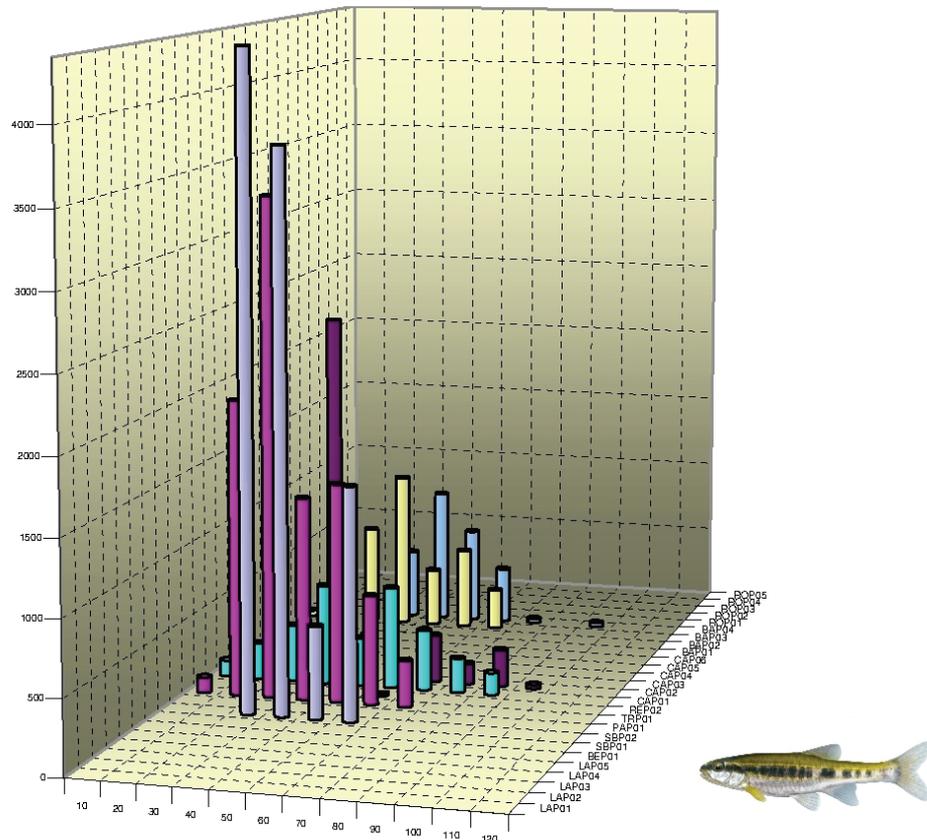
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420						
LAPq1																																														
LAPq2		22	156	911	1289	1044	667	156	44	22																22	89	22																		
LAPq3				28	100	157	43	28	14													14			28	14																				
LAPq4				153	352	352	273	156	117	39											39																									
LAPq5				6	17	50	39	22	6																17	6	11																			
BEPq1							19				19									19	58	19	58			19	19																			
SBPq1																																														
SBPq2																																														
PAPq1																																														
TRPq1																																														
REPq2			116	133	33					33		50	33	17		50	33	83	17	68				33			17																			
CAPq1																																														
CAPq2																																														
CAPq3																																														
CAPq4																																														
CAPq5																																														
CAPq6																																														
BAPq1																																														
BAPq2																																														
BAPq3																																														
BAPq4																																														
ROPq1																																														
ROPq2																																														
ROPq3																																														
ROPq4																																														
ROPq5																																														

15. Le blageon : *Leuciscus telestes souffia*.



	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
■ LAP01																						
■ LAP02																						
■ LAP03																						
■ LAP04																						
■ LAP05																						
■ BEP01																		19				
■ SBP01																						
■ SBP02																						
■ PAP01																						
■ TRP01																						
■ REP02							30	15	15	15	30	45	104	45	15	45						
■ CAP01																						
■ CAP02																						
■ CAP03																						
■ CAP04																						
■ CAP05																						
■ CAP06		178	2018	1048	1119	415	514	633	732	495	178	218	198	99								
■ BAP01																						
■ BAP02	51	306	3218	715	1685	1634	817	204	1226	664	817	102	102		102					51		
■ BAP03																						
■ BAP04		30			267	59	30				30											
■ ROP01																						
■ ROP02																						
■ ROP03																						
■ ROP04																						
■ ROP05																						

16. Le Vairon : *Phoxinus phoxinus*.



	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
■ LAP01												
■ LAP02												
■ LAP03												
■ LAP04												
■ LAP05												
■ SBEP01												
■ SBP01												
■ SBBP02			4375	3750	625	1562						
■ PAP01												
■ TRP01	105	2000	3369	1368	1474	737	316					
■ REP02						14						
■ CAP01	110	247	385	674	330	687	412	234	151			
■ CAP02			311	2459	297	57	325	141	254	28		
■ CAP03												
■ CAP04												
■ CAP05												
■ CAP06												
■ BAP01												
■ BAP02												
■ BAP03	40	198	675	1071	397	556	278					
■ BAP04				474	919	652	395	30		30		
■ ROP01												
■ ROP02												
■ ROP03												
■ ROP04												
■ ROP05												

Glossaire

- **Abiotique** : désigne les éléments non biologiques d'un écosystème, c'est-à-dire les éléments physiques principalement.
- **Amplitude thermique journalière** : correspond à la différence entre la température maximale enregistrée pour un jour donnée et la température minimale pour ce même jour.
- **Amphibiotique** : désigne les organismes aquatiques dont le cycle vital se déroule successivement dans le milieu aquatique et dans le milieu aérien. La majorité des insectes aquatiques ont un cycle de vie amphibiotique.
- **Année hydrologique** : désigne une période de 12 mois débutant après le mois des plus basses eaux. Sous climat méditerranéen, l'année hydrologique débute donc le 1^{er} septembre.
- **Bassin-versant** : portion de territoire dans lequel les eaux en provenance des précipitations sont concentrées vers un exutoire commun. On distingue les bassins-versant topographiques (délimités par les lignes de crête des reliefs) et les bassins-versant géologiques (qui prennent en compte les écoulements souterrains, qui peuvent être importants dans les systèmes karstiques).
- **Benthique** : relatif à la zone de surface du substrat sur le fond d'une masse d'eau (rivière, lac, mer). On peut distinguer deux termes **hypo-benthique** (désigne la zone directement dessous le substrat) et **épi-benthique** (désigne la surface du substrat).
- **Biogène** : désigne un milieu possédant les propriétés nécessaires pour un accueil favorisé d'organismes vivants.
- **Biotique** : désigne les éléments biologiques d'un écosystème.
- **Débit réservé ou débit minimal** : Notion législative désignant le débit minimal restant dans le lit naturel d'une rivière dans laquelle des ouvrages sont construits dans le lit, comme des barrages. Ce débit minimal a pour objectif de maintenir la vie, la circulation et la reproduction des espèces (article L-232-5 du code rural).
- **Dispersion aérienne** : désigne chez les organismes amphibiotiques, la capacité de coloniser de nouveaux milieux en volant.
- **DOCOB Natura 2000** : Document d'objectif Natura 2000.
- **Écoulement de surface ou superficiel** : écoulement d'eau dans le lit mineur (ou mouillé) d'une rivière.
- **Etiage** : désigne la période de l'année où le débit d'un cours d'eau est minimal (période de basses eaux).
- **Eurytherme** : désigne les organismes supportant des larges variations thermiques.

- **Faciès** : élément de morphologie d'une rivière défini selon la pente, la profondeur d'eau et la vitesse de courant. On distingue quatre types principaux de faciès : les mouilles (profondeur d'eau élevée, vitesse de courant nulle, pente nulle), les plat-courant (profondeur d'eau moyenne, vitesse de courant moyenne, pente moyenne), les radiers (profondeur d'eau faible, vitesse de courant élevée, pente élevée) et les cascades (pente verticale, vitesse de courant élevée).
- **Granulométrie** : désigne la structure en taille du substrat d'une rivière.
- **GFI : Groupe Faunistique Indicateur** : dans le protocole IBGN, le GFI désigne le taxon considéré comme le plus polluo-sensible et dont la présence est indicatrice d'un certain degré de perturbation.
- **GSSV** : désigne dans ce document la structure du Grand Site Sainte-Victoire.
- **Habitat** : terme générique désignant une localisation dans laquelle vit un organisme. La notion d'échelle de l'habitat dépend du regard que l'on porte sur la vie d'un organisme (échelle de l'individu, de la population, de l'aire de répartition de l'espèce...).
- **IBGN** : Indice Biologique Global Normalisé : Protocole normalisé de prélèvement et de traitement de la macrofaune benthique. Une note IBGN peut être donnée à une station ayant fait l'objet de ce type de prélèvement à partir du GFI et de la classe de variété taxonomique.
- **Imago** : désigne le stade adulte (maturité des caractères sexuels) chez les organismes à cycle de vie amphibiotique (ce stade est aérien chez les plécoptères, éphéméroptères, trichoptères).
- **Jaugeage** : opération consistant à mesurer le débit d'un cours d'eau.
- **Karst** : désigne un type de formation géologique calcaire dans laquelle le ruissellement des précipitations aboutit, par dissolution de la roche, à la création de failles et de cavités souterraines formant un système connecté. Les propriétés physiques des systèmes karstiques diffèrent fortement des aquifères « classiques ».
- **Lénitophile** : désigne les organismes ayant une affinité pour les substrats sédimentaires, majoritairement rencontrés en condition lenticque.
- **Lenticque** : qualifie les milieux où les vitesses de courant sont nulles (lacs, mouilles).
- **Lotique** : qualifie les milieux où les vitesses de courant sont présentes et sensibles (cascades, radiers, plats courants).
- **Macro-invertébré** : organisme dépourvu de vertèbres dont la taille mesure au moins 3-5 mm au dernier stade de leur développement.
- **Nymphe** : désigne le stade de développement intermédiaire entre la larve et l'adulte (ou imago) chez les organismes à cycle de vie amphibiotique, durant lequel l'individu mue (ou se nymphose).

- **Polluo-sensibilité** : désigne la capacité de résistance d'un organisme face à des perturbations dues à des pollutions.
- **Population relictuelle** : désigne une population vestige, témoin de populations qui s'étendaient par le passé sur des aires de répartition beaucoup plus larges lorsque les conditions favorables à leur développement y étaient présentes.
- **Pression hydrostatique** : pression qu'exerce l'eau sur la surface d'un corps immergé.
- **Rhéobionte** : désigne les organismes ont besoin du courant pour vivre.
- **Rhéophile** : désigne les organismes ayant une affinité pour des conditions de vitesse de courant moyennes et élevées.
- **Rhéophobe** : désigne les organismes ne pouvant se développer en présence de vitesses de courant élevées.
- **Richesse taxonomique** : désigne le nombre de taxons au sein d'un prélèvement, d'un tronçon, d'une rivière ou de toutes autres entités géographiques.
- **Ripisylve ou végétation rivulaire** : végétation située sur les rives d'une rivière.
- **Soutien d'alimentation karstique** : se dit d'une rivière bénéficiant d'une alimentation en provenance du système karstique (structure géomorphologique résultant de l'érosion de roches carbonatées).
- **Spot humide** : désigne une zone de rivière dont la présence d'eau superficielle est supposée permanente durant un cycle hydrologique entier.
- **Sténotherme** : désigne les organismes ne supportant que des variations thermiques de faible ampleur.
- **Substrat** : désigne le fond d'une rivière, il peut être de nature minérale ou végétale ou mixte.
- **Taxon** : désigne une unité en systématique. Un taxon peut correspondre à différent niveau de détermination (classe, ordre, famille, genre, espèce).
- **Temporalité des écoulements superficiels** : désigne, dans un cycle hydrologique l'alternance de période avec la présence d'un écoulement de surface libre, et de période où les écoulements de surface se tarissent. On distingue les tronçons de cours d'eau **permanents** ou **pérennes** (dont l'écoulement de surface ne s'interrompt pas au cours d'un cycle hydrologique), les tronçons **temporaires** ou **intermittents** (dont l'écoulement de surface s'interrompt une partie du cycle hydrologique) et les tronçons **éphémères** (dont l'écoulement de surface n'a lieu qu'à la suite de précipitations).
- **Traits biologiques et écologiques** : désigne les principales caractéristiques biologiques et écologiques d'un taxon, comme par exemple la durée du cycle larvaire, la taille maximale, le mode de respiration, le mode d'alimentation.

- **Tronçon de rivière** : désigne une zone linéaire de rivière, géomorphologiquement homogène.

Résumé

L'objectif général de ce projet est le recueil d'informations sur les peuplements de poissons, de crustacés et d'invertébrés des milieux aquatiques permanents et temporaires du territoire du Grand Site Ste Victoire (GSSV). Ces inventaires ont permis dresser un premier état des lieux, suivi d'une analyse des conditions environnementales et en particulier des variations des conditions climatiques sur la biodiversité taxinomique et la structure fonctionnelle des communautés. Un volet d'identification des risques impactant la diversité biologique observée, ainsi que de préconisations de gestion, a été proposé.

Peuplements piscicoles lacustres :

Les peuplements piscicoles observés dans les retenues de Bimont et de Zola, dominés par les gardons, sont très fréquents dans ce type de milieu. Cependant, avec dix espèces, ces peuplements sont relativement bien diversifiés, notamment du fait des introductions d'espèces. La densité de poissons est nettement plus faible sur Bimont que sur Zola, mais le peuplement est beaucoup plus intéressant d'un point de vue halieutique, et semble mieux équilibré du point de vue trophique (rapport prédateurs / proies) avec la présence d'espèces appartenant à différentes guildes trophiques.

Macroinvertébrés lacustres :

La retenue de Zola présente en zone littorale une macrofaune benthique assez riche pour un milieu lacustre soumis à un faible marnage. L'échantillonnage des berges de la retenue de Bimont s'est avéré impossible à cause du fort marnage régulier. Enfin, les retenues, bien que toujours en eau à la période estivale, ne constituent pas de zone refuges ou des réservoirs biologiques pour les populations rhéophiles des cours d'eau voisins.

Macroinvertébrés des cours d'eau :

Par leurs caractéristiques hydromorphologiques, les rivières suivantes : le Bayeux, l'Abéou, le Réal de Jouques, Chante-Merle, et la Cause sont apparues comme les plus biogènes pour les trois ordres d'insectes aquatiques étudiés. L'inventaire réalisé a permis d'améliorer la connaissance faunistique de ces rivières : 55 taxons (genre ou famille) et 64 espèces ont été recensés. D'après l'inventaire géré par l'OPIE-Benthos, sur ces 64 espèces d'insectes aquatiques, 42 n'avaient pas encore fait l'objet d'observation au sein du département. Les résultats obtenus ont permis de mieux cerner les facteurs de contrôle des divers types de cours d'eau présents (base karstique dominante ou non, assèchement ou non, écoulement éphémère, stabilité versus instabilité thermique, incrustation calcaire plus ou moins forte) et de mettre en évidence des structurations biologiques non organisées selon un gradient longitudinal.

Peuplements piscicoles et astacicoles des cours d'eau :

Les inventaires piscicoles des cours d'eau étudiés ont montré que les peuplements de ces rivières, à l'exception de la partie aval du Réal, ne présentent pas une diversité spécifique importante. Ces communautés sont typiques des zones amont des petits cours d'eau : peu d'espèces y sont rencontrées, mais celles-ci sont exigeantes en terme de qualité des habitats et de l'eau. La viabilité des populations présentes ne semble pas compromise. Les mesures de gestion proposées reposent principalement sur la préservation des milieux aquatiques et rivulaires existants, et sur l'adaptation de la gestion halieutique.

Plusieurs espèces d'écrevisse ont été rencontrées dans les cours d'eau du GSSV: des espèces exogènes sont présentes dans les sous bassins-versant de la Cause, du Grand-Vallat, et du Réal. Seul le sous bassin-versant du Bayeux héberge l'espèce indigène et protégée : l'écrevisse à pattes blanches. Deux populations de cette espèce y sont en densité importante, mais sur de très faibles linéaires colonisés : elles constituent les deux uniques populations recensées dans le département. La fragilité accrue de ces peuplements impose la mise en place de mesures de gestion particulières.

Mots-clés : Macroinvertébrés, poissons, écrevisses, retenues de Bimont et de Zola, Abéou, Réal, Grand-Vallat, Cause, Infernet, Bayeux, Roques-Hautes, Grand Site Sainte-Victoire, intermittence des écoulements, recommandations de gestion, régimes thermiques et hydrologiques.



Direction générale
Parc de Tourvoie
BP 44 - 92163 Antony cedex
Tél. 01 40 96 61 21 - Fax 01 40 96 62 25
www.cemagref.fr



Maison de la Pêche et de l'Eau
8, Parc d'activités Bonpertuis
Rue d'Arménie
13120 GARDANNE
www.unpf.fr/13